



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
И ОБРАЗОВАНИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИЯ – 2021

Сборник докладов Второй Национальной научной конференции
(г. Москва, 8 декабря 2021 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022
ISBN 978-5-7264-2968-7

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2022

УДК 69+378
ББК 38+74.4
А43

А43 **Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021** [Электронный ресурс] : сборник докладов Второй Национальной научной конференции (г. Москва, 8 декабря 2021 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, управление научной политики. — Электрон. дан. и прогр. (22 Мб) — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — Режим доступа: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2968-7

Настоящий сборник содержит доклады участников Второй национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021», рекомендованные Программным комитетом к публикации.

На Конференции были представлены доклады преподавателей, специалистов, руководителей исследовательских центров, научных школ, научных руководителей магистрантов, аспирантов и докторантов.

Для научных работников, специалистов, аспирантов, магистрантов и обучающихся высших учебных заведений строительной отрасли.

Научное электронное издание

*Материалы публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Подбор материала и ответственные за выпуск:
А.В. Дорошенко, К.Е. Миронов

Управление научной политики
тел. 7 (495) 287-49-14, вн. 2393; 2673
E-mail: grant@mgsu.ru, MironovKE@mgsu.ru
Сайт: <http://mgsu.ru/>
http://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка *К.Е. Миронова*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, Adobe Acrobat Pro

Подписано к использованию 25.01.2022. Объем данных 22 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
E-mail: rio@mgsu.ru

Организатор: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ).

Дата проведения: 8 декабря 2021 года.

Место проведения: Москва, Ярославское шоссе, 26, НИУ МГСУ.

Тематика конференции:

- Теория сооружений. Строительные конструкции.
- Строительные материалы и технологии.
- Градостроительство. Архитектура.
- Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве.
- Безопасность зданий и сооружений.
- Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве.
- Цифровые технологии в строительстве.
- Инженерные системы и средства механизации в строительстве и ЖКХ.
- Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве.
- Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости.

Научный комитет:

- Акимов П.А. – ректор, председатель Научного комитета;
- Туснин А.Р. – проректор, заместитель председателя Научного комитета;
- Галишникова В.В. – проректор, заместитель председателя Научного комитета;
- Волгин В.В. – проректор;
- Кайтуков Т.Б. – проректор;
- Фазылзянова Г.И. – проректор;
- Кабанцев О.В. – директор научно-технических проектов;
- Тер-Мартirosян А.З. – директор ИСА;
- Анискин Н.А. – и.о. директора ИГЭС;
- Спицов Д.В. – директор ИИЭСМ;
- Филатов В.В. – и.о. директора ИЦТМС;
- Орлов А.К. – директор ИЭУКСН;
- Федорова Н.В. – директор филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи;
- Сидоров В.Н. – советник при ректорате.

Рабочая группа:

- Дорошенко А.В. – начальник УНП, руководитель Рабочей группы;
- Бакаева Н.В. – ответственный за научную работу ИСА;
- Макиша Н.А. – ответственный за научную работу ИИЭСМ;
- Сергеев С.А. – ответственный за научную работу ИГЭС;
- Горяев Н.А. – ответственный за научную работу ИЦТМС;
- Канхва В.С. – ответственный за научную работу ИЭУКСН;
- Алексанин А.В. – ответственный за научную работу филиала НИУ МГСУ в г. Мытищи;
- Квитка Т.И. – начальник сектора ОНИРС УНП;
- Евстратов В.С. – ведущий инженер УНП;
- Миронов К.Е. – инспектор сектора ОНИРС УНП.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Теория сооружений. Строительные конструкции

| | |
|---|----|
| А. А. Землянский, Л. А. Землянский, К. А. Землянский, Л. Д. Зотов, В. А. Шилов ИННОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ АБСОЛЮТНО ГИБКОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШИ ДЛЯ РВС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ _____ | 19 |
| А. А. Котов МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА КАК ФУНКЦИЯ УРОВНЯ НАГРУЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ _____ | 27 |
| А. В. Захаров, И. П. Салтыков ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ТРЕТЬЕМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ СТАНДАРТНОГО АКУСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА _____ | 36 |
| А. М. Ибрагимов, А. С. Торлин СТАЛЬНАЯ СКВОЗНАЯ АРОЧНАЯ КОНСТРУКЦИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫМ НИЖНИМ ПОЯСОМ И РЕШЕТКОЙ _____ | 44 |
| С. Ю. Савин, Н. В. Федорова, В. И. Колчунов ДЕФОРМИРОВАНИЕ БЕТОНА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕЖИМНОМ НАГРУЖЕНИИ _____ | 51 |
| А. В. Трофимов, С. В. Осыков ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ КОНТАКТНОГО СЛОЯ _____ | 55 |
| М. Д. Антонов, А. В. Алексейцев ИССЛЕДОВАНИЕ УЗЛА МОНОЛИТНОЙ ПЛИТЫ И КОЛОННЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ОТ ПРОДАВЛИВАНИЯ _____ | 62 |
| В. К. Мусаев МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ УПРУГИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕСЯТИЭТАЖНОМ ЗДАНИИ С ОСНОВАНИЕМ _____ | 72 |
| А. В. Заев, В. И. Холодков, Н. Б. Андросова К ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ _____ | 80 |
| М. А. Дежин ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАКЛАДКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВВИНЧЕННЫХ ШУРУПОВ _____ | 86 |
| В. Л. Мондрус, Л. Ю. Ступишин ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ _____ | 91 |
| Д. Г. Уткин, М. А. Музалевская УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФИБРОБЕТОНОМ И КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ _____ | 96 |

| | |
|--|------------|
| А. Г. Тамразян ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ХЛОРИДОВ _____ | 100 |
| В. А. Люблинский, С. В. Стручков, Л. В. Задорина К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОДАТЛИВОСТИ ПЛОТНЫХ СВЯЗЕЙ ПАНЕЛЬНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ КРУЧЕНИИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ _____ | 107 |
| И. С. Аксёнов, А. П. Константинов ФИЗИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АРМИРОВАННОГО ПВХ ПРОФИЛЯ _____ | 113 |
| В. Г. Гагарин, Е. В. Коркина, М. Д. Тюленев ПОДБОР НИЗКОЭМИССИОННОГО ОСТЕКЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПРОТИВОСТОЯЩЕГО ЗДАНИЯ _____ | 120 |
| В. И. Линьков, Н. В. Линьков, Э. С. Хобот УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОВОЛОКНА И УГЛЕПЛАСТИКА _____ | 128 |

Секция 2. Строительные материалы и технологии

| | |
|---|------------|
| В. Н. Соков, Е. А. Рамазанов, С. Д. Сокова ЗАКОНОМЕРНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ФУТЕРОВОК ИЗ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ КЕРАМОВОЛОКНИСТЫХ МАСС _____ | 134 |
| А. В. Угляница, В. Б. Дуваров ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ С ДОБАВКОЙ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА _____ | 140 |
| Зиен Ву Ким, С.И. Баженова, Нгуен Зоан Тунг Лам ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ _____ | 146 |
| Танг Ван Лам, Ву Ким Зиен, Б.И. Булгаков, Хоанг Минь Хай ПОЛУЧЕНИЕ БЕСЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ СМЕСИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ _____ | 152 |
| А. Х. Аласханов ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ БЕТОНЫ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ _____ | 158 |
| В. И. Трофимов, В. А. Ясюкович К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И ШУМОЗАЩИТЫ ДЛЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ _____ | 164 |
| И. А. Котлярова, В. В. Слободчиков ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К АГРЕССИВНЫМ ЖИДКИМ СРЕДАМ _____ | 172 |
| М. Содомон, И. В. Степина, А. А. Аскадский, А. О. Тимофеева, С. В. Орбинская ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСТВОРИМОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОНОЭТАНОЛАМИН(Н-В)- ТРИГИДРОКСИБОРАТОМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ БОРЩЕВИКА _____ | 177 |
| О. А. Ларсен, А. М. Бахрах КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОВЫШЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ _____ | 181 |

| | |
|---|-----|
| Л. С. Юнусова СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПРОЦЕНТНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГЛИНЫ/ИЛА И ВОДЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПУСТОТНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ФАЗЫ | 186 |
| А. С. Шароварова, И. Н. Хряпченкова «ОТКРЫТЫЙ» И «ПОЛУЗАКРЫТЫЙ» СПОСОБЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ | 191 |
| В. Е. Ушакова, В. А. Пестрякова ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ | 198 |
| А. С. Ларькина, Д. И. Кудинова ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА | 204 |
| П. С. Цой, Л. С. Макаров, Г. А. Аверченко ЭКСПЕРТИЗА СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА НАМЫВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА | 210 |
| Е. В. Ткач, М. И. Бичаев ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИДНОГО АДГЕЗИВА | 214 |
| Е. В. Ткач, В. С. Семенов, С. В. Базанов ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ | 221 |
| А. Е. Молева, С. С. Зимин УСИЛЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ | 227 |
| А. Н. Хаглеев, Л. А. Урханова, М. А. Мокеев, С. С. Агнаев, К. А. Демин МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ РУЛОННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ | 232 |
| В. Г. Соловьев, Л. И. Ефишов САМОЗАЛЕЧИВАНИЕ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕТОНАХ ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ | 238 |
| Е. В. Дресвянникова, Э. Р. Хазиахметова, Е. С. Каленова, Г. М. Ахмерова АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЦИЛИНДРОВ VOS-PIPE ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ | 242 |
| Е. А. Король, И. Ф. Дрепалов РЕЗЕРВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ | 248 |
| А. В. Мухина, К. И. Стрелец, Э. Р. Хасанова ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ CO ₂ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM | 256 |
| Т. Ч. До, С. С. Иноземцев ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИТУМНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ С ПОМОЩЬЮ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО МЕТОДА | 262 |
| С. Ю. Шеховцова, А. О. Карпунина ВОПРОС УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ | 266 |
| С. В. Самченко, Н. В. Новиков РАЗРАБОТКА БАРИЙСОДЕРЖАЩИХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ | 272 |

| | |
|---|------------|
| С. В. Самченко, М. А. Абрамов, А. Б. Османов ОЦЕНКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ | 276 |
| Н. Д. Полковников Е. Г. Величко ВЫСОКОПЛОТНЫЙ НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МИНЕРАЛЬНЫМИ И ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ | 281 |
| Е. Г. Величко, И. В. Дыкин, Н. Д. Полковников ВЛИЯНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БЕТОНА | 288 |
| И. В. Дыкин, Е. Г. Величко ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА В ПОРОШКОВО-АКТИВИРОВАННЫХ БЕТОНАХ | 293 |
| А. Н. Альобаиди Дия, Е. Г. Величко ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ИЗ БЕТОНОВ С ПЛАСТИКОВЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ | 298 |
| Е. В. Матюшин, В. Г. Соловьев ВЛИЯНИЕ НАНОКРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТЬ УЛЬТРА ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ И ИЗГИБЕ | 304 |
| Р. М. Дворников, Е. Г. Величко ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АРБОЛИТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ | 309 |
| В. Г. Соловьев, В. А. Швецова ОБЪЕМНАЯ ГИДРОФОБИЗАЦИЯ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ | 313 |
| И. Д. Сизяков, В. Г. Соловьев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ТРУБОПРОВОДОВ | 318 |
| Е. С. Егоров, С. В. Самченко ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЦИКЛИНГОВЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЁТ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ШЛАМОВОЙ ВОДЫ | 323 |
| М. А. Фахратов, И. Ф. Ибрагим ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ФАСАДНЫХ РАБОТ | 328 |
| П. В. Гайдуков, Е. М. Пугач ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ПЕРЕКРЫТИЙ | 333 |
| О. А. Ларсен, С. В. Самченко, Д. С. Бочкарёв ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНАХ | 340 |
| О. А. Ларсен, В. В. Наруть, И. О. Наумчик РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БЕТОНОВ ДЛЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ TiO₂ | 347 |

Секция 3. Градостроительство. Архитектура

| | |
|---|------------|
| Е. В. Щербина, А. А. Кормина КРИТЕРИИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОБЪЕКТАМИ СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОГО, ТОРГОВОГО И КУЛЬТУРНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ | 352 |
| В. Н. Ткачев ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ АРХИТЕКТУРЫ | 361 |
| Д. Ш. Асманова, С. В. Ильвицкая КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЕШЕХОДНОЙ УЛИЦЫ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА УФЫ | 371 |
| Н. В. Данилина УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДОВ | 379 |
| В. Карягина ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ | 386 |
| А. В. Налбандян, О. О. Смолина ЦВЕТ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ | 391 |
| И. Б. Мельникова ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ МОДЕРНИЗМА | 399 |
| Т. Р. Забалуева, А. В. Захаров ЗДАНИЯ-МОСТЫ СО СПОРТИВНЫМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ НАПОЛНЕНИЕМ КАК РЕШЕНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ КРУПНЫХ ГОРОДОВ | 406 |
| Н. В. Бакаева, Д. Б. Терешенко БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ БИОСФЕРНОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВА) | 413 |
| И. В. Сакало, С. В. Ильвицкая СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТПУ НА ОСНОВЕ ПОРТА | 420 |
| Е. М. Маловичко, С. В. Ильвицкая СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НАБЕРЕЖНЫХ МАЛЫХ ГОРОДОВ | 426 |
| А. Е. Малышева, М. И. Афонина АНАЛИЗ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ Г. КСТОВО | 431 |
| С. А. Малахов, Ю. К. Бусел ДВОР КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЕДИНИЦА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ | 437 |
| Ю. И. Терзи, Л. В. Анисимова ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ СОХРАНЕНИЯ ИДЕНТИЧНОСТИ ТРАДИЦИОННОГО ЖИЛИЩА ГАГАУЗОВ | 445 |
| Т.Ф. Турутина, В.А. Стаднийчук СРЕДНИЙ ГОРОД КАК СИСТЕМООБРАЗУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕРРИТОРИИ | 454 |
| Т. Ф. Турутина, Я. А. Заблотская АНАЛИЗ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ШКОЛ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА | 460 |

| | |
|---|-----|
| Д. В. Скокова, Д. С. Смагин, У Сяои ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ _____ | 467 |
| Е. К. Минаева, Р. А. Щукин, Н. И. Минаев ВЛИЯНИЕ БЛАГОУСТРОЙСТВА НА РАЗВИТИЕ ИДЕНТИЧНОСТИ ГОРОДОВ _____ | 474 |
| И. С. Когутяк, А. И. Ренц ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ, СФОРМИРОВАННАЯ НА БАЗЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОРОДА МОСКВЫ ____ | 480 |
| В. Хербез , А. Е. Балакина ЭКОДОМА В КАЧЕСТВЕ НОВЫХ, УСТОЙЧИВЫХ ОБЪЕМНО- ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ ТУРИСТИЧЕСКОГО ЯДРА В ТУРИСТСКО- РЕКРЕАЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ НА ТЕРРИТОРИИ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА В ЧЕРНОГОРИИ _____ | 487 |
| Соро Касум ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАМПУСОВ _____ | 492 |
| Т. А. Горбачева, О. О. Смолина ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕПЛАНИРОВКИ КВАРТИР ХРУЩЕВСКОЙ ПОСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ЗАСТРОЙКИ СЕРИИ I-447 В Г. НОВОСИБИРСКЕ _____ | 498 |
| В. А. Загорская, Т. Е. Трофимова ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ БЫВШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ _____ | 505 |
| Е. А. Давыдова АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ _____ | 511 |
| О. Е. Константинова, О. О. Смолина УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЛАНДШАФТНОЙ СРЕДЕ ГОРОДОВ _____ | 516 |
| Ю. А. Дагаев, В. Н. Ткачев ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТИПОВЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЙКАЛЕ _____ | 522 |
| Бубениа Файсал НАРОДНАЯ АРХИТЕКТУРА КАБИЛИИ, НАСЛЕДИЕ В ОПАСНОСТИ _____ | 528 |
| Д. Н. Власов, Н. В. Широкая РАЗВИТИЕ ПОЛИЦЕНТРИЧНОЙ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ ЗАСТРОЙКИ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ _____ | 534 |
| Д. А. Зимарин, Л. В. Анисимова ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ИСТОРИЧЕСКОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ТАМБОВА _____ | 541 |
| Ф. Н. Дербак , В. Н. Ткачев УРБАНИЗАЦИЯ АЛЖИРА ПЕРИОДА ФРАНЦУЗСКОЙ КОЛОНИЗАЦИИ XIX-XX В В. _____ | 548 |

| | |
|--|------------|
| Е. И. Ладик, М. В. Перькова, Т. В. Чечулина ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И АДАПТАЦИИ К НОВОЙ ФУНКЦИИ КАРЬЕРОВ | 555 |
| А. В. Комиссаров, С. В. Ильвицкая ДИНАМИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ | 563 |
| Б. С. Стригин, Р. В. Панькин, М. А. Бердников ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ | 568 |
| Л. А. Пахолкова, В. Н. Ткачев ЭКУМЕНИЧЕСКИЙ ДИАЛОГ В АРХИТЕКТУРЕ | 575 |
| С. А. Малахов, М. Т. Алсаиед Ахмад СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ГИБКОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА В ЗАСТРОЙКЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ «ЭКСПО ДУБАЙ 2020» | 579 |
| Е. Ю. Зайкова, С. С. Феофанова ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА | 587 |
| Д. В. Карпов, Ю. В. Анисимов СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ | 594 |
| Т. А. Луконина, И. В. Аксёнова РЕТРОСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ И УПАДКА РОССИЙСКИХ УСАДЬБ | 602 |
| Т. А. Фадеева, Ю. В. Анисимов ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ ПОВОЛЖЬЯ | 608 |
| В. М. Нгуен, Е. Ю. Зайкова ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ НАВОДНЕНИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ВЬЕТНАМА | 617 |
| О. Ю. Лептюхова, Н. А. Гордиенко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ | 623 |
| Е. Ю. Зайкова, Э. Е. Чеснакова ЭКОЛОГИЯ, ТУРИЗМ И ТЕХНОЛОГИИ КАК ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА | 633 |
| В. В. Агупова, Е. Ю. Зайкова ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО КАРКАСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОЙ ЗАСТРОЙКИ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА | 639 |
| А. Е. Балакина, А. С. Павлюк КОНЦЕПТ «ГАБИТУС» И ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ФОРМ ПРОЖИВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ | 645 |
| А. В. Петрова, Л. В. Петрова ПРИНЦИПЫ СОХРАНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ УСДЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ УСАДЬБЫ ФОН ДЕРВИЗА В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ | 651 |

| | |
|---|------------|
| Е. Ю. Зайкова, Н. А. Семенова ЛАНДШАФТНЫЙ УРБАНИЗМ КАК КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА С СОХРАНЕНИЕМ ПРИРОДНОГО КАРКАСА В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ПРОМЗОН В МОСКВЕ _____ | 658 |
| А. А. Коста, Н. С. Любин БИОМИМЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В СОЗДАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ _____ | 664 |
| Ю. В. Юровская ЗАХИ ХАДИД: «КИНЕТИЧЕСКИЕ МОРФОЛОГИИ» И ПОИСК ПЛАСТИЧЕСКИХ ФОРМ _____ | 669 |
| Н. А. Самойлова, Н. А. Астахова ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В МОНОГОРОДАХ ТЭС РОССИИ __ | 675 |
| И. А. Бахирев, А. А. Чернышов АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КРУПНЕЙШИХ ГОРОДАХ, НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ _____ | 682 |
| А. А. Матюхин, Л. В. Анисимова ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ МНОГОКВАРТИРНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В РФ _____ | 687 |
| А. А. Коста, Е. С. Шафрай, Сюй Шичуан 3D-ПРИНТИНГ В АРХИТЕКТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ _____ | 692 |
| Ю. В. Алексеев, И. В. Кузнецов ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ _____ | 698 |
| Д. Е. Коровайцева, А. В. Попов АРХИТЕКТУРА ОБЩЕЖИТИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ТВОРЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ _____ | 703 |
| Консака Татча Пьер УМНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» В РЕСПУБЛИКЕ БЕНИН: (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УИДА) _____ | 708 |
| А. В. Васильева ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ИНСОЛЯЦИИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА _____ | 715 |
| М. А. Слепнев, А. А. Цыганова АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВ, ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТАМБОВА _____ | 719 |

Секция 4. Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве

| | |
|---|------------|
| А. В. Шабанова КАЧЕСТВО ВОДЫ ВЕТЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ _____ | 726 |
| Н. В. Бакаева, А. В. Калайдо ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДОНОБЕЗОПАСНЫХ ЗДАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ _____ | 731 |

| | |
|---|------------|
| В. А. Орлов, В. А. Чухин, О. В. Мельник МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ В ГОРОДСКИХ САМОТЕЧНЫХ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЯХ | 737 |
| Д. В. Спицов, И. К. Яжлев АКТУАЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ | 743 |
| Е. В. Алексеев КОМПЛЕКСНЫЙ ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ | 751 |
| Е.А. Финадеева, П.Н. Капитонова ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ И КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ | 758 |

Секция 5. Безопасность зданий и сооружений

| | |
|---|------------|
| В. И. Римшин, П. С. Трунгов, Е. С. Кецко, И. С. Кузина СПЕЦИФИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ | 763 |
| А. Р. Сафаров, В. Б. Дорожинский ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ЖИВУЧЕСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ | 770 |
| И. И. Панарин, Р. С. Федюк, В. Н. Макишин МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНЫХ | 777 |
| В. К. Мусаев КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ВОДОЙ: СООТНОШЕНИЕ ШИРИНЫ К ВЫСОТЕ ОДИН К ДЕСЯТИ | 782 |
| О. В. Мкртычев, С. Р. Мингазова ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩЕГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ПОЯСА В УРОВНЕ ФУНДАМЕНТА С ФТОРОПЛАСТОВЫМИ ПЛАСТИНАМИ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ | 790 |

Секция 6. Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве

| | |
|--|------------|
| А. С. Карпушкин СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ПОДПИСАНИЯ АКТА ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ В СОСТАВЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ПОДПИСАНТОВ | 795 |
| Т. М. Квасников, М. Е. Дементьева УСТАНОВЛЕНИЕ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ | 804 |
| Д. М. Мазурин, М. Е. Дементьева ДЕКОНСТРУКЦИЯ КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЛИКВИДАЦИИ ЗДАНИЙ В КОНЦЕПЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА | 809 |

| | |
|---|-----|
| Е. Г. Денисова, И. С. Птухина ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ В ИСТОРИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА _____ | 817 |
| И. Л. Абрамов, З. А. Аль Заиди ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА РАЗНОХАРАКТЕРНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА, ВЛИЯЮЩИХ НА СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ИРАКЕ _____ | 821 |
| В. И. Теличенко, А. А. Морозенко, В. В. Белов, М. Е. Цынгватов ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ _____ | 828 |
| Ю. А. Демидова, К. Н. Дуванова, И. С. Птухина ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СПОРТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ _____ | 837 |
| И. А. Енговатов, А. С. Павлов, В. В. Белов, К. А. Бородоцкий ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС _____ | 842 |
| М. Ю. Слесарев, А. А. Морозенко, В. В. Белов, С. А. Сазонова ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ _____ | 851 |
| А. И. Гадиева, А. А. Давудов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ОСНОВЕ КАРКАСА ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ _____ | 860 |
| А. Н. Ларионов, Р. Р. Валиуллин КОМПАРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЕМОНТАЖА КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ _____ | 867 |
| М. А. Фахратов, М. Халил ОРГАНИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ _____ | 873 |

Секция 7. Цифровые технологии в строительстве

| | |
|---|-----|
| Я. А. Айгарсович, Д. П. Катюк, А. А. Корнев ОЦИФРОВКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ _____ | 878 |
| Д. Р. Ахмедчанов, Е. В. Панюгов, А. А. Давудов ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ (РЕСТАВРАЦИИ) И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ _____ | 886 |
| Ле Во Фу Тоан, Ле Чунг Хиеу, Данг Вьет Лонг ТЕХНОЛОГИЯ BIM 4D ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МОНОЛИТНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ _____ | 892 |
| О. Н. Кузина, К. А. Агаханова ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ _____ | 899 |

| | |
|--|------------|
| А. В. Гинзбург ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ | 906 |
| В. К. Мусаев МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ И ТРАЕКТОРИЙ КОМПОНЕНТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ В ВИДЕ ДЕЛЬТА ФУНКЦИИ: ЗАДАЧА ЛЭМБА | 911 |
| М. В. Петроченко, С. М. Медведева ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА | 919 |
| А. А. Петров, О. А. Король ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ | 925 |
| И. И. Зазнобин, М. М. Железнов, Л. А. Адамцевич, Д. Ю. Резников АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ | 932 |
| М. М. Железнов, Хайдар А. Н. Аль-Дами МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ GPS ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРИВЯЗКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗЫСКАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА | 938 |
| О. М. Кротов, И. С. Птухина РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРИНТЕРА | 943 |
| А. А. Гусарова, Н. В. Мокрова ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ | 949 |

Секция 8. Инженерные системы и средства механизации в строительстве и ЖКХ

| | |
|---|------------|
| Н. Н. Осипова, Ю. А. Орлова ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДАЧИ ГАЗА К ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ ОТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ БАЛЛОННЫХ УСТАНОВОК | 957 |
| В. С. Федорова, Н. В. Шешенев ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА | 962 |
| А. М. Фугаева, М. В. Обухова, Е. И. Вялкова ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА СТОЧНЫХ ВОД И ОСАДКОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛН | 969 |
| С. С. Воронков О ТУРБУЛЕНТНОСТИ И УРАВНЕНИЯХ НАВЬЕ-СТОКСА | 978 |
| А. Г. Рымаров АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ МАССИВНОСТИ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЯ | 984 |

| | |
|--|------|
| Е. Г. Малявина, А. А. Фролова, Г. А. Петров СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБМЕРА ПЛОЩАДЕЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ _____ | 990 |
| О. Д. Самарин СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВОКРУГ ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОИСТОЧНИКА _____ | 995 |
| С. М. Усиков ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ __ | 1001 |
| Д. В. Абрамкина, А. О. Иванова ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ХЛАДАГЕНТА _____ | 1008 |
| А. К. Ключко ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ ПОИСКОВОЙ МЕТОДИКОЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЕЛИЧИНЕ ШАГА ИТЕРАЦИИ _____ | 1013 |
| У. С. Рудич, Ж. М. Говорова АНАЛИЗ РАБОТЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ СО СЛОЕМ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДКА В УСЛОВИЯХ ПониЖЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ МУТНОСТИ ИСХОДНОЙ ВОДЫ _____ | 1020 |
| О. А. Король, А. А. Петров 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В КОНЦЕПЦИИ ПАССИВНОГО ЗДАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AUTODESK 3DS MAX _____ | 1026 |
| Р. Р. Шарапов, А. О. Савичев АППАРАТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ _____ | 1035 |
| О. Н. Медведева, С. Д. Перевалов ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СХЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, НЕ ОХВАЧЕННЫХ ГАЗОСНАБЖЕНИЕМ _____ | 1040 |
| Е. С. Каленова, Е. В. Дресвянникова, Г. М. Ахмерова АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ _____ | 1046 |

Секция 9. Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве

| | |
|--|------|
| Н. В. Ханов, Т. Ю. Жукова МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ _____ | 1052 |
| Е. А. Муравьева, А. В. Манько МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВІМ _____ | 1058 |
| В. К. Мусаев МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОТИНЕ КОЙНА (СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ) И В РЕАКТОРНОМ ОТДЕЛЕНИИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ (УДАР САМОЛЕТА) __ | 1064 |

А. А. Саакян , Д. Г. Мартиросян
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО _____ 1073

Секция 10. Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости

- А. П. Корчагин
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТНОГО
УПРАВЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ _____ 1080
- М. О. Кушнир, Р. Р. Акмалова
СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ _____ 1085
- В. В. Глазкова, А. В. Белоконов
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ СТОИМОСТИ
СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ _____ 1092
- Д. З. Искандаров, С. М. Бороздина
ОСОБЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РФ _____ 1097
- Р. Р. Козаков
ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ
КАЧЕСТВА ИСПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ЗАКАЗА
_____ 1102
- Ю. А. Цветков
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ЗАКАЗА _____ 1110
- С. В. Колобова
ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ
ЧАСТНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕНОВАЦИЮ РЕГИОНА _____ 1118
- В. А. Кошечев, Я. В. Уселис
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РОСТ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ
ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА _____ 1126
- В. Н. Кабанов
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЬЯ
ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ _____ 1132
- К. Ю. Кулаков
КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ
УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ДЕВЕЛОПМЕНТА
НА ОСНОВЕ СТОИМОСТНЫХ ОЦЕНОК ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ _____ 1137
- К. Н. Дуванова, М. В. Кузнецов, И. С. Птухина
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ КОНСТРУКЦИЙ
КОНЕЧНЫМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ _____ 1143
- К. Н. Дуванова, М. В. Кузнецов, Ю. А. Демидова, И. С. Птухина
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА _____ 1149
- П. А. Громыко, И. С. Птухина
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» В
УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ _____ 1154

| | |
|--|-------------|
| И. Ф. Мангушев, В. В. Полити ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ _____ | 1158 |
| И. Г. Лукманова, М. Ю. Мишланова БЮДЖЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМУ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ _____ | 1167 |

Секция 1. Теория сооружений. Строительные конструкции

ИННОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ АБСОЛЮТНО ГИБКОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШИ ДЛЯ РВС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А. А. Землянский¹, Л. А. Землянский², К. А. Землянский³, Л. Д. Зотов⁴, В. А. Шилов⁵
^{1,4,5} Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Балаково,
^{2,3} Балаковская атомная электростанция, г. Балаково,
¹zempl_aa@mail.ru
⁴lev.zotov.1998@mail.ru

Аннотация

Предметом исследования данной работы является конструкция абсолютно гибкой плавающей крыши для РВС нового поколения. Разработка такой конструкции связана с существующими проблемами традиционных решений, возникающих из-за наличия направляющих стоек, неплотного сопряжения крыши со стенки резервуара, большой материалоемкостью и большой вероятностью возникновения предаварийной или аварийной ситуации из-за заклинивания ПК при эксплуатации. Основной целью работы является повышение герметичности, плавучести, устойчивости и непотопляемости ПК при статических и динамических нагрузках с одновременным повышением эксплуатационной надёжности и уменьшением затрат на ее изготовление. Достижение поставленной цели обеспечивается в работе за счёт полного отказа от направляющих стоек, создания новой конструктивной схемы затворов и применения абсолютно гибкого настила, выполненного из эффективного и современного материала. Предложенная инновационная конструкция ПК защищена тремя патентами на изобретение.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционное исполнение однодечной плавающей крыши (ПК), в крупноразмерных стальных резервуарах имеет множество недостатков, обусловленных низкой плавучестью, устойчивостью и непотопляемостью. Наличие направляющих стоек также приводит на практике либо к заклиниванию, либо к внезапному обрушению плавающей крыши с созданием аварийной ситуации или к пожару. Поэтому с целью повышения эксплуатационной надёжности ПК и понтонов автор предложил и защитил патентами на изобретения [1, 2, 3] новую конструкцию ПК с гибким затвором, позволяющую эффективно решить весь комплекс имеющихся технических проблем. В результате новая конструкция гибкого затвора позволила просто отказаться от использования направляющих стоек, являющихся источником потенциального заклинивания и недопустимых аварий ПК в ходе эксплуатации.

Одновременно в рассматриваемом случае автоматически снимается и вопрос оценки остойчивости, непотопляемости и плавучести ПК, так как в предложенном варианте бортовой элемент ПК синхронно трансформируется по мере опускания или подъема ПК, что создает во всех случаях 100% плавучесть исследуемой ПК и позволяет максимально снизить собственный вес у всех рабочих элементов ПК.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Новое конструктивное исполнение ПК представлено на рис. 1.

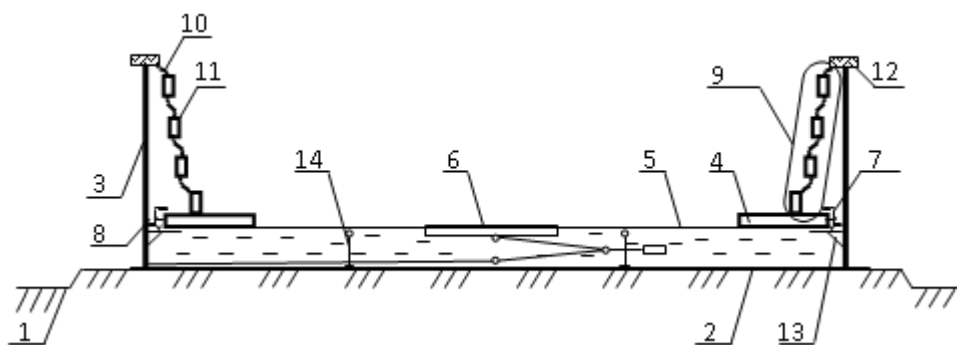


Рис. 1. Конструкция абсолютно гибкой плавающей крыши:
 1- песчаное основание; 2 – днище; 3 – стенка РВС; 4 – кольцевой понтон; 5- гибкий настил; 6 – пригрузка; 7 – магнитный кольцевой затвор; 8 – жидкостный затвор; 9 – гибко-трансформируемый затвор; 10 – «гибкий» кольцевой элемент; 11 – «жесткий» кольцевой элемент; 12 – опорное кольцевое ребро жесткости; 13 - кольцевая опора под понтон; 14 – опора под гибкий настил.

В формализованном виде предложенную конструкцию можно трансформировать в

расчетную схему, представленную на рис. 2.

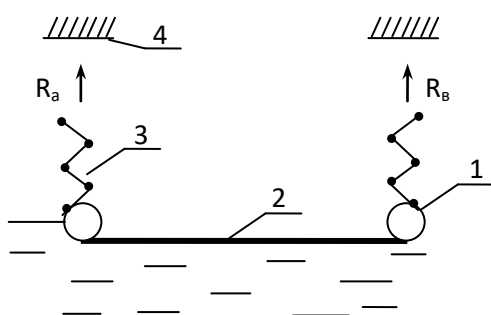


Рис. 2. Формализованная расчетная схема плавающей крыши, оснащенной гибким затвором:
 1 – кольцевой понтон; 2 – мембранный настил; 3 – гибкий затвор; 4 – недеформируемая зона крепления затвора

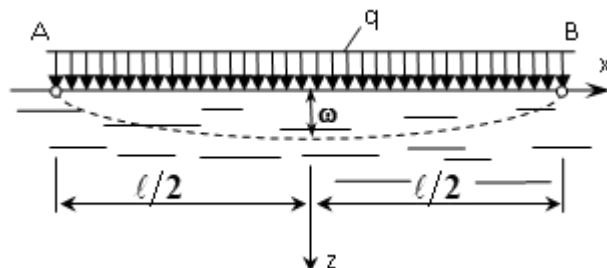


Рис. 3. Рабочая расчетная схема плавающей крыши, оснащенной гибким затвором,
 где q - внешняя нагрузка; АВ – зоны шарнирного закрепления настила; ω - прогиб

Так как реакции от гибкого цилиндрического затвора пренебрежимо малы из-за того, что диафрагма гибкого затвора растягивается по мере опускания ПК только за счет собственного веса, то реакциями R_a и R_b можно пренебречь. Тогда рабочую расчетную схему ПК можно представить, как показано на рис. 3. При этом наличие у рассматриваемой ПК кольцевого понтона, позволяет решить задачу об изгибе длинной равномерно нагруженной пластинки, вырезанной по диаметру из круглой мембраны и шарнирно опертой по краям с невозможностью сближения зон опирания в точках А и В.

Уравнение изгиба круглой пластинки, плавающей на поверхности жидкости с удельным весом k , получено Герцем в работе [4]

$$D\tau^2\tau^2\omega = q(r, \varphi) - k\omega, \quad (1)$$

где $\tau^2\omega$ - оператор Лапласа от прогиба, записанный в полярных координатах;
 $q(r, \varphi)$ - интенсивность внешней нагрузки;

k - реакция упругого основания на единицу площади при прогибе, равно единице; в

нашем случае представляет собой удельный вес нефтепродукта;

ω - прогиб упругого основания.

Сравнение дифференциального уравнения (1) и дифференциального уравнения изгиба по цилиндрической поверхности пластинки на упругом основании позволяет сделать вывод об идентичности указанных уравнений [5]. Поэтому для оценки напряженно-деформированного состояния настила ПК в новом исполнении воспользуемся нижеприведенным уравнением

$$D \frac{d^4 \omega}{dx^4} = g - k\omega, \quad (2)$$

где k – удельный вес нефтепродукта.

Введем обозначение

$$\beta = \frac{1}{2} \sqrt[4]{\frac{k}{4D}}, \quad (3)$$

где $D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$ - цилиндрическая жесткость при изгибе пластинки, плавающей на

поверхности жидкости.

Решение уравнения (2) можно представить в следующем виде

$$\begin{aligned} \omega = & \frac{q}{k} + C_1 \sin \frac{2\beta x}{1} \operatorname{sh} \frac{2\beta x}{1} + C_2 \sin \frac{2\beta x}{1} \operatorname{ch} \frac{2\beta x}{1} + \\ & + C_3 \cos \frac{2\beta x}{1} \sin \frac{2\beta x}{1} + C_4 \cos \frac{2\beta x}{1} \operatorname{ch} \frac{2\beta x}{1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Приняв $c_2 = c_3 = 0$ в связи симметричным прогибом гибкого настила АВ относительно его середины и учитывая, что на концах выделенной из настила пластинки как прогиб, так и изгибающий момент также равны нулю, учитывая имеющиеся граничные условия, можно определить значение постоянных C_1 и C_4 соответственно по нижеприведенным выражениям

$$C_1 = -\frac{q}{k} \frac{\sin \beta \operatorname{sh} \beta}{\sin^2 \beta \operatorname{sh}^2 \beta + \cos^2 \beta \operatorname{ch}^2 \beta} = -\frac{q}{k} \frac{2 \sin \beta \operatorname{sh} \beta}{\cos 2\beta + \operatorname{ch} 2\beta}; \quad (5)$$

$$C_4 = -\frac{q}{k} \frac{\cos \beta \operatorname{ch} \beta}{\sin^2 \beta \operatorname{sh}^2 \beta + \cos^2 \beta \operatorname{ch}^2 \beta} = -\frac{q}{k} \frac{2 \cos \beta \operatorname{ch} \beta}{\cos 2\beta + \operatorname{ch} 2\beta}. \quad (6)$$

Подставив полученные значения C_1 и C_4 в выражение (4) и воспользовавшись обозначением (3), прогиб гибкой пластинки настила можно также представить следующим уравнением

$$\begin{aligned} \omega = & \frac{ql^2}{64D\beta^4} \left(1 - \frac{2 \sin \beta \operatorname{sh} \beta}{\cos 2\beta + \operatorname{ch} 2\beta} \sin \frac{2\beta x}{1} \operatorname{sh} \frac{2\beta x}{1} - \right. \\ & \left. - \frac{2 \cos \beta \operatorname{ch} \beta}{\cos 2\beta + \operatorname{ch} 2\beta} \cos \frac{2\beta x}{1} \operatorname{ch} \frac{2\beta x}{1} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Максимальный прогиб гибкой пластинки, исходя из принятой расчетной схемы, возникает в начале координат, то есть при $x=0$, что позволит нам получить следующее выражение

$$(\omega)_{x=0} = \frac{ql^4}{64D\beta^4} [1 - \psi_0(\beta)], \quad (8)$$

где $\psi_0(\beta) = \frac{2 \cos \beta \operatorname{ch} \beta}{\cos 2\beta + \operatorname{ch} 2\beta}$.

Изгибающий момент в некотором поперечном сечении полоски можно определить из следующего уравнения

$$M = -D \frac{d^2 \omega}{dx^2}. \quad (9)$$

Подставив в это выражение уравнение (7), определим максимальное значение изгибающего момента в середине гибкой полоски настила

$$(M)_{x=0} = \frac{ql^2}{8} \psi_1(\beta), \quad (10)$$

$$\text{где } \psi_1(\beta) = \frac{2}{\beta^2} \frac{\text{sh}\beta \sin\beta}{\text{ch}2\beta + \cos 2\beta}.$$

Зная максимальное значение изгибающего момента и толщину рабочего настила, можно легко определить и максимальное значение меридиональных напряжений σ_1 в гибком настиле плавающей крыши по следующей формуле

$$\sigma_1^{\max} = \frac{6 \times M_{\max}}{t^2}. \quad (11)$$

При учете пространственной работы настила в последнем, кроме изгибных меридиональных напряжений σ_1 , возникают и окружные растягивающие напряжения σ_2 , которые приблизительно в три раза меньше меридиональных. Поэтому в нашем случае при оценке напряженно-деформированного состояния металлического настила ПК мы осознанно пренебрегаем учетом окружных напряжений σ_2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью упрощения всех аналитических выкладок при оценке напряженно-деформированного состояния гибкого металлического настила ПК для резервуаров объемом 50, 100, 120 и 150 тыс. м³ результаты, полученные авторами данной работы, представлены в табличном виде (табл. 1).

Численный эксперимент по оценке напряженно-деформированного состояния металлического настила ПК крупных и уникальных резервуаров большого объема показал, что во всех рассмотренных случаях толщина принятого настила проходит по расчету на прочность при учете лишь его собственного веса. Суммарная же нагрузка от собственного веса настила и снега приводит во всех случаях к явному переходу металла в пластическую зону работы с недопустимым приближением фактического напряженного состояния к расчетному сопротивлению металла по временной прочности [6, 7].

Все отмеченное, на практике резко снижает эксплуатационную надежность настила и в целом прочность всей плавающей крыши, особенно при наличии динамических нагрузок от ветра, приводящих часто к низкочастотным резонансным явлениям [8-10], которые, как показывает опыт, являются основной причиной затопления плавающих крыш за счет образования и раскрытия трещин в наиболее опасных и перенапряженных местах сопряжения настила с кольцевым понтоном.

Наглядный анализ НДС настила в металлическом исполнении свидетельствует о необходимости его замены на абсолютно гибкий и инертный по отношению к нефтепродуктам материал. По мнению авторов настоящей работы, в рассматриваемом случае возможна эффективная замена металла на резиноканевый материал № 637 в маслостойком исполнении, либо на полиамидную пленку ПК-4 или листовой полиэтилен высокой плотности, или же применение специальных маслостойких материалов, армированных кевларом или стекловолокном [13-15].

Табл. 1. Результаты численного эксперимента по оценке напряженно-деформированного состояния гибкого настила плавающей крыши крупных и уникальных резервуаров

| Объем резервуара, тыс. м ³ | Диаметр РВС, см/ рабочий пролет настила, см | Толщина настила, см/ приведенная толщина, см | q - нагрузка от собственного веса, н/см ² / q* - нагрузка от настила и снега, н/см ² | $D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$, кН×см | k = γ, н/м ³ | $\beta = \frac{1}{2} \sqrt[4]{\frac{k}{4D}}$ | ψ ₂ (β) | $\omega = \frac{ql^4}{64D\beta^4} \times [1 - \psi_0(\beta)]$, см | $M_{\max} = \frac{ql^2}{8} \psi_1(\beta)$, н×см | $\sigma_1 = \frac{6M_{\max}}{t^2}$ МПа | Расчетное сопротивление по временному сопротивлению R, МПа СП 16.13330.2017 |
|---------------------------------------|--|---|---|---|----------------------------|--|--------------------|--|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 50 | 6070/ 5600 | 0,40/ 0,41 | q = 0,035 / q* = 0,145 | 119,46 | 9000 | 35,144 | 0,00160 | 3,888/ 16,110 | 252,0/ 1044,0 | 90,0/ 372,8 | 255,0/ 375,0 |
| 100 | 8530/ 7100 | 0,60/ 0,62 | q = 0,053 / q* = 0,1630 | 444,87 | 9000 | 35,54 | 0,00158 | 5,889/ 18,104 | 746,6/ 2295,7 | 116,6/ 358,7 | 255,0/ 375,0 |
| 120 | 9230/ 8600 | 0,80/ 0,82 | q = 0,0686 / q* = 0,1790 | 992,02 | 9000 | 31,50 | 0,00201 | 7,625/ 19,940 | 1436,7/ 3756,9 | 131,4/ 364,36 | 255,0/ 375,0 |
| 150 | 10340/ 9700 | 0,90/ 0,92 | q = 0,0789 / q* = 0,1880 | 1453,5 | 9000 | 32,11 | 0,00193 | 8,766/ 20,880 | 1995,9/ 4754,2 | 141,5/ 337,1 | 255,0/ 375,0 |

Примечания:

1. В настиле исследуемых плавающих крыш используется В Ст3 по 5-1 по ТУ 14-1-3023-80 [12].
2. В качестве ребер жесткости в настиле используется двутавр № 30 [13] по сетке 5x5 м.
3. В графе 11 в числителе представлено напряжение изгиба от собственного веса настила, а в знаменателе суммарное напряжение от собственного веса настила и снега.

Основные технические характеристики указанных материалов представлены в табл. 2.

Табл. 2. Технические характеристики материалов для абсолютно гибкого настила плавающих крыш резервуаров большого объема

| Технические характеристики | Высокопрочная сталь | Кевлар 29 | Кевлар 49 | Стекловолокно E | Дакрон Т-33 | Полиэтилен высокой плотности | Армированная резина №637 |
|-----------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------------|-------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Разрывная прочность, МПа | 635 | 2760 | 2760 | 2760 | 886 | 22,0 | 20,0 |
| Плотность г/см ³ | 7,860 | 1,440 | 1,440 | 2,540 | 1,380 | 1,100 | 1,400 |
| Модуль упругости, МПа | 210000 | 62000 | 131000 | 72000 | 14000 | 1100 | 600 |
| Относительное удлинение, % | ≈12,0 | 4,00 | 2,40 | 4,00 | 12,00 | 110,00 | 25,00 |
| Толщина, мм | 4,0 | 0,229 | 0,210 | 0,216 | 0,300 | 2,000 | 2,000 |

Все деформационные и прочностные расчеты настила в абсолютно гибком исполнении в предложенном варианте можно выполнить по аналогии с расчетом висячих покрытий, в частности для самого опасного случая, связанного с полным отсутствием в резервуаре хранимого нефтепродукта, когда абсолютно гибкий настил будет не плавать на нефтепродукте, а только лежать на промежуточных опорах, установленных на днище резервуара, как показано на рис. 4.

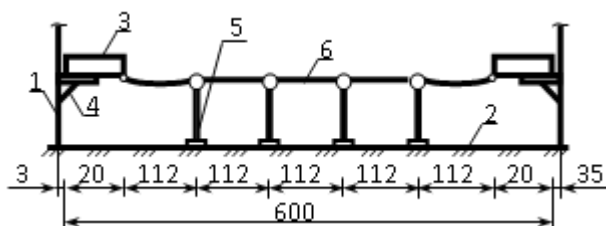


Рис. 4. Конструктивная схема опорения гибкой плавающей крыши при полностью разгруженном резервуаре объемом 50 тыс. м³:

1 – стенка РВС; 2 – днище; 3 – кольцевой понтон; 4 – кольцевая опора; 5 – стойки под промежуточные кольцевые опоры; 6 – гибкий настил

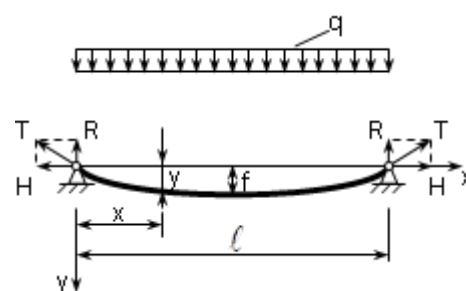


Рис. 5. Расчетная схема абсолютно гибкой крыши в рабочем пролете

11,2 м: Т – усилие в нити; Р – вертикальная реакция; Н – распор

Общий анализ приведенной конструктивной схемы гибкой ПК показывает, что рабочий пролет гибкого настила для РВС объемом 50 тыс.м³ не превышает 11,2 метра, поэтому расчетную схему абсолютно гибкой нити можно представить как пологий прогиб абсолютно гибкой полоски единичной ширины, вырезанной из сплошного настила (рис. 5).

В настоящей работе для численного эксперимента и детальной оценки напряженно-деформируемого состояния абсолютно гибкого настила плавающей крыши резервуара объемом 50 тыс. м³ авторами выполнены все прочностные расчеты с использованием расчетной схемы сформированной на рис.5, а полученные результаты расчетов представим в табл. 3.

Табл. 3. Результаты численного эксперимента по оценке напряженно-деформированного состояния абсолютно гибкого настила и кольцевого понтона для резервуара объемом 50 тыс. м³

| № | Наименование параметра | Аналитическая формула расчета | Численные значения параметров |
|----|--|---|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Расчетная длина, ℓ , см | Определяется из расчетной схемы, рис.3.21 | $\ell = 1120$ см |
| 2 | Прогиб, f , см | $\frac{f}{l} \leq \frac{1}{20}$ | $f \approx 50$ см |
| 3 | Длина настила, L , см | $L = l \left(1 + \frac{8f^2}{3l^2} \right)$ | $L = 1125,9$ см |
| 4 | Нагрузка, q , Н/см ² | $q = (V \cdot \gamma + q_c) \gamma_c$ | $q = 0,110$ Н/см ² |
| 5 | Параметр, D | $D = \frac{q l^3}{12}$ | $D = 141663,0$ см |
| 6 | Распор, H | $H = \sqrt{\frac{D}{2(L-l)}}$ | $H = 345$ Н |
| 7 | Приращение прогиба, см | $\Delta f = \frac{3 \times l \times H \times L}{16 \times f \times E \times F}$ | $\Delta f = 10,49$ см |
| 8 | Откорректированный распор, H^* , Н | $H^* = \frac{\sqrt{3ID}}{16(f + \Delta f)}$ | $H^* = 285,1$ Н |
| 9 | Реакция опоры, R , Н | $R = \frac{q \times l}{2}$ | $R = 57,12$ Н |
| 10 | Усилие в настиле T , Н | $T = \sqrt{R^2 + H^2}$ | $T = 290,66$ Н |
| 11 | Сжимающее усилие в кольцевом понтоне, N | $N = \frac{H}{a} r$ | $N = 319,312$ кН |
| 12 | Момент инерции кольцевого понтона, I , см ⁴ | $I = \frac{bh^3}{12}$ | $I = 666666,6$ см ⁴ |
| 13 | Критическое усилие, ($N_{кр}$), кН | $N_{кр} = \frac{3EI}{r^2}$ | $N_{кр} = 1254,400$ кН |

ВЫВОДЫ

Анализ результатов представленных в таблице 3 показывает, что расчетное усилие в гибком настиле в рассматриваемом случае в десятки раз меньше, чем разрывная прочность натуральных и синтетических материалов, физико-механические характеристики, которых представлены в табл. 2.

Сравнение сжимающих усилий в кольцевом понтоне плавающей крыши с критическими, также свидетельствуют о том, что последние превышают действующие усилия более чем в 4 раза, что является серьезным доказательством наличия очень высокого

коэффициента запаса прочности и устойчивости у предлагаемой абсолютно гибкой конструкции плавающей крыши, представленной на рис.1.

Предложенная ПК позволяет на практике создать все необходимые условия для обеспечения абсолютной герметичности ПК со стенкой резервуара и одновременным достижением максимальной экономии материала. Конструкция ПК, включающая абсолютно гибкий настил и комбинированную систему гибких и жёстких затворов, сопряжённую с понтонами позволяет решить общую проблему повышения надёжности ПК отказавшись от использования направляющих стоек для традиционных решений, что позволит автоматически повысить общую несущую способность и надёжность ПК как при статических, так и динамических воздействиях.

Принятое конструктивное решение обеспечивает на практике максимальную эксплуатационную надёжность ПК и полностью исключает любую потенциальную возможность возникновения предаварийной или аварийной ситуации ПК и в целом крупноразмерных РВС при всех режимах эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. №2248315 С2. РФ. Плавающая крыша нефтеналивного резервуара / Землянский А.А., Денисова А.П., Ращепкина С.А., Землянский Л.А. // БИ. 2005. №8.
2. Пат. №2236526 С2. РФ. Вертикальный цилиндрический резервуар / Землянский А.А., Денисова А.П., Ращепкин С.В. // БИ. 2004. №26.
3. Пат. №38736 У1. РФ. Плавающая крыша резервуара / Землянский А.А., Денисова А.П., Овчинников И.Г., Ращепкина С.А., Ращепкин С.В. // БИ. 2004. №19.
4. Тимошенко С.П. Пластины и оболочки / С.П. Тимошенко; Пер. с англ. В.И. Контовт. / – Москва : Гос. изд-во техн.-теоретич. лит.-ры, 1948. - 460 с.
5. Петров В.В. Нелинейная строительная механика : учебное пособие / В. В. Петров. - Саратов : Саратовский гос. технический ун-т, 2015. – 160 с. URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01008239745> (дата обращения 31.10.2021). – ISBN 978-5-7433-2925-0. – Текст : электронный.
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: АО «НИИ «Строительство». – 2017. – 92 с.
7. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. – М. : АО «НИИ «Строительство». – 2017. – 168 с.
8. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 98 с.
9. Каравайченко М.Г. Резервуары с плавающими крышами / М.Г. Каравайченко, Л.А. Бабин, Р.М. Усманов. – Москва : Недра, 1992. – 236 с. – ISBN 5-247-02441-9.
10. Землянский А.А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения / Землянский А.А. – Саратов : Изд-во СГТУ, 2005. – 320 с.
11. ТУ 14-1-3023-80 Прокат горячекатаный и гнутые профили из стали углеродистой и низколегированной с гарантированным уровнем механических свойств, дифференцированным по группам прочности. Действующая редакция 10.09.80. – Москва : Центральный НИИ чёрной и цветной металлургии, 1980. – 34 с.
12. ГОСТ Р 53837-2017 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 32 с.
13. ГОСТ 7338-90 Пластины резиновые и резинотканевые. Действующая редакция 13.06.90. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 18 с.
14. ГОСТ Р 58061-2018 Плёнки синтетические модифицированные. Типы и основные параметры. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 15 с.
15. ГОСТ 16338-85 Полиэтилен низкого давления. Технические условия. Действующая редакция. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 35 с.

МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА КАК ФУНКЦИЯ УРОВНЯ НАГРУЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ

А. А. Котов

Мурманский государственный технический университет 183010, Мурманск, ул. Спортивная, 13,
kotovaa@mstu.edu.ru

Аннотация

Работа направлена на совершенствование физической модели бетона для обеспечения возможности ее применения в расчетах железобетонных конструкций при произвольных режимах их нагружения. В действующем отечественном нормативе [1] такая возможность пока что весьма ограничена, поскольку изменение жесткости бетона во времени он предписывает учитывать только разными величинами его модуля деформаций при кратковременных и длительных воздействиях. Здесь на основе универсальной модели деформирования и разрушения бетона с привязкой ее параметров к нормируемым характеристикам этого материала построены массивы числовых значений модулей деформации бетона как функции уровней нагружения и времени для бетонов разных классов и влажностей. Эти массивы модулей представлены в виде поверхностей в координатах «уровень нагружения» – «время» и для упрощения использования в практических приложениях аппроксимированы аналитической функцией этих двух переменных.

ВВЕДЕНИЕ

В отношении физической модели бетона, способной адекватно отражать поведение этого материала в условиях различных режимов воздействий и различных параметров среды эксплуатации, существует очень большое разнообразие точек зрения в соответствующих научных кругах, и ситуация еще довольно далека от консенсуса. Дискуссия в отношении реологических свойств бетона была открыта примерно в середине прошлого века созданием довольно большого количества теорий ползучести бетона [2 - 9] и не затухает до сих пор [10 - 14]. Поэтому вопрос об адекватной и вместе с тем достаточно простой модели поведения бетона под нагрузкой остается весьма актуальным. Действующий основной отечественный нормативный документ по расчету железобетонных конструкций [1] подходит к решению этого вопроса достаточно просто: при кратковременных и длительных воздействиях используется статичная двух- или трехлинейная диаграмма деформирования бетона, только при длительных воздействиях начальный модуль деформаций бетона E_b уменьшается с помощью так называемой характеристики ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ по формуле

$$E_{bt} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}} \quad (1)$$

Фактически получается, что при кратковременных (практически мгновенных) и длительных (практически бесконечно длинных) воздействиях используются две разные статичные диаграммы деформирования бетона. Но тогда возникает естественная потребность получить диаграммы деформирования и для промежуточных состояний, процессов произвольной длительности, то есть получить динамичную диаграмму деформирования бетона, вид которой меняется в зависимости от длительности воздействия. Другими словами, задача сводится к построению поверхности модулей деформирования бетона в координатах «время» - «величина нагружения». Еще иначе это можно сформулировать так: требуется переменный модуль деформаций бетона D построить как функцию уровня нагружения η и длительности воздействия t : $D(\eta, t)$. Одно из возможных решений этой задачи предложено в настоящей работе, в которой поверхности $D(\eta, t)$ для разных бетонов с одной стороны представлены массивами числовых значений,

построенных на массивах уровней нагружения и времени; с другой – эти поверхности аппроксимированы аналитическими выражениями. Первый вариант предназначен для числовых расчетов железобетонных конструкций, второй может быть использован универсально. Всё это представляется естественным развитием того подхода к расчету железобетонных конструкций, который реализован в действующих отечественном [1] и западном [15] нормативах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Построение модуля деформаций бетона как функции уровня нагружения и времени реализовано на основе так называемой универсальной модели деформирования и разрушения бетона (УМДРБ) [9,16]. Для решения этой задачи использованы расчетные соотношения частного случая указанной теории, соответствующие построению кривых деформативности $\varepsilon(\eta, t)$ при одноосном сжатии бетонного элемента постоянным напряжением. Расчетные соотношения этого частного случая универсальной модели, записанные в алгоритмической последовательности, выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} \sigma(\eta) &= \eta R_c; \quad \varepsilon(\eta) = \sigma(\eta) / E_b; \\ c &= C_\infty / m; \quad \gamma_k = \gamma_{дл} d^{m-k}; \quad C(t) = \sum_{k=1}^m c \left(1 - e^{-\gamma_k t}\right); \\ \alpha(\eta, t) &= \sigma(\eta) C(t); \quad \nu_\beta = \frac{1 + 2k_{32}}{2(1 - k_{32})}; \quad \mu = \frac{1 - 2\nu_\beta}{2(1 + \nu_\beta)}; \\ R(\eta) &= \sqrt{R_c R_p - \sigma(\eta)(R_c - R_p)}; \quad \eta_p = R_p / R_c; \quad \eta_{дл} = \sqrt{\eta_p + (1 - \eta_p)\eta_d}; \\ G &= 0,4E_b; \quad k_{12} = \frac{2(\eta_{дл}^3 - \eta_d^3) - 3\eta_d(\eta_{дл}^2 - \eta_d^2)}{9G\eta_d^3}; \quad \varphi(t) = C(t) / C_\infty; \\ r(\eta, t) &= R(\eta) - \frac{9Gk_{12}\sigma(\eta)^3(2 - \varphi(t))\varphi(t)}{2(R(\eta)^2 + R(\eta)r(\eta, t - \Delta t) + r(\eta, t - \Delta t)^2) - 3\sigma(\eta)(R(\eta) + r(\eta, t - \Delta t))}; \\ \beta(\eta, t) &= \frac{1 + \mu}{6Gk_1\sigma(\eta)}(R(\eta)^2 - r(\eta, t)^2); \quad \varepsilon(\eta, t) = \varepsilon(\eta) + \alpha(\eta, t) + \beta(\eta, t). \end{aligned} \quad (2)$$

Исходными данными для реализации этого алгоритма являются:

- массивы уровней нагружения η и времени t как независимые переменные, изменяющаяся в заданных диапазонах;
- нормативные сопротивления бетона сжатию R_c и растяжению R_p ; назначаются в соответствии с действующим СП по бетону и железобетону [1];
- начальный модуль деформаций бетона E_b ; назначается в соответствии с действующим СП по бетону и железобетону [1];
- асимптотическое значение меры ползучести C_∞ ; в соответствии с исследованием [14] оно может быть связано с нормативными характеристиками бетона соотношением

$$C_\infty = \frac{\Phi_{b,cr}}{E_b}; \quad (3)$$

здесь $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, зависящий от его класса и влажности среды и нормируемый в [1];

- количество экспонент в аппроксимации меры ползучести m ; по результатам исследования [14] принято $m = 6$;
- показатель наиболее длительной экспоненты $\gamma_{дл}$; по результатам исследования [14] можно принять $\gamma_{дл} = 2 \times 10^9 \text{ с}^{-1}$;
- d – знаменатель числовой последовательности экспонент в аппроксимации меры линейной ползучести; в соответствии с исследованиями [14] принято $d = 10$;
- нестандартный параметр бетона k_{32} , используемый в УМДРБ; по результатам исследования [17] можно принять $k_{32} = -0,07$;
- η_d – уровень длительной прочности бетона; по результатам исследования [18] можно усреднённо для разных бетонов принять $\eta_d = 0,82$;
- нестандартный параметр бетона k_1 , характеризующий влияние диссипации энергии в процессе нелинейной ползучести на уменьшение текущей прочности бетона; в соответствии с исследованиями [17] можно принять $k_1 = 0,03$.

Реализация алгоритма (2) приводит к получению полных деформаций $\varepsilon(\eta, t)$ как функции уровня нагружения η и времени t . Последующее вычисление модулей деформаций выполняется по формуле

$$D(\eta, t) = \frac{\eta R_c}{\varepsilon(\eta, t)}. \quad (4)$$

Для упрощения построения графических образов модулей деформаций $D(\eta, t)$ как функции двух переменных уровни нагружения и время задаются списками фиксированных значений, т. е. модули деформаций формируются как двумерные массивы. При этом в рекуррентной формуле для $r(\eta, t)$ (вторая снизу в (2)) приходится специальным образом определять массив $r(\eta, t - \Delta t)$, поскольку иначе массив $r(\eta, t)$ пришлось бы определять сам через себя, что в создании алгоритма не представляется возможным. Для определения массива $r(\eta, t - \Delta t)$ предложено использовать приближённую формулу

$$r_{t-\Delta t}(\eta, t) = (0,99 - 0,2\varphi(t))R(\eta). \quad (5)$$

Логика этого соотношения такова. На бесконечности по времени, где $\varphi(t) = \varphi(\infty) = 1$, текущее значение прочности $r_\infty(\eta)$, как показывает практика, примерно на 20% меньше начального значения прочности $R(\eta)$. В промежуточные моменты времени это максимальное падение прочности уменьшается пропорционально текущей доле ползучести $\varphi(t)$: $0 \leq \varphi(t) \leq 1$. Первое число в скобках принято 0,99, а не 1, поскольку в начальный момент времени $t = 0$ должно быть $r(\eta) < R(\eta)$, иначе не стартует рекуррентная формула для вычисления $r(\eta, t)$.

Для получения массивов числовых значений всех параметров НДС бетона, а также и его модуля деформаций в зависимости от уровня нагружения и времени в среде Wolfram Mathematica составлена программа MoDefDis. В ней предусмотрено графическое представление развития деформаций ползучести и падения текущей прочности во времени при разных уровнях нагружения, а также графическое построение поверхности $D(\eta, t)$. При необходимости могут быть распечатаны все числовые массивы, характеризующие текущее НДС бетона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты расчета по программе MoDefDis для бетона В25 средней влажности представлены на рисунках 1 - 4 зависимостями полных деформаций бетона от времени t при различных уровнях нагружения η , поверхностями $D(\eta, t)$ и разрезами этой поверхности вдоль оси t при разных уровнях η и вдоль оси η при разных значениях времени t .

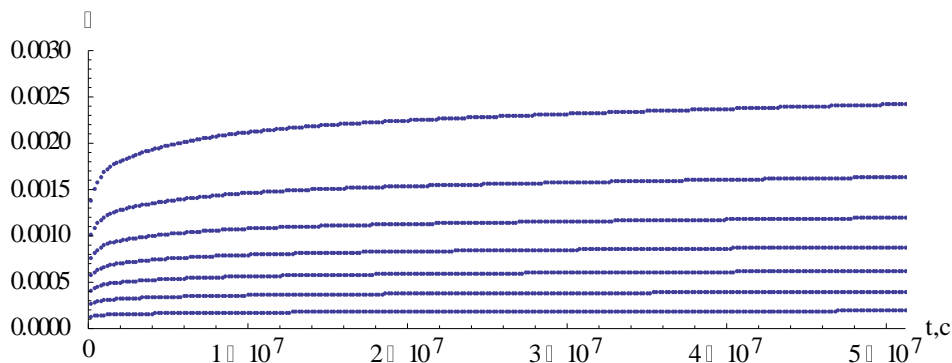


Рис. 1. Зависимости полных деформаций бетона от времени t при уровнях нагружения {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7}

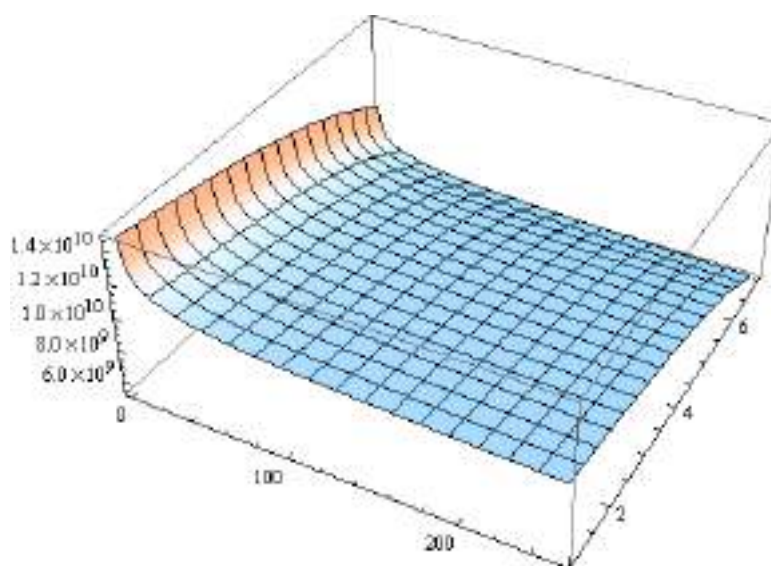


Рис. 2. Зависимость модуля деформаций бетона D , Па от времени (256 шагов, 593 сут.) и от уровней нагружения {0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7}

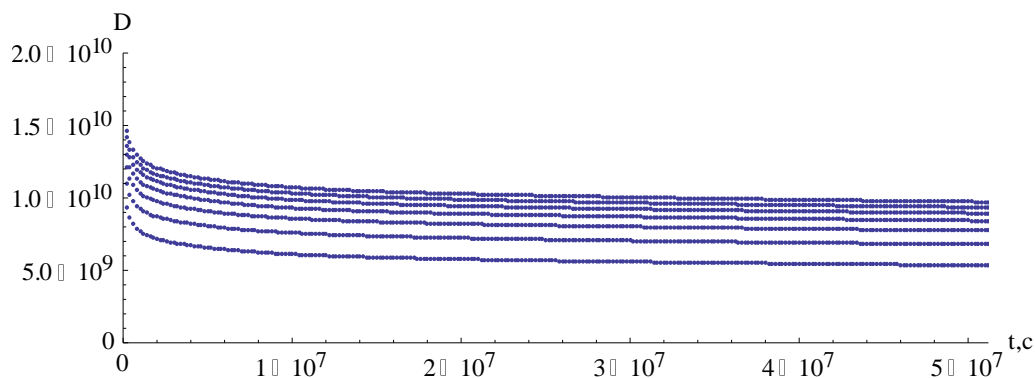


Рис. 3. Зависимости модуля деформаций бетона D , Па

от времени t при уровнях нагружения $\{0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7\}$

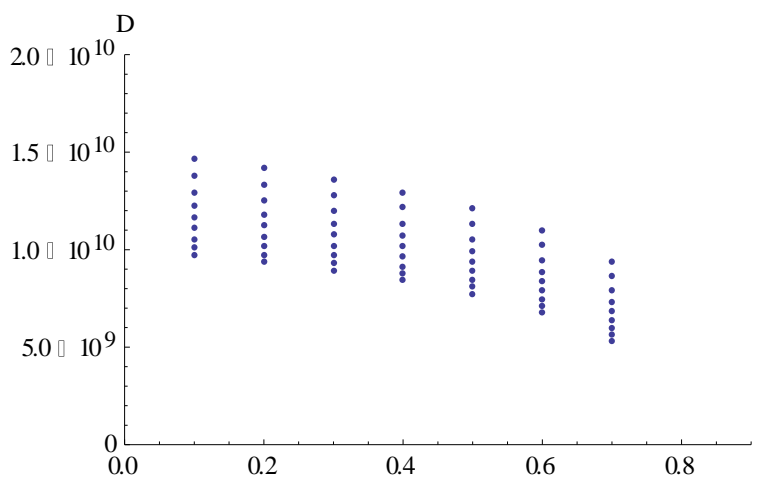


Рис. 4. Зависимости модуля деформаций бетона D , Па от уровня нагружения η

для моментов времени 2,3; 4,6; 9,3; 18,5; 37; 74; 148; 296 и 593 сут.

Поверхности $D(\eta, t)$ и другие массивы параметров НДС построены для бетонов классов В15, В25, В40 и В60, и в каждом классе они дифференцированы в зависимости от нормативного диапазона влажности среды. По приведенной выше программе MoDefDis они могут быть построены для любого бетона с нормированными начальными модулями деформаций и характеристиками ползучести. Массивы $D(\eta, t)$ могут быть использованы при компьютерных числовых расчетах железобетонных конструкций в реальных режимах их нагружения, они для этого и предназначены. Именно в этом состоит главный результат построения этих массивов.

Для обеспечения возможности выполнения аналитических расчетов железобетонных конструкций, в том числе и без применения компьютерных программ, построенные выше массивы числовых значений $D(\eta, t)$ для разных бетонов были аппроксимированы аналитическим выражением, т. е. модуль деформаций $D(\eta, t)$ для каждого бетона был представлен как аналитическая функция двух переменных. При этом вид бетона устанавливался соответствующими параметрами, входящими в формулу аппроксимации. В процессе построения аппроксимирующей функции была реализована следующая логика.

Известно, что модуль деформаций бетона имеет очень быстрое падение за несколько первых суток эксплуатации под нагрузкой (рис. 3). Это падение по форме похоже на отрицательную экспоненту, поэтому логично было попробовать аппроксимацию зависимости модуля от времени в виде

$$D_B^w(\eta, t) = E_{bt} + E_b \cdot f(\eta) \cdot e^{-\gamma t}. \quad (6)$$

Здесь при $t \rightarrow \infty$ получается $D_B^w(\eta, t) \rightarrow E_{bt}$, где E_{bt} принимается по формуле (1). То есть при бесконечно длительных нагружениях для модуля деформаций сохраняется формула норматива [1]. В промежуточных состояниях зависимость модуля деформаций от уровня нагружения η определяется безразмерной функцией $f(\eta)$, а его зависимость от влажности w окружающей среды и класса бетона находится соответственно внутри характеристики ползучести $\varphi_{b,cr}$ и начального модуля упругости E_b . Предполагается, что для бетонов разных классов и разных влажностей параметр γ имеет одинаковые значения и не зависит от уровня нагружения. По характеру падению модуля деформаций при возрастании уровня нагружения (рис. 4) функцию зависимости модуля деформаций от времени логично было бы представить в виде

$$f(\eta) = A/\sqrt{\eta}. \quad (7)$$

Однако кривые, построенные по формуле (6) с учетом (7) дают неприемлемо быстрое падение модуля деформаций при длительных воздействиях порядка сотен суток.

Также не удалось получить удовлетворительных результатов при аппроксимации функции $D(\eta, t)$ формулами, теоретически правильно отражающими зависимость модуля деформаций от времени и уровня нагружения, но обладающими существенными количественными недостатками. Были рассмотрены следующие варианты:

- $D_B^w(\eta, t) = E_{bt}(1 + (\varphi_{b,cr} \cdot e^{-\gamma t})/(1 + \eta))$; дает завышенные значения модуля деформаций при воздействиях малой и средней длительностей, т. е. слишком медленное падение его величины;

- $D_B^w(\eta, t) = E_{bt}(1 + \varphi_{b,cr} s_t / (1 + \eta))$, $s_t = (\sum_{k=1}^m e^{-\gamma k t}) / m$; неправильно отражает зависимость модуля деформаций от уровня нагружения;

- $D_B^w(\eta, t) = E_{bt}(1 + \varphi_{b,cr} s_t / (1 + \varphi_{b,cr} \sqrt{\eta}))$ и $D_B^w(\eta, t) = E_{bt}(1 + \varphi_{b,cr} s_t / a^\eta)$; дают стабильно завышенные значения модуля деформаций.

Достаточно адекватные качественные и количественные результаты аппроксимации удалось получить при помощи формулы

$$D_B^w(\eta, t) = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}} (1 + a \varphi_{b,cr} s_t \cos(b\pi\eta)). \quad (8)$$

Здесь параметры a и b подбираются в зависимости от класса бетона и влажности среды его эксплуатации. Формулой (8) были аппроксимированы полученные выше на основе УМДРБ числовые массивы модулей деформации бетонов классов В15, В25, В40, В60 при низкой, средней и высокой влажностях среды их эксплуатации. Для этого в среде Wolfram Mathematica была составлена программа MoDefApp. Рекомендуемые, подобранные по результатам аппроксимации, значения параметров a и b в формуле (8) представлены в таблицах 1 и 2.

Табл. 1. Значения параметра a в формуле (8)

| | B15 | B25 | B40 | B60 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| Ниже 40% | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 2,3 |
| 40% - 75% | 1,4 | 1,8 | 2,3 | 3,1 |
| Выше 75% | 1,9 | 2,4 | 3,1 | 4,2 |

Табл. 2. Значения параметра b в формуле (8)

| | B15 | B25 | B40 | B60 |
|-----------|------|------|------|------|
| Ниже 40% | 0,40 | 0,40 | 0,45 | 0,45 |
| 40% - 75% | 0,40 | 0,45 | 0,45 | 0,50 |
| Выше 75% | 0,45 | 0,45 | 0,50 | 0,50 |

Для классов тяжелого бетона, не представленных в таблицах 1 и 2, значения параметров a и b могут быть интерполированы или экстраполированы.

На рис. 5 в качестве примера выполненных в исследовании множественных аппроксимаций теоретических поверхностей $D(\eta, t)$ показана аппроксимация модуля деформаций для бетона B25, работающего в условиях средней влажности.

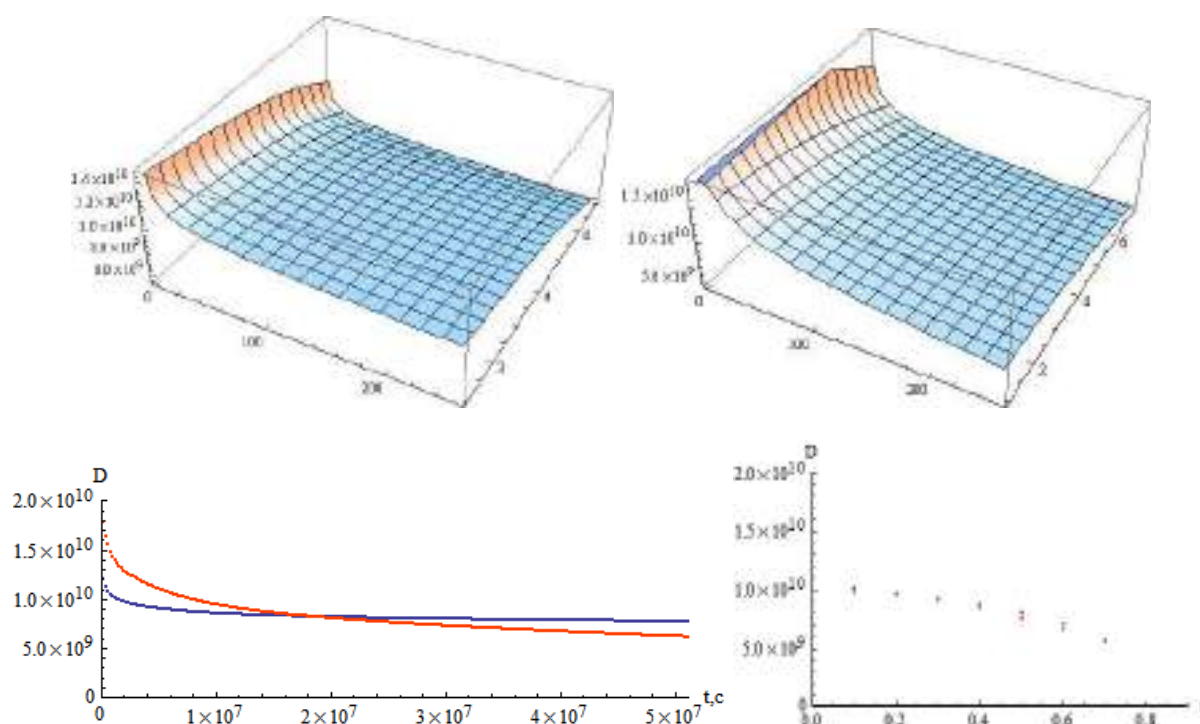


Рис. 5. Теоретическая и аппроксимирующая поверхности $D(\eta, t)$ для бетона B25CB

и их разрезы по $\eta = 0,5$ и $t = 2,57 \times 10^7$ с = 297 сут.

ВЫВОДЫ

На основании представленных выше результатов можно сделать вывод, что заявленная цель работы получить модель деформирования бетона, достаточно адекватную для воздействий произвольной длительности и любой разумной интенсивности в значительной

мере достигнута. Эта модель опирается на успешно апробированную во многих исследованиях универсальную модель деформирования и разрушения бетона [9,16]. Параметры этой УМДРБ привязаны [14] к стандартным параметрам бетона, поэтому настоящая работа может рассматриваться как попытка естественного развития нормативного подхода к расчету железобетонных конструкций, закрепленного в отечественном [1] и западном [15] нормативах. Предлагаемая модель представлена в работе в двух вариантах: в виде числовых массивов модулей деформаций для разных бетонов, а также в виде аналитической функции двух аргументов: уровня нагружения и времени. Первый вариант предназначен преимущественно для компьютерных числовых расчетов железобетонных конструкций, второй может быть использован универсально. При этом поскольку модуль деформации является непрерывной функцией уровня нагружения и времени, любое воздействие на железобетонную конструкцию может быть рассмотрено как режимное, а не как статичное, т. е. расчет железобетонной конструкции может быть реализован как процесс. Естественно, это будет создавать дополнительные вычислительные сложности, но если есть задача описания реального состояния конструкции в произвольный момент его жизненного цикла, другой путь просто невозможен. Следовательно, если придерживаться именно такого подхода к расчету железобетонных конструкций, то нужно разрабатывать соответствующие методики расчетов для различных случаев загрузки: центрального и внецентренного сжатия, плоского и косоугольного изгибов и т. п. Еще один вопрос, подлежащий дополнительному рассмотрению – что считать уровнем нагружения при напряженном состоянии в точке, отличном от линейного. Это может стать предметом отдельного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 // М. : Стандартинформ. 2019. 124 с.
2. Маслов Г.Н. Термическое напряженное состояние бетонных массивов при учете ползучести бетона // Известия НИИГ. 1941. Т. 28. С. 175-188.
3. Ржаницын А.Р. Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени // М.-Л. : Гостеоретиздат. 1949. 252 с.
4. Васильев П.И. Связь между напряжениями и деформациями в бетоне при сжатии с учетом влияния времени // Известия ВНИИГ. 1951. Т. 45. С. 76-93.
5. Арутюнян, Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести // Гостехтеориздат. 1952. 323 с.
6. Гвоздев А.А. Некоторые особенности деформирования бетона и теория ползучести // Ползучесть строительных материалов и конструкций. Стройиздат. 1964.
7. Фрайфельд С.Е. Совершенствование теории железобетона на основе реологических свойств материалов // Ползучесть строительных материалов и конструкций. М. : Госстройиздат. 1964. С. 283-290.
8. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести) // Стройиздат. 1966. 108 с.
9. Харлаб В.Д. Энергетическая теория нелинейной ползучести и длительной прочности хрупко разрушающихся материалов (III) // Исследования по теоретическим основам расчета строительных конструкций. Л. : ЛИСИ. С. 127-132.
10. Крылов С.Б., Гончаров Е.Е. Использование реологических моделей при моделировании ползучести бетона // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 32-34.
11. Chiorino M. A. Analysis of Structural Effects of Time-Dependent Behaviour of Concrete: an Internationally Harmonised Format – Recent Updates // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 2. С. 4-18.
12. Muller H. S. Constitutive Models for Creep of Concrete – From the Past to the Future // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 55-69.
13. Санжаровский Р.С. и др. Система несостоятельности современной теории длительного сопротивления железобетона и предупреждения проектировщиков // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. № 15(1). С. 1-24.
14. Котов А.А., Власенко В.Н. О назначении параметров универсальной модели деформирования и разрушения бетона // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 10(100). С. 22-28.
15. Eurocode 2. Design of constructions. 2002. 226 с.
16. Котов А.А. К теории ползучести и длительной прочности бетона // Вестник МГТУ. 2002. Том 5. № 2. С. 161–166.

17. Котов А. А. Теория деформирования и разрушения хрупких материалов: проверка по результатам простейших экспериментов // Наука и образование – 2003 : материалы всероссийской научно-технической конференции, Мурманск / Мурманский гос. техн. ун-т. Мурманск. 2003. С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ТРЕТЬЕМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ СТАНДАРТНОГО АКУСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА.

А. В. Захаров¹, И. П. Салтыков²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹zakharov.arkady@yandex.ru

²saltykovip_mgsu@mail.ru

Аннотация

Согласно нормативным документам, стандартный частотный спектр звукоизоляции строительных конструкций делится на три диапазона. Два частотных диапазона стандартного акустического спектра хорошо изучены и имеют различные механизмы вычисления. Третий частотный диапазон, лежащий в области высоких частот и характеризующийся постоянным значением звукоизоляции, пока не имеет точного физического описания. В статье рассматривается дискретная физическая модель звукоизоляции на третьем частотном диапазоне. Основными её элементами, описываемыми сосредоточенными параметрами, являются приведённая и сосредоточенная массы. Основой для этой модели является возникновение продольных и сдвиговых колебаний на высоких частотах в строительных перегородках. Приводятся формулы для вычисления звукоизоляции для случаев преобладания продольных и сдвиговых волн. В расчёте учитывается влияние отражённой энергии колебаний в крестовых соединениях стен и перекрытий через вычисление коэффициентов отражения сдвиговых и продольных волн. Выполняется расчётный эксперимент для проверки эффективности представленного метода. Приводятся результаты сравнения с натурными измерениями звукоизоляции массивных строительных перегородок на третьем диапазоне стандартного частотного спектра.

ВВЕДЕНИЕ

Основные положения теории изоляции воздушного звука массивными пластинами были разработаны в середине двадцатого века. Была установлена частотная зависимость звукоизоляции от массы и жесткости пластин [1, 2]. Проводились многочисленные исследования зависимости изоляции от угла падения звука [1, 2, 3, 4] и коэффициентов внутреннего трения материалов пластин. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований показало общее статистическое совпадение обнаруженных закономерностей [1, 2]. При этом, благодаря развитию электроники, и созданию на её основе совершенных акустических приборов, экспериментальные исследования стали преобладать. На основе обработки большого массива экспериментальных данных были получены нормативные кривые расчета звукоизоляции, состоящие из трех условных частотных диапазонов. Два первых из них разделяются частотой волнового совпадения, третий диапазон ограничивает максимально возможную изоляцию независимо от частоты.

В работах [5, 6, 7] было показано, что существующие формулы прохождения звука через границы сред и плоские слои, выведенные из условий неразрывности, на всех углах падения звука, кроме нормального, условиям неразрывности не соответствуют. Поэтому существующие теории изоляции в зависимости от угла падения звука не имеют смысла [1, 2]. В работе [7] показано, что метод расчета звукоизоляции, основанный на дискретных моделях прохождения звука, в котором используются законы сохранения количества движения и кинетической энергии, для пластин массой более 50 кг/м^2 , дает результаты сравнения с экспериментальными данными, опубликованными в [8, 9], точнее данных расчетов по нормативным методикам. В опубликованных материалах [8, 9] содержатся

сведения о вычислении и значениях звукоизоляции, в основном, в первых двух частотных диапазонах. Третий диапазон, как правило, оказывается за пределами границ измерений, и его теоретическое обоснование отсутствует. Настоящая статья является продолжением и дополняет исследование, начатое в работе [10], по созданию метода расчёта звукоизоляции на третьем частотном диапазоне на основе моделей с сосредоточенными параметрами. Под сосредоточенными параметрами понимаются массы, скорости и координаты выделенных фрагментов объёмов сред распространения звуковых волн [7].

В соответствии с Российскими нормативными документами, изолирующая способность однослойных перегородок от воздушного шума нормируется в частотном диапазоне от 100 до 3200 Гц [11].

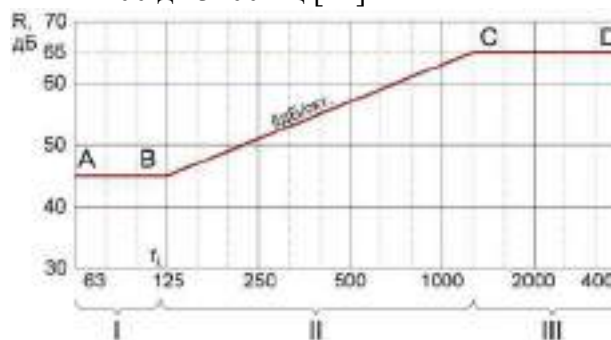


Рис. 1. Стандартный спектр частот, рассматриваемый в строительной акустике, со стандартным видом расчётной кривой, для массивных строительных перегородок; I, II, III - частотные участки рассматриваемого спектра.

На рис. 1 кривой 2 показано очертание нормативной расчетной кривой спектра изоляции воздушного шума массивным однослойным ограждением, состоящим из трех прямолинейных участков. Первый участок обозначает изоляцию, лишенной упругости и несжимаемой по толщине массивной плиты. Здесь изоляция определяется «законом массы» и собственными частотами поперечных колебаний пластины. Это область существования в пластине изгибных волн, которые, совпадая по фазе с продольными волновыми колебаниями воздуха, определяют уровень изоляции.

Для первого и второго участков нормативного расчетного спектра разработаны теории и алгоритмы расчета на основе моделей с сосредоточенными параметрами [8, 9].

Звукоизоляция на третьем участке пока не имеет строгого научного обоснования и ясной методики расчёта. Её значение в нормах принимается равным 65 дБ на основании обобщения массива экспериментальных данных. Поэтому, представляется интересным научное обоснование акустических процессов и создание простого в использовании алгоритма расчёта для этого участка для однослойных массивных перегородок (стен) с поверхностной плотностью от 100 до 800 кг/м². Эти задачи могут быть успешно решены при использовании метода расчёта звукоизоляции на основе физической модели с сосредоточенными параметрами, не противоречащей условиям неразрывности [5, 6, 7, 12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Третий диапазон звукоизоляции начинается с частот, в которых прекращают существование изгибные волны и начинают проявляться сдвиговые волны. Эти же частоты близки к граничным частотам проявления продольных волн, распространяющихся вдоль толщины пластины. Продольные и сдвиговые волны, в отличие от изгибных волн, обладают постоянными значениями скоростей, независимыми от частоты колебаний. Поэтому отрезок третьего частотного диапазона на спектрограмме звукоизоляции горизонтален.

Нормативная кривая звукоизоляции всегда представляет наименьшее значение изоляции из всех возможных. Поэтому целью исследования являлось определение вида волн, обеспечивающих наименьшее значение изоляции.

В применяемом в работах [6, 7] методе введено понятие «приведенной массы» (в кг или в кг/м² в общем случае):

$$\mu = \frac{\rho \cdot \lambda}{2\pi} = \frac{\rho \cdot c}{2\pi f}, \quad (1)$$

где ρ - плотность среды в кг/м^3 ; c и λ - соответственно, скорость распространения в м/с, и длина волны заданного вида (продольной, изгибной или сдвиговой) в м; f - частота колебаний, Гц.

Иными словами, в рассматриваемой модели приведённая масса представляет сосредоточенную массу, эквивалентную по величине массе части среды, содержащейся в волновом луче с поперечным сечением в 1м^2 , на отрезке, равном $1/2\pi$ длины волны. Как показано в работах [7] такая масса может приниматься в расчет начиная с частот выше предельной частоты колебаний

$$f_{ult.} = \frac{c}{2\pi L}, \text{ Гц} \quad (2)$$

где L - размер тела, вдоль которого распространяется волна, м; c - скорость распространения в теле рассматриваемого вида волн, м/с.

В этом случае, при нормальном падении звуковых лучей [12], можно представить прохождение звука через границу двух сред как упругое взаимодействие (соударение) приведенных масс, описываемое уравнением сохранения количества движения:

$$\mu_1 \cdot v = \mu_1 \cdot v \cdot \beta + \mu_2 \cdot v \cdot \alpha; \quad (3)$$

и уравнением сохранения кинетической энергии:

$$\frac{\mu_1 \cdot v^2}{2} = \frac{\mu_1 \cdot (\beta v)^2}{2} + \frac{\mu_2 \cdot (\alpha v)^2}{2}, \quad (4)$$

где v - скорость колебаний в падающей волне, м/с, μ_1 - приведенная масса первой среды, кг/м^2 , μ_2 - приведённая масса второй среды, кг/м^2 ; α и β - соответственно коэффициенты прохождения и отражения колебательной скорости.

Из решения уравнений (3) и (4) коэффициент прохождения равен:

$$\alpha = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2}; \quad (5)$$

Рассмотрим прохождение продольной волны по толщине пластины. Частота, выше которой может проявляться такое движение, определяется по формуле (2), где c означает скорость распространения продольной волны в пластине и L - толщину пластины.

При появлении продольных волн в перегородке, необходимо учесть суммарную звукоизоляцию на границах двух сред: воздух-пластина и пластина-воздух. Математически это можно записать в виде формулы (6):

$$R_L = 10 \lg \frac{1}{\alpha_1^2} + 10 \lg \frac{1}{\alpha_2^2} = 10 \lg \left(\frac{\mu_a + \mu_{pl.L}}{2\mu_a} \right)^2 + 10 \lg \left(\frac{\mu_{pl.L} + \mu_a}{2\mu_{pl.L}} \right)^2 = 2 \cdot 10 \lg \frac{(\mu_{pl.L} + \mu_a)^2}{4\mu_a \mu_{pl.L}}, \text{ дБ.} \quad (6)$$

где α_1 и α_2 - коэффициенты прохождения колебательных скоростей на первой и на второй границе сред соответственно; μ_a - приведённая масса воздуха, кг/м^2 ; μ_{pl} - приведённая масса материала пластины (перегородки), кг/м^2 .

При $\mu_{pl.L} \gg \mu_a$

$$R_L = 20 \lg \frac{\mu_{pl.L}}{4\mu_a} = 20 \lg \frac{\rho c_L}{4\rho_0 c_0}, \text{ дБ.} \quad (7)$$

где ρ - плотность материала перегородки, кг/м^3 ; c_L - скорость распространения продольных волн в материале, м/с, по формуле (8).

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}, \text{ м/с;} \quad (8)$$

где E - модуль упругости, н/м^2 ; ν - коэффициент Пуассона материала.

Как уже отмечалось выше, на третьем участке акустического спектра, наряду с продольными волнами, возникают также и сдвиговые колебания. Частота, с которой начинается третий участок частотного диапазона для сдвиговых волн, также вычисляется по

формуле (2). Скорость сдвиговых волн, определяемая по формуле (9), не будет зависеть от частоты, а угол волнового совпадения для этих волн будет одним.

$$c_{sh.} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}, \text{ м/с}; \quad (9)$$

При продолжительном действии нагрузки в соединениях плит перекрытий и стен модуль упругости в формулах (8) и (9) для бетонов определяется с учётом ползучести по формуле модуля деформаций бетона, согласно СП [13]:

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1+\varphi_{b,cr}}; \quad (10)$$

где E_b – начальный модуль упругости для рассматриваемого вида бетона, Н/м²; $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, принимаемый согласно СП.

Тогда звукоизоляцию для данного типа волн можно записать в виде уравнения (11), похожим по своей форме на уравнение «закона масс» для изгибных волн. Из него видно, что на приведённую массу для сдвиговой волны, $\mu_{pl.sh.}$, воздействуют две приведённые массы воздуха, μ_a , с двух сторон перегородки.

$$R_{sh.} = 10 \lg \left(1 + \left(\frac{\mu_{pl.sh.}}{2\mu_a} \right)^2 \right), \text{ дБ}; \quad (11)$$

где $\mu_{pl.sh.}$ – приведённая масса перегородок для сдвиговых волн, по формуле (1).

Следует отметить, что экспериментальное значение звукоизоляции в третьем диапазоне, как для сдвиговых, так и для продольных волн, будет ниже, чем вычисленное по формулам (7) и (11). Это обусловлено падением звукоизоляции из-за резонансных явлений в пластине, которые возникают из-за отражения сдвиговых или продольных волн от узлов закрепления перегородки между примыкающими стенами и перекрытиями, для двух типов волн это запишется в виде формулы (12):

$$R_{sh.(l.)}^{tot.} = R_{sh.(l.)} + \Delta R_{sh.(l.)}^{res.} \text{ дБ}. \quad (12)$$

где $R_{sh.(l.)}^{res.}$ – общая изоляция перегородки при рассмотрении сдвиговых или продольных волн в перегородке, дБ; $R_{sh.(l.)}$ – звукоизоляция перегородки, посчитанная по формулам (7) или (11), дБ; $\Delta R_{sh.(l.)}^{res.}$ – поправка на падение звукоизоляции на резонансах при сдвиговых или продольных волнах, дБ.

В соответствии с [14], формула для определения поправок на резонансы выглядит:

$$\Delta R_{sh.(l.)}^{res.} = -20 \lg 1/(1 - \beta_{sh.(l.)}), \text{ дБ}; \quad (13)$$

где $\beta_{sh.(l.)}$ – коэффициент отражения колебательной скорости от закреплённых торцов в перегородке при сдвиговых или продольных волнах.

Продольные звуковые волны в материале перегородки будут вызывать сдвиговые волны в материале примыкающих конструкций при крестовых (перпендикулярных) соединениях. К таким конструкциям, в первую очередь, относятся горизонтальные плиты перекрытий. При распространении сдвиговых волн в перегородке, в примыкающих перпендикулярно конструкциях, в основном, в перекрытиях, будут возникать продольные волны. Для соединений реальных конструкций в здании при нахождении коэффициентов отражения продольных и сдвиговых волн целесообразно использовать схему крестового соединения, как для вычисления резонансов при волнах изгибного типа, представленную в работе [15]. В этой схеме, рисунки 2 и 3, изгибные волны заменяются продольными или сдвиговыми, и коэффициенты отражения для продольных и сдвиговых волн в конструкциях строительных перегородок при учёте шарнирного соединения могут быть найдены по формулам:

$$\beta_{dil.1} = \beta_{dil.2} = \frac{-2 \cdot \mu_{sl.sh.}}{\mu_{pl.l.} + \mu_{sl.l.} + \mu_{pl.sh.} + \mu_{sl.sh.}}; \quad (14)$$

$$\beta_{sh.1} = \beta_{sh.2} = \frac{-2 \cdot \mu_{pl.l.}}{\mu_{pl.l.} + \mu_{sl.l.} + \mu_{pl.sh.} + \mu_{sl.sh.}}; \quad (15)$$

где $\mu_{pl.l.}$ - приведённая масса перегородки с учётом продольных волн в ней и её толщины, кг; $\mu_{sl.sh.}$ - приведённая масса плиты перекрытия с учётом сдвиговых волн в ней и её толщины, кг; $\mu_{pl.sh.}$ - приведённая масса перегородки с учётом сдвиговых волн в ней и её толщины, кг; $\mu_{sl.l.}$ - приведённая масса плиты перекрытия с учётом продольных волн в ней и её толщины, кг.

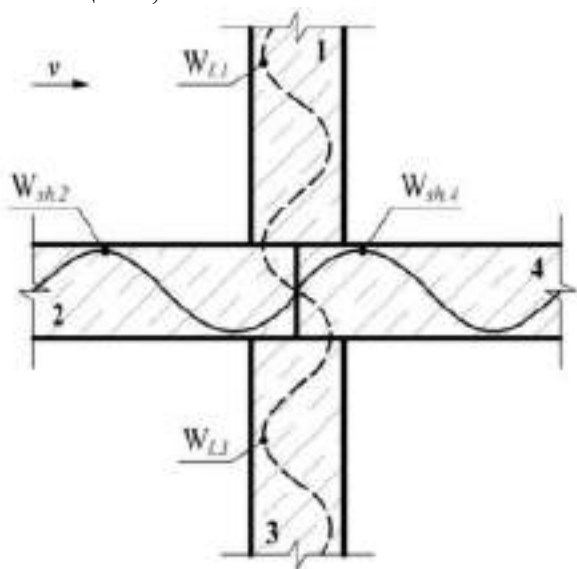


Рис. 2. Схема прохождения звуковых волн через крестообразное шарнирное соединение для третьего частотного диапазона: $W_{sh.1}$, $W_{sh.2}$, $W_{sh.3}$ и $W_{sh.4}$ - изгибных волн в первой - четвёртой вертикальных панелях; $W_{l.1}$, $W_{l.2}$, $W_{l.3}$ и $W_{l.4}$ - продольных волн в первой - четвёртой горизонтальных панелях (перекрытиях); v - единичная скорость звука в направлении падения воздушных волн на перегородку.

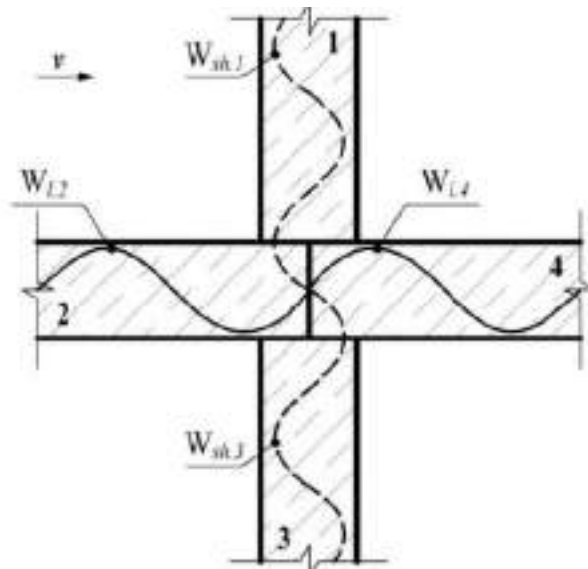


Рис. 3. Схема прохождения звуковых волн через крестообразное шарнирное соединение для третьего частотного диапазона: $W_{sh.1}$, $W_{sh.2}$, $W_{sh.3}$ и $W_{sh.4}$ - изгибных волн в первой - четвёртой вертикальных панелях; $W_{l.1}$, $W_{l.2}$, $W_{l.3}$ и $W_{l.4}$ - продольных волн в первой - четвёртой горизонтальных панелях (перекрытиях); v - единичная скорость звука в направлении падения воздушных волн на перегородку.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, для разных материалов преобладающее влияние на конечные (минимальные) значения звукоизоляции будет оказывать один из двух типов рассматриваемых волн, пример на рис. 4, 5. Значения коэффициентов отражения будут сильно зависеть от вариантов соединения плит и перегородок между собой. Точные данные на этот счёт в специальной литературе, как правило, не приводятся, что очень сильно затрудняет поиск коэффициентов отражения. Тем не менее, в рамках данной статьи, были проведены расчёты для шести вариантов исполнения внутренних перегородок с имеющимися графиками звукоизоляции [9], таблица 1.

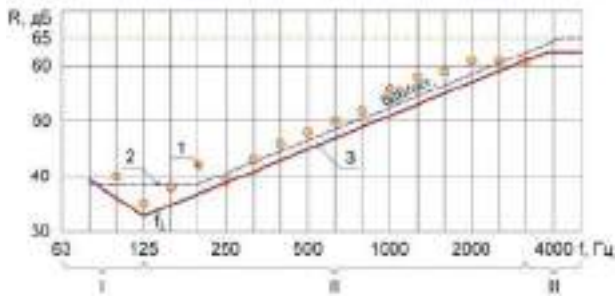


Рис. 4. График звукоизоляции однослойной перегородки из тяжёлого бетона, толщиной 140 мм: 1 - экспериментальные данные [9]; 2 - звукоизоляция по методу [11]; 3 - звукоизоляция по предложенному методу; I, II, III - частотные участки рассматриваемого спектра

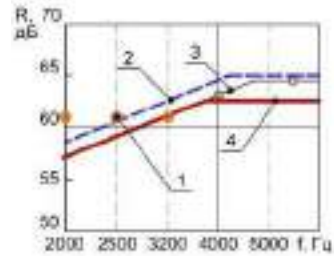


Рис. 5. Графики звукоизоляции на третьем участке частотного диапазона для перегородки из тяжёлого бетона, толщиной 300 мм: 1 - экспериментальные данные [9]; 2 - звукоизоляция по методу [11]; 3 - звукоизоляция по предложенному методу для продольных волн; 4 - аналогично для сдвиговых волн

Толщина плиты перекрытия принималась равной 200 мм. Среднее отклонение в соответствии с проведёнными расчётами от экспериментальных данных по всем вариантам составило для продольных волн - 3,5 дБ, для сдвиговых колебаний - 2,9 дБ, в то время как, отклонение величины звукоизоляции по СП (65 дБ) от эксперимента равнялось 3,9 дБ.

Табл. 1. Результаты вычисления звукоизоляции на третьем участке частотного спектра

| № | Состав конструкции стены | Модуль упругости материала перегородки $E, \times 10^{10} \text{ Н/м}^2$ | Коэффициент ползучести бетона $\Phi_{b,cr}$ | Модуль упругости материала с учётом ползучести и $E_{b,\tau}, \times 10^{10} \text{ Н/м}^2$ | Звукоизоляция продольных волн $R_{dil}^{tot.}, \text{ дБ}$ | Звукоизоляция сдвиговых волн $R_{sh.}^{tot.}, \text{ дБ}$ | Измеренная звукоизоляция $R_{эксп.}$ |
|-----|--|--|---|---|--|---|--------------------------------------|
| 1. | Сплошная железобетонная панель – 140 мм, образец 1 | 2,98 | 2,5 | 0,851 | 64,5 | 62,6 | 61,0 |
| 2. | Сплошная железобетонная панель – 140 мм, образец 2 | 2,98 | 2,5 | 0,851 | 64,5 | 62,6 | 60,0 |
| 3. | Виброкирпичная панель: кирпич – 120 мм; цементный раствор 2x10=20 мм | 1,60 | - | - | 66,8 | 66,4 | 57,0 |
| 4. | Сплошная железобетонная панель – 180 мм | 2,98 | 2,5 | 0,851 | 65,2 | 64,1 | 63,0 |
| 5. | Керамзитобетонные блоки с круглыми пустотами – 500 мм | 1,2 | - | - | 66,6 | 66,9 | 65,0 |
| 6. | Силикатные блоки – 400 мм | 0,5 | - | - | 62,8 | 62,8 | 60,0 |
| 7. | Шлакобетон – 250 мм | 1,5 | - | - | 67,2 | 67,2 | 65,0 |
| 8. | Армосиликатобетонные панели – 140 мм | 2,10 | 2,07 | 0,685 | 62,8 | 60,0 | 58,0 |
| 9. | Плотный силикатобетон – 160 мм | 2,10 | 2,07 | 0,685 | 63,3 | 61,9 | 60,0 |
| 10. | Сплошная керамзитобетонная панель – 120 мм | 1,65 | 1,32 | 0,71 | 61,7 | 59,2 | 62,0 |

Следует заметить, что подробности проведения натуральных экспериментов в источнике [9], не освещаются, что, безусловно, влияет на точность вычислений.

ВЫВОДЫ

Рассмотренная в статье модель распространения звуковых волн в третьем частотном диапазоне, основанная на использовании метода дискретных параметров, позволяет получить и теоретически объяснить значения звукоизоляции близкие к среднему значению в 65 дБ, данному в СП.

Представлены формулы для определения нижней границы графика звукоизоляции в третьем частотном диапазоне. Дана общая методика инженерного расчёта звукоизоляции в третьем частотном диапазоне при учёте сдвиговых и продольных волн в материале перегородки. Проведено сравнение результатов расчёта с результатами эксперимента.

Выявлено большее совпадение результатов для случая учёта сдвиговых волн, нежели продольных.

Таким образом, выдвигаемая в статье методика расчёта звукоизоляции в третьем частотном диапазоне спектра, в целом, подтверждается результатами натуральных измерений, однако требует последующих, в том числе и экспериментальных, уточнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Изд. лит. по строит, 1969. 186 с.
2. Ключкин И.Н. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. Л.: Судостроение, 1971. 416 с.
3. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. 496 с.
4. Skudrzyk E. The Foundations of Acoustics. (The Foundations of Acoustics. Eugen Skudrzyk. 1971. Springer – Verlag. Wien New York.) М.: Mir, 1976. V.1. 520 p.
5. Захаров А.В. Условия неразрывности и законы сохранения механики в задачах о прохождении звука. Научное обозрение. 1-2016.
6. Захаров А.В. Обеспечение условий неразрывности при косом прохождении звука через массивную пластину.// Инновации и инвестиции. 2018. №12. С. 163-166.
7. Захаров А.В. Дискретные модели прохождения волн при расчетах звукоизоляции в зданиях // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 11. С. 50-54.
8. Крейтан В.Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий. М.: Стройиздат, 1980, 171 с.
9. Заборов В.И., Лалаев Э.М., Никольский В.Н. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях. М.: Стройиздат, 1979. 254 с.
10. Zakharov A.V. and Saltykov I.P. The third frequency range of the sound insulation plot of the single-layer partitions. J. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2020. 753 032064. doi:10.1088/1757-899X/753/3/032064
11. СП 275.1325800.2016. Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции. Минстрой России. М., 2016. 65 с.
12. Салтыков И.П. Сравнение результатов расчёта звукоизоляции однослойных перегородок на основе модели с сосредоточенными параметрами с результатами традиционных методов расчёта. // Инновации и инвестиции. 2020. №2. С. 173-180.
13. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Стандартинформ, 2019. 118 с.
14. Разживин В.М. Изоляция воздушного шума легкими ограждающими конструкциями зданий с учетом их закрепления. //Монография. Пенза, 2014, 120 с.
15. Zakharov A.V. and Saltykov I.P. The Influence of Wave Resonance Phenomena on the Sound Insulation of a Single-layer Building Partition in the Application of Calculation Models with the Concentrated Parameters. International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020) J. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1079 (2021) 032068 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1079/3/032068

СТАЛЬНАЯ СКВОЗНАЯ АРОЧНАЯ КОНСТРУКЦИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫМ НИЖНИМ ПОЯСОМ И РЕШЕТКОЙ

А. М. Ибрагимов, А. С. Торлин

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
igasu_alex@mail.ru*

Аннотация

В работе приведен обзор современных технологий быстро возводимых зданий и сооружений. В качестве идеи рассматривается разработанная на кафедре «Металлические и деревянные конструкции» Национального исследовательского московского государственного строительного университета усовершенствованная стальная сквозная арочная конструкция с предварительно напряженным нижним поясом и решеткой для строительства быстровозводимых зданий и сооружений, которая имеет ряд преимуществ, по сравнению с другими известными конструкциями и способами их возведения. Особенностью предлагаемой конструкции является шарнирное соединение панелей верхнего пояса, что позволяет перевезти ее в евро-фуре или стандартном морском контейнере в сложенном, полностью готовом к монтажу виде. Примененное конструктивное решение позволяет осуществлять монтаж конструкции за считанные часы с использованием мобильного подъемного крана. Для таких конструкций нет необходимости возводить опорный башмак. Опорные узлы арки крепят к оголовкам предварительно смонтированных винтовых свай. Приведены узлы и механизм трансформации арочной конструкции. Узел состоит из отрезка стального профиля стандартного сечения и пластин, приваренных под углом к нормали сечения, а также шарнирно-поворотного механизма, позволяющего двум соседним панелям верхнего пояса поворачиваться друг относительно друга в плоскости арки. Благодаря этому углу прямолинейные панели в проектном положении приобретают очертания арки. Нижний пояс арки представляет собой канат натяжение которого с помощью талрепов позволяет создать растягивающее усилие в элементах решетки и создать предварительно напряженное состояние всей конструкции. После выполнения задачи на одном месте, сооружение складывается и перемещается на другое, сваи вывинчиваются и используются повторно.

Преимущества предлагаемой арочной конструкции: доступность материалов, возможность повторного использования, низкая трудоемкость монтажа и демонтажа, уменьшение затрат на транспортировку, не требуется высококвалифицированные кадры, возможность перекрытия значительных пролетов, свободная планировка подарочного пространства. отсутствие распора. Сделан вывод об эффективности предлагаемой конструкции. Намечены пути дальнейшего исследования, которое предполагает разработку рекомендаций по расчету и проектированию рассмотренных арок и создание каталога в зависимости от пролета и воспринимаемой нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире потребность во временных быстровозводимых зданиях растет с каждым днем, так как у них, по сравнению с капитальными зданиями, есть ряд преимуществ, таких, например, как высокая скорость и низкая стоимость строительства, небольшой вес конструктивных элементов и всей конструкции в целом, простота и легкость монтажа, возможность неограниченное количество раз разбирать и собирать конструкции, отсутствие так называемых «мокрых» процессов, что позволяет вести строительство в любое время года, свободная планировка подарочного пространства. Тенденция широкого использования сборных зданий и конструкций определена следующими факторами: высокая конкуренция и сокращение мощных предприятий. Отсутствие развитой инфраструктуры в областях Сибири и Дальнего Востока. Потребность в современных временных зданиях на фоне стихийных

бедствий и чрезвычайных ситуаций, когда требуется быстрое возведение конструкции на строительной площадке. Потребность в быстровозводимых, легко транспортируемых, мобильных сооружениях – является актуальной в текущей обстановке. Необходимы современные конструктивные и прогрессивные технологичные решения.

Мобильные сооружения с небольшой ресурсоемкостью и простотой в сборке могут быть эффективно применены в условиях крайнего севера, а также при необходимости временных поселений в условиях чрезвычайных ситуаций или военного положения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сравнительный обзор современных технологий быстровозводимых зданий и сооружений. Для постройки быстровозводимых зданий и сооружений в настоящее время широко используются каркасно-тентовые технологии, ЛСТК (легкие стальные тонкостенные конструкции), МК (металлические конструкции), блочно-модульные и другие современные технологии. Эти технологии гораздо экономичнее и по срокам, и по стоимости, чем так называемое капитальное строительство. При этом, сооружения получаются достаточно прочными и надежными, успешно противостоящими температурным перепадам и осадкам, выдерживающими снеговую и ветровую нагрузку.

Блочно-Модульная Технология

Блочно-модульная технология позволяет в кратчайшие сроки возводить здания различного назначения, такие, например, как жилые дома, административно-бытовые корпуса, общежития, торговые павильоны, столовые, гаражи, боксы, вахтовые поселки [1], гостиницы, больницы (Рис.1.).



Рис.1. [2] Пример блочно-модульных зданий

Конструктивно такие здания состоят из множества соединенных между собой готовых модулей-контейнеров, и представляющих из себя комплекты заводской сборки высокой степени готовности. Конструкция модуля включает в себя силовой каркас, на который крепятся сэндвич-панели, межкомнатные перегородки, перекрытия, элементы кровли, окна и двери. Каркас может быть металлическим, из ЛСТК или обычного профиля, либо деревянным. Такие каркасы способны выдержать нагрузку характерную для и пятого, шестого и седьмого снегового района [3]. Различные виды сэндвич-панелей позволяют приспособить здание к разным климатическим условиям, добиться внутри модульных помещений уровня комфорта, характерного только для капитальных строений [4]. Внешний слой сэндвич-панелей изготавливается из оцинкованных стальных листов, на которые может быть нанесено полимерное покрытие, либо из фанеры, ОСБ (ориентировано-стружечная плита.) или СИП (структурная изолированная панель). Для изготовления внутреннего слоя при производстве сэндвич-панелей используются современные изоляционные материалы, в том числе пенополиуретан и минераловатные плиты.

Блочно-модульная технология строительства имеет ряд преимуществ, она экономичная, энергоэффективная, простая, из-за высокой степени заводской готовности модулей позволяет в рекордно короткие сроки возводить целые комплексы типовых зданий, такие,

например, как временные госпитали для пациентов с Covid-19. Однако, технология не предполагает реализацию сложных архитектурно-планировочных решений, модули имеют ограниченные размеры и из-за этого сужается спектр их функционального использования

Технология легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК)

ЛСТК технология появилась в Канаде около 1950 года. Основной предпосылкой создания данной технологии явилась необходимость строительства большого количества сравнительно недорогих и доступных среднему классу малоэтажных домов, а также простота производства в промышленном масштабе всего необходимого сортамента оцинкованных профилей.

Данная технология позволяет вести строительство в любое время года, для строительства нет необходимости привлекать тяжелую строительную технику, так как большинство базовых элементов по отдельности может поднять один или два человека. Здания имеют высокую сейсмостойкость, долговечность, энергетическую эффективность, а также, могут быть утилизированы без следа. Однако, технология предъявляет высокие требования к производителям оцинкованных профилей, проектировщикам и монтажникам, так как отклонения от проектных требований при изготовлении профилей, ошибки в расчетах нагрузки, либо нарушение инструкций при монтаже могут привести к потере устойчивости как отдельных элементов, так и обрушению всей конструкции в целом [8,9,10]. С учетом всех конструктивных особенностей ЛСТК технология не позволяет строить здания выше трех этажей.

Технология металлических конструкций (МК)

Технология МК схожа с технологией ЛСТК, главным отличием между ними является толщина металла профиля. В случае с ЛСТК, толщины профилей не превышают 4 мм, а случае с МК, 4 мм это минимальная толщина. Основным достоинством МК технологии перед ЛСТК является большая устойчивость и живучесть конструкции в процессе эксплуатации, благодаря чему по технологии МК можно строить быстровозводимые здания большой этажности. Также МК каркас позволяет устанавливать подвесное и крановое оборудование. В качестве заполнителя стен и перегородок используется блок, кирпич, монолитный железобетон, листовой металл, сэндвич-панели. Технология МК получила широкое распространение в практике строительства по всему миру, по ней построены и продолжают строиться десятки тысяч промышленных, гражданских и коммерческих зданий и сооружений самого различного назначения.

Каркасно-Тентовая Технология

Одним из применений МК технологии является каркасно-тентовая технология [14]. Каркасно-тентовые здания временными можно назвать только условно, так как нормативный срок службы каркаса у них около 50-80 лет, а тентового покрытия около 10-15. По данной технологии сегодня возводится широкий спектр зданий и сооружений, таких как склады, ангары для наземного транспорта и авиатехники, сельскохозяйственные и производственные здания, госпитали и больницы, гостиницы, аэропорты, вокзалы, спортивные комплексы [16] и многое другое. Каркасно-тентовая конструкция любого размера состоит из двух основных составляющих – сборно-разборного металлического каркаса и тента (Рис.2. [17].). Металлический каркас, выполняется обычно из алюминиевой или стальной профилированной трубы. Тент делается из высокопрочного ПВХ (поливинилхлорида), не боится воздействия ультрафиолетовых лучей, снега, дождя, ветра, и может работать в широком диапазоне температур, от -40 до +70 градусов Цельсия. Возможен вариант выполнения тента в виде гибкого сэндвича [18], где между двумя тентовыми материалами размещен эффективный утеплитель.



Рис.2. [17] Каркасno-тентовая конструкция

Каркасno-тентовая технология представляет собой перспективный вид строительства, получивший широкое распространение и обладающий рядом уникальных свойств по критериям экономической эффективности, срокам строительства и ввода в эксплуатацию объектов. В связи с этим, большое количество научных исследований и разработок ведется ведущими научно-исследовательскими, опытно-конструкторскими центрами и архитектурными бюро по тематике совершенствования технологий сборки каркасно-тентовых конструкций и оптимизации дизайна их узлов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Усовершенствованная арочная конструкция и ее конструктивные особенности. Исследования и разработки конструкции проводятся в НИУ МГСУ на кафедре «Металлические и деревянные конструкции». На кафедре была разработана усовершенствованная стальная арочная конструкция, пролетом 36 м и строительным подъемом 7,5 м (Рис.3.). Данная конструкция может быть использована как каркасный элемент быстровозводимого каркасно-тентового сооружения, в данном типоразмере пригодного для широкого спектра применения, в том числе под склады, ангары для наземного транспорта и авиатехники, сельскохозяйственные и производственные здания и сооружения. Данная конструкция может иметь универсальное применение, так как величину пролета и высоту подъема арки можно регулировать, изменяя количество модулей и параметры их конструкции.



Рис.3. Усовершенствованная стальная арочная конструкция, пролетом 36 м и строительным подъемом 7,5 м

Особенностью конструкции является шарнирное соединение модулей, что позволяет перевезти ее в евро-фуре или стандартном морском контейнере в сложенном, полностью готовом к сборке виде целиком (Рис. 4).

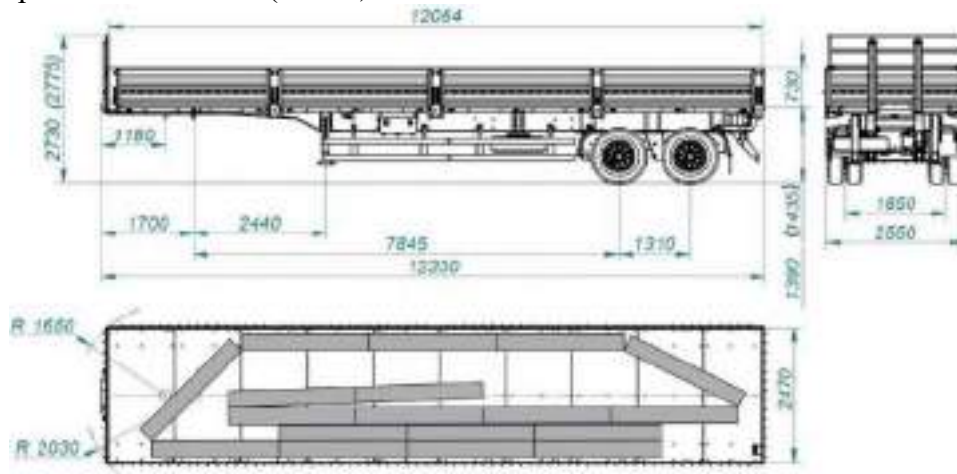


Рис. 4. Раскладка элементов арки в кузове дальномерера

Примененное конструктивное решение позволяет осуществлять монтаж конструкции за считанные часы с использованием нескольких монтажников и подъемного крана.

Для таких конструкций нет необходимости возводить тяжелые дорогостоящие фундаменты, достаточно каждый опорный башмак арки скрепить с оголовком предварительно смонтированной винтовой сваи. После выполнения задачи на одном месте, сооружение складывается и перемещается на другое, сваи вывинчиваются и используются повторно.

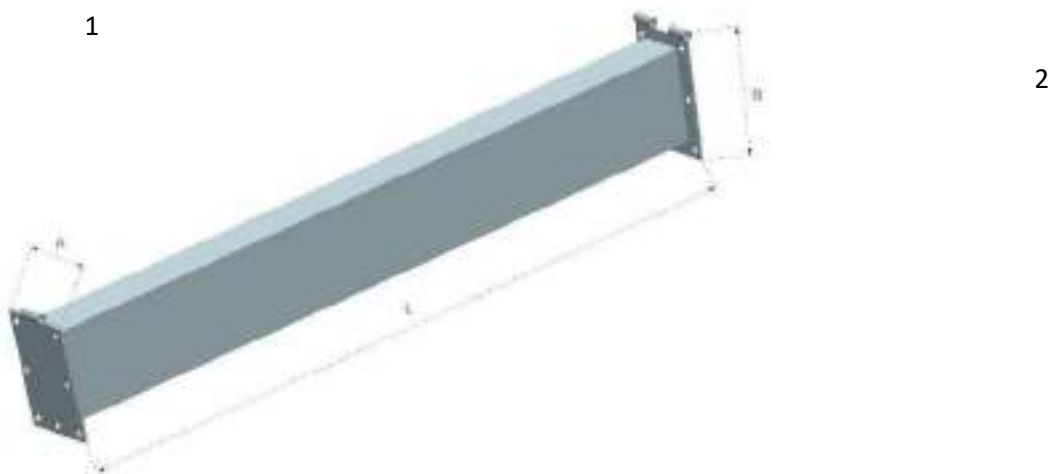


Рис. 5 Узлы и механизм трансформации арочной конструкции. 1 – профиль, 2 – Пластина (фланец) с шарниром.

Рассмотрим подробнее узлы и механизм трансформации арочной конструкции. На Рис.13. показан типовой узел соединения арочных сегментов. Он состоит из отрезка стального профиля (Рис. 5, поз.1) стандартного сечения [19] и пластин (рис 12, поз 2), приваренных под углом к нормали сечения, а также шарнирно-поворотного механизма, позволяющего двум соседним сегментам вращаться друг относительно друга в одной плоскости. Шарниры позволяют поворачиваться одному сегменту арки относительно другого до тех пор, пока два соседних сегмента не упрутся в ограничитель. Ограничитель представляет из себя пластину, приваренную под углом к оси поперечного сечения сегмента. Благодаря этому углу прямолинейные сегменты в проектном положении приобретают очертания арки.

Особенностью арочной формы конструкции является наличие распора, который компенсируется, в зависимости от типов арок, либо мощным фундаментом, либо затяжкой, либо и тем, и другим. Недостатком таких решений является повышенная материалоемкость, снижение строительного подъема арки, сложность изготовления и монтажа. Предлагаемое решение данной проблемы — это нижний пояс арки, выполненный в виде гибкого каната, соединенного подвесами с верхним поясом [20]. Плюсом у гибкого нижнего пояса, по сравнению с жестким, является то, что он не препятствует арочной конструкции складываться в транспортное положение, для чего достаточно будет ослабить силу натяжения каната и разомкнуть нижний пояс.

Важной особенностью предлагаемой конструкции является то, что все шарниры находятся на внешнем радиусе арочной конструкции. Такое решение позволяет сегментам верхнего пояса, при подвесе за средний сегмент автомобильным краном, приобрести очертания арки и оставаться в таком положении до того времени, пока монтажники не затянут нижний пояс до проектных значений. В монтажном, то есть в подвешенном положении, сила распора не возникает, так как арочная форма в таком положении поддерживается благодаря собственной массе конструкции.

ВЫВОДЫ

Использование шарниров, расположенных на внешнем радиусе арочной конструкции, для соединения арочных сегментов позволяет существенно сократить время монтажа, снизить требования к квалификации монтажников, сократить необходимое количество единиц тяжелой строительной техники до одного автокрана. Способ быстрого монтажа «с колес» арочной конструкции высокой заводской готовности может быть востребован для постройки многопрофильных каркасно-тентовых ангаров и укрытий в условиях удаленности

стройплощадки от производственной инфраструктуры. Использование винтовых свай в качестве фундамента позволяет вести строительство, в том числе, в условиях вечной мерзлоты.

На данную конструкцию получен патент! Исследования в области усовершенствования механизма складывания и расчета данной конструкции продолжаются.

На Рис.1-8., взятых из открытых источников сети Интернет, был представлен ряд примеров быстровозводимых конструкций со всего мира, чтобы продемонстрировать успешное применение технологии.

Дальнейшие исследования предполагает разработку рекомендаций по расчету и проектированию рассмотренных балок и создание каталога в зависимости от пролета и воспринимаемой нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашко В. М. Сборно-разборные, быстровозводимые, здания-модули // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос. [Электронный ресурс]. URL: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/4880/1/s231_111.pdf (дата обращения: 13.04.2021)
2. [Электронный ресурс]. URL <https://medical.doorhan.ru/#gallery-1> (дата обращения: 13.04.2021)
3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»
4. Жукова Л.Г. Модульные здания // Инновационная наука №12/2017 ISSN 2410-6070
- 5,6. [Электронный ресурс]. URL https://bvzd.ru/vopros/modulnye-zdaniya-tehnologiya-stroitelstva-i-ekspluatatsiya#Iz_chego_sostoit_blok_konteyner (дата обращения: 13.04.2021)
7. [Электронный ресурс]. URL https://lstkclub.ru/wp-content/uploads/2016/04/shema-primeneniya-profilya_lstk_stena.jpg (дата обращения: 13.04.2021)
8. Назмеева Т.В. Обеспечение пространственной жесткости покрытия в зданиях из ЛСТК // Инженерно-строительный журнал Санкт-Петербург, 2009. №6(8) С.12-15
9. Айрумян Э.Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутых стальных оцинкованных профилей производства ООО конструкций «Балт-Профиль». Москва, 2004
10. Жмарин Е.Н., Рыбаков В.А. ЛСТК – инструмент для реализации программы «Доступное и комфортное жилье» // СтройПРОФИЛЬ. 2007. №7(61). С. 118-119
11. [Электронный ресурс]. URL <https://okarkasnih.ru/wp-content/uploads/2017/08/Karkas-doma-iz-LSTK.jpg> (дата обращения: 13.04.2021)
12. [Электронный ресурс]. URL <https://triumf-v.com.ua/img/proekt-putey.jpg> (дата обращения: 13.04.2021)
13. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: вчера, сегодня, завтра // Академический вестник Урал-Н ИИ проект РААСН. 2010. № 1. С. 30-36.
14. Мушинский А. Н., Зимин С. С. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. Санкт-Петербург, 2015. С.182-193
15. [Электронный ресурс]. URL <https://tehno-lok.ru/wp-content/uploads/2021/03/avia-angar-630x355.jpg> (дата обращения: 13.04.2021)
16. ГОСТ Р 56439-2015 «Национальный стандарт Российской Федерации. Комплекты каркасно-тентовых покрытий для спортивных площадок»
17. [Электронный ресурс]. URL https://altaitent.ru/news/angary_iz_legkih_metal_okonst-rukziyu_zena_s_myagkoj_krovli.html (дата обращения: 13.04.2021)
18. [Электронный ресурс]. URL <https://tehno-lok.ru/stati/unikalnaya-tehnologiya-proizvodstva-kompanii-tehnolok/> (дата обращения: 13.04.2021)
19. ГОСТ 30245-2003 «Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для
20. Стрелецкий Н. С., Гениев А. Н., Беленя Е. И., Балдин В. А., Лесиг Е. Н. / Металлические конструкции С. 612-629 Москва 1962

ДЕФОРМИРОВАНИЕ БЕТОНА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕЖИМНОМ НАГРУЖЕНИИ

С. Ю. Савин¹, Н. В. Федорова², В. И. Колчунов³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹savinsyu@mgsu.ru

²fedorovanv@mgsu.ru

³kolchunovvi@mgsu.ru

Аннотация

Анализ представленных в научной литературе экспериментальных исследований указывает на то, что прочность и деформативность бетона при его динамическом догружении может зависеть от начального уровня напряжений, вызванных предварительно приложенной статической нагрузкой. В связи с этим целью данного исследования являлось построение усовершенствованных модели деформирования бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций несущих систем зданий и сооружений при их динамическом догружении с учетом нелинейно упругого закона деформирования материала на этапе нагружения статической нагрузкой, а также изменения параметров вязкого сопротивления в процессе нагружения. В качестве физической модели силового сопротивления бетона нагруженных железобетонных конструкций при их динамическом догружении, вызванном аварийной ситуацией, применена модель Кельвина - Фойгта для упруго-вязкого тела. Предложен шагово-итерационный подход к определению параметров диаграмм состояния бетона при статико-динамических режимах нагружения.

ВВЕДЕНИЕ

Исследованиям динамической прочности и деформативности бетона посвящены многочисленные исследования, среди которых можно отметить работы Баженова Ю.М. [1], Nam et al. [2], Sasani M. [3] и др. В указанных исследованиях были получены зависимости для коэффициентов динамического упрочнения бетона при однократных динамических испытаниях, однако в процессе испытаний не учитывалось наличие начальных напряжений, характерных для несущих элементов эксплуатируемых конструкций зданий. Несущая способность нагруженных железобетонных и фиброжелезобетонных элементов при поперечном ударе исследовалась в работах Плевкова В.С. [4–6], Копаницы Д.Г. [7,8], Уткина Д.Г. [9]. Испытанные ими модели в большей степени соответствуют реальной работе несущих конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Однако при анализе результатов деформирования и разрушения образцов по-прежнему был использован подход, заключающийся в раздельной оценке сопротивления при условно статическом и динамическом режимах нагружения. Переход от параметров прочности и деформативности при условно статическом нагружении выполнялся путем умножения на коэффициенты пропорциональности, являющиеся функциями скоростей напряжений. Следует заметить, что данные коэффициенты были получены в результате однократных динамических и статических испытаний и, в связи с этим не учитывают возможное влияния начального уровня напряжений на характер деформирования и разрушения при динамическом нагружении эксплуатируемых конструкций. При этом изменение структуры бетона в процессе его нагружения, особенно длительного, потенциально может приводить к изменению параметров динамической прочности деформативности в зависимости от наличия и уровня начальных напряжений в бетоне [10–12].

Целью данного исследования являлось построение усовершенствованной модели деформирования бетона эксплуатируемых железобетонных конструкций несущих систем зданий и сооружений при их динамическом догружении с учетом нелинейно упругого закона

деформирования материала на этапе нагружения статической нагрузкой, а также изменения параметров вязкого сопротивления в процессе нагружения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве физической модели силового сопротивления бетона нагруженных железобетонных конструкций при их динамическом догружении, вызванном аварийной ситуацией, примем модель Кельвина - Фойгта для упруго-вязкого тела [13,14] (рис. 1, а). В качестве аппроксимации нелинейно упругого деформирования бетона, соответствующего элементам А и В1, принятой модели выбран полином второй степени (рис. 1, б).

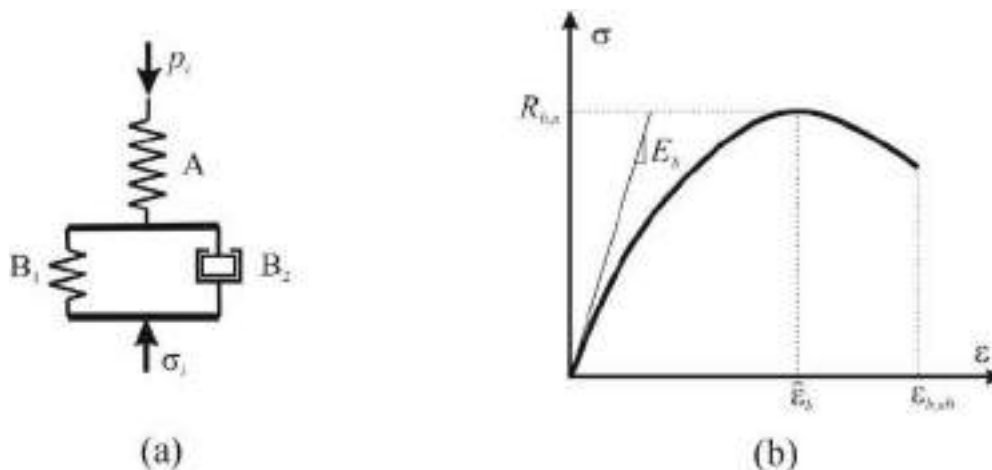


Рис. 1. Модель Кельвина-Фойгта для упруго-вязкого тела (а), диаграмма деформирования бетона при одноосном кратковременном сжатии (б)

Связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформаций по принятой модели представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка, известное как уравнение Рикатти [13–15]:

$$\frac{d\gamma_2}{d\xi} + (1 - \gamma_1)\gamma_2 - \frac{1}{2}\gamma_2^2 = \frac{1}{2}\varphi + \frac{1}{2}\gamma_1^2 - \gamma_1. \quad (1)$$

где

$$\varphi = \frac{\sigma}{R_{b,n}}, \quad \gamma = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{\hat{\varepsilon}_b}, \quad \gamma_1 = \frac{\varepsilon_1}{\hat{\varepsilon}_b}, \quad \gamma_2 = \frac{\varepsilon_2}{\hat{\varepsilon}_b}, \quad \xi = \frac{2 \cdot R_{b,n}}{K \cdot \hat{\varepsilon}_b} t.$$

$R_{b,n}$ – нормативное сопротивление бетона сжатию, K – модуль вязкого сопротивления (коэффициент вязкого сопротивления по модели Кельвина-Фойгта), $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ – полные деформации при одноосном сжатии, ε_1 – деформации условно статического этапа нагружения, отсчитываемые от момента начала статического приложения нагрузки, т.е. $\sigma = 0$; ε_2 – деформации при динамическом догружении бетона, отсчитываемые от момента начала приложения динамической нагрузки, т.е. $\sigma = \sigma_{st}$, где σ_{st} – максимальные напряжения условно статического этапа нагружения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решение уравнения (1) с учетом начальных условий $\gamma_2 = 0$ или $u = \gamma_1 - 1$ при $t = 0$ ($\xi = 0$) и физического смысла решаемой задачи имеет вид:

$$\gamma_2 = \frac{\xi \cdot (\varphi + 1 + (\gamma_1 - 1)^2)}{\operatorname{ctg} \left(\frac{1}{2} \sqrt{\varphi + 1} \right) \sqrt{\varphi + 1} - \xi \cdot (\gamma_1 - 1)}. \quad (2)$$

Алгоритм итерационного построения диаграммы состояния бетона при его статико-динамическом режиме нагружения будет включать следующие основные этапы:

1. Задание исходных данных: E_b , $R_{b,n}$, ν , Δt , γ_1 , $K = K(\gamma)$, f_{err} . Здесь f_{err} - заданная допустимая ошибка на каждом шаге вычислений.

2. Вычисление начальных безразмерных напряжений $\varphi_0 = \gamma_1 (1 - 0,5\gamma_1)$ и начального приближения по модулю вязкого сопротивления $K_i(\gamma) = K(\gamma_1)$.

3. Вычисление $\gamma = \gamma_1 + \Delta\gamma_2$ для i -ого шага вычисления, где $\Delta\gamma_2$ находится по формуле (1), в которую вместо φ и ξ подставляют $\varphi = \varphi_0 + \nu \cdot \Delta\xi_i$ и $\Delta\xi_i = \Delta t \cdot E_b \cdot (K_i(\gamma))^{-1}$.

4. Вычисление $K_i^*(\gamma)$ для γ по п. 3 алгоритма, проверка условия $|K_i^*(\gamma) - K_i(\gamma)| \leq f_{err}$. Если условие выполняется, переходим к следующему пункту, если не выполняется, то принимаем $K_i(\gamma) = K_i^*(\gamma)$ и возвращаемся к п.3 алгоритма.

5. Выполнение i числа итераций с суммированием результатов по φ и γ при соблюдении условия $|K_i^*(\gamma) - K_i(\gamma)| \leq f_{err}$ на каждом i -ом шаге вычислений.

На рисунке 2 представлены графики зависимости $\varphi(\gamma)$, построенные с использованием описанного выше алгоритма для бетона класса В30 ($R_{b,n} = 22$ МПа, $E_b = 32500$ МПа) для некоторых уровней начальных деформированных состояний ($\gamma_1 = 0.2$, $\gamma_1 = 0.3$, $\gamma_1 = 0.4$, $\gamma_1 = 0.5$) при скорости приложения нагрузки 600 МПа/с. В первом приближении принят закон изменения модуля вязкого сопротивления в процессе нагружения $K = 14000 - 10000 \cdot \gamma$ (МПа/с). Допустимая ошибка на каждом шаге вычислений шагово-итерационным способом $f_{err} = 0.0002$ (0.02%).

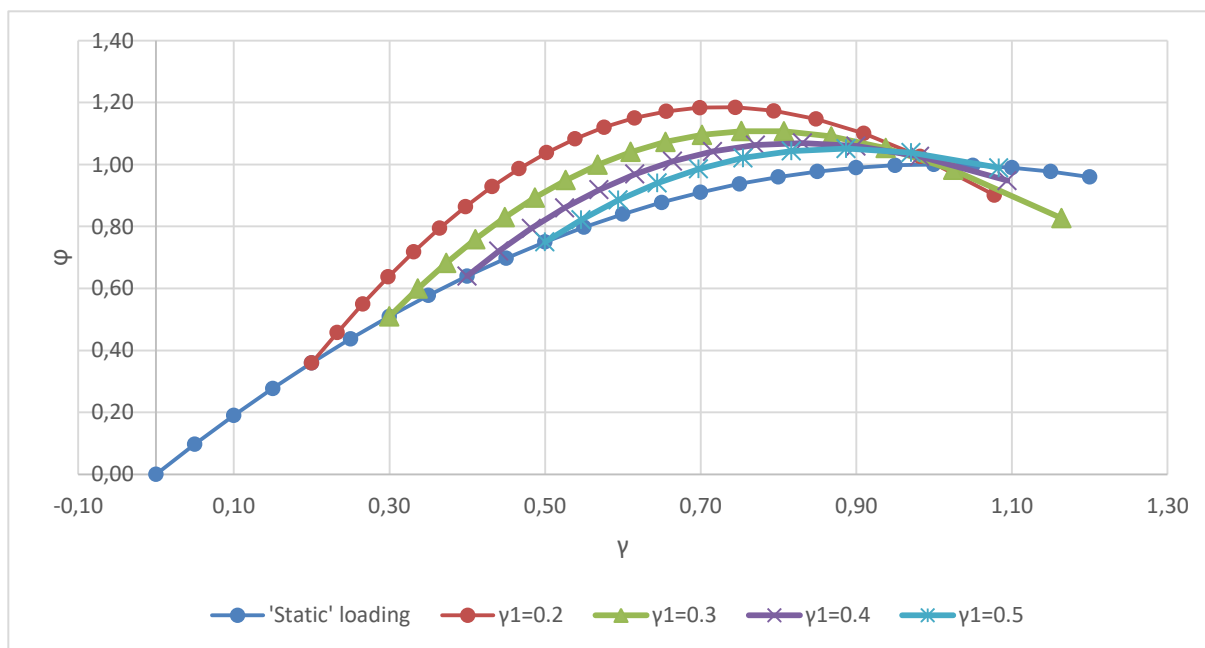


Рис. 2. Графики зависимости $\varphi - \gamma$, построенные итерационным способом по формуле (7) с уточнением модуля вязкого сопротивления на каждом шаге вычисления

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследования свидетельствует о снижении динамической прочности бетона по мере роста уровня начальных напряжений на момент динамического догружения элемента. Так, при $\gamma_1 = 0.2$ ($\varphi_0 = 0.36$) $\varphi^d = 1.18 \varphi^{st}$, при $\gamma_1 = 0.3$ ($\varphi_0 = 0.51$) $\varphi^d = 1.11 \varphi^{st}$, при $\gamma_1 = 0.4$ ($\varphi_0 = 0.64$) $\varphi^d = 1.07 \varphi^{st}$, при $\gamma_1 = 0.5$ ($\varphi_0 = 0.75$) эффект динамического упрочнения практически отсутствует $\varphi^d = 1.05 \varphi^{st}$. Предельная сжимаемость при этом возрастает по мере увеличения уровня начальных напряжений, однако это происходит благодаря учету кратковременных деформаций на этапе нагружения, условно отнесенном к статическому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. Москва: Стройиздат, 1970. 271 p.
2. Nam J.W. et al. Analytical study of finite element models for FRP retrofitted concrete structure under blast loads // *Int. J. Damage Mech.* 2009. Vol. 18, № 5. P. 461–490.
3. Sasani M., Werner A., Kazemi A. Bar fracture modeling in progressive collapse analysis of reinforced concrete structures // *Eng. Struct.* Elsevier Ltd, 2011. Vol. 33, № 2. P. 401–409.
4. Радченко П.А. et al. Моделирование разрушения железобетонных кон - струкций при ударных нагрузках // *Build. Reconstruction.* 2015. Vol. 6, № 62. P. 40–48.
5. Радченко П.А. et al. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ОБОЛОЧКИ ИЗ БЕТОНА И ФИБРОБЕТОНА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ // *Омский научный вестник.* 2015. Vol. 143, № 3. P. 345–348.
6. Plevkov V.S., Utkin D.G. THE WORK OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS IN THE SHORT-TERM DYNAMIC LOADING. 2015. Vol. 678, № 6. P. 95–103.
7. Афанасьева С.А. et al. Разрушение бетонных и железобетонных плит при высокоскоростном ударе и взрыве // *Доклады академии наук.* 2005. Vol. 401, № 2. P. 185–188.
8. Белов Н.Н. et al. Математическое моделирование процессов динамического разрушения бетона // *Механика твердого тела.* 2008. № 2. P. 124–133.
9. UTKIN D.G. STRENGTH OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH ZONE REINFORCEMENT MADE OF STEEL FIBER // *Build. Reconstr.* 2021. Vol. 93, № 1. P. 85–95.
10. FEDOROVA N.V., MEDYANKIN M.D., BUSHOVA O.B. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE STATIC-DYNAMIC DEFORMATION OF CONCRETE UNDER LOADING MODAL // *Build. Reconstr.* 2020. Vol. 89, № 3. P. 72–81.
11. FEDOROVA N. V., MEDYANKIN M.D., BUSHOVA O.B. Determination of Static-Dynamic Deformation Parameters of Concrete // *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroit.* 2020. № 1. P. 4–11.
12. Fedorova N. et al. The dynamic effect in a structural adjustment of reinforced concrete structural system // *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2020. Vol. 869. P. 052078.
13. Kolchunov V.I. et al. Zhivuchest' zdaniy i sooruzheniy pri zaproektnyh vozdeystviyah [Survivability of buildings and structures under beyond design basis impacts]. Moscow: ASV Publishing, 2014. 208 p.
14. Geniyev G.A., Kisyuk V.N., Tyupin G.. Teoriya plastichnosti betona i zhelezobetona [Plasticity theory of concrete and reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1974. 316 p.
15. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Издательство “Наука,” 1971. 576 p.

ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ КОНТАКТНОГО СЛОЯ

А. В. Трофимов¹, С. В. Осыков²

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,

¹*rcespb@mail.ru*

²*osykovvv@gmail.com*

Аннотация

В сталежелезобетонных изгибаемых элементах деформативные характеристики материалов существенно различаются, что приводит к сдвигам в контактном слое и влияет на напряженно-деформированном состоянии всей конструкции в целом. В работе представлено аналитическое выражение для определения количественного значения параметра сцепления в сталежелезобетонных изгибаемых элементах. Проанализировано напряженно-деформированное состояние таких конструкций при упругой работе контактного слоя и в предельной стадии. Оценен вклад податливости контактного слоя в общую жесткость составной конструкции. Произведено сравнение аналитических значений прогибов со значениями, полученными экспериментальным путем. Результаты сравнения показывают, что неучет податливости сцепления между элементами конструкции в актуальных на сегодняшний день нормативных документах не позволяет корректно оценить ее деформативность. Предложенная аналитическая модель может быть использована для определения жесткости конструкций сталежелезобетонных перекрытий с граничными условиями, обеспечивающими свободный сдвиг на торцах элемента.

ВВЕДЕНИЕ

С позиции строительной механики, главной особенностью сталежелезобетонных конструкций является совместная работа двух различных по механическим характеристикам материалов. Поэтому прочностные и деформативные характеристики таких элементов зависят не только от свойств бетона и стали, но и от податливости сцепления контакта.

В сталежелезобетонных изгибаемых элементах в контактном слое между плитой и верхним поясом стальной балки возникают касательные усилия S' , что приводит к сдвигу элементов по контактной поверхности. На графиках [1-9] различают две стадии работы контактного слоя в зависимости от действующей нагрузки: упругий участок, на котором сохраняется линейная зависимость между сдвигом и нагрузкой (касательными усилиями), и упругопластический (криволинейный участок графика). Перечисленные особенности позволяют сделать вывод о том, податливость контактного слоя может оказать существенное влияние на жесткостные характеристики сталежелезобетонных изгибаемых элементов на разных стадиях нагружения.

На сегодняшний день в нормативных документах^{1,2} отсутствуют конкретные рекомендации по учету податливости контактного слоя. Описанные в них методики определения жесткости основаны на приведении объединенного сечения к однородному материалу с помощью коэффициента приведения, что не позволяет в достаточной мере отразить реальную работу сталежелезобетонных изгибаемых элементов, в том числе в предельной стадии. Решением данной проблемы может быть применение метода расчета, основанного на теории составных стержней (ТСС) А. Р. Ржаницына³.

Цель представленной работы – разработка основанной на ТСС методики учета податливости контактного слоя, которая позволит точнее описать характер его напряженного состояния и определить влияние связей сдвига, возникающих на поверхности контакта разнородных материалов, на деформативность сталежелезобетонных изгибаемых элементов.

¹ СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. М.: Минстрой России, 2016. 124 с.

² Eurocode 4: Design of steel and concrete structures. CEN. Brussel, 2004. 121 p.

³ Ржаницын А.Р. теория составных стержней строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1948. 190 с.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе рассматриваются две стадии работы контактного слоя: упругая, при которой сохраняется линейная зависимость между сдвигом слоев и внешней нагрузкой, и работа в предельном состоянии. При работе контактного слоя в упругой стадии, параметр сцепления λ может быть получен из решения системы уравнений⁴:

$$\begin{cases} S'_1 = \frac{Pm_0}{\gamma B} \left[1 - \frac{ch\lambda(0,5L-a)}{ch\lambda 0,5L} \right]; \\ S'_2 = \frac{\delta\lambda^2}{\gamma}, \end{cases} \quad (1)$$

где P – внешняя нагрузка;

m_0 – расстояние между центрами тяжести элементов составного сечения;

$$\gamma = \frac{1}{E_b A_b} + \frac{1}{E_s A_s} + \frac{m_0^2}{B}; \quad (2)$$

B – суммарная изгибная жесткость составного сечения;

$$B = E_b I_b + E_s I_s; \quad (3)$$

E_b, E_s – модули упругости бетона и стали соответственно;

I_b, I_s – моменты инерции железобетонного и стального элементов соответственно;

a – расстояние от торца балки до точки приложения нагрузки;

L – расчетная длина элемента;

λ – параметр сцепления;

δ – величина сдвига бетона по поверхности стали на торцах балки.

Выражение (1) справедливо при расположении начала координат в центре элемента и граничных условиях, обеспечивающих свободный сдвиг на торцах, т. е. при $S_{x=\pm l/2} = 0$, и с использованием усеченной диаграммы Прандтля (рисунок 1).

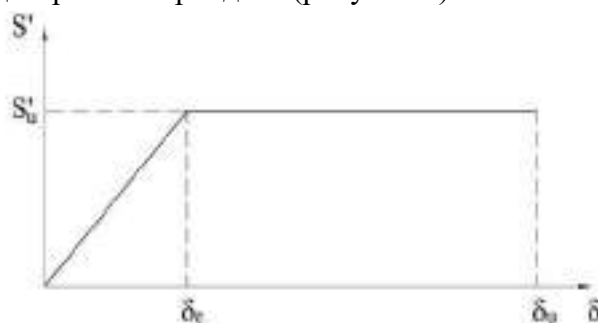


Рис. 1. Усеченная диаграмма Прандтля

Величина параметра сцепления определяется итерационным методом. В первом приближении задаются значением λ и определяют величину S'_1 при уровне нагрузки P , соответствующему упругой стадии работы конструкции. Далее, подбирают такое значение λ , при котором будет соблюдаться условие $S'_1 = S'_2$.

На пределе упругой работы контактного слоя сдвигающие усилия достигают некоторого предельного значения S'_u . С увеличением величины внешней нагрузки в контактном слое начинают развиваться неупругие деформации, в связи с чем начинаются отклонения взаимных смещений слоев от линейной зависимости. При достижении нагрузки предельного значения в приопорной зоне происходит «разрушение» контактного слоя, т. е. в

⁴ Трофимов А.В. Расчет железобетонных конструкций с использованием теории составных стержней. Санкт-Петербург, 2012. 108 с.

этом месте сцепление будет отсутствовать ($\lambda=0$), и, следовательно, будет отсутствовать совместная работа элементов составного сечения. В оставшейся части конструкции контактный слой работает в упругой стадии.

Длину зоны нарушенного сцепления можно определить, предварительно посчитав длину упругой зоны контактного слоя. Для этого необходимо найти предельное сдвигающее усилие S'_u , путем подстановки в выражение (1) значения внешней нагрузки на пределе упругой работы. Когда величина S'_u известна, длина упругой зоны определяется из выражения:

$$S'_u = \frac{P_{ult} m_0}{\gamma B} \left[\frac{ch\lambda(0,5L - a)}{ch\lambda 0,5L} ch\lambda a_0 - 1 \right], \quad (4)$$

где P_{ult} – предельное значение внешней нагрузки;

a_0 – длина упругой зоны на участке равном $0,5L$.

Зона нарушенного сцепления вычисляется из выражения:

$$b_0 = 0,5L - a_0, \quad (5)$$

где b_0 – длина зоны нарушенного сцепления.

Отсутствие сцепления на торцах элемента повлияет на снижение жесткости конструкции составного сечения в предельном состоянии. Численно это влияние можно оценить через величину кривизны:

$$y'' = \frac{M - Sm_0}{B}, \quad (6)$$

где M – момент от внешней нагрузки;

S – сдвигающая сила;

Sm_0 – момент, возникающий в результате действия в контактном слое сдвигающей силы S и направленный противоположно моменту от нагрузки.

В предельном состоянии в зоне отсутствия сцепления сдвигающая сила S будет равна нулю. Эпюры касательных усилий S' и сдвигающей силы S изображены на рисунке 2.

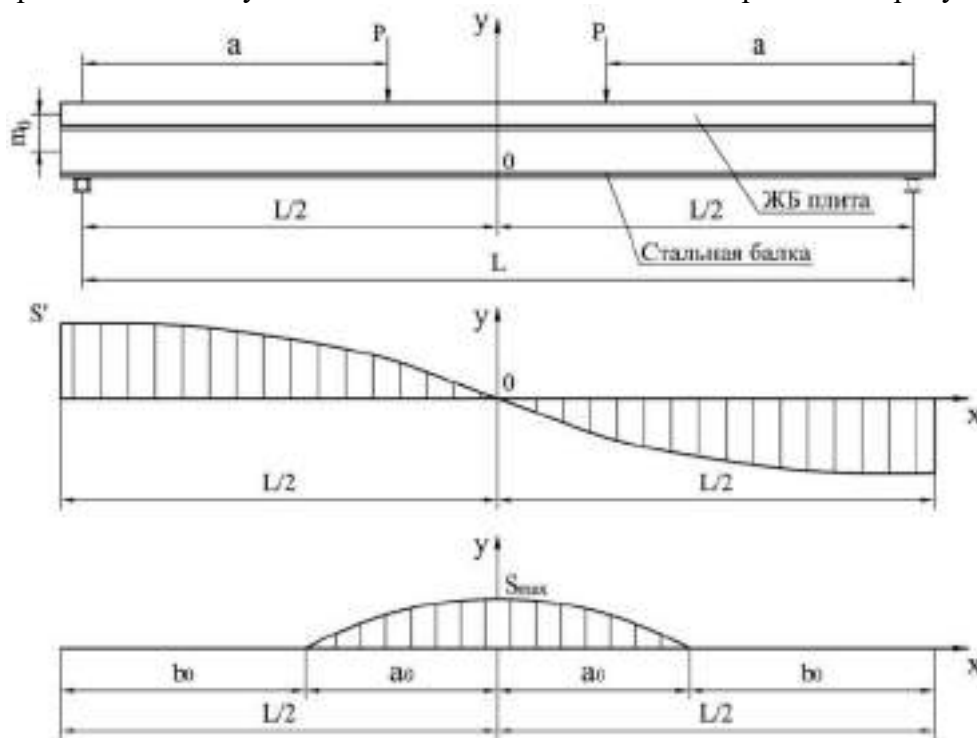


Рис. 2. Распределение касательных усилий S' и сдвигающей силы S по длине элемента: a_0 – длина упругой зоны контактного слоя; b_0 – длина зоны нарушенного сцепления

Численное значение S в предельном состоянии определяется из выражения:

$$S_u = \frac{P_{ult} m_0}{\gamma B} \left[a - \frac{ch\lambda a}{\lambda \cdot ch\lambda(0,5L - b_0)} \right]. \quad (7)$$

Для проверки предложенной аналитической модели был проанализирован ряд экспериментальных работ по исследованию сталежелезобетонных конструкций. В зависимости от испытываемых образцов, все работы можно разделить на две группы:

1. сталежелезобетонные конструкции, состоящие из прокатного двутавра и железобетонной полки [10-14];
2. сталежелезобетонная балка с железобетонной полкой по профилированному настилу [15];

Исходными данными служили графики зависимости сдвига на торцах элемента от приложенной нагрузки и зависимости прогибов от нагрузки, представленные в указанных работах. Соединение железобетонной полки и стальной балки осуществлялось при помощи стержневых анкеров. Для образцов из первой группы анкера были выполнены из арматуры Вр-1 и А400 с шагом 100 мм в приопорной части и 150 мм в пролетной, для образцов из второй группы – в виде стад болтов диаметром 17 мм, расположенных в шахматном порядке по длине балки с шагом 200 мм. Испытания осуществлялись по схеме, изображенной на рисунке 2. Характеристики образцов и параметры расчетной схемы представлены в таблице 1.

Табл. 1. Характеристики анализируемых образцов

| Анализируемый образец | Модуль упругости материала, МПа·10 ³ | | Площадь поперечного сечения, см ² | | Момент инерции сечения, см ⁴ | | L, м | a, м | m ₀ , м | Сдвиг δ, м·10 ⁻⁴ |
|--------------------------|---|----------------|--|----------------|---|-----------------|------|------|--------------------|-----------------------------|
| | E _b | E _s | A _b | A _s | I _b | I _s | | | | |
| С ЖБ полкой | 27,55 | 205,9 | 200 | 14,7 | 417 | 350 | 1,9 | 0,7 | 0,085 | 1,6-2,2 |
| С ЖБ полкой по профлисту | 38 | 205,9 | 1273 | 53,8 (13,4) | 9574 | 7999 (0,011) | 5,2 | 1,9 | 0,199 | 13 |

Примечание: в скобках указаны характеристики профлиста.

Для определения влияния сцепления на жесткость сталежелезобетонных элементов были вычислены значения прогибов на пределе упругой работы конструкции и в предельной стадии, используя следующее выражение:

$$f = \left(\frac{1}{8} - \frac{a^2}{6L^2} \right) \cdot y''' \cdot L^2. \quad (8)$$

В предельной стадии работы модуль упругости бетона принимался с понижающим коэффициентом 0,2. Полученные значения сравнивались с результатами опытных данных, а также с величиной прогиба, вычисленной с использованием приведенной жесткости, которая определялась по методике из⁵, основанной на приведении бетонного сечения к металлу. В этом случае кривизна определялась из выражения:

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon}{y}, \quad (9)$$

где ε – относительные деформации, зависящие от напряжений в приведенном сечении;

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (10)$$

⁵ Горев В.В. Металлические конструкции. Т.3. Специальные конструкции и сооружения. В 3-х т. М.: Высш. шк., 2002. 544 с.

где W – момент сопротивления приведенного сечения относительно самого растянутого волокна стальной балки;

y – расстояние от ц. т. приведенного сечения до самого растянутого волокна стальной балки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты расчетов представлены в таблице 2. Графически процесс сходимости по параметру λ для одной из балок, входящих в первую группу, представлен на рисунке 3.

Значения параметра сцепления λ для балок без профлиста в составе полки получились в пределах от $0,042 \text{ см}^{-1}$ до $0,063 \text{ см}^{-1}$; для балки с полкой по профилированному настилу – $0,007 \text{ см}^{-1}$. Данные значения параметра сцепления значительно ниже тех, что получены при исследовании сцепления арматуры с бетоном на призматических и цилиндрических образцах⁶, где $\lambda = 0,05-0,3 \text{ см}^{-1}$. Такие низкие значения λ служат подтверждением того, что контактный слой не переходит в стадию упругопластической работы, а происходит его разрушение.

Длина зоны нарушенного сцепления b_0 в образцах первой и второй группы составляла от 1/4 до 1/3 от пролета балки. Следовательно, в предельном состоянии в этой зоне сцепление будет отсутствовать, а сдвигающая сила S равна нулю.

Значения прогибов, определенные с учетом действия в контактном слое момента от сдвигающей силы S , довольно точно совпадают с опытными данными. Как видно из таблицы 2, величина погрешности составляет 11-18%, что позволяет судить об адекватности предложенной аналитической модели. В то же время, прогибы, полученные на основе приведенной жесткости (т. е. как для абсолютно жесткого стержня при $\lambda \rightarrow \infty$), дают заниженные значения и не показывают реальную картину деформирования сталежелезобетонных балок.

Табл. 2. Результаты расчетов

| Анализируемый образец | $\lambda, \text{ см}^{-1}$ | $b_0, \text{ м}$ | Прогиб, мм | | | | | | | ϵ приведенной жесткостью | $\Delta, \%$ |
|--------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|----------|--------------|---------------|----------|--------------|---------|-----------------------------------|--------------|
| | | | предельный упругий | | | предельный | | | | | |
| | | | аналитический | из опыта | $\Delta, \%$ | аналитический | из опыта | $\Delta, \%$ | | | |
| С ЖБ полкой | 0,042-0,063 | 0,527-0,556 | 6,2-6,3 | 7-7,7 | 11-18 | 15,8-15,7 | 19-20 | 17-21 | 5,9-6,2 | 69 | |
| С ЖБ полкой по профлисту | 0,007 | 1,604 | 22,5 | 22 | 2,3 | 68,8 | 80 | 14 | 22,4 | 72 | |

⁶ Трофимов А.В. Расчет железобетонных конструкций с использованием теории составных стержней. Санкт-Петербург, 2012. 108 с.

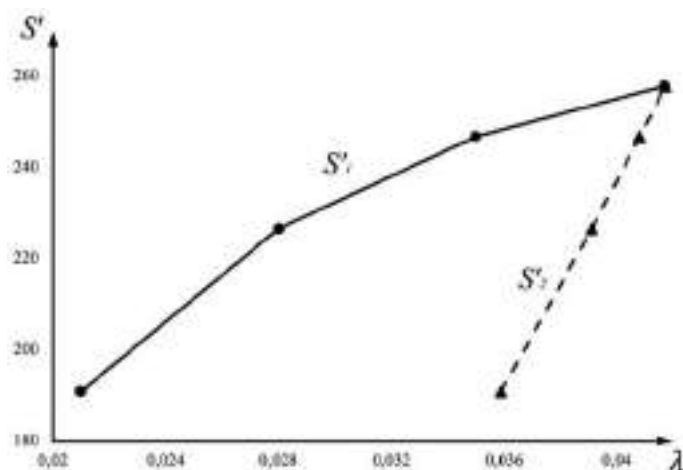


Рис. 3. К определению параметра сцепления λ

ВЫВОДЫ

Напряженно-деформированное состояние контактного слоя в предельной стадии характеризуется наличием зоны нарушенного сцепления длиной до 1/3 пролета. В этом месте элементы составного сечения работают отдельно друг от друга.

Усилия, возникающие в контактном слое сталежелезобетонных изгибаемых элементов, оказывают влияние на деформативность таких конструкций, и неучет работы связей сдвига в актуальных на сегодняшний день нормативных документах не позволяет корректно определить жесткостные характеристики.

Предложенная аналитическая модель, базирующаяся на ТСС, дает возможность оценить вклад податливости контактного слоя в общую жесткость составного сечения. Разработанная методика может быть использована для расчета жесткости конструкций сталежелезобетонных перекрытий с граничными условиями, обеспечивающими свободный сдвиг на торцах элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gholamhoseini A. Experimental and finite element study of ultimate strength of continuous composite concrete slabs with steel decking // *International Journal of Advanced Structural Engineering*. 2018. Vol. 10 Issue 1. Pp. 85–97. DOI: 10.1007/s40091-018-0183-3
2. Lauwens K., Douchy J., Fortan M., Arrayago I., Mirambell E., Gysel A.V., Rossi B. Experimental study of ferritic stainless steel composite slabs // *Ce/Papers*. 2017. Vol. 1. Issue 2-3. Pp. 1909–1918. DOI: 10.1002/cepa.235
3. Hedao N., Raut N., Gupta L. Composite concrete slabs with profiled steel decking: Comparison between experimental and simulation study // *American Journal of Civil Engineering*. 2015. Vol. 3. №. 5. Pp. 157–169. DOI: 10.11648/j.ajce.20150305.14
4. Manjunath T.N., Sureshchandra B.S. Experimental study on concrete slab with profiled steel decking // *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2014. Vol. 3. Issue 7. Pp. 894–899
5. Eltobgy H.H., Abdelkareem K.M.M., Bakhoum M.M. Experimental study on shear bond behavior of composite deck slab equipped with shear connectors // *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2021. Vol. 10. Issue 5. Pp. 193–202
6. Avudaiappan S., Saavedra Flores E.I., Araya-Letelier G., Jonathan Thomas W., Raman S.N., Murali G., Amran M., Karelina M., Fediuk R., Vatin N. Experimental investigation on composite deck slab made of cold-formed profiled steel sheeting // *Metals*. 2021. Vol. 11. Pp. 1–17. DOI: org/10.3390/met11020229
7. Costa R.S., Lavall A.C.C., Silva R.G.L., Rodrigues F.C. Experimental study of the influence of friction at the supports on longitudinal shear resistance of composite slabs // *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. 2017 Vol. 10. Issue 5. 1075–1086. DOI: 10.1590/s1983-41952017000500008
8. Tahir A. K., Shallal M. A. Experimental study of concrete filled steel tube composite beam under hogging moment // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1090. Issue 1. DOI: 10.1088/1757-899x/1090/1/012062
9. Sheehan T., Dai X., Lam D., Aggelopoulos E. S., Lawson M., Obiala R. Experimental study on long spanning composite cellular beam under flexure and shear // *Journal of Constructional Steel Research*. 2016 Vol. 116. Pp. 40–54. DOI: 10.1016/j.jcsr.2015.08.047
10. Замалиев Ф.С. Экспериментальные исследования пространственной работы сталежелезобетонных конструкций // *Вестник МГСУ*. 2012. № 12. С. 53–60.

11. Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкции на крупномасштабных моделях // Известия КазГАСУ. 2008. № 2(10). С. 47–52.
12. Замалиев, Ф.С., Замалиев, Э.Ф., Мирсаяпов И.Т. Экспериментальные исследования податливости контакта слоев сталежелезобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях // Вестник МГСУ. 2011. № 2 (15) т.2. С. 163–168.
13. Замалиев Ф.С., Сагитов Р.А., Хайрутдинов Ш.Н. Испытание фрагмента сталежелезобетонного перекрытия на статические нагрузки // Известия КазГАСУ. 2010. № 1 (13). С. 102–105.
14. Замалиев Ф. С. Учет нелинейных свойств материалов и податливости слоев при расчете прочности сталежелезобетонных перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 5. С. 38–41.
15. Rehman N., Lam D., Dai X., Ashour A. Testing of composite beam with demountable shear connectors // Structures and Buildings. 2018. Vol. 171. Issue SB1. Pp. 3–16. DOI: 10.1680/jstbu.16.00172

ИССЛЕДОВАНИЕ УЗЛА МОНОЛИТНОЙ ПЛИТЫ И КОЛОННЫ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ОТ ПРОДАВЛИВАНИЯ

М. Д. Антонов¹, А. В. Алексейцев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*mishany96969@mail.ru*

²*aalexw@mail.ru*

Аннотация

В настоящее время проблеме защиты зданий и сооружений от прогрессирующего разрушения посвящено значительное количество работ. Однако большая часть из них связана с анализом предельной несущей способности конструкций по нормальным сечениям, в то время как работе конструкций по наклонным сечениям и на продавливание уделено значительно меньшее внимание. Стоит отметить, что работа конструкций по наклонным в аварийных ситуациях – один из ключевых факторов в обеспечении и перераспределении значительных деформаций монолитных каркасов с безбалочными перекрытиями. Другой актуальной проблемой в области защиты от прогрессирующего разрушения выступает учет начальных локальных повреждений. Недостаточно изучено насколько неблагоприятно могут повлиять начальные повреждения узлов сопряжения колонны и плиты на работу каркасов, при какой степени повреждений отказ одного из несущих элементов может привести к лавинообразному разрушению. Для ответа на эти вопросы предполагается проведение испытаний, по указанной в статье программе. Результаты экспериментов будут верифицированы в программном комплексе и использованы для изучения предельной степени локальных повреждений монолитных каркасов с безбалочными перекрытиями.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия учеными отмечается рост чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые приводят к ситуациям, которые не были учтены в проекте. В случае возникновения такого запроектного воздействия может произойти отказа 1-го из несущих элементов, что приведет к перераспределению дополнительных нагрузок на соседние конструкции. Прогрессирующее разрушение происходит, когда ближайшие конструкции не способны воспринять дополнительных нагрузок и происходит цепной отказ несущих элементов, приводящее к обрушению всего здания или его частей.

Согласно требованиям Федерального закона 384-ФЗ «Регламент технической безопасности» и базовыми положениями действующих ГОСТов, Сводов Правил при проектировании новых и реконструкции существующих зданий необходимо применять конструктивные меры по обеспечению безопасности от прогрессирующего разрушения [9,18]. В качестве одних из основных принципов для обеспечения защиты от прогрессирующего разрушения выступают: обеспечение необходимой несущей способности системы при возникновении локальных повреждений, а также развитии пластических деформаций в соединениях конструктивных элементов.

Для достижения вышеуказанных принципов помимо соблюдения конструктивных мероприятий (требований по минимальному проценту армирования, обеспечение необходимых длин нахлестки и анкеровки для арматуры и т.п.) необходимо также произвести расчет для анализа напряженно-деформированного состояния конструкций до аварийного воздействия и после него. Согласно действующим нормативным документам расчет выполняется в квазистатической, кинематической и динамической постановке. [9,18] Однако каждый из указанных методов имеет свои преимущества и недостатки.

При использовании квазистатического подхода не учитывается влияние динамических эффектов (сил инерции, перераспределения во времени внутренних усилий в конструкции и т.п.). В то же время данный метод наименее трудоемкий и достаточно широко

используется в инженерной практике. Расчет кинематическим методом может выполняться аналитически. Однако для его использования инженеру необходимо рассмотреть все возможные при данных объемно-планировочных решениях схемы разрушения, что может быть достаточно сложно ввиду усложнения архитектурных форм. Наиболее близкую к действительной работе конструкций при аварийном воздействии можно получить с помощью нелинейных динамических расчетов, однако они достаточно трудоемки, требуют значительной компьютерных мощностей, а также высокой квалификации исполнителя. [1,16]

По результатам расчетов необходимо сопоставить полученные значения деформаций, напряжений и прогибов элементов с предельно допустимыми. При этом инженер стремится к нахождению оптимальных конструктивных решений, которые помимо обеспечения требований безопасности минимизируют стоимость строительной продукции, а также её трудоемкость [1,15]. Достигнуть этого можно при полном использовании пластических свойств строительных материалов, ограничении предельной степени повреждений. [13,14] И если, анализируя работу железобетонных конструкций по нормальным сечениям, нормативные документы прописывают данные требования (ограничение относительных деформаций бетона, максимальных прогибов конструкций), то указаний по анализу запредельной работы конструкций по наклонным сечениям, работы плит перекрытий на продавливание отсутствуют. Стоит также отметить, что значительная часть экспериментальных исследований в области защиты от прогрессирующему разрушению была проведена с железобетонными рамами, а не с фрагментами плит ввиду значительной трудоемкости и материальных затрат на последние. [19]

В то же время актуальность необходимости данных исследований подтверждается широким применением технологии монолитных каркасов с безбалочными перекрытиями и благоприятным влиянием монолитной плиты на живучесть здания. Установлено, что наличие плиты может увеличить живучесть монолитных каркасов до 60% по сравнению аналогичными каркасами без учета плиты. Такое увеличение возможно благодаря механизму восприятию изгибающих моментов в 2-ух направлениях.[24]. Причем наиболее определяющим фактором работы в данном случае выступает работа узлов сопряжения, так как исчерпание несущей способности зачастую наблюдается в приопорных участках плиты и колонны. [7,27] Работа плиты как висячей вантовой системы невозможна при полном исчерпании несущей способности на продавливание.

При этом необходимо понимать, что несущая способность узла сопряжения колонны и плиты в запроектной стадии должна учитывать значительные деформации узла [6]. По результатам имеющихся исследований установлено благоприятное влияние поперечного армирования, а также значительная роль продольного армирования сжатой зоны.[11,23,25] Однако полная реализация сжатого продольного армирования возможна только после образования пирамиды продавливания и получения значительных деформаций узлом. (см. рис.1) [23] Только после этого происходит провисание плиты, и несущая способность определяется работой на арматуры на растяжение и работой оставшегося бетона на скалывание и смятие. (см. рис. 2)

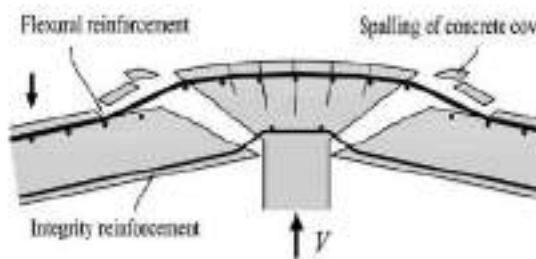


Рис.1 Общий вид работы узла [23]

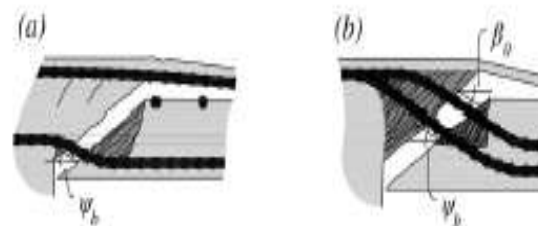


Рис.2. Схемы разрушения бетона после образования призмы продавливания. а) смятие и скалывание бетона в нижней части плиты; б) – разрушение от смятия и скалывания бетона в плите и в пирамиде продавливания [23]

Однако открытым остается вопрос о необходимом количестве сжатого продольного армирования в условиях ПР и предельных деформациях, которые способен получить узел до полного разрушения. Необходимо также понимать насколько эффективно узел с имеющимися разрушениями от продавливания будет переходить в запредельную работу.

Важным моментом в исследовании предельной несущей способности с учетом запредельной работы узлов является подход к конечно-элементному моделированию. Основная сложность заключается в отсутствии необходимых вычислительных мощностей для объемного моделирования всех элементов несущих конструкций с учетом корректного учета сцепления арматуры и бетона. С помощью такого подхода можно оценить работу отдельных соединений, узлов сопряжений, но не всего каркаса целиком. Использование стержневых элементов позволяет достаточно быстро замоделировать и получить результаты для всего сооружения, но в то же время не позволяет оценить вклад пространственной работы каркаса. Промежуточное положение занимает способ моделирования вертикальных несущих элементов – стержневыми элементами, а горизонтальных – оболочечными. Однако в таком случае сложно оценить работу узловых соединений каркаса в запредельной стадии, вклад продольного армирования. [2, 6] Перспективным служит использование комбинированных моделей с оболочечно-объемными элементами, однако в таком случае важно понимать какие минимальные размеры зоны оболочечных элементов необходимо принимать для получения достаточно точных результатов, какие характеристики для связей необходимо задавать в зонах соединения оболочечных и объемных элементов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения запредельной работы монолитных безбалочных каркасов необходимо разграничить случаи, при которых реализуется процесс хрупкого и пластического разрушения приопорных зон. Далее необходимо реализовать разную степень локальных разрушений в приопорных зонах и оценить их влияние на работу систему. Для решения данной задачи применяется математическое моделирование несущих конструкций методом конечных элементов, которое планируется верифицировать сопоставлением с результатами испытаний масштабных фрагментов.

Расчеты фрагментов конструкций проводятся в КЭ комплексе Simulia Abaqus 2020. Для получения необходимых решений был использован явный решатель, позволяющий значительно увеличить скорость расчета при решении квазистатических задач методом прямого интегрирования (Explicit solver: Abaqus/Explicit).

Для моделирования искусственного каменного материала (бетона) была использована модель с разрушением (Concrete Damage Plasticity model - [22, 28]). Данная модель пластичности учитывает образование и развитие трещин при растяжении, сжатии и срезе. Рассматривается два основных механизма разрушения - образование трещин в растянутом бетоне и раздавливание сжатого бетона. Работа бетона моделировалась с учетом диаграммы

работы бетона согласно СП 63.13330.2018. При достижении материалом предельных напряжений или деформаций элементы работали по ниспадающей ветви с появлением и распределением по объему трещин. (см. рис. 3, 4). Напряжения в элементах находятся с использованием коэффициента повреждения бетона, учета полных и пластических деформаций (см. ф. 1,2). Тело бетона во всех схемах моделировалось объемными кубиковыми элементами с упрощенным интегрированием с контролем искажения C3D8R.

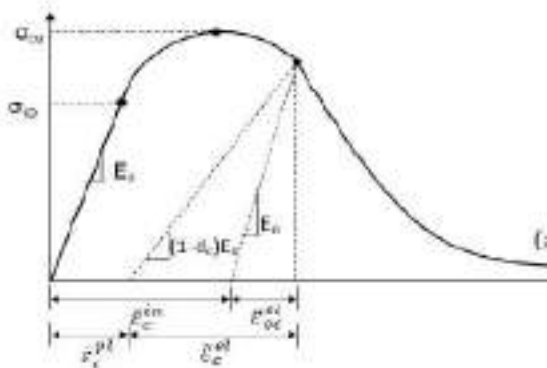


Рис. 3. Диаграмма деформирования бетона при продольном сжатии

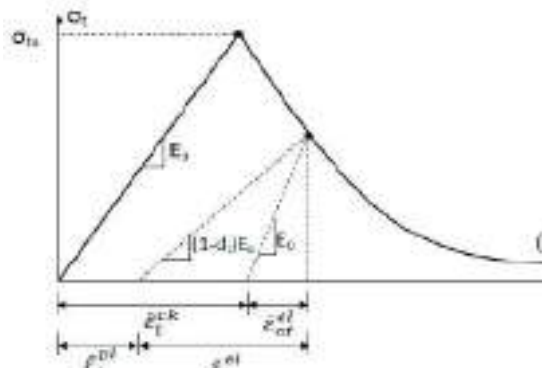


Рис. 4. Диаграмма деформирования бетона при продольном растяжении

$$\sigma_c = (1 - d_c) \cdot E_0 \cdot (\varepsilon_c - \varepsilon_c^{pl}) \quad 1$$

$$\sigma_t = (1 - d_t) \cdot E_0 \cdot (\varepsilon_t - \varepsilon_t^{pl}) \quad 2$$

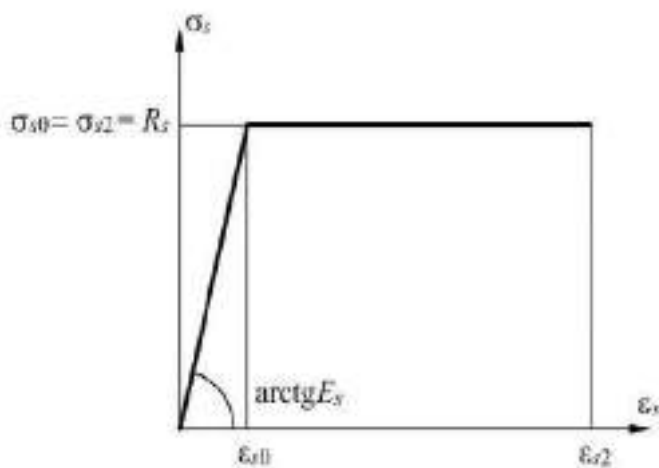


Рис. 5 Диаграмма состояния для арматурной стали А500С

Для моделирования арматуры была использована модель пластичности с двумя линейными участками - зоной упругой работы и площадкой текучести (см. рис. 5). Арматура моделировалась двухузловыми стержневыми элементами типа beam (B31), учитывающих работу арматуры на сдвиг. Стоит отметить, что на данном этапе не рассматриваются вопросы потери сцепления арматуры и бетона.

Для проверки введенных предпосылок предполагается провести испытание идентичных железобетонных фрагментов с разной степенью локальных повреждений. Каждый фрагмент будет иметь 8 железобетонных колонн и опорный механизм, для реализации поведения конструкции при аварийной

ситуации. (см. рис. 6) Испытания можно разделить на 3 основных этапа. На первом к плите образца будет приложена равномерно-распределенная нагрузка. На втором этапе к центральной колонне через опорный контур из трубок и железобетонную плиту будет передана дополнительная нагрузка для реализации в данном узле некоторой степени повреждений от продавливания. (см. рис. 3 А-А) На третьем за короткий промежуток времени будет удален опорный механизм (см. рис. 3 Б-Б).

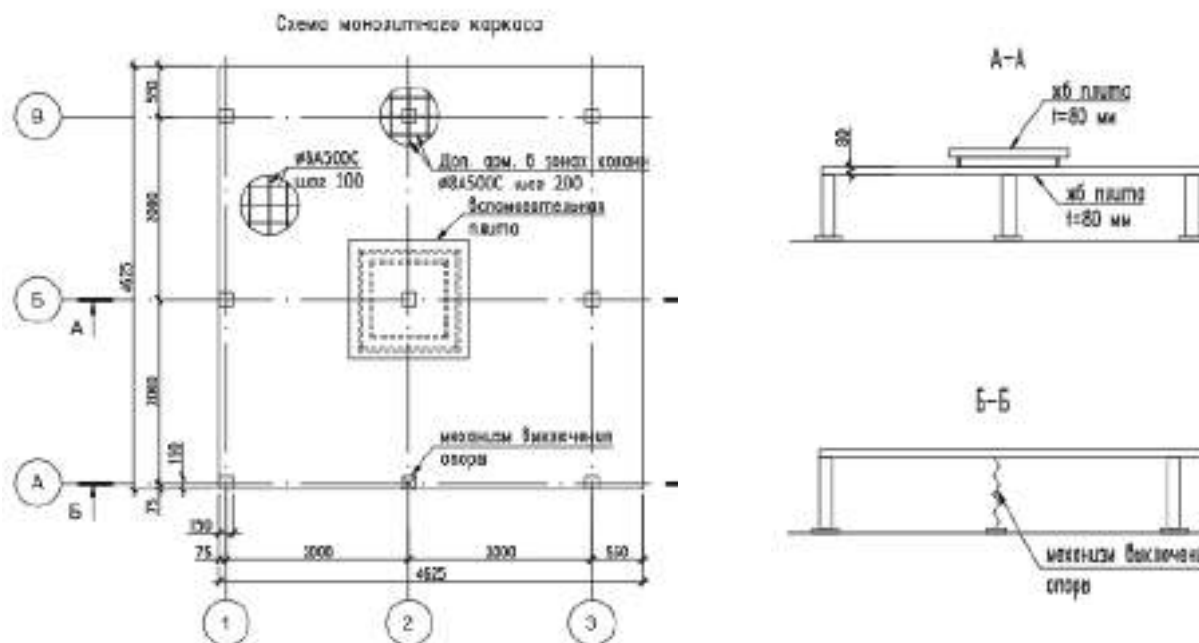


Рис. 6 Схема экспериментального фрагмента монолитного каркаса с безбалочным перекрытием

Для определения габаритов фрагмента каркаса предполагается руководствоваться рекомендациями пособий и научных работ по оптимальному проектированию, а также аналогичными экспериментальными исследованиями. В результате проведенного анализа было принято решение подбирать толщину плиты из условия $t = L/25 \dots L/35$, где L – длина наибольшего пролета. [4,27] Границы консольных вылетов принимались в точке перехода растянутой зоны эпюры моментов с верхней на нижнюю грань, то есть на расстоянии $0,22 L_{\text{пролета}}$. (см. рис. 6)

Степень повреждения от продавливания в образце будет контролироваться значениями тензометрических датчиков и ультразвуковым прозвучиванием. [11,20]

Для контроля степени повреждений предполагается провести дополнительные испытания фрагментов узлов сопряжения конструкций. Предполагается рассмотреть 2 варианта толщины монолитной плиты – 80 и 100 мм. (см. рис.7). На рисунках 6,7 указан вариант с толщиной плиты 80 мм. Образцы фрагментов узлов (см. рис. 7) будут иметь аналогичные характеристики (класс бетона, продольное армирование, раскладку арматуры и т.п.) с опорными узлами монолитного каркаса с безбалочными перекрытиями. (см. рис 6).

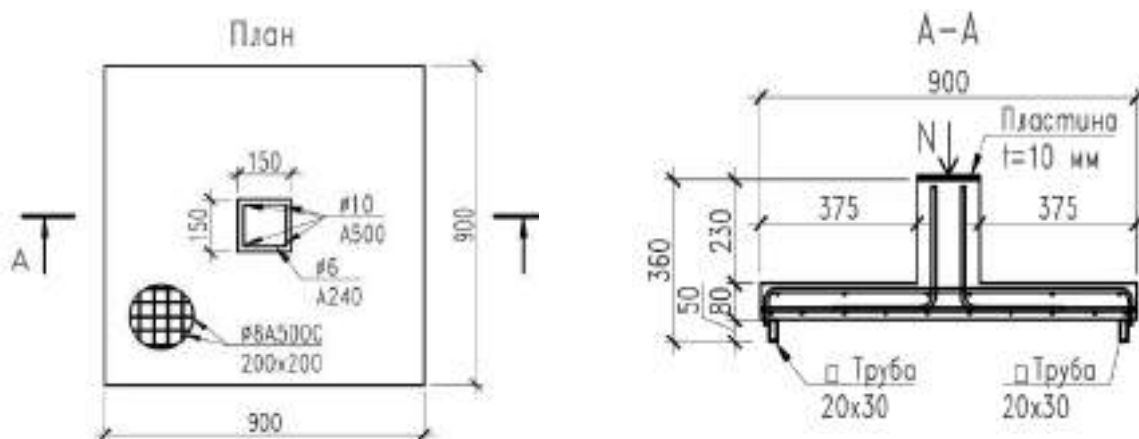


Рис.7 Испытания фрагментов узлов

Ниже приведена таблица необходимого оборудования для качественной оценки результатов испытаний. (см. табл.1)

Табл. 1. Оборудование для оценки данных испытаний

| <i>Характеристики</i> | <i>Оборудование</i> |
|---|-----------------------------|
| Напряжения бетона/арматуры | Тензодатчики |
| Измерение скорости прохождения ультразвука | Дефектоскоп (ПУЛЬСАР 2.0) |
| Линейные перемещения монолитного каркаса ¹ | Лазерный датчик перемещения |
| Угловые перемещения монолитного каркаса ¹ | Инклинометр |
| Продольные усилия в колонных ¹ | Тензодатчики |

¹ – данное оборудование и характеристики требуются только для испытаний монолитного каркаса с безбалочным перекрытием

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На начальных этапах были произведены расчеты в ПК Abaqus для изучения предельной несущей способности узлов сопряжения колонны и плиты на продавливание, а также понимания характера деформирования конструкции. Проведены расчеты узлов сопряжения колонны и плиты толщиной 100 мм с продольным армированием с шагом 200 мм разных диаметров (рис. 8-11). В ходе проведенных расчетов установлено положительное влияние продольного армирования на несущую способность на продавливание (F_{ult}). (см. рис 12) Данная тенденция в большей степени наблюдалась в аналогичных натурных испытаниях. [11,26] Возможно незначительный рост конечно-элементной модели несущей способности с увеличением продольного армирования связан с недостаточной длиной анкеровки, так как габариты плиты оставались постоянными для всех образцов. Также была проанализирована картина трещинообразования образцов в зависимости от коэффициента продольного армирования. Наблюдается более интенсивное трещинообразование перед разрушением ввиду больших напряжений в бетоне в узлах с большим процентом армирования. С одной стороны, это позволяет подтвердить предположение пластической работе бетона сжатой зоны в узлах продавливания [17] и наличия переходных механизмов разрушения плиты от продавливания [10], с другой стороны необходимы дополнительные исследования для оценки перемещений и углов поворота плиты перекрытия.

Армирование образца стержнями $\varnothing 8$ мм (A500C) ($F_{ult}=49,3$ кН)

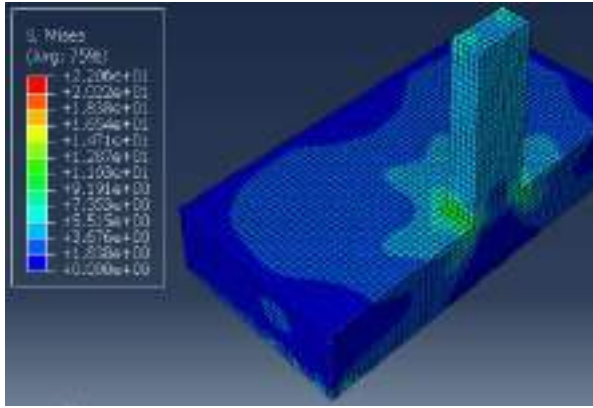


Рис. 8 (а) Картина распределения напряжений в бетоне перед разрушением образца

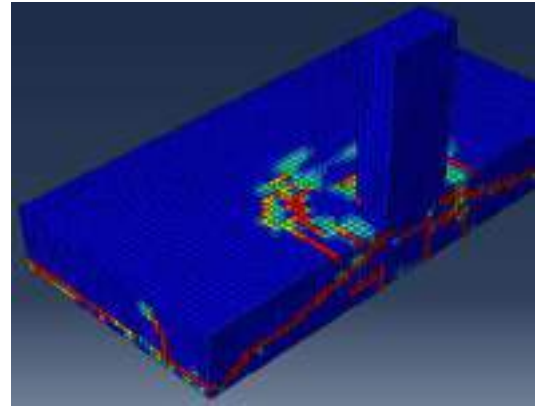


Рис. 8 (б) Картина распределения трещин перед разрушением образца

Армирование образца стержнями диаметром $\varnothing 10$ мм ($F_{ult}=51,1$ кН)

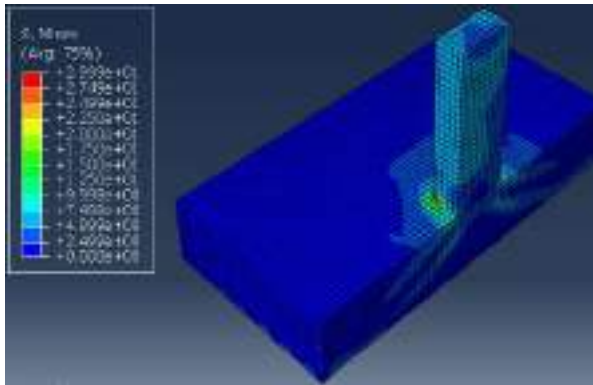


Рис. 9 (а) Картина распределения напряжений в бетоне перед разрушением образца

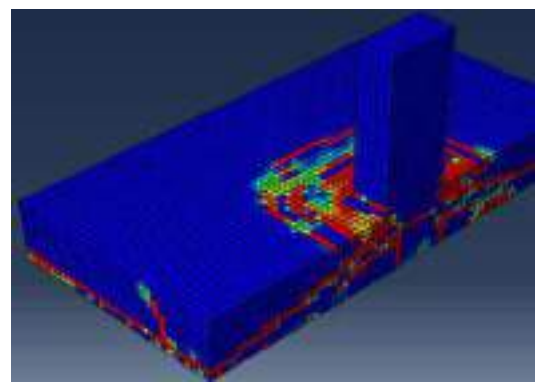


Рис. 9 (б) Картина распределения трещин перед разрушением образца

Армирование образца стержнями диаметром $\varnothing 12$ мм ($F_{ult}=52,7$ кН)

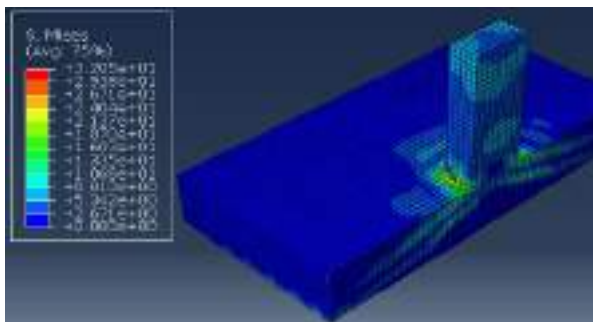


Рис. 10 (а) Картина распределения напряжений в бетоне перед разрушением образца

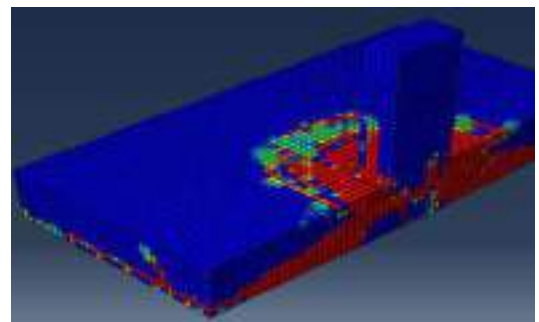


Рис. 10 (б) Картина распределения трещин перед разрушением образца

Армирование образца стержнями диаметром $\varnothing 16$ мм ($F_{ult}=54,4$ кН)

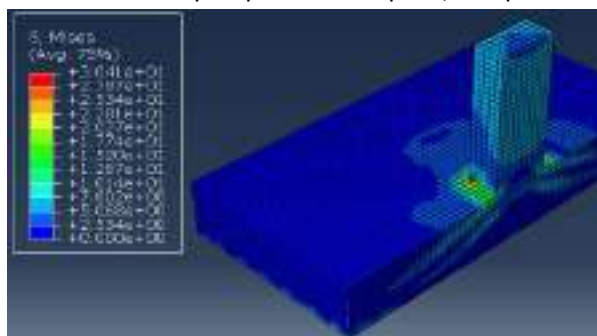


Рис. 11 (а) Картина распределения напряжений в бетоне перед разрушением образца

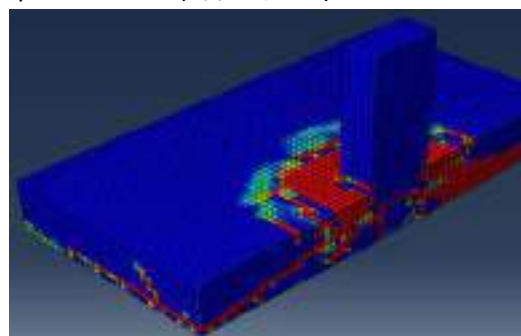


Рис. 11 (б) Картина распределения трещин перед разрушением образца

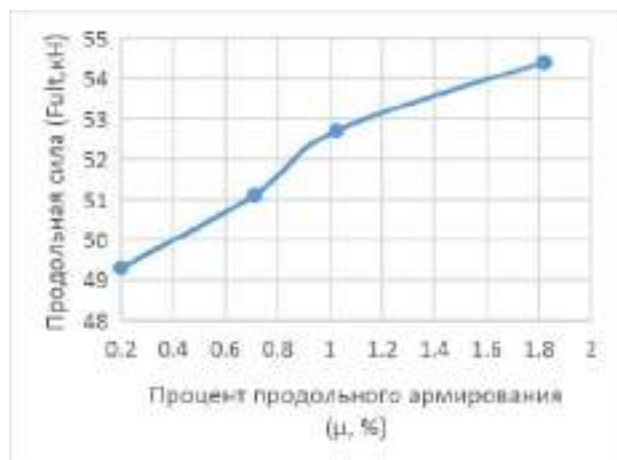


Рис.12 График зависимости несущей способности на продавливание от предельного армирования

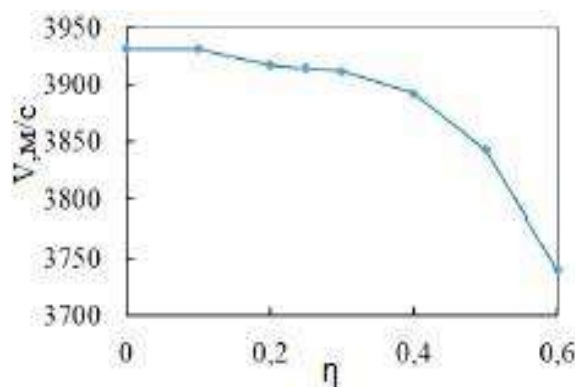


Рис.13 Зависимость скорости (V м/с) прохождения ультразвука от уровня статического нагружения η [12]

Окончательное решение по толщине образца принималось из анализа трудозатрат и мощностей экспериментального оборудования лаборатории, анализа напряженно-деформированного состояния образцов. Выбор сделан в пользу толщины плиты 80 мм,

В ходе испытаний малых образцов узлов сопряжения (см. рис. 6) будут получены графики зависимости скорости прохождения ультразвука от степени повреждения колонны и плиты. Предполагается снижение скорости ультразвука при увеличении степени повреждений по аналогии с испытаниями призм на действие продольной силы. [12] Анализ этих данных позволит в совокупности с данными тензометрических датчиков (см. табл. 1) с достаточной точностью оценить степень повреждения узла непосредственно перед аварийным воздействием при испытаниях большого образца. (см. рис. 7)

ВЫВОДЫ

1. Последовательность структурных разрушений от продавливания плит различной толщины требуют как дальнейшего экспериментального, так и теоретического обоснования.
2. В ходе испытаний фрагментов каркаса будут получены данные о НДС бетона и арматуры в реальном времени. Эти данные будут использованы для сопоставления различных методик построения расчетных моделей. Далее будет проведено сопоставление разных подходов конечно-элементного моделирования. Будет выбран наиболее целесообразный по трудоемкости и точности подход для построения полномасштабных фрагментов зданий и сооружения. Это позволит изучить различные компоновки монолитных

каркасов с безбалочными перекрытиями с разной степенью повреждений монолитных каркасов. По результатам проведенных исследований будут даны рекомендации по устройству монолитных каркасов с безбалочными перекрытиями для исключения возможности хрупкого лавинообразного разрушения конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексейцев А. В., Зубарева С. Э. Оптимальный параметрический синтез железобетонных конструкций с использованием генетических алгоритмов //Функция, конструкция, среда в архитектуре зданий. – 2019. – С. 93-94.
2. Алексейцев А. В., Антонов М. Д. Динамика безбалочных железобетонных каркасов сооружений при повреждениях плит продавливанием //Строительство и реконструкция. – 2021. – №. 4. – С. 23-34.
3. Бондаренко В. М. и др. Некоторые результаты анализа и обобщения научных исследований по теории конструктивной безопасности и живучести //Строительство и реконструкция. – 2012. – №. 4. – С. 3-16.
4. Горбатов С. В., Кабанцев О.В., Плотников А.И. и др. Проектирование несущих конструкций многоэтажного каркасного здания. – 2015.
5. Кабанцев О. В., Горбатов С. В., Песин К. О. Оценка влияния локальных дефектов перекрытия на основе учета поэтапного изменения расчетной схемы под нагрузкой //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – №. 2 (49).
6. Кабанцев О. В., Митрович Б. К выбору характеристик предельных состояний монолитных железобетонных несущих систем для режима прогрессирующего обрушения //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – №. 6. – С. 234-241.
7. Колчунов В. И., Ключева Н. В., Бухтиярова А. С. Сопrotивление пространственных узлов сопряжения железобетонных каркасов многоэтажных зданий при запроектных воздействиях //Строительство и реконструкция. – 2011. – №. 5. – С. 21-32.
8. Снежков Д. Ю., Леонович С. Н., Лагун Ю. И. О влиянии армирования при ультразвуковом контроле прочности бетона. – 2009.
9. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения
10. Клевцов В. А., Болгов А. Н. Действительная работа узлов безбалочной безкапитальной плиты перекрытия с колоннами при продавливании //Бетон и железобетон. – 2005. – №. 3. – С. 17-19.
11. Мордич А. И. и др. О влиянии рабочей арматуры железобетонных плит на их сопротивление продавливанию //Наука и техника. – 2007. – №. 6.
12. Медянкин М. Д. Деформирование бетона при статико-динамическом нагружении железобетонных конструкций. Дисс. канд. техн. Наук – М., МГСУ, 2021. 163 с.
13. Тамразян А. Г. Научные основы оценки риска и обеспечения безопасности железобетонных конструкций, зданий и сооружений при комбинированных особых воздействиях //Вестник НИЦ Строительство. – 2018. – №. 1. – С. 106-114.
14. Тамразян А. Г., Алексейцев А.В. Учет рисков при проектировании железобетонных конструкций //Инновации в строительстве. – 2019. – С. 257-261.
15. Тамразян А. Г., Алексейцев А. В. Современные методы оптимизации конструктивных решений для несущих систем зданий и сооружений //Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – №. 1.
16. Травуш В.И., Федорова Н.В. Живучесть конструктивных систем сооружений при особых воздействиях // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 5(81). С. 73–80. doi: 10.18720/MCE.81.8.
17. Трекин Н. Н., Саркисов Д.Ю. и др. Экспериментально-теоретическое исследование прочности плит на продавливание //Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering/Vestnik MGSU. – 2021. – Т. 16. – №. 8.
18. Федеральный закон №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
19. Федорова Н. В., Кореньков П. А. Статико-динамическое деформирование монолитных железобетонных каркасов зданий в предельных и запредельных состояниях //Строительство и реконструкция. – 2016. – №. 6. – С. 90-100.
20. Филатов В. Б., Бубнов Е. П. Экспериментальные исследования прочности плоских железобетонных плит при продавливании //Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – №. 2. – С. 86-91.
21. Черняев А. А. Применение ультразвука при измерении характеристик бетона и железобетона. – 2008.
22. Abaqus Documentation: Abaqus Analysis User’s manual. Materials. Other plasticity models. Concrete. Concrete damaged plasticity. Postfailure stress-strain relation
23. Fernández Ruiz M., Mirzaei Y., Muttoni A. Post-punching behavior of flat slabs //ACI Structural Journal. – 2013. – Т. 110. – №. ARTICLE. – С. 801-812.

24. Kai Q., Li B. Slab effects on response of reinforced concrete substructures after loss of corner column //ACI Struct. J. – 2012. – T. 109. – №. 6. – C. 845-855.
25. Melo, G. S., and Regan, P. E., “Post-Punching Resistance of Connections between Flat Slabs and Interior Columns,” Magazine of Concrete Research, V. 50, No. 4, Dec. 1998, pp. 319-327.
26. Muttoni A. Punching shear strength of reinforced concrete slabs without transverse reinforcement //ACI structural Journal. – 2008. – T. 105. – №. ARTICLE. – C. 440-450.
27. Russell J. M., Owen J. S., Hajirasouliha I. Experimental investigation on the dynamic response of RC flat slabs after a sudden column loss //Engineering Structures. – 2015. – T. 99. – C. 28-41.
28. Sümer Y., Aktaş M. Defining parameters for concrete damage plasticity model //Challenge Journal of Structural Mechanics. – 2015. – T. 1. – №. 3. – C. 149-155.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ УПРУГИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕСЯТИЭТАЖНОМ ЗДАНИИ С ОСНОВАНИЕМ

В. К. Мусаев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
musayev-vk@yandex.ru

Аннотация

Актуальность. Целью работы является рассмотрение проблем математического моделирования сейсмической безопасности десятиэтажного здания с основанием в виде упругой полуплоскости при нестационарных волновых воздействиях. Проблема моделирования задач переходного периода является актуальной фундаментальной и прикладной научной задачей. *Методика.* Разработаны алгоритм и комплекс программ для решения линейных плоских двумерных задач, которые позволяют решать задачи при нестационарных волновых воздействиях на сложные системы. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная конечноэлементная схема. *Результаты.* Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде четырех трапеций на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны в виде функции Хевисайда на десятиэтажное здание с основанием. Решается система уравнений из 16202276 неизвестных. В характерных областях исследуемой задачи получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: упругое контурное напряжение на гранях здания является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным; на контурах здания при сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.

ВВЕДЕНИЕ

Сейсмические воздействия на сложные технические объекты можно представить в виде нестационарных волн переходного процесса.

В работе приводится математическое моделирование напряженного состояния десятиэтажного здания с упругим основанием в виде полуплоскости с помощью волновой теории сейсмической безопасности.

После трехкратного или четырехкратного прохождения и отражения волн напряжений в теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении.

Некоторые вопросы в области моделирования нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–28].

В работах [6–8, 11–13, 16–19, 21–23] приведена информация о верификации (физической достоверности и математической точности) рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы применяются нестационарные уравнения волновой теории упругости [1–4, 6–7, 11–12].

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы рассмотрим некоторое тело Γ в прямоугольной декартовой системе координат XOY , которому в начальный момент времени $t=0$ сообщается механическое нестационарное импульсное воздействие [1–4, 6–7, 11–12].

Предположим, что некоторое тело Γ изготовлено из однородного изотропного материала, подчиняющегося упругому закону Гука при малых упругих деформациях.

Точные уравнения двумерной (плоское напряженное состояние) динамической теории упругости имеют вид [1–4, 6–7, 11–12]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial X} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial Y} &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial Y} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \quad (x, y) \in \Gamma, \\ \sigma_x &= \rho C_p^2 \varepsilon_x + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_y, \quad \sigma_y = \rho C_p^2 \varepsilon_y + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_x, \quad \tau_{xy} = \rho C_s^2 \gamma_{xy}, \\ \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial X}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial Y}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial Y} + \frac{\partial v}{\partial X}, \quad (x, y) \in (\Gamma \cup S), \end{aligned} \quad (1)$$

где: σ_x , σ_y и τ_{xy} – компоненты тензора упругих напряжений; ε_x , ε_y и γ_{xy} – компоненты тензора упругих деформаций; u и v – составляющие вектора упругих перемещений вдоль осей OX и OY соответственно; ρ – плотность материала; $C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$ – скорость продольной упругой волны; $C_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$ – скорость поперечной упругой волны; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; S ($S_1 \cup S_2$) – граничный контур тела Γ .

Систему (1) в области, занимаемой некоторым телом Γ , следует интегрировать при начальных и граничных условиях [1–4, 6–7, 11–12].

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

Принимая во внимание определение матрицы жесткости, вектора инерции и вектора внешних сил для тела Γ , записываем приближенное значение уравнения движения в теории упругости [6–7, 11–12]

$$\bar{N}\ddot{\bar{\Phi}} + \bar{K}\bar{\Phi} = \bar{R}, \quad \bar{\Phi}|_{t=0} = \bar{\Phi}_0, \quad \dot{\bar{\Phi}}|_{t=0} = \dot{\bar{\Phi}}_0, \quad (2)$$

где: \bar{N} – матрица инерции; \bar{K} – матрица жесткости; $\bar{\Phi}$ – вектор узловых упругих перемещений; $\dot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих скоростей перемещений; $\ddot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих ускорений; \bar{R} – вектор узловых упругих внешних сил.

Интегрируя по временной координате соотношение (2) с помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина, получим двумерную явную двухслойную конечноэлементную линейную схему в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек [6–7, 11–12]

$$\bar{\Phi}_{i+1} = \bar{\Phi}_i + \Delta t \bar{H}^{-1} (-\bar{K}\bar{\Phi}_i + \bar{R}_i), \quad \dot{\bar{\Phi}}_{i+1} = \dot{\bar{\Phi}}_i + \Delta t \dot{\bar{\Phi}}_{i+1}. \quad (3)$$

Таким образом, из системы с бесконечным числом неизвестных (1) перешли к системе с конечным числом неизвестных (3).

Система уравнений (3) для внутренних и граничных узловых точек, полученная в результате интегрирования уравнений движения теории упругости, должна давать решение, сходящееся к решению исходной системы [6–7, 11–12].

Общая теория численных уравнений математической физики требует для этого наложение определенных условий на отношение шагов по временной координате и по пространственным координатам, а именно [6–7, 11–12]

$$\Delta t = k \frac{\min \Delta l_i}{C_p} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, r), \quad (4)$$

где: Δt – шаг по временной координате; Δl – длина стороны конечного элемента; r – общее число конечных элементов.

Результаты численного эксперимента показали, что при $k = 0,5$ обеспечивается устойчивость двумерной явной двухслойной конечноэлементной линейной схемы в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках [6–7, 11–12].

Для исследуемой области, состоящей из материалов с разными физическими свойствами, выбирается минимальный шаг по временной координате (4).

Задачи решаются методом сквозного счета, без выделения разрывов. За основные неизвестные в узле конечного элемента приняты: при решении двумерной плоской динамической задачи теории упругости два упругих перемещения и две скорости упругих перемещений. Основные соотношения метода конечных элементов в перемещениях по пространственным координатам получены с помощью принципа возможных перемещений.

Для аппроксимации по пространственным координатам применяются треугольные и прямоугольные конечные элементы первого порядка. Для аппроксимации по временной координате применяются линейные конечные элементы первого порядка.

Линейная задача с начальными и граничными условиями, с помощью метода конечных элементов, приведена к линейной задаче Коши.

С помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина система линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях с начальными условиями приведена к явной двухслойной конечноэлементной линейной схеме в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек.

На основе метода конечных элементов в перемещениях разработана методика, разработан алгоритм и составлен комплекс программ для решения двумерной плоской нестационарной динамической задачи теории упругости при различных начальных и граничных условиях, для областей разной формы, для модели уравнения состояния кусочно-неоднородной изотропной среды, подчиняющейся упругому закону Гука при малых упругих деформациях. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90.

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ В ВИДЕ ЧЕТЫРЕХ ТРАПЕЦИЙ

Рассматривается задача о моделировании плоских волн в упругой полуплоскости (рис. 1) в виде четырех трапеций (рис. 2).

Задача решается для оценки физической достоверности и математической точности рассматриваемого численного метода [6–7, 11–12].

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [6–7, 11–12].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

На границе полуплоскости АВ (рис. 1) приложено нормальное напряжение σ_y , которое изменяется от $0 \leq n \leq 121$ ($n = t/\Delta t$) и максимальное значение равно P ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1 \text{ МПа}$ (-1 кгс/см^2)). Граничные условия для контура ВСДА при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура ВСДА не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 200$.

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,862 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа ($2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²); $\nu = 0,3$; $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,8 \cdot 10^{-5}$ кгс см²/см⁴); $C_p = 5371$ м/с; $C_s = 3177$ м/с.

Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловые точки. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

Результаты расчетов получены в характерных точках В1-В10 (рис. 1).

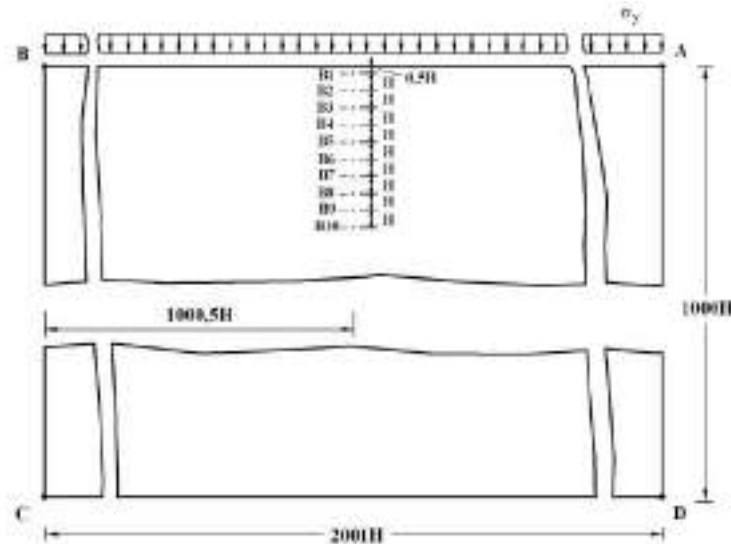


Рис. 1. Постановка задачи о распространении плоских продольных волн в виде четырех трапеций в упругой полуплоскости

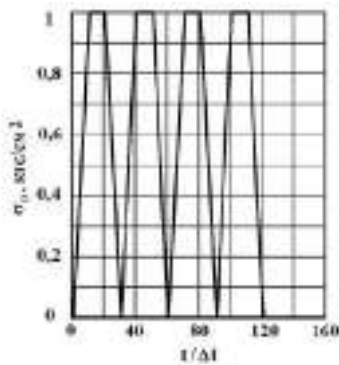


Рис. 2. Воздействие в виде четырех трапеций

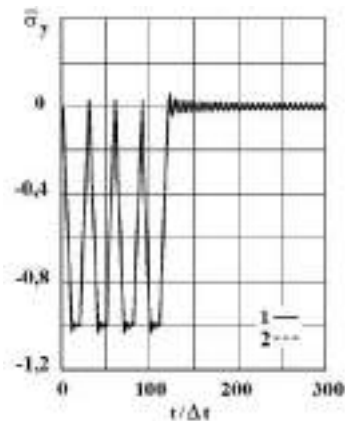


Рис. 3. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ (задача о распространении плоских продольных волн в виде четырех трапеций в упругой полуплоскости) во времени $t/\Delta t$ в точке В1: 1 – численное решение; 2 – аналитическое решение

В качестве примера на рис. 3 приводится изменение нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ ($\bar{\sigma}_y = \sigma_y / |\sigma_0|$) (рис. 2) во времени n в точке В1 (1 – численное решение; 2 – аналитическое решение). В данном случае можно использовать условия на фронте плоской волны, которые изложены в работе [2]. На фронте плоской продольной волны имеются следующие аналитические зависимости для плоского напряженного состояния $\sigma_y = -|\sigma_0|$. Отсюда видим, что точное решение задачи соответствует воздействию σ_0 (рис. 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕСЯТИЭТАЖНОМ ЗДАНИИ С ОСНОВАНИЕМ

Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны в виде функции Хевисайда на десятиэтажное здание с основанием (рис. 4).

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,098 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 0,98 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^3$.

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [6–7, 11–12].

Начальные условия приняты нулевыми. От точки F параллельно свободной поверхности ABEFG приложено нормальное напряжение σ_x , которое при $0 \leq n \leq 11$ ($n = t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P, а при $n \geq 11$ равно P ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = 0,098 \text{ МПа}$ (1 кгс/см^2)).

Граничные условия для контура GHIA при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура GHIA не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 2000$. Контур ABCDEFG свободен от нагрузок, кроме точки F.

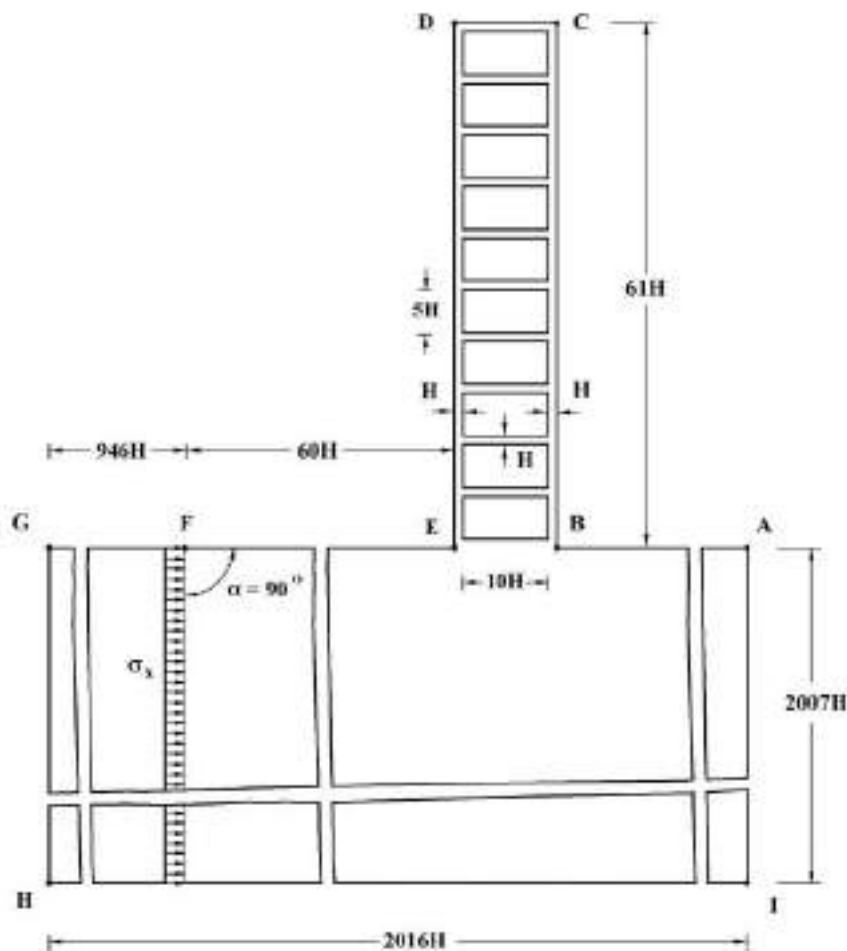


Рис. 4. Постановка задачи для десятиэтажного здания с упругим основанием (полуплоскость)

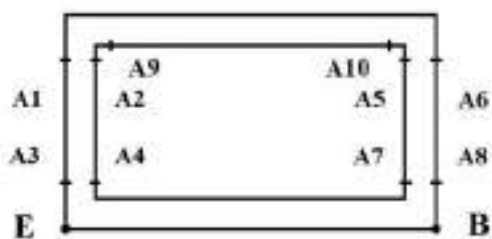


Рис. 5. Точки, в которых получены контурные напряжения в десятиэтажном здании

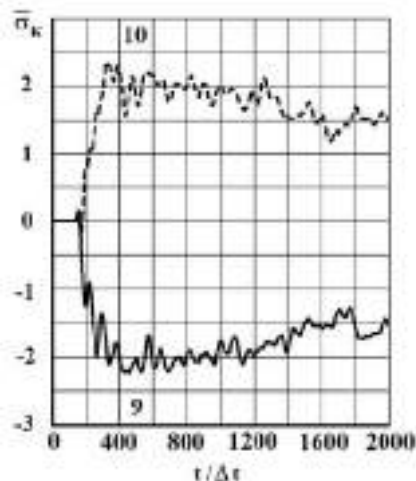


Рис. 6. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в точках 9 и 10 на контуре десятиэтажного здания во времени $t/\Delta t$

При расчетах приняты следующие исходные данные: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 2,788 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 3,09 \cdot 10^4$ МПа ($3,15 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,25 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,255 \cdot 10^{-5}$ кгс с²/см⁴); $C_p = 3587$ м/с; $C_s = 2269$ м/с. Решается система уравнений из 16202276 неизвестных.

На рис. 6 показано изменение контурных напряжений $\bar{\sigma}_k$ (точки 9 и 10) в десятиэтажном здании (рис. 5) во времени $t/\Delta t$.

ВЫВОДЫ

1. Для решения поставленной задачи применяются уравнения нестационарной динамической теории упругости. Разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных двумерных плоских задач, которые позволяют решать сложные задачи при волновых воздействиях. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Применяется квазирегулярный подход при аппроксимации исследуемой области.

2. Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде четырех трапеций на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

3. Десятиэтажное здание моделируется с упругим основанием в виде упругой полуплоскости. Решается система уравнений из 16202276 неизвестных.

4. Упругое контурное напряжение на гранях десятиэтажного здания является почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным.

5. Десятиэтажное здание при сейсмическом воздействии работает как стержень переменного сечения, то есть если на одной грани растягивающие напряжения, то на другой сжимающие напряжения.

6. На контурах десятиэтажного здания при сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольский Г. Волны напряжений в твердых телах. М.: Иностранная литература. 1955. 192 с.
2. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Теория упругости. М.: Наука. 1975. 576 с.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М: Мир. 1975. 543 с.
4. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат. 1982. 448 с.
5. Мусаев В.К. О моделировании сейсмической волны параллельной свободной поверхности упругой полуплоскости // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2009. № 4. С. 61—64.
6. Мусаев В.К. Моделирование волн напряжений в сложных областях с помощью метода вычислительной механики // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 44—52.
7. Мусаев В.К. Вычислительный эксперимент в задачах моделирования нестационарных волн напряжений в областях сложной формы // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 138—149.
8. Мусаев В.К. О моделировании отражения упругих волн напряжений от свободной поверхности деформируемой области // Двойные технологии. 2012. № 4. С. 61—64.
9. Nemchinov V.V. Diffraction of a plane longitudinal wave by spherical cavity in elastic space // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 85—89.
10. Nemchinov V.V. Numerical methods for solving flat dynamic elasticity problems // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9, Issue 1. P. 90—97.
11. Musayev V.K. Estimation of accuracy of the results of numerical simulation of unsteady wave of the stress in deformable objects of complex shape // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 135—146.
12. Musayev V.K. On the mathematical modeling of nonstationary elastic waves stresses in corroborated by the round hole // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 147—156.
13. Musayev V.K. Mathematical modeling of seismic nonstationary elastic waves stresses in Kurpsai dam with a base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12. Issue 3. P. 73—83.
14. Musayev V.K. Numerical simulation of non-stationary seismic stresses in elastic waves dam Koyna with base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12, Issue 3. P. 84—94.
15. Самойлов С.Н. Моделирование безопасности подземного нефтепровода при нестационарных сейсмических воздействиях с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ, 2016. С. 255—258.
16. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Куранцов В.А., Мусаева С.В., Кулагина Н.В. Оценка точности и достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений (треугольный импульс) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 352—355.
17. Саликов Л.М., Мусаев А.В., Идельсон Е.В., Самойлов С.Н., Блинников В.В. Оценка физической достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений в виде импульсного воздействия (функция Хевисайда) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 356—359.
18. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В., Крылов А.И. Моделирование достоверности и точности импульсного воздействия в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. М.: РУДН. 2017. С. 339—341.
19. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – четверть круга) в полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 36—40.
20. Мусаев В.К. Применение нестационарной волновой теории сейсмической безопасности к моделированию волн напряжений в упругой полуплоскости с полостью (соотношение ширины к высоте один к восьми) // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 51—57.
21. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование с помощью численного метода Мусаева В.К. нестационарных упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть - четверть круга, средняя - горизонтальная, нисходящая часть - линейная) в сплошной деформируемой среде // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 63—68.
22. Куранцов В.А., Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Самойлов С.Н., Кузнецов М.Е. Моделирование импульса (первая ветвь: восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – линейная; вторая ветвь: треугольник) в упругой полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 2. С. 51—55.

23. Мусаев А.В. Численное решение задачи об отражении нестационарных упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности пластинки с помощью численного метода, алгоритма и численного метода Мусаева В.К. // Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2018». М.: Московский политех. 2018. С. 534—540.
24. Акатьев С.В., Крылов А.И., Куранцов В.В., Мусаев А.В., Стародубцев В.В. Моделирование сейсмических процессов в уникальных сооружениях с помощью комплекса программ Мусаева В.К. // Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2019». М.: Московский политех, 2019. С. 367—373.
25. Мусаев В.К. Математическое моделирование нестационарных упругих волн напряжений в консоли с основанием (полуплоскость) при фундаментальном сейсмическом воздействии // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. № 6. С. 29—33.
26. Мусаев В.К. Численное моделирование упругих волн напряжений в консоли (соотношение ширины к высоте один к десяти) с основанием (полуплоскость) с помощью волновой теории сейсмической безопасности // Проблемы безопасности российского общества. 2020. № 1. С. 16—22.
27. Мусаев В.К. Моделирование упругих волн напряжений в десятиэтажном здании (основание: полуплоскость) при нестационарном сейсмическом воздействии // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXVIII Международной конференции. М.: РГГУ. 2020. С. 325—331.
28. Мусаев В.К. Математическое моделирование нестационарных упругих волн напряжений в десятиэтажном здании с основанием (полуплоскость) при фундаментальном сейсмическом воздействии // Проблемы безопасности российского общества. 2021. № 1. С. 13—20.

К ОЦЕНКЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ

А. В. Заев¹, В. И. Холодков², Н. Б. Андросова³

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,

¹AlexVZj@yandex.ru

²ky8ik@yandex.ru

³ramia84@rambler.ru

Аннотация

Даны предложения к анализу напряженно-деформированного состояния и трещиностойкости приопорной зоны железобетонных коррозионно повреждаемых элементов зданий и сооружений с разрушением по наклонному сечению. Получены расчетная модель и критерий трещиностойкости приопорной части балки-стенки при одновременном проявлении силовых и средовых воздействий. На основе гипотезы кольматационного преобразования структуры бетона при коррозионных повреждениях со стабилизацией на некоторой предельной глубине повреждения предложен критерий прочности такого бетона при сложном напряженном состоянии. Полученные результаты исследований будут использованы для оценки экспозиции живучести железобетонных каркасов зданий с учетом предыстории длительного деформирования для более полного учета напряженно-деформированного состояния конструкций в области трещин.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросам живучести строительных конструкций и конструктивной безопасности несущих систем зданий, сформированных на фундаментальных положениях предельных состояний, посвящены работы В.О. Алмазова [1], В.М. Бондаренко [2], Г.А. Гениева [3], П.Г. Еремеева, Н.Н. Трекина [4], Н.И. Карпенко [5], Э.Н. Кодыша [6], В.И. Травуша [7], А.Г. Тамразяна [8], Г.И. Шапиро [9], I. Diagoro I. [10], P.M. Stylianidis [11], E. J. Cha [12] и других ученых.

Изучение механизмов и закономерностей внезапных структурных изменений, прочности и трещиностойкости в железобетонных конструкциях от эволюционирующих во времени коррозионных и аварийных повреждений при решении задач живучести в более широкой постановке, чем расчет по предельным состояниям первой и второй групп, дает возможность оценить ущерб при отказе статически неопределимых железобетонных конструктивных систем зданий и сооружений при запредельных состояниях. При возникновении аварийных ситуаций возможны два случая разрушения: локальный или лавинообразный. Существующий метод предельных состояний не позволяет прогнозировать наступление того или иного случая разрушения. При анализе деформирования и разрушения железобетонных балочных конструкций в запредельном состоянии необходим учет длительного нагружения и динамического догружения при мгновенном запроектном воздействии, изменения физических параметров свойств материалов при таких воздействиях, характеристик средовых повреждений, а так же пластическое перераспределение внутренних усилий в многократно статически неопределимых системах несущих каркасов зданий.

Железобетонные балки-стенки встречаются в современном строительстве в виде диафрагм, монолитных несущих стен и ядер жесткости зданий, сборных стеновых панелей, перемычек и ригелей. На стадии эксплуатации балочные конструкции работают с трещинами в растянутом бетоне, а в стадии, близкой к исчерпанию несущей способности, сжатый бетон и растянутая арматура испытывают значительные нелинейные деформации, что существенно влияет на распределение внутренних усилий.

Опытные данные свидетельствуют, что резервы, заложенные при проектировании строительных конструкций по прочности 25% в первом предельном состоянии, можно использовать при учете характера работы строительных конструкций в запредельном

(особом) состоянии. Например, при отказе несущего элемента вовлекаются в совместное деформирование сопрягаемые элементы, усилия перераспределяются, разгружая или догружая несущий элемент. Проф. В.И. Колчуновым и другими учеными [13] предлагается введение особого предельного состояния как одного из способов снижения затрат на обеспечение живучести зданий при аварийных воздействиях. Такое решение заключается в более полном учете особенностей длительного деформирования конструкций при действии нагрузки и характера изменения схемы работы элементов здания, т.е. учете физической и конструктивной нелинейности.

За последние несколько десятилетий уже накоплены некоторые результаты экспериментально-теоретических исследований по изучению сопротивления железобетонных конструкций при внезапном удалении несущего элемента или связи и установлении возможных картин их разрушения. Испытания проводились на балочных, стоечно-балочных, балочно-плитных конструкциях [14-17]. В этих работах были выявлены принципиальные особенности деформирования и разрушения железобетонных конструктивных систем в процессе внезапного удаления несущего элемента (связи). Под действием такой аварийной нагрузки происходило динамическое высокоскоростное догружение оставшихся неразрушенных конструкций в течение очень короткого промежутка времени. Проявляющаяся при этом повышенная прочность материалов обычно связывается с мгновенным проявлением сил вязкого сопротивления, непосредственно воспринимающих внешнее воздействие и тормозящих развитие деформаций. Однако до настоящего времени выполнено крайне мало экспериментально-теоретических исследований по решению задач сохранения потенциала живучести железобетонных конструктивных систем во времени с учетом накопления повреждений неравновесного характера. Отдельными вопросами неравновесных процессов занимались В.М. Бондаренко [2], В.И. Колчунов [18], Н.В. Федорова [19], А.Г. Тамразян [20], О.В. Кабанцев [21] и др.

В данной работе даны некоторые аналитические выражения по оценке напряженно-деформированного состояния приопорной зоны железобетонных балок при длительном нагружении.

АНАЛИЗ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ БАЛКИ-СТЕНКИ

Неравновесные процессы силового сопротивления бетона, эволюционирующие во времени, имеют силовой и несиловой характер происхождения. Неравновесные процессы силового происхождения характеризуются полными деформациями ползучести:

$$\varepsilon_{ms} = \varepsilon_{c1} + \varepsilon_{c2}, \quad (1)$$

где ε_{c1} - мгновенные (быстронатекающие) деформации ползучести;
 ε_{c2} - длительные (запоздалые) деформации ползучести.

Проф. Р.С. Санжаровским отмечено, что в теории ползучести железобетонных конструкций последовательно рассматриваются три основных проблемы [22]. Первая проблема состоит в построении уравнений ползучести бетона при переменных (режимных) нагружениях. Вторая – в получении решения уравнения ползучести. Третья проблема заключается в расчете железобетонных конструкций при длительном нагружении, в том числе и при рассматриваемом нами особом воздействии.

Известно, что деформации ползучести (приблизительно 70%) проявляются в первые 3-4 месяца с момента нагружения. В современных условиях все существующие теории ползучести носят феноменологический характер, т.е. основаны на моделировании и описании наиболее изученных экспериментальных явлений. Наличие различных теорий ползучести объясняется тем, что авторы, разделяя простую ползучесть на линейную и нелинейную, используют различные подходы к описанию составляющих. Во всех уравнениях ползучести есть общая количественная оценка деформаций ползучести (учет длительного нагружения) - мера ползучести $S(t, t_0)$. Это – общепринятый параметр линейной

ползучести и определяется как отношение деформаций ползучести к напряжению, при которых происходит эта ползучесть:

$$C_{t,t_0}(b) = \frac{\varepsilon_{ins}(t)}{\sigma_b} = \frac{\varepsilon_{c1} + \varepsilon_{c2}}{\sigma_b} \quad (2)$$

Мера деформаций ползучести $C(t, t_0)$ к моменту наблюдения t бетона некоторого состава зависит от двух факторов: возраста в момент начала нагружения t_0 и продолжительности нагружения $t-t_0$ [23].

Изгибная жесткость приведенного поперечного сечения элемента вычисляется по формуле:

$$D = E_{b,red}(t, t_0) \cdot I_{red} \quad (3)$$

Длительный модуль деформаций бетона, отвечающий линейной зависимости между напряжениями и деформациями в момент времени t при начале загрузки t_0 находится по формуле:

$$E_b(t, t_0) = \left[\frac{1}{E_b} + c(t, t_0) \right]^{-1} \quad (4)$$

где E_b – модуль начальной упругости.

Согласно расчетной модели [24] в балке-стенке необходим учет нелинейного характера деформирования бетона и арматуры и образование трещин, и как следствие - приобретенная анизотропия. При этом в общем случае выделяют 4 стадии работы конечных элементов балки-стенки: линейная без трещин (упругая стадия работы бетона и арматуры); нелинейная без трещин (с учетом влияния пластических деформаций в бетоне); с трещинами при упругой работе арматуры в трещинах; с трещинами при работе арматуры за пределом упругости.

Трещины в бетоне рассматриваемых конструкций образуются по площадкам действия главных растягивающих напряжений (рис. 1), когда их значение достигает предела прочности бетона на растяжение в условиях плоского напряженного состояния (с учетом критерия прочности).

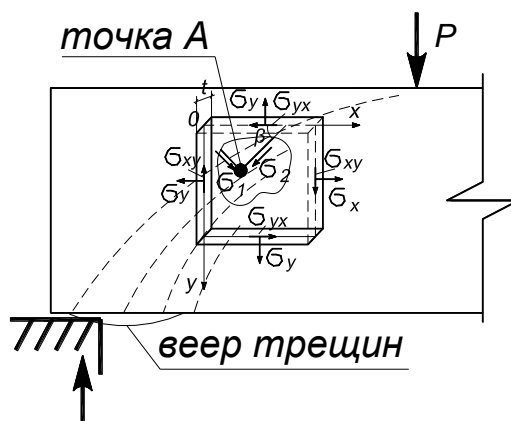


Рис. 1. К анализу прочности и трещиностойкости плосконапряженной зоны однопролетной нагруженной и коррозионно повреждаемой балки-стенки в приопорной зоне (в точке А рассмотрено сложно-напряженно деформированное состояние конечного характерного элемента)

Для анализа напряженно-деформированного состояния и трещиностойкости приопорной зоны балки-стенки в условиях коррозии согласно классификации трещин [25] интерес представляют трещины второго и третьего типа. В качестве физической модели сопротивления железобетонного сечения принята деформационная модель В.М. Бондаренко, Вл.И. Колчунова [25], позволяющая более полно учитывать напряженно-деформированного

состояние в области трещины на основе констант механики разрушения и механики железобетона.

Оценка силового сопротивления от средовых воздействий базируется на модели феноменологического единообразия кинетики неравновесных процессов продвижения повреждений, изменение параметров глубины повреждения сечения коррозией $\delta_{кр}$, скорости и вида повреждений (m, α) как функции уровня и знака напряженного состояния [2]. Математическое описание рассмотренной модели с учетом граничных условий представлено в следующем виде (рис. 2):

$$\text{при } \frac{\sigma_c}{R_b} = 0 \text{ будет } \delta_{кр} = \delta_0; m = m_0; \alpha = \alpha_0; \quad (5)$$

$$\text{при } \frac{\sigma_c}{R_b} = \frac{\sigma_n}{R_b} \text{ будет } \delta_{кр} = \delta_n; m = m_n; \alpha = \alpha_n; \quad (6)$$

$$\text{при } \frac{\sigma_c}{R_b} = \frac{\sigma_T}{R_b} \text{ будет } \delta_{кр} = \delta_T; m \cong 0; \alpha \cong 0. \quad (7)$$

где $\zeta = \sigma_c / R_b$ – уровень напряженного состояния; $q_{\delta i}$; $q_{\delta i}$; $q_{\alpha i}$ – параметры, определяемые на базе экспериментально фиксированных значений $\delta_0, \delta_n, \delta_T$.

В точке A графика (рис. 2) – нулевое напряженное состояние ($\sigma_c/R_b=0$). В точке B графика в бетоне возникают структурные трещины, предшествующие разрушению $\sigma_c/R_b = \sigma_n/R_b$. В точке C графика происходит разрушение конструктивного элемента системы $\sigma_c/R_b = \sigma_T/R_b$.

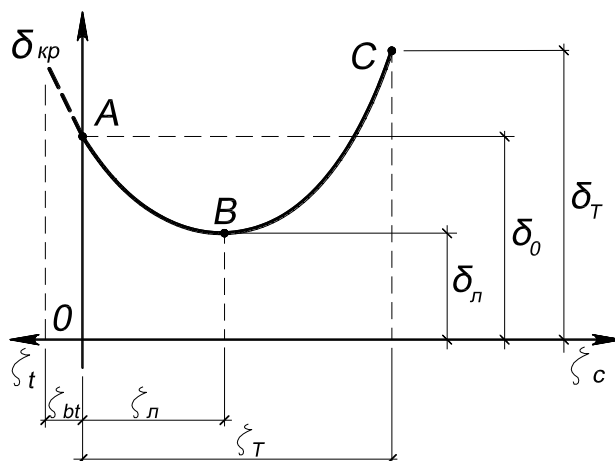


Рис. 2. Схема изменения параметра $\delta_{кр}$ в области сжатия в зависимости от уровня напряжений $\zeta = \sigma / R_b$

Появление трещин в приопорной зоне балки-стенки графически описывается участком графика глубины повреждения от точки A до точки B (рис. 2). Уровень напряженного состояния на рассматриваемом участке графика соответствует двум стадиям работы элементов балки-стенки: линейная без трещин (упругая стадия работы бетона и арматуры) и нелинейная без трещин (с учетом влияния пластических деформаций в бетоне). В точке B , как было отмечено выше, в бетоне возникают структурные трещины.

Напряжения, при которых в растянутом коррозионно повреждаемом плосконапряженном бетоне образуются трещины (точка B графика на рис. 2), по аналогии с зависимостями проф. Н.И. Карпенко[24] и могут быть определены по формуле:

$$\sigma_{b,cr} = \left[1 - \frac{(1-c)k}{1-ck} \right] R_{bt}^*, \quad (8)$$

где $k = \left| \sigma_{b,min} / R_b^* \right|$, $c = 1,48 - 0,055R_b^*$;

$R_b^*(t)$ - функция прочности коррозионно повреждаемого сжатого бетона, зависящая от вида коррозионного процесса, скорости и времени коррозии, интенсивности и времени приложения нагрузки.

Прочность железобетонных элементов с трещинами будет зависеть от двух факторов – прочности по арматуре и прочности по бетону. Для приопорных участков важной является также прочность сцепления арматуры с бетоном, однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения. Единые условия прочности, учитывающие эти два фактора, не составлены. Причиной послужило их различная природа. Рассмотрим случай прочности по бетону. Разрушение полос бетона между трещинами происходит в момент, когда максимальные по модулю главные сжимающие напряжения в бетоне превысят величину значения характеристики прочности полос коррозионно повреждаемого бетона между трещинами.

Экстремальное значение напряжения $\sigma_{b,min}$ и $\sigma_{b,max}$ в плосконапряженном характерном элементе приопорной зоны балки отвечает значениям:

$$\sigma_{b,max/min} = \frac{2}{3}(R_b^* - R_{bt}^*) \pm 4\sqrt{\frac{2(R_b^* - R_{bt}^*)^2}{45} + \frac{1}{15}R_b^* \cdot R_{bt}^*} \quad (9)$$

Оценка прочности приопорной зоны балки-стенки перед разрушением графически описывается участком графика от точки B до точки C (рис. 2). Уровень напряженного состояния на рассматриваемом участке графика соответствует двум стадиям работы конечных элементов балки-стенки: с трещинами при упругой работе арматуры в трещинах; с трещинами при работе арматуры за пределом упругости.

ВЫВОДЫ

С использованием предложенных расчетных зависимостей прочности и трещиностойкости можно определять параметры напряженно-деформированного состояния приопорной зоны балочных конструкций с учетом неравновесных процессов силового и средового происхождения.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при проектировании защиты железобетонных конструктивных систем зданий и сооружений от прогрессирующего разрушения, в частности при построении вторичных расчетных схем (после выключения одного из несущих элементов) с учетом предыстории длительного деформирования для более полного учета напряженно-деформированного состояния конструкций в области трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего разрушения // Строительство и реконструкция. 2014. №6. С. 3-10.
2. Бондаренко В.М. Силовое деформирование, коррозионные повреждения и энергосопrotивление железобетона. Курск: Юго-зап. гос. ун-т. 2016. 68 с.
3. Гениев Г.А. Пятикрестовский К.П. Вопросы длительной и динамической прочности анизотропных конструкционных материалов. ГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. 2000. 38 с.
4. Ведяков И.И., Еремеев П.Г., Одесский П.Д., Попов Н.А., Соловьев Д.В. Анализ нормативных требований к расчету строительных конструкций на прогрессирующее обрушение // Вестник НИЦ Строительство. 2019. №2. С. 15-29.
5. Карпенко Н.И., Римшин В.И., Ерышев В.А., Шубин И.Л. Deformation models of concrete strength calculation in the edition of Russian and foreign norms // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. p. 022076.
6. Трекин Н.Н. Кодыш Э.Н. Особое предельное состояние железобетонных конструкций и его нормирование // Промышленное и гражданское строительство. 2020. №3. С. 4-9.
7. Травуш В.И., Федорова Н.В. Survivability of structural systems of buildings with special effects // Magazine of Civil Engineering. 2018. №5. С. 73-80.
8. Тамразян А.Г. Технология расчета железобетонных конструкций при пожаре после землетрясения // Бетон и железобетон, 2020, № 1. – С 49-56.
9. Шапиро Г.И., Смирнов А.В. Calculation model of typical panel building conjugation with large-span frame construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. p. 012090.
10. Diagoro I. Progressive Collapse Analysis of Structures. Elsevier. 2018. 260 p.

11. Stylianidis P. M., Nethercot D. A., Izzuddin B. A., Elghazouli A. Y. Study of the mechanics of progressive collapse with simplified beam models // *Engineering Structures*. 2016. Т.117. p. 287-204.
12. Cha E.J., Ellingwood B.R. Seismic risk mitigation of building structures // *Structural Safety*. 2013. Т. 40. p. 11-19.
14. Ключева Н.В., Шувалов К.А. Исследование динамических догрузений в железобетонных неразрезных балках с использованием статико-динамических диаграмм // *Вестник МГСУ*. 2011. №2. С. 145-152.
15. Федорова Н.В., Кореньков П.А. Статико-динамическое деформирование монолитных железобетонных каркасов зданий в предельных и запредельных состояниях // *Строительство и реконструкция*. 2016. №5. С. 90-100.
16. Adam J. M., Parisi F., Sagaseta J., Lu X. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century // *Engineering Structures*. 2018. №173. p. 122-149.
17. Fedorova N., Kolchunov V., Tuyen V.N., Dinh Quoc P., Medyankin M. The dynamic effect in a structural adjustment of reinforced concrete structural system // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Т. 869 P. 052078
18. Бондаренко В. М., Колчунов В. И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. №2. С 28-31.
19. Fedorova N. V., Gubanova M. S. Crack-resistance and strength of a contact joint of a reinforced concrete composite wall beam with corrosion damages under loading // *Russian journal of building construction and architecture*. 2018, №2. p. 6-18.
20. Tamrazyan A. G., Mineev T. K., Zhukova L. I. Influence of chloride corrosion on probabilistic assessment of bearing capacity of beamless slabs overlap // *IOP conference series: Materials science and engineering*. 2019. p. 012117.
21. Kabantsev O. V., Mitrovic B. Modelling post-critical deformation processes of flat reinforced concrete elements under stresses // *MATEC Web of Conferences*. 2017. p. 00071.
22. Беглов А.Д., Санжаровский Р.С. О методах решения уравнений ползучести бетона // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2005. №3. С. 55-63.
23. Бондаренко В.М., Бондаренко С.В. Инженерные методы нелинейной теории железобетона. М.: Стройиздат. 1982. 287 с.
24. Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Петров А.Н., Палювина С.Н. Модель деформирования железобетона в приращениях и расчет балок-стенок и изгибаемых плит с трещинами. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2013. 156 с.
25. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: АСВ. 2004. 472 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАКЛАДКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВВИНЧЕННЫХ ШУРУПОВ

М. А. Дежин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
maksim1403@yandex.ru

Аннотация

Цель работы – определение несущей способности соединения деревянных элементов на металлических накладках SHERPA для узловых соединений зданий по стандартной методике, регламентированной ГОСТ 33082-2014 «Конструкции деревянные. Методы определения несущей способности узловых соединений». В статье описана разработанная конструкция образца соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA, который позволял моделировать работу узловых сопряжений главных и второстепенной деревянных балок для каркасных зданий и сооружений. В работе использован общенаучный экспериментальный метод исследования соединений деревянных конструкций. Составлена и отработана на трех пробных образцах методика испытаний образцов нагружением ступенями с периодической разгрузкой. Проведены испытания утвержденного образца соединения, установлены его максимальная несущая способность, а также нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы (ВГОУР) соединения. Были построены графики зависимостей: «Нагрузка – полная деформация D_n », «Нагрузка – остаточная деформация D_o », «Нагрузка – упругая деформация D_y », «Упругая деформация D_y – деформация остаточная за цикл d_o ». Определены деформации соединения в пределах несущей способности образца, расчетная несущая способность соединения и коэффициент перехода от клееной древесины к цельной древесине.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существуют разнообразные варианты соединений деревянных элементов строительных конструкций. Учитывая потребности строительной отрасли, актуальным направлением является обеспечение возможности применения в практике строительства эффективного соединения балок, обладающего высокой несущей способностью. На сегодняшний день актуальны соединения на металлических накладках SHERPA. Крепеж состоит из двух алюминиевых накладок, которые крепятся к деревянным конструктивным элементам с помощью шурупов и образуют жесткое соединение типа «ласточкин хвост» [1,2,3]. Такое техническое решение позволяет обеспечить надежную передачу вертикальных и горизонтальных нагрузок, воспринимать усилия при растяжении и сжатии и крутящие моменты по трем взаимно перпендикулярным направлениям [4]. Система соединения типа SHERPA применяется при возведении зданий и сооружений различного назначения, в том числе многоэтажных и большепролетных [5,6,7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологической основой работы являются базовые положения науки о древесине, а также общенаучный экспериментальный метод исследований соединений деревянных конструкций, позволяющий проводить исследования опытных образцов в условиях, наиболее приближенных к реальным условиям работы строительных конструкций.

Была разработана конструкция образца, моделирующего работу узловых сопряжений главных и второстепенной деревянных балок каркасных зданий и сооружений. Симметричный двухсрезный образец состоял из двух досок размерами 50(b)*100(h)*230(L) мм (главные балки) и доски 50(b)*100(h)*100(L) мм (второстепенная балка), изготовленных из сосны 2 сорта. Сечение второстепенной балки 100*50 мм было принято из условия

размещения на ее торцевой части накладок SHERPA, размерами 70(h)*30(b) мм. Крепление накладок на шурупах \varnothing 4,5 мм. Длина второстепенной балки 100 мм была назначена с учетом длины вкручиваемых в нее шурупов ($l=50$ мм) для крепления накладок. Длина главных балок была определена с учетом обеспечения минимального расстояния вдоль волокон древесины от шурупа до торца элемента.

Испытания образцов проводили в лаборатории кафедры «Металлические и деревянные конструкции» НИУ МГСУ. Нагружение выполняли ступенями по 4 кН с периодической разгрузкой до разрушения. Методика испытаний образцов соединений деревянных элементов на металлических пластинах типа SHERPA отработана на трех пробных образцах. Общий вид изготовленного образца в испытательной машине представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид образца в испытательной машине

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После приложения нагрузки к образцу произошло включение в работу шурупов, начался их вырыв, сопровождавшийся деформациями соединения, затем произошло смятие накладок SHERPA и древесины главных и второстепенной балок. Это подтверждает сформулированную в начале исследования гипотезу. Вид образца после разрушения представлен на рис. 2.



Рис. 2. Образцы после испытаний

Были вычислены деформации полные, остаточные, остаточные за цикл и упругие деформации на каждой ступени нагружения образца, построены графики зависимостей: «Нагрузка (N) – полная деформация D_n », «Нагрузка (N) – остаточная деформация D_o », «Нагрузка (N) – упругая деформация D_y », «Упругая деформация D_y – деформация остаточная за цикл d_o », представленные на рис. 3.

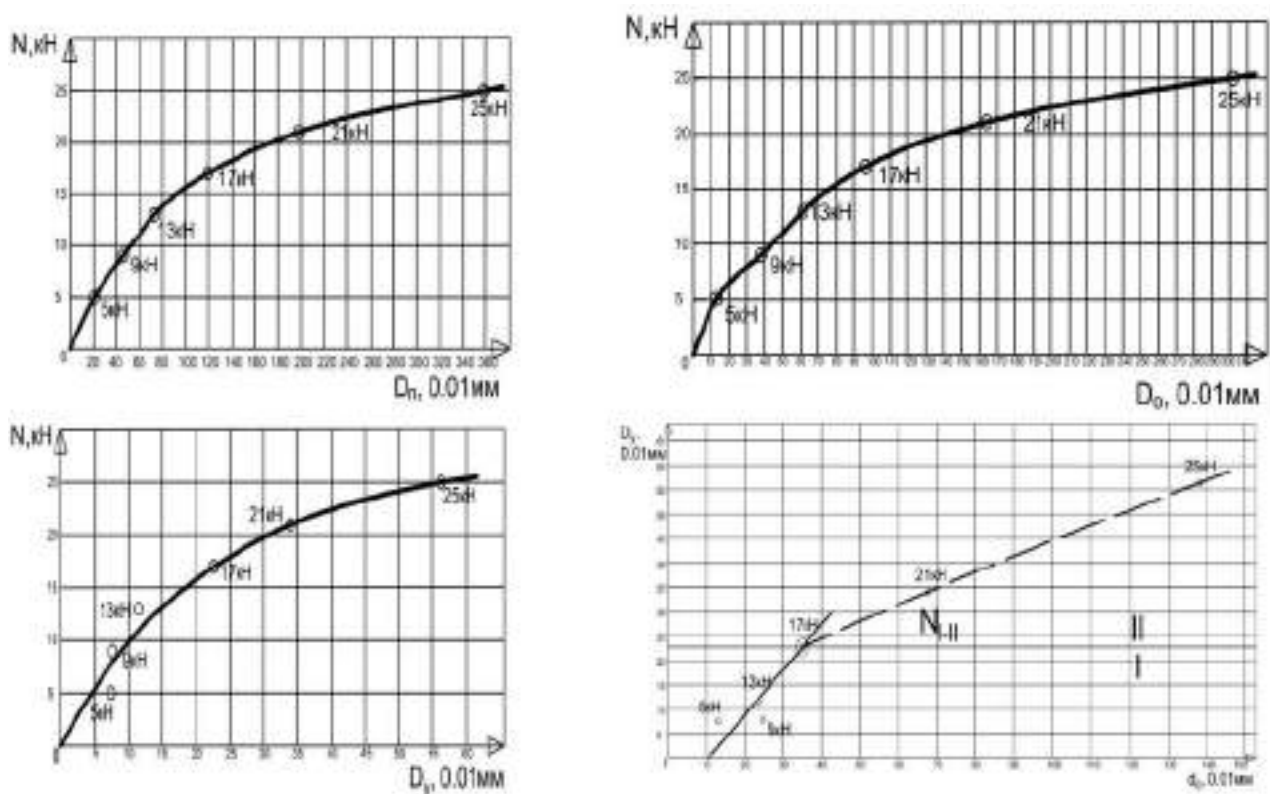


Рис. 3. Графики зависимостей (слева направо): « $N - D_n$ », « $N - D_o$ », « $N - D_y$ », « $D_y - d_o$ »

По установленной на диаграмме « $D_y - d_o$ » точке отклонения деформаций от линейной зависимости была найдена нагрузка, соответствующая верхней границе области упругой работы (ВГОУР) образца, на основе которой проводили оценку несущей способности соединения.

В соответствии с указаниями ГОСТ 33082-2014, для вычисления требуемого коэффициента надежности соединения определено время, приведенное к неизменному действию разрушающего усилия N_t . $t = t'_1/38.2 = 939\text{с}/38.2 = 24.58 \text{ с}$, где $t'_1 = 939\text{с}$ - продолжительность испытания с постоянной скоростью нагружения.

Всего в ходе работы было испытано 4 образца.

Основные результаты работы:

1) Установлены максимальная несущая способность соединения, которая составила $N_t = 25,3 \text{ кН}$ и нагрузка, соответствующая ВГОУР соединения $N_{I-II} = 17 \text{ кН}$;

2) Определены деформации соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA в пределах несущей способности образца. На уровне верхней границы области упругой работы полные деформации соединения составили $D_n = 1,2 \text{ мм}$, что меньше предельной деформации, установленной нормами проектирования СП 64.13330.2017 для нагельных соединений $[D_u] = 2 \text{ мм}$ в 1,67 раза;

3) Установлено, что в пределах упругой работы соединения элементов из цельной древесины на пластинах типа SHERPA остаточные деформации составляют в среднем 79.9%, упругие деформации – 20.1% от полных деформаций соединения;

4) Установлена расчетная несущая способность соединения цельнодеревянных элементов на пластинах типа SHERPA исходя из нагрузки $N_{I-II} = 17 \text{ кН}$, соответствующей ВГОУР соединения и требуемого коэффициента надежности $K_{I-II} = 1,3$, которая составила $N_n = 17/1,3 = 13,1 \text{ кН}$;

5) Для соединений деревянных элементов на пластинах типа SHERPA установлен коэффициент перехода от соединений на основе клееной древесины (по данным Сью Юня (СПбГАСУ) [8]), к соединениям элементов из цельной древесины, который составил $K_{ц/к} = 25.35\text{кН}/52.20\text{кН} = 0.49$;

б) Вычислен требуемый коэффициент надежности K_{xp} к величине разрушающего усилия N_t по приведенному к неизменному его действию времени t , который при хрупком разрушении составляет $K_{xp} = 1.64 \cdot (1.94 - 0.116 \lg t) = 1.64 \cdot (1.94 - 0.116 \cdot \lg 24.58) = 1.64 \cdot (1.94 - 0.116 \cdot 1.39) = 2.92$.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных экспериментов поставленная цель исследования была достигнута. Было получено значение несущей способности соединения второстепенной балки с главными, изготовленными из цельной древесины, на металлических накладках Sherpa, а также определена деформативность соединения. На основании полученных в ходе испытаний результатов были построены графики зависимостей: «Нагрузка – полная деформация D_n », «Нагрузка – остаточная деформация D_o », «Нагрузка – упругая деформация D_y », «Упругая деформация D_y – деформация остаточная за цикл d_o ». Для соединений деревянных элементов на пластинах типа Sherpa установлен коэффициент перехода от клееной древесины к цельной древесине, а также вычислен требуемый коэффициент надежности к величине разрушающего усилия N_t по приведенному к неизменному его действию времени t .

Проведенные исследования и изученная в ходе исследования литература позволили сформулировать основные предложения по повышению несущей способности соединения деревянных элементов на основе металлических накладок SHERPA для дальнейшего изучения данного направления [9,10,11,12,13,14,15]. Также исследования позволят расширить номенклатуру применяемых в РФ соединений деревянных элементов и повысить надёжность и безопасность конструирования соединений на основе цельнодеревянных элементов с использованием крепежа SHERPA.

ЛИТЕРАТУРА

1. Augustin M., Flatscher G. Nachweisführung für SHERPA-Verbindungen auf Basis des SHERPA-Handbuchs // 16 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2010. Vol. 1. pp. 1-16.
2. Augustin M. Abtragung hoher Lasten mit Sherpa-Systemverbindern // 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-21.
3. Schinner H. Befestigung von Holzbauteilen auf Stahlbetonuntergründen mit Hilfe von Systemverbindern // 18 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2012. Vol. 1. pp. 1-20.
4. Bogensperger T., Hude F. Entwicklung einer hoch beanspruchbaren Verbindung für Haupt-Nebenträger-Anschlüsse // 6. Grazer Holzbau-Fachtagung. Graz, Österreich. 2007. Vol. 1. pp. 209-224.
5. Augustin M. Prüftechnik und Modellbildung für HT/NT-Systemverbinder // 17 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2011. Vol. 1. pp. 1-23.
6. Pirnbacher G. Beanspruchungs- und Optimierungspotentiale selbstbohrender Holzschrauben // 15 Internationale Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-19.
7. Frese M., Fellmoser P., Blaß H. Modelle für die Berechnung der Ausziehtragfähigkeit von selbstbohrenden Holzschrauben / European Journal of Wood and Wood Products. 2010. Vol. 68. pp. 373-374.
8. Суй Юнь. Повышение несущей способности соединений элементов деревянных конструкций на металлических накладках с использованием металлической зубчатой пластины: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ Санкт-Петербург, 2015. 198 с.
9. Линьков В.И. Повышение несущей способности соединений на наклонных ввинченных стержнях // Инженерный вестник Дона. 2020. №11. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2020/6688. Дата обращения: 07.11.21.
10. Линьков В.И. Напряженное состояние наклонных металлических стержней в деревянных элементах составного сечения // Инженерный вестник Дона. 2019. №1. Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592. Дата обращения: 07.11.21.
11. Найчук А.Я., Бабаев М.В. К вопросу оценки несущей способности стальных винтовых стержней, завинченных под углом к волокнам древесины // Промышленное и гражданское строительство. М.: 2010. № 1. С. 21-23.
12. Uibel T. Beurteilung der Spaltgefahr beim Eindrehen von selbstbohrenden Holzschrauben // 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-16.
13. Plieschounig St. Ausziehverhalten axial beanspruchter Schraubengruppen // Masterarbeit. Institut für Holzbau und Holztechnologie. Technische Universität Graz, Österreich. 2010.
14. Plüss Y., Brandner R. Untersuchungen zum Tragverhalten von axial beanspruchten schraubengruppen in der schmalseite von brettsperrholz (BSP) // 20 Internationales Holzbau-Forum. Garmisch-Partenkirchen, Deutschland. 2014. Vol. 1. pp. 1-14.

15. Hübner Ul. Ausziehstand von Holzschrauben in Eschen-Brettschichtholz // 15 Internationales Holzbau-Forum. Graz, Österreich. 2009. Vol. 1. pp. 1-16.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В. Л. Мондрус¹, Л. Ю. Ступишин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹StupishinLyu@mgsu.ru

Аннотация

В статье проводится анализ устойчивости систем с сосредоточенными параметрами с позиций критериев Тимошенко, критерия Брайана и критерия критических уровней энергии. До сих пор нет единого мнения как причинах проявления потери устойчивости формы деформирования в строительных конструкциях, так и о формулировании критериев, определяющих критическое состояние. Наиболее часто в строительной механике и теории устойчивости сооружений используются энергетические критерии в форме Тимошенко и Брайана. Несмотря на простоту формулировки первого критерия и общность второго, сложно утверждать, что ими может быть охвачен весь спектр задач устойчивости, возникающих в технике. Критерий критических уровней энергии позволяет ставить и решать задачи устойчивости без ограничений малости перемещений, вида воздействий на систему, и предназначен для формулирования пограничных состояний. Для понимания сути упомянутых критериев и иллюстрации различий предлагаются простые задачи в виде систем с сосредоточенными параметрами с одной и несколькими степенями свободы. Анализируются постановки и решение задач устойчивости в форме Тимошенко, Брайана и критерия критических уровней энергии. Показаны достоинства и недостатки рассматриваемых подходов к исследованию устойчивости

ВВЕДЕНИЕ

Продольный изгиб - одно из важнейших предельных состояний, которому уделялось много внимания на протяжении многих лет. Однако до сих пор нет единого мнения о причинах его возникновения проявления и, соответственно, формулирования критериев потери устойчивости формы первоначального деформирования [1-14]. Самые популярные среди инженеров и исследователей энергетические критерии, это критерий потери устойчивости в форме Тимошенко [2], и критерий потери устойчивости в форме Брайана [3]. Здесь следует отметить, что название второго критерия предложено Н.А. Алфутовым в его монографии [4] и не является общепринятым. Схожие постановки задач использовались А.З. Ржаницыным [5] и другими исследователями, и в русскоязычной литературе их относят к энергетическим. Следует упомянуть динамические постановки задач устойчивости [6, 8,9] которые относят к наиболее общему подходу, математическая модель которого формулируется в виде Гамильтониана полной энергии системы. Несмотря на всю общность упомянутых формулировок задач устойчивости, можно с уверенностью утверждать, что критерии в форме Тимошенко и Брайана стали наиболее применяемыми в практике проектирования строительных конструкций. Те не менее, трудно утверждать, что два упомянутых подхода позволяют исследовать весь спектр задач потери устойчивости конструкций. Альтернативой может быть критерий вариации критических уровней энергии, предложенный в [15]. Ниже приводится сравнительный анализ этих трех подходов к исследованию устойчивости инженерных сооружений на простом примере системы с сосредоточенными параметрами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим упруго деформируемую систему, подверженную сжатию, показанную на рисунке 1. Предлагаемая схема отличается из классической схемы Тимошенко, что она учитывает начальную стадию деформации - сжатие стержня, при в которой происходит накопление энергии деформации. Это необходимо для описания этапа запасания энергии

системой на начальном этапе деформирования в соответствии с идеей Брайана. Таким образом, для системы с сосредоточенными параметрами формально имеется две степени свободы: продольное перемещение и вращение из-за потери исходного состояния.

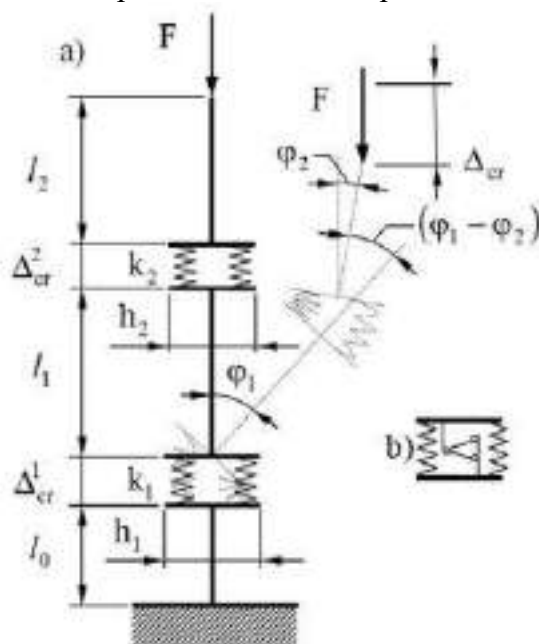


Рисунок 1 а) Модель системы с сосредоточенными параметрами, б) конструкция упругого шарнира

Однако, чтобы описать продольный изгиб на второй стадии деформирования будет использоваться одна степень свободы, характеризующая отклонение стержня от исходного положения при продольном изгибе.

КРИТЕРИЙ ТИМОШЕНКО

Считаем, что жёсткости в узлах различны $r_1 \neq r_2$, и тогда критические величины податливостей в узлах тоже различаются $\Delta_{cr}^1 \neq \Delta_{cr}^2$.

Очевидно, что продольные перемещения системы будут сначала совершаться за счёт узла с меньшей жёсткостью (пусть это первый узел с жёсткостью r_1), и после того, как податливость первого узла Δ_{cr}^1 будет исчерпана, может быть либо потеряна устойчивость, либо начнёт деформироваться второй узел.

В любом случае критические перемещения внешней силы F не будут больше Δ_{cr}^1 или Δ_{cr}^2 , плюс перемещения за счёт угла отклонения от вертикали.

Полная энергия деформации стержня равна возможной работе внешней силы на продольных перемещениях, и действительной работы внутренних усилий

$$\Pi = F_{cr} (l_1 \varphi_1^2 + l_2 \varphi_2^2) / 2 - r_1 h_1^2 \varphi_1^2 / 4 - r_2 h_2^2 (\varphi_1 - \varphi_2)^2 / 4. \quad (1)$$

Условия стационарности энергии по углам отклонения дают систему однородных уравнений относительно углов поворота в узлах системы

$$\left. \begin{aligned} (2F_{cr} l_1 - r_2 h_2^2 - r_1 h_1^2) \varphi_1 + r_2 h_2^2 \varphi_2 &= 0, \\ r_2 h_2^2 \varphi_1 + (2F_{cr} l_2 - r_2 h_2^2) \varphi_2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Получаем выражения критических сил те же, что и в [4] для классической модели

$$F_{cr1} = 2 \frac{rh^2}{l}, F_{cr2} = \frac{rh^2}{2l}. \quad (3)$$

где для случая $h = l$ получены следующие результаты

$$F_{cr1} = 2 \frac{r}{l}, F_{cr2} = 0,5 \frac{r}{l}. \quad (4)$$

КРИТЕРИЙ БРАЙАНА

Критерий Брайана записывается через внутренние усилия, благодаря чему появляется возможность учитывать потерю устойчивости от осадки опор, излучений и тепловых воздействий. Такая формулировка энергии позволяет изучать потерю устойчивости при воздействии неконсервативных сил (следящие нагрузки) [4].

Изменение полной потенциальной энергии системы, записанное через внутренние усилия

$$\Delta U = N_{cr} [l_1 (1 - \cos \varphi_1) + l_2 (1 - \cos \varphi_2)] + 2r_1 h_1^2 \left(\cos \frac{\varphi_1}{2} - 1 \right) + 2r_2 h_2^2 \left(\cos \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} - 1 \right). \quad (5)$$

Если считать, что углы поворота имеют малую, но конечную величину, получаем систему нелинейных однородных уравнений, относительно углов отклонения системы

$$\left. \begin{aligned} N_{cr} l \sin \varphi_1 - rh^2 \sin \frac{\varphi_1}{2} - 2rh^2 \sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} &= 0, \\ N_{cr} l \sin \varphi_2 + rh^2 \sin \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Минимальное нетривиальное решение дает углы отклонения для деформированной схемы, $\varphi_1 = 0,3769 \text{ рад} = 21,61^0$, $\varphi_2 = 0,6048 \text{ рад} = 57,32^0$, когда отклонения двух углов идут в одну сторону.

Если углы отклонения стержней в упругих заделках происходят в разные стороны, то имеем $\varphi_1 = -1,057 \text{ рад} = 60,59^0$, и $\varphi_2 = 0,5361 \text{ рад} = 30,73^0$.

КРИТЕРИЙ КРИТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ЭНЕРГИИ

Согласно критерию критических уровней энергии составляем условие стационарности внутренней потенциальной энергии деформации системы на критическом уровне

$$W_{in} = W_{in}^N - W_{in}^M \rightarrow \min, \quad (7)$$

при ограничениях в виде

$$\varphi_{1c}^2 + \varphi_{2c}^2 = 1. \quad (8)$$

При бесконечно малых углах поворота лагранжиан системы имеет вид

$$L = -N_c \left[l_1 2(\varphi_{1c} / 2)^2 + l_2 2(\varphi_{2c} / 2)^2 \right] - r_1 h_1^2 4(\varphi_{1c} / 4)^2 - r_2 h_2^2 4((\varphi_{1c} - \varphi_{2c}) / 4)^2 + \lambda (\varphi_{1c}^2 + \varphi_{2c}^2 - 1). \quad (9)$$

Из условия стационарности лагранжиана по выбранным переменным получаем систему однородных уравнений

$$\left. \begin{aligned} (2N_c l_1 - r_1 h_1^2 - r_2 h_2^2 + \lambda) \varphi_1 + r_2 h_2^2 \varphi_2 &= 0, \\ r_2 h_2^2 \varphi_1 + (2N_c l_2 - r_2 h_2^2 + \lambda) \varphi_2 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Для $\lambda = 0$ получаем систему уравнений, совпадающую с полученными результатами в двух предыдущих разделах и [4].

Учитывая связь между углами (2.113) в условии нормировки имеем

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= r[(\sqrt{1-\varphi_{1c}^2} / 4\varphi_{1c} + \varphi_{1c} / 4\sqrt{1-\varphi_{1c}^2}) - 5/6], \\ \lambda_2 &= r[(\varphi_{2c} / 4\sqrt{1-\varphi_{2c}^2} + \sqrt{1-\varphi_{2c}^2} / 4\varphi_{2c}) - 5/6].\end{aligned}\tag{11}$$

Приближенные значения углов отклонения $\varphi_1 = 20,06^0$, $\varphi_2 = 53,89^0$, что ненамного отличается от значений, полученных в результате решения нелинейных уравнений в предыдущем разделе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Энергетический критерий в форме Тимошенко исследует систему вблизи начального состояния равновесия, полагая бесконечно малыми деформации и отклонения от исходного равновесного состояния. В результате это не позволяет нам оценить смещения системы во время потери устойчивости и учитывать другие важные свойства упругих систем. Однако метод прост как в постановке задачи, так и в его математической формулировке, и позволяет найти величины критической нагрузки с достаточной для приложений степенью точности.

Энергетический критерий в форме Брайана работает при рассмотрении конечных малых деформаций для консервативных систем, позволяет учесть как историю возникновения предельных деформаций, так и получить оценки поведения системы после потери устойчивости.

Энергетические соотношения не зависят от типа приложенной внешней нагрузки, что в ряде задач дает значительные преимущества. Для ряда задач позволяет выявить периодический характер регулярности критических параметров системы.

Критерий критических уровней энергии, основанный на гипотезе о существовании критических уровней внутренней энергии конструкции и периодичности деформационных свойств системы позволяет исследовать конструкции на любых этапах деформирования системы и получать как величины критических нагрузок, так и перемещения до момента потери устойчивости и после него.

Ограничения в виде условия нормировки позволяют рассматривать конечные расчетные значения параметров конструкции. Наиболее общая запись энергии деформируемого состояния в форме минимума внутренней энергии с ограничениями на параметры конструкции, соответствующие состоянию самоуравновешенности системы, позволяет сформулировать уравнения состояния на критических уровнях энергии не зависящие от истории деформирования, ни от типа нагружения.

Требование консервативности системы сохраняется.

ВЫВОДЫ

В отличие от методов Тимошенко и Брайана, критерий критических уровней энергии позволяет исследовать критические состояния системы без построения итерационных процедур, основанных на построении кривых состояния равновесия.

Критические состояния системы формулируются как состояния самонапряжения конструкции, реализующиеся на этапах перехода от одних деформационных форм конструкции к другим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динник А.Н. Устойчивость упругих систем. Москва: ОНТИ НТП, 1935. с. 183
2. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. Москва: ОГИЗ, 1946. с. 532
3. Bryan G. H., On the Stability of a Plane Plate Under Thrusts in Its Own Plane, with Applications to the 'Buckling' of the Sides of a Ship//Proc. London Math. Soc., 1891. Vol. 22.
4. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. Москва: Машиностроение, 1991, с.336
5. Ржаницын А.Р. Устойчивость равновесия упругих систем. Москва: Гостехиздат. 1955. с. 475
6. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. Москва: Гостехтеориздат, 1956. с. 600
7. Вольмир А.С. Устойчивость упругих систем. Moscow: Физматгиз, 1963. с. 879
8. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, ошибки, парадоксы. Москва: Наука, 1979. с.384
9. Челомей С.В. Динамической устойчивости упругих систем, Докл. АН СССР, 252:2 (1980), с.307–310
10. Kyung, Yong-Soo, Kim, Nam-II, Kim, Moon-Young Effective buckling length of steel column members based on elastic/inelastic system buckling analyses. 2007, V. 26/6. Pp.651-672
11. R. Adman, M. Saidani, "Criterion for Elastic Buckling Analysis", in B.H.V. Topping, J.M. Adam, F.J. Pallarés, R. Bru, M.L. Romero, (Editors), "Proceedings of the Tenth International Conference on Computational Structures Technology", Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 157, 2010. doi:10.4203/ccp.93.157
12. Rammerstorfer, F.G. Buckling of elastic structures under tensile loads. Acta Mech 229, 881–900 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00707-017-2006-1>
13. Yan-Lin Guo; Si-Yuan Zhao; Chao Dou; and Yong-Lin Pi Out-of-Plane Elastic Buckling of Circular Arches with Elastic End Restraints
Journal of Structural Engineering. 2014, Vol. 140, Issue 10 (October)
14. Stupishin L.U., Nikitin K.E. Investigation of the shell's stability using the mixed finite element method //Advances in Civil, Architectural, Structural and Constructional Engineering – Kim, Jung & Seo (Eds) © 2016 Taylor & Francis Group, London.
15. Stupishin L.U. Variational Criteria for Critical Levels of Internal Energy of a Deformable Solids //Applied Mechanics and Materials Vols. 578-579 (2014) pp 1584-1587

УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФИБРОБЕТОНОМ И КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Д. Г. Уткин¹, М. А. Музалевская²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹udg70@mail.ru

²muzalevskaya.rita@mail.ru

Аннотация

Современная строительная сфера постоянно развивается и совершенствуется. Нормативно-техническая документация дополняется новыми требованиями, старые же требования ужесточаются и обновляются. В последние годы в России наблюдается острая необходимость в усилении железобетонных конструкций зданий и сооружений из-за дефектов и повреждений бетона и образовавшейся коррозии арматуры в результате отсутствия своевременных текущих и капитальных ремонтов. Поэтому вопрос восстановления и усиления железобетонных конструкций приобретает серьезное значение.

Прогрессирующим способом усиления является метод устройства усиливающей системы из фибробетона и композитных материалов, которые прекрасно работают даже в неблагоприятных условиях.

Для изучения проблемы восстановления и усиления поврежденных конструкций рассмотрим влияние усиления на прочность конструкции на примере имеющихся экспериментальных исследований [2-4, 6-15] и изучим конкретные методы усиления изгибаемых конструкций на примере железобетонных балок и плит перекрытий.

ВВЕДЕНИЕ

Усиление изгибаемых железобетонных конструкций фибробетоном и композитными материалами популярно не только в России, но и в других странах мира. В строительную сферу постоянно внедряются новые технологии и модернизированные материалы. С развитием науки и методов расчета конструкций бетон приобрел наибольшее применение при строительстве зданий и сооружений по ряду значимых факторов, среди которых повышенная прочность, надежность и долговечность конструкций с возможностью создания сложных геометрии и форм конструкций с соблюдением архитектурно-эстетических требований.

Но с увеличившимися темпами роста строительства возникла и необходимость в восстановлении и усилении износившихся конструкций и изделий из бетона. Широкое применение в строительстве получили фибробетон и композитные материалы в качестве системы усиления несущих конструкций зданий и сооружений.

Целью данной работы является изучение конкретных методов усиления изгибаемых железобетонных конструкций фибробетоном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Практическая значимость в применении фибробетона и композитных материалов доказывается имеющимися экспериментальными исследованиями, опубликованными в различных научных статьях [2-4, 6-15].

Усиление фибробетоном обрело не малую популярность во всём мире. При усилении плит покрытий и перекрытий применяют разные методы, среди которых усиление плиты методом наращивания [1]. При данном методе увеличивается высота поперечного сечения конструкции. Для обеспечения сцепления поверхностей наращивание могут выполнять как в сжатой зоне (рис. 1), так и в растянутой. Данный метод может предполагать устройство дополнительной плиты из фибробетона в сжатой зоне, либо применение дополнительной рабочей арматуры с фибробетоном – в растянутой.

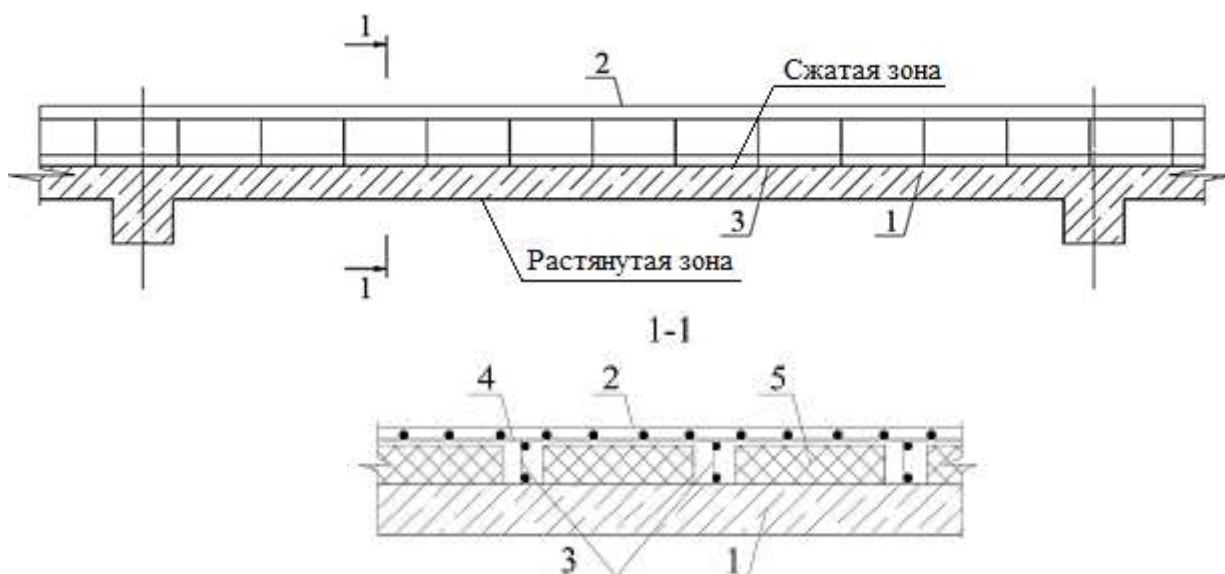


Рис. 1. Устройство дополнительной монолитной плиты из фибробетона сверху: 1 – усиливаемая плита; 2 – монолитная ребристая плита из фибробетона; 3 – арматурные каркасы наращивания; 4 – арматурные сетки наращивания; 5 – пустотообразователь (пенопласт, пенополистерол и др.).

При усилении сборных конструкций используют надпорные скобы-коромысла (рис.2) для упрочнения связи между рабочей арматурой плиты и бетонными стенами или шпренгельные затяжки для разгрузки плиты перекрытия и уменьшения её прогиба с последующим наращиванием фибробетоном [1].

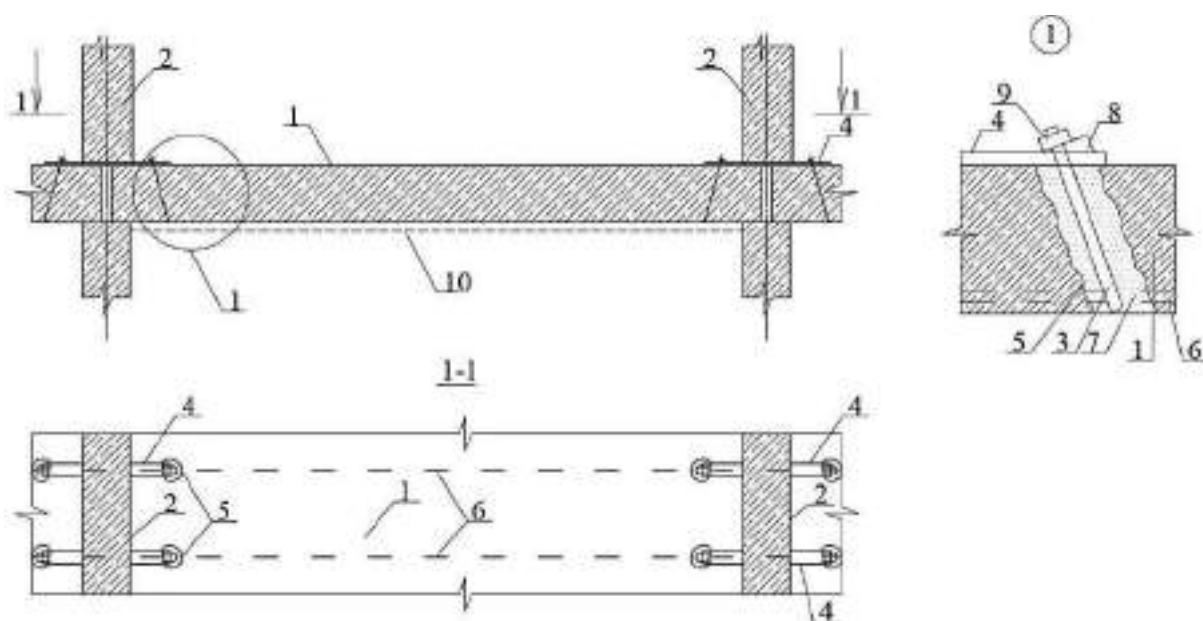


Рис. 2. Установка надпорных скоб-коромысел и наращивание из фибробетона:

1 – усиливаемые плиты перекрытия; 2 – несущие бетонные стены; 3 – анкерные скобы, установленные в вырубленных в плите отверстиях (охватывают рабочую арматуру) и крепящиеся к пластинам-коромыслам; 4 – пластины-коромысла, пропущенные в швах стеновых панелей (имеют отверстия для установки анкерных скоб); 5 – отверстия в плитах для установки анкерных скоб (в зоне рабочей арматуры); 6 – рабочая арматура плиты; 7 – бетон замоноличивания; 8 – косые шайбы; 9 – гайки для натяжения; 10 – наращивание из фибробетона.

Для уменьшения прогибов балок перекрытий применяют метод усиления в виде рубашки или обоймы из фибробетона (рис. 3) [1]. Для усиления балок у опор применяют стяжные хомуты или наклонные стержни для увеличения трещиностойкости конструкции (рис. 4) [1].

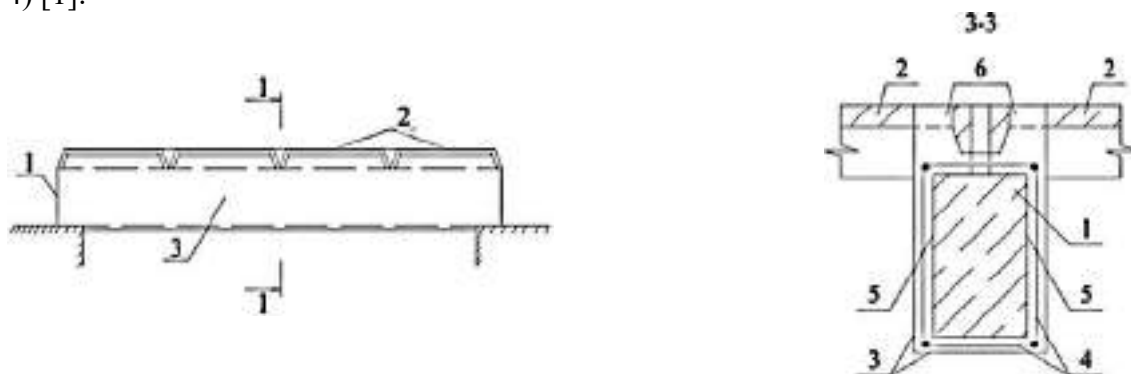


Рис. 3. Устройство фибробетонной обоймы железобетонной балки:

1 – усиливаемая балка; 2 – железобетонные плиты; 3 – фибробетонная обойма; 4 – арматура обоймы; 5 – поверхность балки, подготовленная к бетонированию (зачистка, насечка, промывка водой); 6 – отверстия, пробитые в полках для укладки бетона (восстановить при бетонировании обоймы).

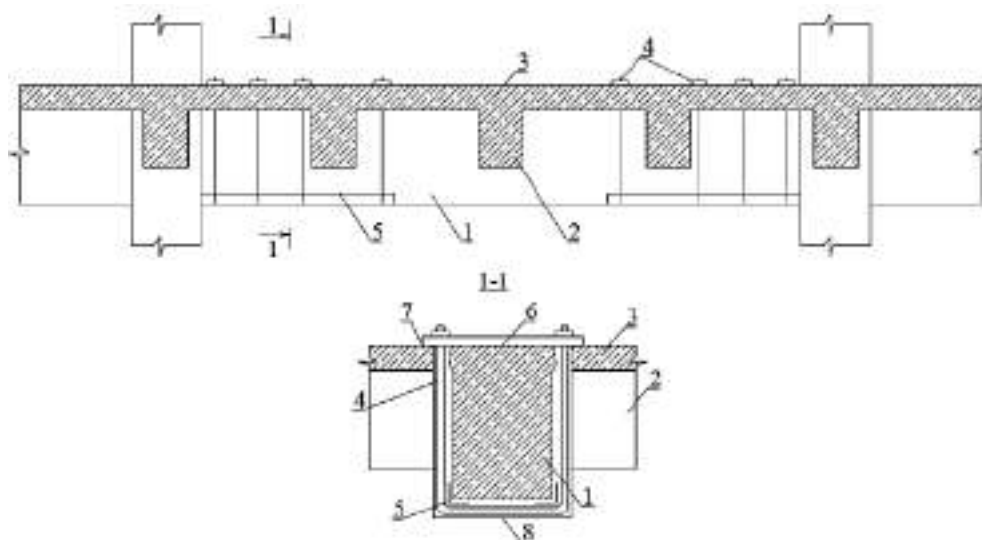


Рис. 4. Установка стяжных хомутов у опор

1 – усиливаемая главная балка; 2 – второстепенные балки; 3 – плита; 4 – металлические стяжные хомуты с гайками; 5 – подкладка из уголка; 6 – прокладка-шайба; 7 – отверстия, просверленные в плите для пропуска хомутов; 8 – фибробетон.

ВЫВОДЫ

Проектирование конструкций, их расчет, подбор наиболее рациональных, энергоэффективных и экономически выгодных решений представляет собой сложный процесс, для выполнения которого следует учесть множество факторов, влияющих на конечный продукт деятельности.

Изучая тему усиления железобетонных конструкций фибробетоном и композитными материалами, хотелось бы отметить, что актуальность и новизна данной темы доказывается большим количеством различных экспериментальных исследований, проводимых во всем мире. Практическая значимость усиления железобетонных конструкций подтверждается проводимыми экспериментами и их результатами [2-4, 6-15].

Усиление изгибаемых железобетонных конструкций фибробетоном и композитными материалами различными методами позволяет значительно улучшить физико-механические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Уткин Д.Г. Оценка технического состояния, восстановление и усиление железобетонных конструкций зданий и сооружений с применением фибробетона / В.С. Плевков: ТГАСУ, 2016. – 130 с.
2. Уткин Д. Г. Экспериментальные исследования сжато-изогнутых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении / Д.Г. Уткин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета №3-2008. – Томск, 2008. - С. 156-164.
3. Плевков, В.С., Уткин Д.Г. / Прочность железобетонных элементов с армированием из стальной фибры при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г. Уткин // Научно-технический журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», Москва, 2014, № 5. – с. 38-44.
4. Плевков, В.С., Уткин Д.Г. / Работа изгибаемых и сжато-изогнутых сталефиброжелезобетонных элементов при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г. Уткин // Механика разрушения строительных материалов и конструкций. Материалы VIII Академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции. – Казань, 2014. – с. 237-244.
5. Рабинович, Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции / Ф.Н. Рабинович // М.: Изд-во АСВ, Москва – 2004. - 560 с.
6. Морозов, В. И. Расчет изгибаемых элементов с высокопрочной арматурой с фибровым армированием растянутых зон / В. И. Морозов // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – №2. – С. 36-39
7. Плевков В.С. Прочность и деформативность железобетонных элементов с зонным фибровым армированием при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г. Уткин, А.Е. Карпов // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19-20 апреля 2016 г., Москва) - Москва, 2016. - с. 342-348.
8. Плевков В.С. Прочность и деформативность железобетонных элементов с зонным фибровым армированием при кратковременном динамическом нагружении / В.С. Плевков, Д.Г. Уткин, А.Е. Карпов // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры железобетонных и каменных конструкций и 100-летию со дня рождения Н.Н. Попова (19-20 апреля 2016 г., Москва) - Москва, 2016. - с. 342-348.
9. Уткин Д.Г. Деформирование изгибаемых сталефиброжелезобетонных элементов со смешанным армированием при кратковременном динамическом нагружении / Д.Г. Уткин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета №5-2015. Научно-технический журнал. Томск 2015. с. 80-89.
10. Уткин Д.Г. Прочность изгибаемых железобетонных элементов с зонным армированием из стальной фибры / Д.Г. Уткин // Строительство и реконструкция. Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева») – Орел.: Изд-во ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021. – выпуск № 1. с. 85-95.
11. Григорьев, В.И. О коэффициенте динамического упрочнения сталефибробетона при растяжении / В.И. Григорьев // Исследование и расчет пространственных конструкций гражданских зданий.: сб. науч. тр. / Л., 1985. - С.95-99.
12. A. G. Tamrazyan, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 365 (5), 052021 (2018).
13. A. G. Tamrazyan, D. S. Popov and A. Ubysz, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 913, 022012 (2020).
14. V. I. Kolchunov, N. O. Prasolov and L. V. Kozharinova, Vestn. MGSU 3–2, 109–115 (2011).
15. N. N. Trekin and E. N. Kodysh, Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroit. 5, 4–9 (2020).

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ХЛОРИДОВ

А. Г. Тамразян

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
tamrazian@mail.ru

Аннотация

Чтобы получить конструкции с длительным сроком службы в среде, содержащей хлорид, должны быть разработаны методы расчета и проектирования долговечности. В такой конструкции диффузия хлорида должна быть выражена в виде математической модели, а параметры должны быть включены в эту модель реалистичным образом. Разброс, как в условиях воздействия окружающей среды, так и в свойствах конструкции, следует рассчитывать с вероятностных позиций. Основной целью этого исследования является долговечность бетонных конструкций в среде, содержащей хлорид. Перенос хлоридов в бетон был смоделирован с использованием второго закона диффузии Фика. Для рассмотрения разброса условий окружающей среды и конструктивных свойств материалов было разработано простое программное обеспечение, основанное на моделировании методом Монте-Карло. Исследованы эффекты некоторых важных конструкционных параметров, влияющих на коррозию.

ВВЕДЕНИЕ

Различные прибрежные, портовые сооружения, а также опоры мостов подвергаются воздействию морской воды. Сооружения, даже расположенные далеко от побережья, могут подвергаться воздействию переносимых воздухом хлоридов из морской воды. Воздушные капли морской воды могут переноситься ветром на два километра вглубь суши [1]. Соли, используемые зимой, также влияют на значительную часть мостовых сооружений и путепроводов. Коррозия стали вследствие проникновения хлоридов является одной из важнейших проблем долговечности. В то время как площадь поперечного сечения арматуры уменьшается из-за коррозии, продукты коррозии вызывают также растрескивание защитного слоя бетона, что увеличивает попадание и транспортировку вредных веществ в бетон [2]. В результате надежность конструкции снижается, а необходимый срок службы не может быть достигнут.

Землетрясения, произошедшие в морских регионах, также выявили проблемы долговечности конструкций и образования трещин в железобетонных конструкциях из-за коррозии.

Одним из факторов, влияющих на проблемы долговечности бетонных конструкций, является разброс в конструкционных свойствах. Даже для одного и того же конструкционного элемента свойства могут меняться от одного сечения к другому. Если процедуры контроля качества недостаточны, различия в свойствах элемента могут быть не замечены, и соответствующие меры предосторожности не могут быть приняты [3]. Основной причиной проблем долговечности является прочность конструкций и предположение о том, что долговечность достигается при достаточной прочности на сжатие.

Основной целью статьи является долговечность железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию хлоридов. Использована вероятностно-ориентированная методика расчета долговечности с учетом несоответствия конструктивных свойств и условий окружающей среды. Транспортировка хлорида смоделирована с использованием второго закона Фика, а также разработано простое программное обеспечение для моделирования методом Монте-Карло. Кроме того, оценивается влияние некоторых параметров материала и конструкции на вероятность коррозии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современные методы проектирования долговечности

В действующих нормах, таких как [4],[5] и [6], для обеспечения достаточной долговечности конструкций, приведены некоторые ограничения в зависимости от условий окружающей среды, которым подвергаются конструкции. Эти ограничения: максимальное В/Ц, минимальное содержание цемента и минимальная прочность бетона на сжатие. Однако, критерии состава бетона, которые приведены в стандартах, являются минимальными значениями, и необоснованно предполагается, что конструкции будут иметь длительный срок службы, только удовлетворяя этим критериям.

В то время как одной из причин проблем долговечности бетонных конструкций являются факторы, связанные с составом бетона, другой причиной являются недостатки в качестве конструкции. Например, фактическая толщина защитного слоя бетона в конструкции может быть меньше указанной величины, или проницаемость хлора в бетоне может быть выше требуемой. Для одной и той же конструкции свойства и характеристики бетона могут существенно отличаться от одного элемента к другому или даже в пределах одного элемента. В нормативных документах не учтен разброс структурных свойств, а в составе бетона максимальное соотношение В/Ц и минимальное содержание цемента считаются достаточными. Не всегда верно предполагать, что длительный срок службы может быть получен по некоторым заранее определенным критериям, так как проблемы долговечности, наблюдаемые в существующих конструкциях, подтверждают этот тезис [3,7]. Поэтому для определения долговечности конструкций необходимы другие методы [8,9,10]. Помимо требований к составу бетона, к отношению В/Ц или содержанию цемента, следует вместе с предельными состояниями учитывать и оценивать также толщину бетонного слоя, транспортные свойства различных ионов в бетоне, скорость износа и их разброс [11].

Вероятностный метод проектирования

Для конструкции основным критерием является сопротивление элемента (R), превышающее нагрузку (S) [12]. Этот принцип можно также использовать для анализа долговечности, и его можно сформулировать следующим образом:

$$R(t) > S(t) \text{ или } g = R(t) - S(t) > 0, \quad (1)$$

где $R(t)$ указывает переменное сопротивление, $S(t)$ представляет переменную нагрузку, а g -функцию предельного состояния. Ввиду того что прочность и долговечность конструкции изменяются со временем, и сопротивление $R(t)$ и влияние нагрузки $S(t)$ приняты как параметры времени. На их основе можно рассчитать вероятность отказа (P_f):

$$P_f = P[R - S \leq 0] \text{ или } P_f(t) = P[R(t) \leq S(t)]. \quad (2)$$

С точки зрения долговечности сопротивление конструкции $R(t)$ со временем может уменьшаться. Например, из-за коррозии стальной арматуры в бетоне диаметр арматуры уменьшается, а из-за большего объема продуктов коррозии уменьшаются трещины в бетоне и связь между сталью и бетоном. В результате снижается несущая способность конструктивного элемента [13]. Однако параметр нагрузки $S(t)$ может оставаться постоянным или увеличиваться со временем. Поскольку сопротивление $R(t)$ уменьшается, а эффект нагрузки $S(t)$ увеличивается, вероятность отказа возрастает со временем.

Существует несколько методов определения надежности конструкций [14,15]. Из этих методов метод Монте-Карло является мощным методом, который может принимать во внимание различные параметры одновременно и, как следствие, он может быть использован для проектирования долговечности бетонных конструкций. Анализ Монте-Карло можно определить, как повторяющийся процесс статистической выборки, в которой случайно выбранные значения используются для расчета функции предельных состояний g [14].

Эти случайные значения, однако, должны быть описаны как функции плотности вероятности. Вероятность отказа $P_f(t)$, полученная с помощью анализа Монте-Карло, представляет собой отношение числа итераций, не подтверждающих функцию предельного состояния g , к общему числу итераций. Эта вероятность может быть представлена, как

$$P_f = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N I[g(r_i, s_i)], \quad (3)$$

где N-общее количество итераций, а $I[g(r_i, s_i)]$ - количество итераций, приведших к отказу (случай $r < s$).

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ В БЕТОНЕ

Хлориды могут присутствовать в бетонной смеси как часть составных материалов, таких как заполнители, цемент или примеси. Концентрация внешних источников хлорида обычно гораздо выше, чем хлориды, присутствующие в материалах, в результате эти свободные хлориды являются причиной коррозии. Перенос хлоридов в бетон осуществляется различными механизмами. Концентрация хлоридов в бетоне зависит от качества бетона и условий эксплуатации. Содержание хлоридов наибольшее на открытой поверхности и уменьшается с увеличением глубины проникновения [16].

Моделирование диффузии хлоридов

Для моделирования проникновения хлорида в бетон имеется несколько моделей [17]. Из них наиболее широко используется второй закон диффузии Фика:

$$C(x, t) = C_s \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D_c t}} \right) \right], \quad (4)$$

где $C(x, t)$ - концентрация хлорида в течение заданного времени и глубины, C_s - поверхностная концентрация хлоридов, erf - функция ошибки, x - глубина от поверхности, D_c - коэффициент диффузии хлорида и t - время.

Коэффициент диффузии хлорида D_c - параметр, зависящий от времени, может быть выражен следующим образом

$$D_c = D_0 (t/t_0)^a, \quad (5)$$

где D_0 - коэффициент диффузии хлорида после времени t_0 , a - параметр, представляющий зависимость от времени коэффициента диффузии.

Предельные состояния

Могут быть различные предельные состояния, такие как предел пригодности к эксплуатации или конечное предельное состояние. Предельное состояние эксплуатационной пригодности связано с отказом, который приводит к экономическим последствиям, таким как начало коррозии стали или растрескивание бетонного слоя, в то время как предельным состоянием является состояние отказа или значительная потеря несущей способности [18].

Коррозионные повреждения можно разделить на два этапа. На первом этапе в элементе отсутствует физическое повреждение. Однако, переход хлоридов в бетон осуществляется во время этого периода инициализации. В конце этого этапа содержание хлорида достигает критического уровня на глубину до арматуры и пассивированности вокруг поврежденной стали (депассивация). С этого момента можно предположить, что коррозия, растрескивание и другие физические повреждения в элементе конструкции начинают появляться и увеличиваются во времени. На втором этапе, известном как стадия распространения, когда повреждение превышает определенный уровень, может быть принято, что несущая способность элемента теряется. Такой уровень повреждения, однако, не может быть обобщен для всех конструкций и структурных элементов; различные уровни могут существовать для различных типов элементов, таких как балки, колонны или железобетонные бетонные стены. Даже один тип элементов, например, колонны могут значительно отличаться с учетом количества, диаметра и расположения арматуры, действующей нагрузки и т.п. Из-за этих причин потери арматуры, которые приводят к потере несущей способности, зависят от используемой конструктивной системы и условий нагружения конструкции и могут быть определены только путем моделирования структуры в целом [19].

Для новой конструкции может быть принято следующее: когда содержание хлоридов на глубине армирования равно критическому значению, достигается предельное состояние по эксплуатационной пригодности [17], так как после этого существенно повышаются затраты на обслуживание и ремонт и начинает снижаться безопасность конструкции. Кроме того, определение этой точки относительно легко; состояние конструкции с точки зрения коррозии может быть четко определено путем определения глубины проникновения хлорида электрохимическими методами и измерение потенциалов стали в бетоне [20].

Определение вероятности коррозии

При проектировании долговечности новой бетонной конструкции сделаны два предположения: 1) депассивация (начало коррозии) является предельным состоянием исправности для новой бетонной конструкции, и 2) вероятность депассивации определяет срок службы. После депассивации коррозия начинается в течение короткого периода времени или может занять несколько лет в зависимости от нескольких факторов. Здесь считается, что возникает депассивация и коррозия начинается при концентрации хлорида, равной критическому содержанию. Исходя из этих предположений, для вероятности повреждения вследствие действия хлорида, функция предельного состояния может быть выражена следующим образом:

$$P_f = P(C(x,t) \geq C_{cr}), \quad (6)$$

где $C(x,t)$ -концентрация хлорид-иона на расстоянии x от поверхности бетона в течение времени t , а C_{cr} -критическая концентрация хлорида, вызывающая депассивацию.

В этом исследовании вероятность отказа (P_f) была получена методом Монте-Карло, который зависит от генерации случайных чисел; результат каждого поколения сохраняется и сравнивается с предельным состоянием. Для этого на основе функций распределения вероятностей случайным образом определялись параметры (концентрация поверхностного хлорида C_s , глубина x от поверхности бетона, коэффициент диффузии хлорида). Затем концентрации хлоридов, рассчитанные с использованием этих случайных значений, сравнивались с критическим содержанием по (6). По результатам итераций определена вероятность депассивации по (3).

В анализе Монте-Карло для получения надежных результатов необходимо большое количество итераций. Для этой цели было проведено моделирование для изучения влияния количества итераций на вероятность депассивации, и полученные результаты представлены на рисунке 1.

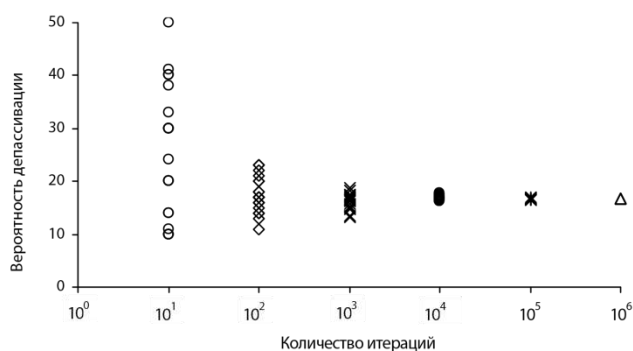


Рис.1. Влияния количества итераций на вероятность депассивации

Для этих симуляций все параметры были сохранены одинаковыми, за исключением количества итераций. Для каждого из этих итерации было проведено 20 имитаций и оценено распределение результатов.

Как видно из рисунка 1, по мере увеличения числа итераций, рассеяние полученных результатов уменьшается. Например, для числа итераций 10 коэффициент вариации составлял 52 %, тогда, как для 1000, 10000 и 100000 итераций он составлял 10%, 2,4% и 0,6%. По мере увеличения числа итераций, полученные результаты приближаются к постоянному значению, что указывает на получение более надежных результатов. Например,

для числа итераций 10^6 коэффициент вариации составляет всего 0,2%. Однако увеличение числа итераций также увеличивает время, необходимое для получения результатов. На основании этого можно сделать вывод, что число итераций должно быть не менее 10000. Однако, поскольку получены достоверные результаты с коэффициентом вариации 0,6% и время вычисления не очень велико, для всего анализа было использовано 100000 итераций, и результаты, представленные ниже, были получены с использованием этого количества.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние коэффициента диффузии хлоридов

Влияние коэффициента диффузии хлорида на вероятность депассивации показано на рис. 2.

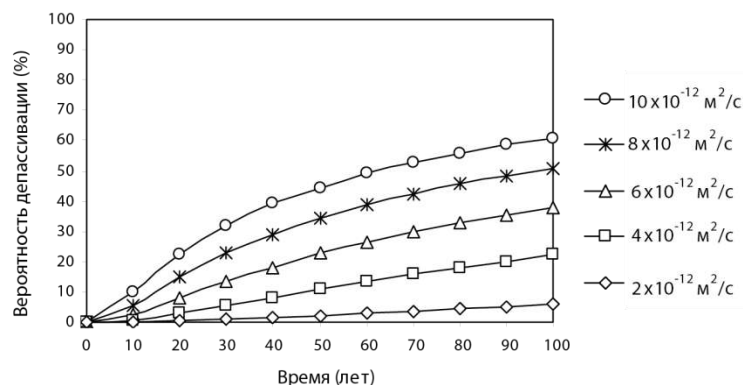


Рис.2. Влияние коэффициента диффузии хлорида на вероятность депассивации

Для моделирования использовалась средняя толщина защитного слоя бетона 50мм, средняя концентрация хлорида на поверхности 4% и средняя критическая концентрация хлорида 1%, а коэффициент диффузии хлорида был выбран в диапазоне от $2 \times 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ до $20 \times 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$. В этих анализах среднее квадратическое отклонение для всех параметров предполагалось равным 10%.

Как показано на рис.2, в течение заданного времени, по мере увеличения коэффициента диффузии хлорида, вероятность депассивации также возрастает. Коэффициент диффузии хлоридов указывает на перенос хлоридов в бетоне и является одним из факторов, определяющих срок службы конструкций. Несмотря на то, что все остальные параметры оставались неизменными, увеличение диффузионной способности хлорида повышало вероятность коррозии, таким образом, для заданной вероятности время, необходимое для коррозии, уменьшается, что влияет на срок службы конструкции. Более высокая хлоридная диффузия указывает на то, что транспорт хлорид-ионов в бетоне происходит быстрее [17].

При той же толщине бетонного слоя требуется больше времени, чтобы ионы хлора достигли стали, поскольку качество бетона повышается. Полученные результаты еще раз подтверждают, что для получения железобетонных конструкций с длительным сроком службы необходимо использовать бетон с низкой хлоридной проницаемостью, т.е. бетон высокого качества. Такие факторы, как В/Ц, тип цемента, применение пуццолана и степень гидратации влияют на коэффициент диффузии хлоридов [21].

Влияние толщины бетонного слоя

Для исследования влияния толщины бетонного слоя на вероятность депассивации в железобетонной конструкции было проведено моделирование, в котором использовался средний коэффициент диффузии хлорида $6 \times 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$, а остальные параметры были выбраны как в 4.1, различные значения использовались только для толщины бетонного слоя. Полученные результаты приведены на рис. 3.

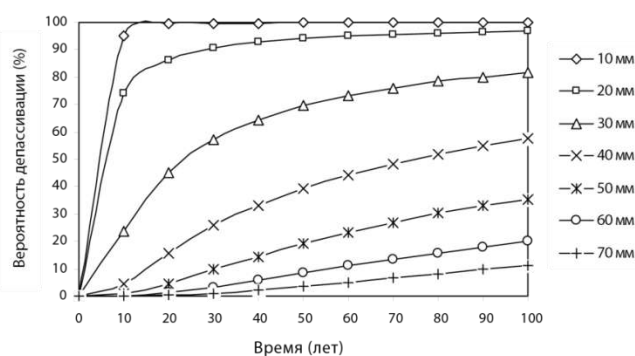


Рис.3. Влияния толщины бетонного слоя на вероятность депассивации

По мере увеличения толщины бетонного слоя, время достижения заданной вероятности депассивации, как и ожидалось, увеличивается. Например, если выбран максимальный предел вероятности 10%, а толщина слоя бетона от 10 мм до 30 мм, то эта вероятность достигается в течение первых нескольких лет. Однако, когда толщина бетонного слоя принимается 50 мм, этот период составляет примерно 30 лет, а для 70 мм-90лет. Для иницирования коррозии внешние хлориды должны транспортироваться с бетонной поверхности, проходить через бетонный слой и достигать арматуры [16]. По этой причине толщина бетонного слоя является одним из важнейших параметров, влияющих на срок службы конструкций. Как показано на рис. 4, при увеличении толщины бетонного слоя время, необходимое для достижения хлоридами арматурной стали, увеличивается, и, как следствие, увеличивается срок службы конструкции. Однако, для того чтобы получить конструкции с большими сроками службы в дополнение к увеличению толщины бетонного слоя, должна быть учтена также проницаемость, как показано на рис. 2, и получить толщину бетонного слоя без отказов, и особое внимание следует уделить таким факторам как правильное отверждение.

В случае возникновения трещин в защитном слое бетона хлориды могут переноситься очень быстро, то есть в течение заданного времени концентрация хлоридов в областях с трещинами намного выше, чем в областях без трещин. Из-за высокой концентрации хлоридов в этих частях с трещинами коррозия наступает намного раньше. К тому же, транспорт других агрессивных ионов и воды проходят через трещины быстрее, они могут легче повредить бетон.

ВЫВОДЫ

Используя информацию о структурных свойствах и условиях окружающей среды, которым подвергается конструкция, можно моделировать повреждение, которое может произойти и предсказать срок службы конструкции. Поскольку как структурные свойства, так и условия воздействия окружающей среды показывают большой разброс, анализ должен основываться на вероятностном подходе, включающем эту изменчивость.

Полученные результаты свидетельствуют о важности параметров, используемых в модели диффузии хлоридов. Число итераций должно быть достаточно большим, чтобы получить достоверные результаты в методе Монте-Карло, и в этом исследовании количество итераций было определено как минимум 10000. Полученные результаты наглядно показывают важность коэффициента диффузии хлорида бетона. Как видно из результатов моделирования, качество и толщина бетонного слоя существенно влияют на вероятность депассивации. При использовании бетонов с различными характеристиками, т.е. при сравнении бетонов с низкими и высокими коэффициентами диффузии хлоридов, для бетона с меньшей диффузией вероятность коррозии за заданное время ниже. Когда бетон находится в более агрессивной среде, то есть, когда концентрация хлорида в окружающей среде выше, вероятность коррозии возрастает.

Срок службы конструкции можно охарактеризовать как продолжительность, в течение которой конструктивные свойства или несущая способность достигают предельного

состояния. Для новых конструкций можно предположить, что вероятность депассивации равна предельному состоянию эксплуатационной пригодности. Этот метод также может быть использован для оценки долговечности существующих конструкций.

Такие параметры, как коэффициент диффузии хлоридов, толщина защитного слоя бетона, концентрация хлоридов на поверхности, могут быть получены из существующей конструкции, и вместе с электрохимическими методами, такими как электрическое сопротивление, разность потенциалов, можно оценить текущее состояние конструкции.

Использование вероятностного метода проектирования может получить широкое распространение по мере получения дополнительной информации от долгосрочных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Neville, A.M. Properties of Concrete, Pearson Prentice Hall, Essex, 2004.
- 2.Lushnikova, V.Y., Tamrazyan, A.G. The effect of reinforcement corrosion on the adhesion between reinforcement and concrete (2018) Magazine of Civil Engineering, 80 (4), pp. 128-137.
- 3.Gjørv, O.E. Durability of Concrete Structures and Performance-Based Quality Control, International Conference on Performance of Construction Materials in the New Millennium, Cairo, 10 s, 2003.
- 4.СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.
5. ACI Committee 318, ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2008.
- 6.BS 8500-2, Concrete – Complementary British Standard to BS EN 206-1 – Part 2: Specification for Constituent Materials and Concrete, 2006.
7. Степанова В.Ф. Повышение долговечности железобетонных конструкций // Сб.трудов X конгресса Международного Совета по строительству -Вашингтон (США), 1986.
- 8.Maj, M., Ubysz, A., Tamrazyan, A. Durability of polyurethane - Cement floors (2018) MATEC Web of Conferences, 251, статья № 02026.
- 9.ACI Committee 365, ACI 365 Service Life Prediction - State of the Art Report, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2000.
10. Гусев Б.В., Файвусович А.С., Степанова В.Ф., Розенталь Н.К. Математические модели процессов коррозии бетона. М., Информационно-издательский центр «Тимр», 1996 с. 102.
- 11.ISO 13823, General Principles on the Design of Structures for Durability, International Organization for Standardization, 2008.
12. Тамразян А.Г. Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности. Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 109-115.
13. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.
- 14.Hammersley, J.M. and Handscomb, D.C. Monte Carlo Methods, Methuen & Co Ltd, London, 1975.
- 15.Tamrazyan, A., Alekseytsev, A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports (2019) E3S Web of Conferences, 97, статья № 04005.
- 16.Neville, A.M. Chloride Attack of Reinforced Concrete: An Overview, Materials and Structures, 28, 63 – 70, 1995.
- 17.Poulsen, E. and Mejlbro, L. Diffusion of Chloride in Concrete. Taylor and Francis, London, 2006.
- 18.Tamrazyan, A., Popov, D. Reduce of bearing strength of the bent reinforce-concrete elements on a sloping section with the corrosive damage of transversal armature (2017) MATEC Web of Conferences, 117, статья № 00162.
19. Тамразян А.Г., Попов Д.С. Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 2. С. 19-26.
- 20.Румянцева, В.Е. Процессы коррозионной деструкции и защиты металлов: учебное пособие / В.Е. Румянцева. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – 156 с
- 21.Sengul, O. and Gjørv, O.E. Effect of Binder System on the Resistance of Concrete against Chloride Penetration. 8th International Symposium on Utilization of High-Strength and High-Performance Concrete, Tokyo, 330-335, 2008.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОДАТЛИВОСТИ ПЛОТНЫХ СВЯЗЕЙ ПАНЕЛЬНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ КРУЧЕНИИ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ

В. А. Люблинский¹, С. В. Стручков², Л. В. Задорина³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lyublinskiyva@mgsu.ru

Аннотация

Совместную работу сборных элементов панельных зданий обеспечивают конструкции стыков между ними. В практике проектирования здания моделируются в программных комплексах, в которых возможен учет нелинейного деформирования бетона и арматуры, при этом жесткость стыков обычно принимается постоянной. Введение нелинейной податливости вертикальных стыков, работающих на сдвиг, оказывает влияние на прочность и деформативность несущих конструкций многоэтажного здания.

В стыке, кроме сдвигающих усилий, могут появиться горизонтальные воздействия, связанные с появлением кручения несущей системы. В данной работе рассмотрен распространенный сварной замоноличенный стык арматурных выпусков, по которому получена диаграмма деформирования при действии сдвигающих усилий. Численным моделированием на вертикальное сдвиговое и горизонтальное крутящее усилия определено напряженно-деформированное состояние фрагмента стыка общей высотой 700 мм и толщиной 180 мм соединяемых элементов из бетона В20. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании несущих систем крупнопанельных зданий работ с учетом работы вертикальных стыков в более сложном напряженном состоянии.

ВВЕДЕНИЕ

Математические модели несущих систем многоэтажных зданий, положенные в основу программных комплексов, ориентируются на упругую работу стыковых соединений [1,2,3]. На этом базируется СП 335.1325800.2017 [4]. Вертикальные и горизонтальные стыки являются одними из напряженных элементов крупнопанельных зданий. Стыки воспринимают усилия сдвига, растяжения, сжатия и изгиба. Имеются веские основания полагать, что работа этих стыков далека от линейной, чему посвящены многочисленные исследования по линейному и нелинейному деформированию различных стыков [5-8]. Получены диаграммы деформирования стыков в зависимости от сдвигающих усилий. При этом рассматривается работа стыка в плоскости панельных стен, которые он соединяет. Несущая система многоэтажных зданий воспринимает все действующие на нее вертикальные и горизонтальные нагрузки, вертикальные железобетонные конструкции находятся в пространственном взаимодействии благодаря дискам перекрытий и систем связей.

В несимметричных несущих системах при несовпадении центра жесткостей и центра масс возникает кручение. И хотя крупные панели работают в своей плоскости, вертикальные связи между ними могут испытывать сложное напряженно-деформированное состояние. В стыках, соединяющих панели перпендикулярных направлений, могут возникнуть горизонтальные усилия. В данной работе в первом приближении численным моделированием была рассмотрена задача определения напряженно-деформированного состояния вертикального стыка панельного здания, обладающего определенной податливостью при сдвиге и повороте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под податливостью подразумевается величина, обратная жесткости и которая определяется коэффициентом, равному перемещению от единичного силового воздействия. В приложении А [4] представлены линейные зависимости по их определению. Наибольшее внимание

уделяется податливости при сдвиге λ_r , мм/Н, так как во время возведения и эксплуатации здания существуют взаимные сдвиги стеновых панелей, причиной которых является неравномерная осадка основания здания, температурно-климатические воздействия, действие удельно-неравных нагрузок [1], разная усадка и ползучесть сопрягаемых стен.

В [1] представлена таблица, которая составлена на основании экспериментов. В ней даны значения единичных сдвиговых перемещений φ для различных видов плотных связей.

Современные экспериментальные исследования податливости вертикальных стыков направлены на исследования нелинейного деформирования элементов панельных зданий [9-12]. В работах [6,7,9] было рассмотрено сопротивление сдвигу фрагмента вертикального соединения 125-ой серии. Соединение – сварка закладных деталей. Нагрузка прикладывалась ступенями, примерно 10% от разрушающей нагрузки с выдержкой в 10 минут. Диаграмма зависимости «сдвиг-смещение» была построена автоматической системой нагружения при приоритетном отслеживании перемещений. Следует отметить, что до значения перерезывающего усилия $Q = 80$ кН наблюдалась упругая работа стыка, при этом податливость составила $9,1 \times 10^{-8}$ м/Н. Затем зафиксирована нелинейная работа стыка.

В [10-12] представлен ряд исследований шпоночных и петлевых стыков. В случае шпоночных стыков, сопротивление сдвигу в вертикальном направлении обеспечивается шпонками, арматурными выпусками и бетоном замоноличивания. В ходе испытаний был построен график зависимости напряжения сдвига и деформаций, данная зависимость представлена в виде функции квадратного корня [11]. По экспериментальным данным была построена зависимость нагрузка-смещения для эталонных образцов, а также типовые кривые смещения [12]. В работе [5] приведено сравнение податливостей по [4] и компьютерной модели в программном комплексе Лира. Рассмотрены две модели стыка: 1 - модель с необъединенным перемещением узлов; 2 - модель с объединенным перемещением узлов. Сделан вывод о том, что рекомендуемые зависимости по нормативным документам превышают податливость, следовательно занижают жесткость вертикальных стыков. Значения податливости по нормативному документу – $2,08 \cdot 10^{-6}$ м/кН, модель с необъединенным перемещением узлов – $1,21 \cdot 10^{-6}$ м/кН, модель с объединенным перемещением узлов – $0,56 \cdot 10^{-6}$ м/кН. Разница значений податливости по [4] с первой моделью в 1,7 раз, а со второй моделью в 3,7 раз.

В работе [14] определена податливость шпоночного стыка для двух железобетонных панелей по методикам [4] и [18]. Жесткость стыка определялась до образования трещин и после. По нормативному документу определялось два значения – при кратковременной нагрузке и длительной. В результате расчетов жесткость по СТО при длительной нагрузке до образования трещин получилась меньше в 0,77 раз, а после образования больше в 3,30 раз, это обусловлено тем, что в методике [18] не учитывается две стадии работы шпонок, диаметр стержней петли и характеристики материалов. В работе [15] рассмотрены шпоночные стыки с петлевыми гибкими связями. Все исследуемые стыки работали в два стадии – до образования трещин (значительная жесткость, сдвиговые перемещения практически отсутствуют) и после (жесткость значительно снижается, увеличивается скорость деформаций). Разрушение всех стыков происходило от среза шпонки. Аналогичный шпоночный стык железобетонных панелей с петлевыми гибкими связями рассмотрен и в [16]. Испытывались образцы -линейный стык и Т-образный стык. При испытаниях были выявлены следующие стадии работы образцов: линейный образец – упругая и упругопластическая; Т-образный стык – упругопластическая. Среднее значение податливости для линейного стыка $1,0 \cdot 10^{-7}$ м/Н, для Т-образного $1,9 \cdot 10^{-8}$ м/Н.

Краткий обзор представленных исследований позволяет сделать выводы о значительном разбросе податливостей вертикальных стыковых соединений панельных стен многоэтажных зданий. Практически все стыки испытывались на усилия одного направления. Более сложные вертикальные плотные стыки испытывались в МГСУ [19], но и в этих испытаниях нагружение стыков осуществлялось по одной оси.

В предлагаемой работе рассмотрен фрагмент стыка с нагружением в двух плоскостях – сдвигающее усилие и горизонтальное усилие, создающее крутящий момент.

На рисунке 1 представлена схема фрагмента стеновых панелей, соединенных бесшпоночным стыком в виде замоноличенных бетоном арматурных выпусков с металлическими накладками. Железобетонные панели приняты толщиной 180 мм из тяжелого бетона класса В20. Нелинейный процессор программного комплекса Лира 10.8. R3.6 использовался для реализации шагового метода приложения нагрузки. Для численного эксперимента было предусмотрено 10 шагов приложения нагрузки. Для бетона и арматуры А500 использовались двухлинейные диаграммы деформирования, представленные на рисунках 1 и 2.

Образец загружался собственным весом, планируемой вертикальной сосредоточенной нагрузкой 33тс и двумя противоположно направленными горизонтальными нагрузками по 5тс вдоль оси X, создающими кручение панели, рисунок 3.

Моделирование закладных деталей выполнялось стержневым конечным элементом, тип КЭ55, аналогично [5]. КЭ55 – конечный элемент, моделирующий упругую связь. Работа КЭ55 выполняется посредством учета жесткости плотной связи в направлениях Rx, Ry, Rz. Определение жесткости КЭ55 выполнялось по податливостям в соответствии с [4,17]. Общий вид конечно-элементной модели представлен на рисунке 4.



Рис. 1 – Нелинейная диаграмма деформирования бетона

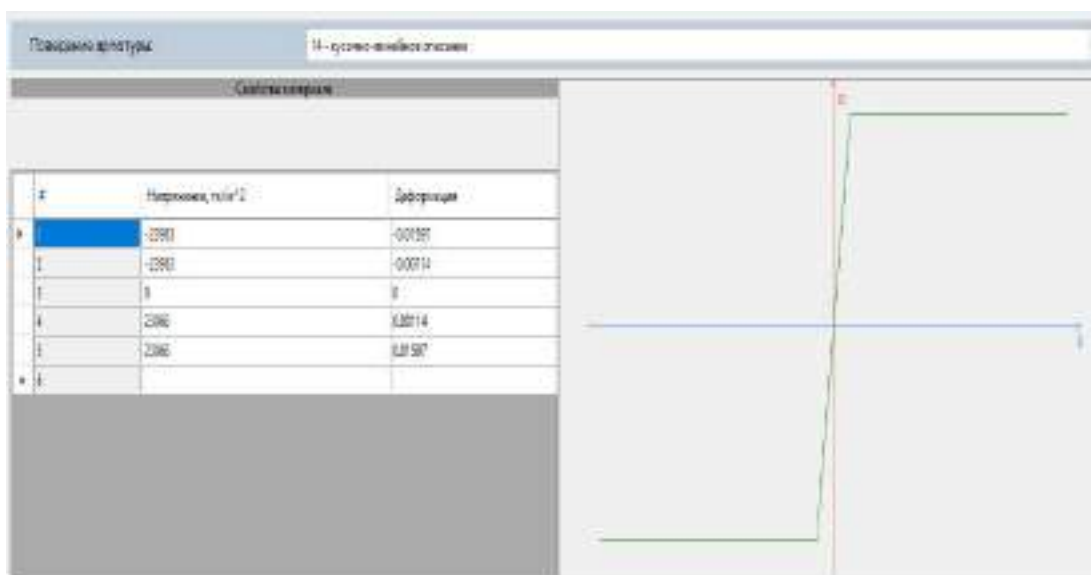


Рис. 2 – Нелинейная диаграмма деформирования арматуры

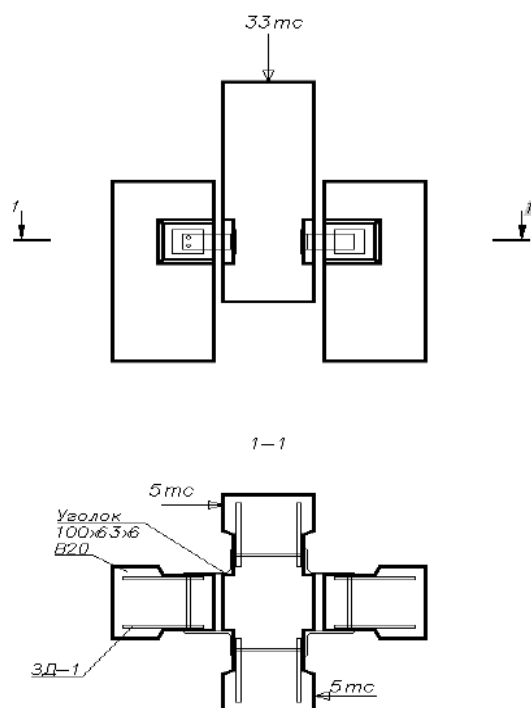


Рис. 3. – Схема загрузки фрагмента

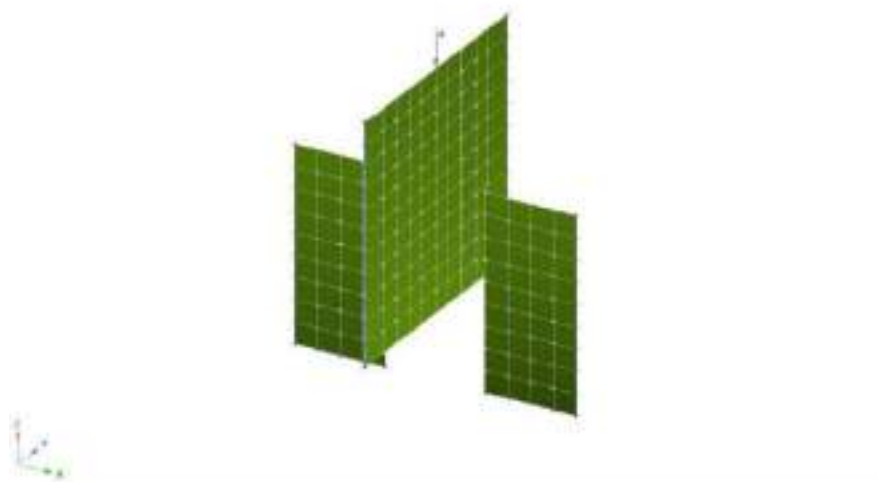


Рис. 4. – Конечно-элементная модель фрагмента

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс нагружения осуществлялся пропорционально предполагаемой разрушающей нагрузке. В результате численного моделирования на седьмом шаге приложения нагрузки при коэффициенте к нагрузке 0,7 произошло разрушение испытуемого образца. Ниже приведены результаты расчета. Максимальная вертикальная нагрузка на образец составила 23,1тс, а максимальные горизонтальные нагрузки, создающие кручение – 3,5тс.

Стык разрушился по конструкции панелей. В [6] разрушение сходного натурального стыка, работающего только на сдвиг, произошло по металлу накладки. На рисунке 5 даны главные напряжения. Следует отметить, жесткость связи на всем протяжении нагружения не корректировалась и оставалась линейно упругой. Нелинейное деформирование стыка и появление дополнительного нагружения, могло оказать влияние на окончательные результаты напряженно-деформированное состояния сопряженных конструкции и самого стыка. Конечный элемент, моделирующий напряженное состояние стыка, методика построения конечноэлементной твердотельной модели, граничные условия соответствующие нагружению фрагмента и сопряжению бетонных панелей нуждаются в уточнении при таком

сложном нагружении.

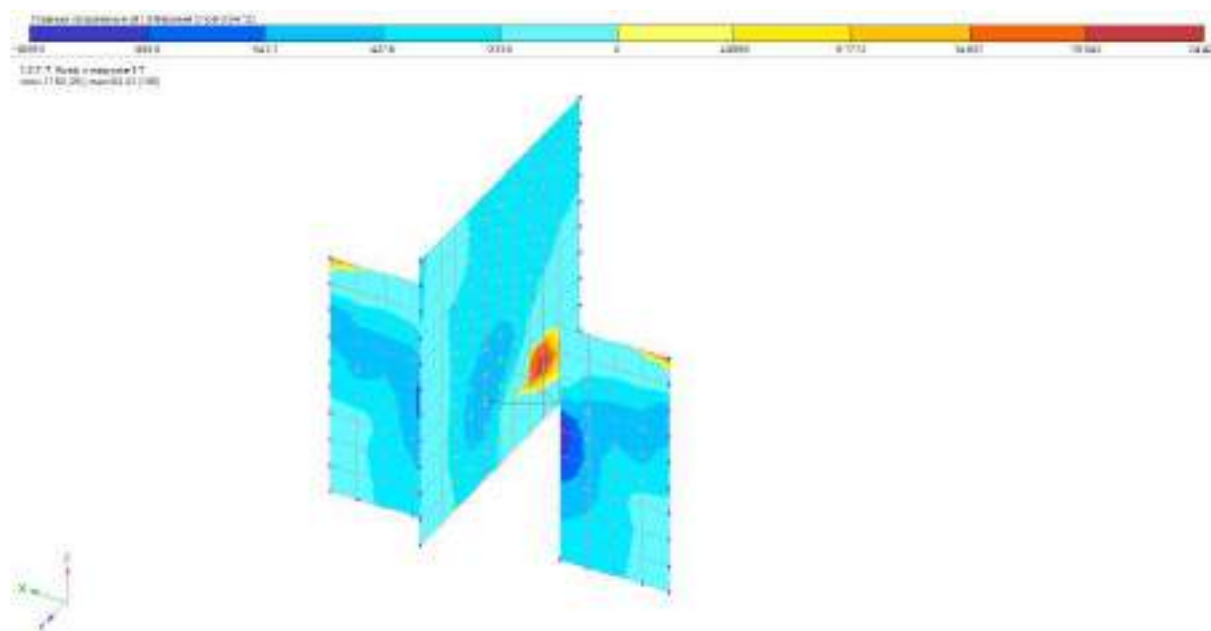


Рис. 5 – Главные напряжения в элементах фрагмента

ВЫВОДЫ

Характерным для представленных в различных работах по деформативности связей сдвига является рассеивание результатов испытаний, которое препятствует завершению построения моделей деформирования вертикальных стыков крупнопанельных зданий.

Определение податливости плотных стыков крупнопанельных зданий по нормативной литературе имеет некоторую неопределённость ввиду того, что методика предлагает линейную работу стыков и их различных соединений. Можно выделить три стадии работы стыков на сдвиг: 1-Упругая – до образования первых трещин; 2- Упругопластическая – образование трещин и деформация арматуры; 3- Пластическая – деформации при постоянной или уменьшающейся нагрузке и значительная деформация арматурных элементов. Получение планируемых экспериментальных данных по сопротивлению плотного стыка сдвигу и крутящему горизонтальному воздействию позволит создать более точную численную модель работы исследуемой конструкции и произвести ее верификацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. Учебное пособие для вузов // М.: Стройиздат, 1977. С. 78-89.
2. Горачек Е., Лишак В.И., Пуме Д. и др. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных конструкций // М.: Стройиздат. 1980. С. 82-87.
3. Todut C, Dan D, Stoian V Theoretical and experimental study on precast reinforced concrete wall panels subjected to shear force Engineering Structures 2014, v 80, pp 323–338.
4. СП 335.1325800.2017. Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования.
5. Блажко В.П. Об определении податливости связей при формировании расчетных моделей панельных зданий // Жилищное строительство. 2017. №3. С.17-21.
6. Люблинский В.А., Томина М.В. Экспериментальное исследование прочности и податливости вертикального сварного стыка // Системы. Методы. Технологии. 2018. №3. С. 154-158.
7. Люблинский В.А. К испытанию вертикальных стыковых соединений панельных зданий// Строительство и реконструкция. 2019. № 5 (85). С. 17-22.
8. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С. Численные исследования надежности горизонтальных контактных стыков панельных зданий в программном комплексе ANSYS MECHANICAL//Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений; - Курск: гос. ун-т, 2018. – С.130-138.
9. Lyublinskiy V.A., Ubysz A. Stress-strain state panel buildings and welded butt joints// E3S Web of Conferences 263, 02015 (2021).

10. Ahilan R., Anandhi S., Govindharajan V. Experimental investigation of vertical connections in precast wall panel under shear load // *Int. J. Sci. Technol. Eng.* 2016. V.20. №2. P. 217-222.
11. Rossley N., Aziz F.N.A.A., Chew H.C., Farzadnia N. Behaviour of vertical loop bar connection in precast wall subjected to shear load // *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 2014. V.8. №1. P. 370-380.
12. Sorensen J.H., Hoang L.C., Fisher G., Olesen J.F. Construction-friendly ductile shear joints for precast concrete panels // *Proceedings of the Second International Conference on Performance-based and Life-cycle Structural Engineering*. Brisbane. 2015. P. 640-649.
13. Люблинский В.А., Кенан А., Хаирие А. Нелинейное деформирование связей сдвига в несущих системах многоэтажных зданий//В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. М., 2020. С. 113-117.
14. Модин А.К., Сергеев М.С., Лисятникова М.О., Суханов А.А. Анализ работы вертикального стыка монолитного шпоночного соединения двух железобетонных панелей с использованием гибкой стержневой арматуры // *Вестник БГТУ им В.Г. Шухова*. 2019. №2. С. 33-38.
15. Дербенцев И.С., Тарасов М.В., Карякин А.А. Натурные испытания вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями на сдвиг // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. 2021. Т. 21. №3. С. 13-22.
16. Карякин А.А., Сонин С.А., Дербенцев И.С., Бельдейко И.А. Экспериментальные исследования вертикальных шпоночных стыков железобетонных стеновых панелей с петлевыми гибкими связями // *Вестник ЮУрГУ*. 2011. №35. С. 16-20.
17. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85) // М.: Стройиздат. 1989. С. 275-288.
18. СТО 36554501-026-2012. Рекомендации по расчету и конструированию жилых крупнопанельных домов с применением бессварных вертикальных и горизонтальных стыков на тросовых петлевых соединениях и многопустотными плитами без опалубочного формования.
19. Shuvalov A., Gorbunov I., Kovalev M., Faizova A. Experimental studies of compliance of vertical joints used in construction of high-rise panel buildings // *MATEC Web of Conferences* 196, 02049 (2018).

ФИЗИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ ПРИ РАСЧЕТЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АРМИРОВАННОГО ПВХ ПРОФИЛЯ

И. С. Аксёнов¹, А. П. Константинов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ivanak1995@mail.ru

²apkonst@yandex.ru

Аннотация

В условиях холодной зимы, характерной для значительной части РФ, оконные ПВХ окна испытывают температурные деформации, способные ухудшать их эксплуатационные характеристики. Данный эффект не учитывается существующими в РФ нормативными документами и методами проектирования оконных конструкций, что становится причиной ряда проблем при эксплуатации ПВХ окон (повышенная воздухопроницаемость, нарушение работы фурнитуры и т.д.). В настоящее время в очень ограниченном количестве работ была сделана попытка разработать аналитические или численные модели для расчета температурных деформаций современных оконных конструкций. Остается открытым вопрос о том, какие факторы должны быть учтены в этих моделях, а какие могут быть отброшены. В настоящей статье был проведен тестовый расчет температурных деформаций армированного оконного блока ПВХ в 4-х различных постановках: (1) без учета физической нелинейности ПВХ, (2) с учетом зависимости модуля упругости ПВХ от температуры, (3) с учетом пластических свойств ПВХ, (4) с учетом зависимости модуля упругости ПВХ и его предела текучести от температуры. Сравнение результатов показало, что учёт физической нелинейности ПВХ лишь на 4.8% изменяет результат моделирования (по максимальным перемещениям), при этом в наибольшей степени это различие обусловлено повышением модуля упругости ПВХ при понижении температуры (это приводит к увеличению жесткости профиля). Пластические деформации в ПВХ профиле появляются лишь в точках соединения профиля и армирующего сердечника. Они приводят к релаксации продольных усилий, передаваемых с профиля на сердечник, что незначительно сказывается на величине моментов, возникающих в углах оконной конструкции. В целом, можно заключить, что физической нелинейностью ПВХ можно пренебречь в инженерных расчетах температурных деформаций оконных конструкций исходя из зимних условий эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в строительную практику начинают внедряться методы численного и численно-аналитического метода расчета напряженно-деформированного состояния [1,2] и технико-эксплуатационных характеристик оконных конструкций. Они приходят на смену действующим аналитическим инженерным методам расчетам подобных конструкций [3-5], которые во многих случаях не соответствуют результатам лабораторных испытаний [6-9]. Очевидно, что применение численных и численно-аналитических методов расчета оконных конструкций позволяют потенциально устранить указанный выше недостаток, однако для этого нужно выявить перечень значимых факторов, которые обязательно нужно учитывать при проведении расчетов. Для оконных блоков ПВХ одним из таких вопросов является оценка влияния физической нелинейности свойств ПВХ, как материала для изготовления оконных профилей, на механическую работу армированного ПВХ профиля при действии температурной нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поливинилхлорид (ПВХ) — продукт полимеризации винилхлорида, исходным сырьем для производства которого является этилен и хлор. ПВХ отличается стойкостью к большинству химических реагентов (щелочам, минеральным маслам, многим кислотам и растворителям),

имеет относительно низкую стоимость производства и обладает малой теплопроводностью. Эти качества сделали ПВХ материалом массового применения в производстве оконных конструкций [10]. ПВХ по своему химическому составу относится к группе термопластов [11]. Линейное строение молекул полимера и их малая связь друг с другом обуславливают сильную зависимость свойств ПВХ от температуры [12]. Исследованию данного вопроса посвящено ограниченное количество работ. На рисунке 1 показана зависимость модуля упругости ПВХ для производства оконного профиля от температуры [13].

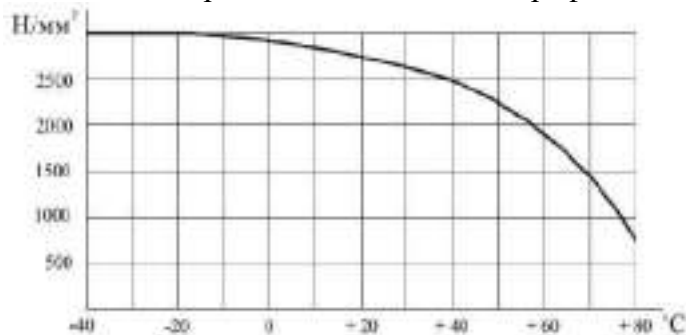


Рис. 1. Зависимость модуля упругости ПВХ для производства оконных профилей от температуры [13]

Также было выполнено исследование влияния отрицательных и положительных температур на предел текучести ПВХ (под руководством Ю.А. Елдашова). Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Табл. 1. Механические характеристики ПВХ для производства оконных профилей

| Температура испытаний, °C | Модуль упругости E, МПа | Предел текучести σ_T , МПа | Деформация разрушения, ϵ , % |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 22 | 2700 | 47 | 224 |
| 40 | 2500 | 37 | 246 |
| -35 | 3000 | 51 | 39 |

Для оценки влияния изменения механических характеристик ПВХ на напряженно-деформированное состояние оконных профилей ПВХ, армированных стальным сердечником, были проведено численное исследование в программном комплексе Comsol Multyphysics (далее COMSOL).

Для этого в программе COMSOL была создана трехмерная модель двухстворчатого оконного блока ПВХ размером 1400x1200 мм с шириной профильных элементов 70 мм, установленного в проем наружной стены. Был проведен расчет температурного поля разработанной модели для зимних условий эксплуатации при следующих граничных условиях: $t_{ex}=-20$ °C; $t_{in}=20$ °C; $\alpha_{ex}=8.7$ Вт/(м²°C) $\alpha_{in}=23$ Вт/(м²°C) (рисунок 2). Теплообмен в замкнутых воздушных камерах (внутри профильных элементов, а также внутри стеклопакета) рассчитывался упрощенно, с использованием эквивалентного сопротивления теплопередаче.

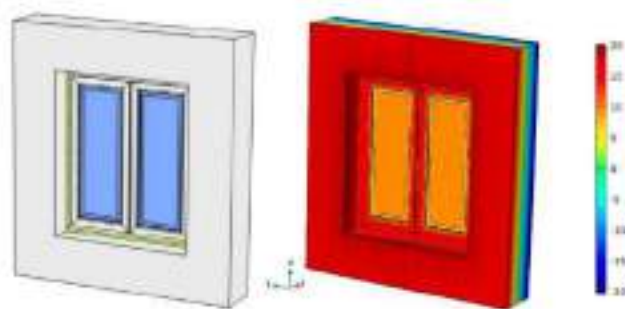


Рис.2. Трехмерная модель оконного блока ПВХ и результат расчета поля температур (легенда в °C)

Из модели был выделен профиль оконной рамы и исследовано установившееся в его поперечном сечении температурное поле. Установлено, что с хорошей точностью его можно аппроксимировать функцией, показанной на рисунке 3.

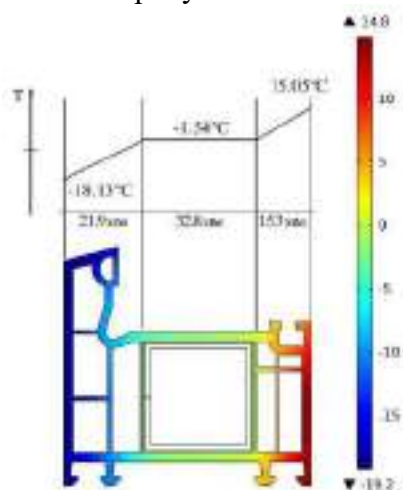


Рис. 3. Температурное поле в поперечном сечении профиля рамы. В нижней части – результат расчета в COMSOL (легенда справа – в °С), в верхней части – функция, аппроксимирующая результат численного решения.

Для того, чтобы выяснить, каким образом физическая нелинейность ПВХ влияет на величину температурных деформаций оконного профиля, в COMSOL был замоделирован ПВХ профиль длиной 1060 мм, который имеет 4 точки крепления к армирующему сердечнику (с шагом 300 мм) (см. рисунок 4). Сечение профиля и сердечника соответствует рисунку 3. Профиль закреплен с двух концов с использованием граничного условия «Rigid Connector» в гибкой постановке (flexible type of connection). На одном конце были наложены связи на перемещения по всем направлениям и на поворот вокруг осей x и y , на втором – на перемещения по осям y и z , и на поворот вокруг осей x и y . Такое закрепление в большей степени отражает реальные условия работы профиля в оконной системе, чем полностью шарнирное, поскольку в углах оконной рамы профили жестко соединены друг с другом посредством сварки [14]. В профиле установлено температурное поле, соответствующее аппроксимирующей функции на рисунке 3. Модель, созданная в COMSOL, отражает реальную трехмерную геометрию ПВХ профиля и сердечника. В точках расположения саморезов между ПВХ профилем и сердечником были заданы шарнирные соединения типа «Cylindrical Joint» с наложенной на осевое перемещение связью (рисунок 5).

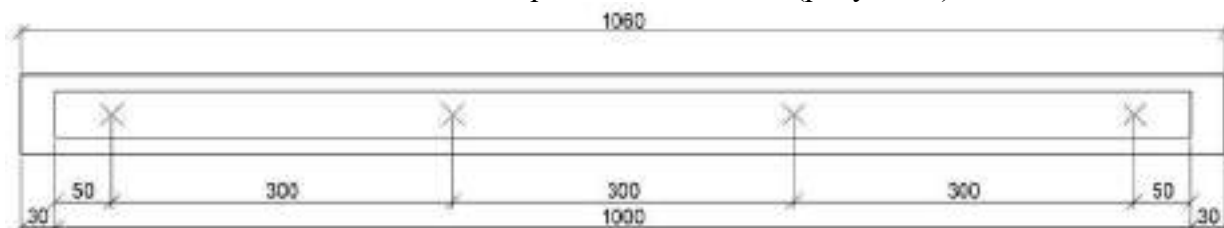


Рис. 4. Оконный профиль ПВХ длиной 1060 мм с сердечником 1000 мм, прикрепленный саморезами в 4-х местах с шагом 300 мм

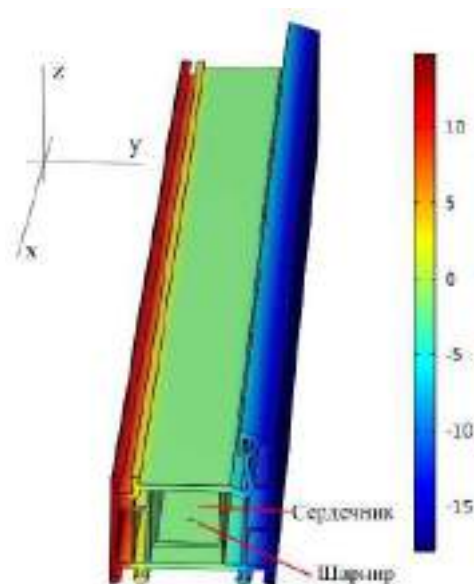


Рис. 5. 3D модель армированного профиля и заданное в ней температурное поле (легенда в °С)

Задача решалась в 4-х различных постановках:

1. Модуль упругости ПВХ был принят постоянным (равным 2700 МПа) и не зависящим от температуры, материал ПВХ считался идеально упругим;
2. Была использована зависимость модуля упругости ПВХ от температуры, изображенная на рисунке 1, материал ПВХ считался идеально упругим [15];
3. Модуль упругости ПВХ был принят постоянным (равным 2700 МПа) и не зависящим от температуры, материал ПВХ считался идеально упруго-пластичным с пределом текучести, не зависящим от температуры (равным 47 МПа);
4. Была использована зависимость модуля упругости ПВХ от температуры, изображенная на рисунке 1, материал ПВХ считался идеально упруго-пластичным с пределом текучести, определяемым интерполяцией в зависимости от температуры по таблице 1;

Другие свойства материалов, использованные в расчете, представлены в таблице 2.

Табл. 2. Свойства материалов, используемые в расчете

| Материал | Параметр | Значение |
|----------|---|-------------------------------------|
| ПВХ | Коэффициент Пуассона | 0.35 |
| | Плотность | 1500 кг/м ³ |
| | Коэффициент линейного температурного расширения | $7 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ |
| Сталь | Модуль упругости | 73000 МПа |
| | Коэффициент Пуассона | 0.25 |
| | Плотность | 2500 кг/м ³ |
| | Коэффициент линейного температурного расширения | $1.22 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ |

Контролируемыми параметрами, на основе которых производилось сравнение результатов, были:

1. Максимальные перемещения в ПВХ профиле и в армирующем сердечнике;
2. Силы реакции в связях, наложенных на торцы ПВХ профиля;

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общий вид деформированной схемы (на примере 4-ой постановки) по результатам расчета показан на рисунке 6.

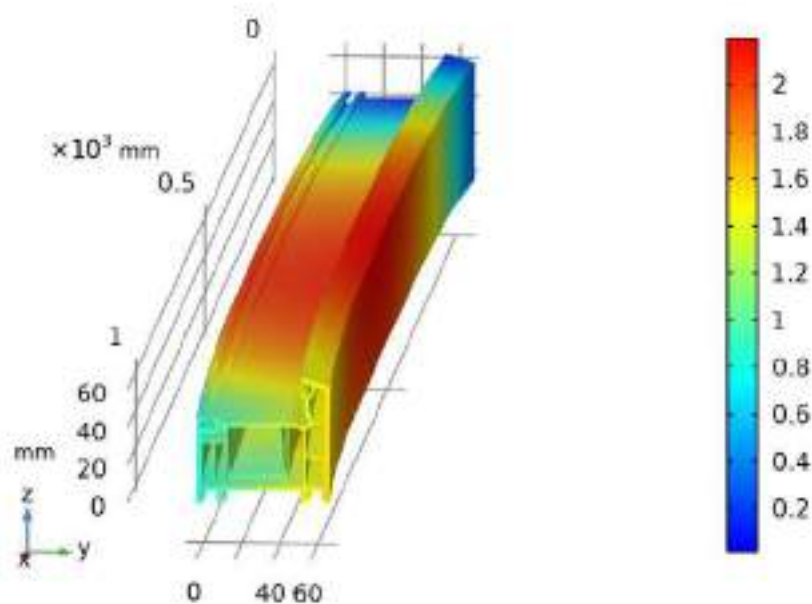


Рис. 6. Деформированная схема профиля (перемещения в мм)

Сравнение результатов по выделенным критериям для всех постановок задачи приведено в таблице 3.

Табл. 3. Сравнение результатов моделирования различных постановок задачи

| Показатель | Элемент | 1 пост. | 2 пост. | 3 пост. | 4 пост. |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Максимальное перемещение, мм | ПВХ проф. | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.2 |
| | сердечник | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 2.0 |
| Реактивный момент M_x , Н·м | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 53 | 60 | 74 | 83 |
| Реактивный момент M_y , Н·м | | - | - | - | - |
| | | 21.4 | 22.7 | 21.2 | 22.4 |

ВЫВОДЫ

Как видно из приведенных выше данных, физическая нелинейность материала практически никак не влияет на величину прогибов армированного ПВХ профиля и на моменты реакции в закрепленных гранях. Относительная разница между 1-ой постановкой (где физическая нелинейность материала не учитывалась совсем) и 4-ой (где она учитывалась в наибольшей степени) по прогибам составляет 4.8%. При этом результаты для 1 и 3 постановок, а также для 2 и 4-ой попарно совпали (с точностью до округления). Это говорит о том, что наблюдаемая разница в 4.8% обусловлена зависимостью модуля упругости ПВХ от температуры, а не его пластическими свойствами. Модуль упругости ПВХ повышается с понижением температуры и профиль, таким образом, приобретает бóльшую изгибную жесткость и с бóльшей силой сгибается армирующий сердечник. Пластические свойства ПВХ приводят к незначительному уменьшению реактивного момента M_y . Изгиб профиля вокруг оси y (изгиб происходит вниз) обусловлен тем, что в точках крепления ПВХ профиля к армирующему сердечнику возникают усилия (из-за разной температурной «усадки» профиля и сердечника») направленные вдоль оси x от центра профиля. Эти усилия имеют эксцентриситет по отношению к нейтральной оси профиля, что и вызывает изгиб. В следствие пластических свойств ПВХ в точках крепления происходит релаксация напряжений, величина продольных усилий уменьшается, уменьшается и изгибный момент. Учет зависимости модуля упругости и предела текучести ПВХ от температуры, наоборот, повышают реактивный момент M_y , поскольку при охлаждении увеличивается жесткость профиля и снижается эффект релаксации напряжений (предел текучести повышается с понижением температуры). По результатам также видно, что профиль почти не испытывает кручения.

Таким образом, было показано, что игнорирование физической нелинейности ПВХ не приводит к существенным погрешностям при расчете температурных деформаций элементов оконной конструкции исходя из зимних условий эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сесюнин, С.Г., Елдашов, Ю.А. Моделирование сопряженной задачи термоупругости на примере анализа вариантов конструктивного оформления оконного блока зданий // Светопрозрачные конструкции. 2005. №4.
2. Аксёнов, И.С., Константинов, А.П. Упрощенный подход к моделированию уплотнителя для прочностного расчета оконных конструкций // Вестник МГСУ. 2021. № 16(3). С. 317–330. DOI:10.22227/1997-0935.2021.3.317-330.
3. Калабин, В.А. Оценка величины тепловой деформации ПВХ-профиля. Ч. 1. Зимние поперечные деформации // Светопрозрачные конструкции. 2013. № 1(2). С. 6–9.
4. Калабин, В.А. Оценка величины тепловой деформации ПВХ-профиля. Ч. 2. Летние поперечные деформации // Светопрозрачные конструкции. 2013. № 3, С. 12-15.
5. Власенко Д.В. Почему коробит окно. Кто виноват и что делать? // Оконное производство. 2014. №39. С. 42-44.
6. Konstantinov, A., Verkhovsky, A. Assessment of the Negative Temperatures Influence on the PVC Windows Air Permeability // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. №753(2). DOI:10.1088/1757-899X/753/2/022092.

7. Verkhovskiy A., Bryzgalin V., Lyubakova E. Thermal deformation of window for climatic conditions of Russia // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. №463. DOI:10.1088/1757-899X/463/3/032048.
8. Елдашов Ю.А., Сесюнин С.Г., Ковров В.Н. Экспериментальное исследование типовых оконных блоков на геометрическую стабильность и приведенное сопротивление теплопередаче от действия тепловых нагрузок // Вестник МГСУ. 2009. №3. С. 146–149.
9. Константинов А.П. Вопросы расчета оконных блоков из ПВХ на ветровую нагрузку // Перспективы науки. 2018. № 1 (100). С. 26–30.
10. Борискина И.В., Шведов Н.В., Плотников А.А. Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том II. Оконные конструкции из ПВХ. СПб.: НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», 2005. 320 с.
11. Román, K., Szabó, T.J., Marossy, K. Rheological characterization of PVC corncob composites. Effect of molecule weight of PVC // Journal of Physics: Conference Series. 2020. №1527(1). DOI:10.1088/1742-6596/1527/1/012024.
12. Chamchiyan, Y.E., Kovalnogov, V.N., Suranov, D. V. Modeling, research and development of technical properties of exterior walls and PVC windows to influence building microclimate // AIP Conference Proceedings. 2018. №2040. DOI:10.1063/1.5079211.
13. Борискина, И.В., Плотников, А.А., Захаров, А.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. 3-е издание. М.: Издательство ABC, 2003. 320 p. ISBN:5930930856.
14. Борискина И.В., Щуров А.Н., Плотников А.А. Окна для индивидуального строительства. М.: Функэ Рус. 2013. 320 с.
15. Xu, K., Chen, W., Liu, L., Zhao, Z., Luo, G. Numerical implementation, comparison and validation of a pressure dependent model for polymer composites // International Journal of Mechanical Sciences. 2021. №212. DOI:10.1016/j.ijmecsci.2021.106818. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2021.106818>.

ПОДБОР НИЗКОЭМИССИОННОГО ОСТЕКЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПРОТИВОСТОЯЩЕГО ЗДАНИЯ

В. Г. Гагарин^{1,2}, Е. В. Коркина^{1,2}, М. Д. Тюленев¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ФГБУ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, Москва, Локомотивный пр., 21)

²*elena.v.korkina@gmail.com.*

Аннотация

В строительной науке проводятся теоретические и экспериментальные исследования, направленные на энергосбережение в зданиях. В части светопрозрачных ограждающих конструкций разработаны критерии для выбора энергосберегающего остекления на основе ряда параметров: теплотехнических, энергетических и светотехнических. В данной работе рассматривается критерий выбора энергосберегающего остекления, представленный в нормативном документе для одиночно стоящего здания. Его расчет основан на вычислении отношения разности трансмиссионных теплопотерь при использовании остекления без покрытий и с энергосберегающими покрытиями к разности теплопоступлений от солнечной радиации при использовании тех же типов остекления. При наличии противостоящего здания изменяется поступающая солнечная радиация, следовательно, изменяется значения критерия и выбор энергосберегающего остекления. В данной работе проводятся исследования по влиянию противостоящего здания на значение критерия и выбор энергосберегающего остекления при изменении ряда параметров: расстояния между зданиями, средневзвешенного альбедо фасада противостоящего здания и др.

Ключевые слова: энергосберегающее остекление, солнечная радиация, противостоящее здание, критерий выбора остекления, ГСОП.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в строительной науке проводятся теоретические и экспериментальные исследования, направленные на энергосбережение [1, 2]. Такие исследования относятся как к конфигурации и архитектуре здания [3], так и к ограждающим конструкциям, и к применяемым строительным материалам [4, 5], например, к стеклам со специальными покрытиями, способствующими энергосбережению [6]. Особенно актуальны такие исследования при расширении архитектурных решений зданий и применении остекленных фасадов в различных климатических зонах России. Поэтому в части светопрозрачных ограждающих конструкций разработаны критерии для выбора энергосберегающего остекления на основе ряда параметров: теплотехнических, энергетических и светотехнических [7, 8].

В нормативном документе [9] содержится критерий подбора энергосберегающего остекления для конкретного здания. Критерий включает характеристики климата, такие, как ГСОП и поступающую за отопительный период солнечную радиацию, так и характеристики заполнения светопроемов – используемые переплеты и остекление. Физический смысл критерия состоит в том, что замена остекления на энергосберегающее приводит к экономии энергии в том случае, если сокращение трансмиссионных теплопотерь больше сокращения теплопоступлений от солнечной радиации.

Критерий представляется в виде отношения разности теплопотерь при использовании остекления без покрытий и с энергосберегающими покрытиями к разности теплопоступлений от солнечной радиации при использовании тех же типов остекления. При выводе формулы для вычисления критерия [10] рассматривались трансмиссионные теплопотери и теплопоступления от солнечной радиации через заполнения светопроемов, расположенные на всех фасадах здания. Однако, при наличии противостоящего здания,

значение солнечной радиации, поступающей к одному (или к нескольким) фасадам здания, изменяется, а трансмиссионные теплотери не меняются. Следовательно, значение критерия также меняется. В настоящей работе рассматривается влияние противостоящего здания для фасада заданной ориентации на значение критерия и, следовательно, на подбор энергосберегающего остекления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходя из вывода критерия, представленного в работе [10], для каждого фасада здания можно записать значение критерия:

$$M_{ji} = \frac{0,0864 \cdot \text{ГСОП} \cdot \sum_{l=1}^{L_j} A_{jl} \cdot \left(\frac{1}{R_{\text{он}jl}^{\text{np}}} - \frac{1}{R_{\text{э}н}^{\text{np}}} \right)}{I_{ji}^{\text{сеп}} \cdot \sum_{l=1}^{L_j} \tau_{2jl} \cdot A_{jl} \cdot (g_{\text{он}jl} - g_{\text{э}н}^{\text{п}})}, \quad (1)$$

где: L_j – количество окон на j -ом фасаде, шт.;

$I_{ji}^{\text{сеп}}$ – солнечная радиация, поступающая на j -тый фасад в течение i -того месяца отопительного периода, МДж/год·м²;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год.

A_{jl} – площадь l -го окна на j -том фасаде, м²;

τ_{2jl} – коэффициент, учитывающий затенение светового проема l -го окна на j -том фасаде непрозрачными элементами заполнения, доли ед., рассчитывается согласно [9];

g_{jl} – коэффициент общего пропускания солнечной энергии стеклопакетом (без покрытий (индекс «бп») и с энергосберегающими покрытиями (индекс «эп»), соответственно), установленным в n -е окно на j -том фасаде, определяется согласно [9];

$R_{\text{он}jl}^{\text{np}}, R_{\text{э}н}^{\text{п}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока со стеклами без покрытий (индекс «бп») и с энергосберегающими покрытиями (индекс «эп»), м²·°С/Вт; рассчитывается согласно [9].

Применение энергосберегающего остекления считается оправданным при выполнении условия:

$$M_j > 1 \quad (2)$$

Чем больше значение критерия M_j , тем выгоднее применение в данном климате при наличии противостоящего здания оконного блока с остеклением, обладающим энергосберегающими свойствами.

Значение общей солнечной радиации, поступающей на фасад заданной ориентации при наличии противостоящего здания с учетом ясных и облачных дней определяется из соотношения [11]:

$$\hat{I}^{\text{сеп}}(x, y) = d_{\text{я}} (\hat{S}_{\text{я}}^{\text{сеп}}(x, y) + \hat{D}_{\text{я}}^{\text{сеп}}(x, y) + \hat{R}_{\text{я}}^{\text{сеп}}(x, y)) + (d - d_{\text{я}}) (\hat{S}^{\text{сеп}}(x, y) + \hat{D}^{\text{сеп}}(x, y) + \hat{R}^{\text{сеп}}(x, y)) \quad (3)$$

где: d – общее количество дней в месяце;

$d_{\text{я}}$ – количество дней в месяце с безоблачным (ясным) небом;

$\hat{S}_{\text{я}}^{\text{сеп}}(x, y), \hat{S}^{\text{сеп}}(x, y)$ – прямая радиация, поступающая на фасад при наличии противостоящего здания, в ясные и облачные дни, соответственно, МДж/м²;

$\hat{D}_{\text{я}}^{\text{сеп}}(x, y), \hat{D}^{\text{сеп}}(x, y)$ – рассеянная радиация, поступающая на фасад при наличии противостоящего здания, в ясные и облачные дни, соответственно, МДж/м²;

$\hat{R}_y^{sep}(x, y)$, $\hat{R}^{sep}(x, y)$ – отраженная от фасада противостоящего здания солнечная радиация, в ясные и облачные дни, соответственно, МДж/м².

Вычисление прямой солнечной радиации, как в ясные, так и в облачные дни, с учетом затенения противостоящим зданием проводится за периоды облучения по следующей формуле [12]:

$$\hat{S}_{3Д}^{sep}(x, y) = \sum_{t_{\oplus}=t_{1n}}^{t_{\oplus}=t_{1k}} S^{sep}(t) + \sum_{t_{\oplus}=t_{2n}}^{t_{\oplus}=t_{2k}} S^{sep}(t) + \sum_{t_{\oplus}=t_{3n}}^{t_{\oplus}=t_{3k}} S^{sep}(t), \quad (4)$$

Где прямая солнечная радиация, поступающая на вертикальную поверхность за середину часового интервала истинного солнечного времени t_{\square} :

$$S^{sep}(t) = K_{ГВ}^u(t) \cdot S^{zop}(t), \quad (5)$$

где: $S^{zop}(t_{\square})$ – прямая радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, МДж/м²;

$K_{ГВ}^u(t_{\square})$ – коэффициенты пересчета с горизонтальной поверхности на вертикальную по часам светового дня рассчитываются согласно [12], имеют зависимость от широты местности.

Расчет рассеянной солнечной радиации для ясных и облачных дней с учетом влияния противостоящего здания проводится по формуле [13]:

$$\hat{D}^{sep}(x, y) = \frac{D^{zop}}{2} \left[1 - (\varepsilon_{13Д}(x, y) + \varepsilon_{23Д}(x, y)) \right], \quad (6)$$

Коэффициенты перекрытия небосвода противостоящим зданием, $\varepsilon_{13Д}(x, y)$ и $\varepsilon_{23Д}(x, y)$ определяются согласно [13].

Отраженная от противостоящего здания солнечная радиация для ясных и облачных дней определяется по формуле [14]:

$$\hat{R}^{sep}(x, y) = R(r_B(x, y) + r_H(x, y)), \quad (7)$$

Солнечная радиация, отражаемая от всего фасада противостоящего здания:

$$R = \frac{I_{3Д}^{вер} \cdot A_{3Д}}{100}, \quad (8)$$

где: $A_{3Д}$ – средневзвешенное альbedo фасада противостоящего здания, %; определяется по [15];

$I_{3Д}^{вер}$ – суммарная солнечная радиация, поступающая на вертикальный фасад противостоящего здания, МДж/м²; определяется по [11];

$r_B(x, y)$, $r_H(x, y)$ – коэффициенты поступления отраженной солнечной радиации на исследуемую область фасада от верхней и нижней частей противостоящего здания, соответственно, рассчитываются согласно работе [14].

Определим изменение критерия M_j при изменении: ориентации фасадов, климата, учета ясных и облачных дней, географической широты, расстояния между зданиями, средневзвешенного альbedo фасада противостоящего здания и др.

В качестве методического примера для расчета критерия M_j рассматривается здание высотой 42,6 метра и шириной 33 метра. Напротив каждого из фасадов исследуемого здания расположено противостоящее здание, имеющее те же размеры, что и исследуемое.

Критерий M_j рассчитывается для каждого фасада исследуемого здания при изменении ряда условий:

1. Последовательно меняется ориентация исследуемого фасада по четырем основным румбам.
2. Последовательно изменяется расстояние между зданиями: 20, 40, 60, 80, 100, 140 м.
3. Рассматривается два месторасположения зданий с различным климатом - для этого выбрана пара городов России, находящихся на одной широте, т.е. имеющие одинаковый расчет $K_{ГВ}$, но различную поступающую солнечную радиацию и ГСОП: г. Владивосток и г. Сочи (см. таблицу 1).
4. Последовательно меняется альbedo фасада противостоящего здания: 30%, 50%, 80%.
5. В исследуемом здании последовательно меняется остекление без покрытий на энергосберегающее остекление, представленное в нескольких вариантах (см. таблицу 2).

Табл. 1. Характеристики исследуемых городов

| Параметр | Город | |
|--|-------------|---------|
| | Владивосток | Сочи |
| ГСОП | 5584 | 1269 |
| Широта | 43° 7' | 43° 35' |
| Продолжительность отопительного периода, дни | 198 | 94 |
| Суммарная солнечная радиация по четырем румбам за отопительный период при открытом горизонте, МДж/м ² | 8534 | 2968 |

Табл. 2. Исследуемые стеклопакеты со стеклами без покрытий и с энергосберегающими покрытиями.

| № | Формула стеклопакета | Обозначение | g, доли ед. | U_0 , Вт/(м ² ·°C) |
|---|-----------------------|-------------|-------------|---------------------------------|
| 1 | 4М1-16Ar-4М1-16Ar-4М1 | БП | 0,68 | 1,7 |
| 2 | 4СИ-16Ar-4М1 | ЭП№1 | 0,42 | 1 |
| 3 | 6М1-12Ar-4М1-12Ar-4И | ЭП№2 | 0,57 | 1 |
| 4 | 4К-16Ar-4М1-16Ar-4К | ЭП№3 | 0,58 | 0,8 |
| 5 | 4И-16Ar-4М1-16Ar-4И | ЭП№4 | 0,5 | 0,6 |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки влияния противостоящего здания при изменении указанных выше условий по формулам (1)-(8) произведен расчет критерия M_j для исследуемого фасада. В таблицах 3-5 приведены результаты расчета M_j для расстояния между зданиями 20, 40, 60, 80, 100, 140 метра и средневзвешенного альbedo фасада противостоящего здания 30, 50 и 80% для г. Владивостока и г. Сочи.

Табл. 3. Значение критерия M_j для расстояния между зданиями 20, 40, 60, 80, 100, 140 метров и альbedo фасада противостоящего здания 30% для г. Владивостока и г. Сочи.

| Остекление | Значение критерия M_j для г. Владивостока и г. Сочи при различной ориентации фасада и расстоянии до противостоящего здания | | | | | | | |
|------------|--|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| | Владивосток | | | | Сочи | | | |
| | юг | запад | север | восток | юг | запад | север | восток |
| 20 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 1,34 | 1,26 | 1,39 | 1,25 | 1,11 | 0,88 | 1,16 | 0,88 |
| ЭП№2 | 3,40 | 3,20 | 3,52 | 3,18 | 2,81 | 2,24 | 2,94 | 2,24 |
| ЭП№3 | 4,80 | 4,52 | 4,98 | 4,50 | 3,97 | 3,17 | 4,16 | 3,17 |
| ЭП№4 | 2,94 | 2,77 | 3,05 | 2,75 | 2,43 | 1,94 | 2,54 | 1,94 |
| 40 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,67 | 0,77 | 0,91 | 0,73 | 0,49 | 0,48 | 0,71 | 0,48 |
| ЭП№2 | 1,69 | 1,96 | 2,32 | 1,84 | 1,25 | 1,22 | 1,79 | 1,21 |
| ЭП№3 | 2,39 | 2,77 | 3,28 | 2,60 | 1,77 | 1,73 | 2,53 | 1,71 |
| ЭП№4 | 1,46 | 1,69 | 2,01 | 1,59 | 1,08 | 1,06 | 1,55 | 1,05 |
| 60 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,46 | 0,69 | 0,86 | 0,62 | 0,29 | 0,44 | 0,61 | 0,44 |
| ЭП№2 | 1,17 | 1,75 | 2,19 | 1,56 | 0,73 | 1,12 | 1,53 | 1,10 |
| ЭП№3 | 1,65 | 2,48 | 3,09 | 2,21 | 1,04 | 1,59 | 2,17 | 1,56 |
| ЭП№4 | 1,01 | 1,52 | 1,89 | 1,35 | 0,63 | 0,97 | 1,33 | 0,96 |
| 80 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,38 | 0,71 | 0,92 | 0,60 | 0,24 | 0,44 | 0,66 | 0,43 |
| ЭП№2 | 0,97 | 1,81 | 2,34 | 1,51 | 0,60 | 1,12 | 1,68 | 1,09 |
| ЭП№3 | 1,38 | 2,56 | 3,31 | 2,13 | 0,85 | 1,58 | 2,37 | 1,55 |
| ЭП№4 | 0,84 | 1,57 | 2,03 | 1,31 | 0,52 | 0,97 | 1,45 | 0,95 |
| 100 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,34 | 0,71 | 1,01 | 0,58 | 0,19 | 0,46 | 0,72 | 0,45 |
| ЭП№2 | 0,86 | 1,80 | 2,57 | 1,48 | 0,49 | 1,17 | 1,83 | 1,13 |
| ЭП№3 | 1,21 | 2,55 | 3,63 | 2,09 | 0,69 | 1,65 | 2,59 | 1,60 |
| ЭП№4 | 0,74 | 1,56 | 2,22 | 1,28 | 0,42 | 1,01 | 1,58 | 0,98 |
| 140 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,34 | 0,73 | 1,17 | 0,56 | 0,19 | 0,45 | 0,89 | 0,44 |
| ЭП№2 | 0,86 | 1,85 | 2,97 | 1,43 | 0,49 | 1,15 | 2,26 | 1,11 |
| ЭП№3 | 1,21 | 2,61 | 4,20 | 2,02 | 0,69 | 1,63 | 3,19 | 1,57 |
| ЭП№4 | 0,74 | 1,60 | 2,57 | 1,24 | 0,42 | 1,00 | 1,95 | 0,96 |

Табл. 4. Значение критерия M_j для расстояния между зданиями 20, 40, 60, 80, 100, 140 метров и альbedo фасада противостоящего здания 50% для г. Владивостока и г. Сочи.

| Остекление | Значение критерия M_j для г. Владивостока и г. Сочи при различной ориентации фасада и расстоянии до противостоящего здания | | | | | | | |
|------------|--|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| | Владивосток | | | | Сочи | | | |
| | юг | запад | север | восток | юг | запад | север | восток |
| 20 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 1,26 | 1,08 | 1,14 | 1,10 | 1,03 | 0,73 | 0,91 | 0,74 |
| ЭП№2 | 3,18 | 2,74 | 2,89 | 2,78 | 2,60 | 1,86 | 2,31 | 1,87 |
| ЭП№3 | 4,50 | 3,88 | 4,09 | 3,93 | 3,68 | 2,63 | 3,27 | 2,64 |
| ЭП№4 | 2,76 | 2,37 | 2,50 | 2,41 | 2,25 | 1,61 | 2,00 | 1,62 |
| 40 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,64 | 0,65 | 0,69 | 0,64 | 0,47 | 0,40 | 0,52 | 0,40 |

| | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ЭП№2 | 1,63 | 1,65 | 1,76 | 1,62 | 1,20 | 1,03 | 1,31 | 1,02 |
| ЭП№3 | 2,30 | 2,33 | 2,49 | 2,30 | 1,70 | 1,45 | 1,85 | 1,45 |
| ЭП№4 | 1,41 | 1,43 | 1,52 | 1,41 | 1,04 | 0,89 | 1,13 | 0,89 |
| 60 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,45 | 0,60 | 0,66 | 0,56 | 0,28 | 0,39 | 0,44 | 0,39 |
| ЭП№2 | 1,14 | 1,53 | 1,67 | 1,43 | 0,72 | 0,99 | 1,11 | 0,98 |
| ЭП№3 | 1,62 | 2,16 | 2,36 | 2,02 | 1,02 | 1,40 | 1,57 | 1,38 |
| ЭП№4 | 0,99 | 1,32 | 1,45 | 1,23 | 0,62 | 0,85 | 0,96 | 0,85 |
| 80 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,38 | 0,64 | 0,73 | 0,56 | 0,23 | 0,40 | 0,49 | 0,40 |
| ЭП№2 | 0,96 | 1,64 | 1,85 | 1,42 | 0,59 | 1,02 | 1,25 | 1,00 |
| ЭП№3 | 1,36 | 2,31 | 2,61 | 2,01 | 0,84 | 1,44 | 1,77 | 1,42 |
| ЭП№4 | 0,83 | 1,42 | 1,60 | 1,23 | 0,51 | 0,88 | 1,09 | 0,87 |
| 100 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,34 | 0,66 | 0,83 | 0,56 | 0,19 | 0,43 | 0,56 | 0,42 |
| ЭП№2 | 0,85 | 1,68 | 2,11 | 1,42 | 0,48 | 1,09 | 1,42 | 1,07 |
| ЭП№3 | 1,20 | 2,38 | 2,98 | 2,01 | 0,68 | 1,55 | 2,00 | 1,51 |
| ЭП№4 | 0,74 | 1,45 | 1,83 | 1,23 | 0,42 | 0,95 | 1,23 | 0,93 |
| 140 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,34 | 0,70 | 1,03 | 0,55 | 0,19 | 0,44 | 0,75 | 0,42 |
| ЭП№2 | 0,85 | 1,77 | 2,62 | 1,40 | 0,49 | 1,11 | 1,89 | 1,08 |
| ЭП№3 | 1,21 | 2,50 | 3,71 | 1,98 | 0,69 | 1,57 | 2,68 | 1,52 |
| ЭП№4 | 0,74 | 1,53 | 2,27 | 1,21 | 0,42 | 0,96 | 1,64 | 0,93 |

Табл. 5. Значение критерия M_j для расстояния между зданиями 20, 40, 60, 80, 100, 140 метров и альbedo фасада противостоящего здания 80% для г. Владивостока и г. Сочи.

| Остекление | Значение критерия M_j для г. Владивостока и г. Сочи при различной ориентации фасада и расстоянии до противостоящего здания | | | | | | | |
|------------|--|-------|-------|--------|------|-------|-------|--------|
| | Владивосток | | | | Сочи | | | |
| | юг | запад | север | восток | юг | запад | север | восток |
| 20 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 1,15 | 0,89 | 0,90 | 0,92 | 0,92 | 0,58 | 0,69 | 0,59 |
| ЭП№2 | 2,91 | 2,26 | 2,28 | 2,34 | 2,34 | 1,48 | 1,75 | 1,49 |
| ЭП№3 | 4,12 | 3,20 | 3,22 | 3,31 | 3,31 | 2,10 | 2,48 | 2,11 |
| ЭП№4 | 2,52 | 1,96 | 1,97 | 2,03 | 2,03 | 1,28 | 1,52 | 1,29 |
| 40 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,61 | 0,53 | 0,51 | 0,54 | 0,45 | 0,33 | 0,37 | 0,33 |
| ЭП№2 | 1,54 | 1,33 | 1,29 | 1,38 | 1,13 | 0,83 | 0,93 | 0,83 |
| ЭП№3 | 2,18 | 1,89 | 1,83 | 1,95 | 1,60 | 1,17 | 1,32 | 1,18 |
| ЭП№4 | 1,33 | 1,15 | 1,12 | 1,19 | 0,98 | 0,72 | 0,81 | 0,72 |
| 60 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,44 | 0,51 | 0,49 | 0,50 | 0,28 | 0,33 | 0,31 | 0,33 |
| ЭП№2 | 1,11 | 1,29 | 1,23 | 1,26 | 0,70 | 0,84 | 0,79 | 0,83 |
| ЭП№3 | 1,57 | 1,82 | 1,74 | 1,78 | 0,99 | 1,18 | 1,11 | 1,18 |
| ЭП№4 | 0,96 | 1,11 | 1,07 | 1,09 | 0,60 | 0,72 | 0,68 | 0,72 |
| 80 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,37 | 0,56 | 0,55 | 0,52 | 0,23 | 0,36 | 0,36 | 0,35 |
| ЭП№2 | 0,94 | 1,43 | 1,40 | 1,31 | 0,58 | 0,90 | 0,91 | 0,89 |
| ЭП№3 | 1,33 | 2,02 | 1,98 | 1,85 | 0,82 | 1,28 | 1,29 | 1,26 |
| ЭП№4 | 0,82 | 1,24 | 1,21 | 1,13 | 0,50 | 0,78 | 0,79 | 0,77 |
| 100 метров | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ЭП№1 | 0,33 | 0,60 | 0,66 | 0,53 | 0,19 | 0,40 | 0,42 | 0,39 |
| ЭП№2 | 0,84 | 1,53 | 1,67 | 1,34 | 0,48 | 1,00 | 1,06 | 0,99 |
| ЭП№3 | 1,19 | 2,16 | 2,35 | 1,89 | 0,68 | 1,42 | 1,50 | 1,39 |
| ЭП№4 | 0,73 | 1,32 | 1,44 | 1,16 | 0,42 | 0,87 | 0,92 | 0,85 |
| 140 метров | | | | | | | | |
| ЭП№1 | 0,33 | 0,66 | 0,88 | 0,53 | 0,19 | 0,42 | 0,60 | 0,41 |
| ЭП№2 | 0,85 | 1,67 | 2,23 | 1,35 | 0,48 | 1,05 | 1,53 | 1,03 |
| ЭП№3 | 1,20 | 2,36 | 3,15 | 1,92 | 0,68 | 1,49 | 2,16 | 1,45 |
| ЭП№4 | 0,74 | 1,44 | 1,93 | 1,17 | 0,42 | 0,91 | 1,32 | 0,89 |

Проанализируем последовательно влияние рассматриваемых параметров на решение по выбору остекления с использованием критерия M_j . Из данных таблиц 3–5 следует, что значение критерия M_j наиболее чувствительно к расстоянию между зданиями, альбедо фасада и замене остекления для г. Сочи, нежели для г. Владивостока.

Так, для южного фасада в г. Сочи энергосберегающее остекление с солнцезащитным покрытием подходит только при небольшом альбедо фасада (30%) и небольшом расстоянии между зданиями (20 м). Энергосберегающее остекление без солнцезащитного покрытия для южного фасада подходит для расстояния до 40 м при всех альбедо фасада (кроме остекления ЭП№3 – до 60 метров). Для восточного и западного фасада г. Сочи при альбедо 30% и расстоянии 20–40 м подходит остекление ЭП№2, ЭП№3, ЭП№4, а при расстоянии более 40 м остекление ЭП№4 не подходит. При альбедо 50% и 80% и расстоянии до 40 м наиболее подходящими являются варианты ЭП№2, ЭП№3, реже – ЭП№4, а далее расстояния 40–140 м наиболее подходящим становится вариант ЭП№3 и, чуть реже, ЭП№2. Для северного фасада г. Сочи при альбедо фасада 30–50% не подходит только ЭП№1 (за исключением одного пограничного случая с применением ЭП№4).

Для южного фасада г. Владивостока все варианты рассматриваемого остекления подходят только при расстоянии между зданиями 20 м и альбедо фасада 30% и 50%. При расстоянии 40–60 м и альбедо 30, 50 и 80 % подходят остекления ЭП№2 и ЭП№3, реже ЭП№4. При расстоянии 80–140 м и альбедо 30, 50 и 80% подходит только остекление ЭП№3. Для восточного и западного фасадов при всех значениях альбедо и расстоянии 20 м подходят все варианты остекления. Далее, при увеличении расстояния подходят варианты ЭП№2, ЭП№3, ЭП№4. Для северного фасада подходят варианты остекления ЭП№2, ЭП№3, ЭП№4, значительно реже ЭП№1.

ВЫВОДЫ

Таким образом, результаты, представленные в работе, показали, что выбор энергосберегающего остекления на основе рассматриваемого критерия зависит от влияния противостоящего здания. Следовательно, с целью подбора энергосберегающего остекления, значение критерия следует определять для каждого фасада здания отдельно в зависимости от наличия противостоящего здания заданной конфигурации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gagarin V.G. Thermal Performance as the Main Factor of Energy Saving of Buildings in Russia. // Procedia Engineering. 2016. Vol. 146. P. 112–119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.360>
2. Дацюк Т.А., Гримитлин А.М., Аншукова Е.А. Оценка показателей энергоэффективности зданий // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5 (70). С. 141–145. DOI: <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-5-141-145>
3. Kontoleon K.J. Energy Saving Assessment in Buildings with Varying Façade Orientations and Types of Glazing Systems when Exposed to Sun // In International Journal of Performability Engineering. 2013. Vol. 9. № 1. pp. 33–48.
4. Соловьёв А.К. Зеркальные фасады: их влияние на освещение противостоящих зданий // Светотехника. 2017. №2. С. 28–31.
5. Стецкий С.В., Кузнецова П.И. Светотехнические, солнцезащитные и информативные качества окон нетрадиционной формы в гражданских зданиях стран с жарким солнечным климатом. // Научное обозрение.

2017. № 10. С. 20-25.

6. Куприянов В.Н., Седова Ф.Р. Обоснование и развитие энергетического метода расчета инсоляции жилых помещений // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 83–87.
7. Zhang Y., Long E., Li Y., Li P. Solar radiation reflective coating material on building envelopes: Heat transfer analysis and cooling energy saving // Energy Exploration & Exploitation. 2017. pp. 1-19.
8. Levinson R. Using solar availability factors to adjust cool-wall energy savings for shading and reflection by neighboring buildings // Solar Energy. 2019. Vol. 180. pp. 717-734.
9. СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». – М.: Минстрой России. – 2017.–51 с.
10. Коркина Е.В. Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения. // Жилищное строительство. 2018. №6. С. 6-9.
11. Коркина Е.В., Горбаренко Е.В., Гагарин В.Г., Шмаров И.А. Основные соотношения для расчета облучения солнечной радиацией стен отдельно стоящих зданий. // Жилищное строительство. 2017. №6. С. 27-33.
12. Коркина Е.В., Войтович Е.В., Тюленев М.Д. Расчет поступающей прямой солнечной радиации по часам светового дня. В сборнике: Теоретические основы теплогоснабжения и вентиляции. Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. С. 41-46.
13. Коркина Е.В., Шмаров И.А. Аналитический метод расчета рассеянной солнечной радиации, поступающей на вертикальную поверхность при частично перекрытом небосводе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 230-236.
14. Коркина Е.В., Шмаров И.А., Земцов В.А., Тюленев М.Д. Аналитический метод расчета отраженной от фасада противостоящего здания солнечной радиации. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 4 (382). С. 189-196.
15. Коркина Е.В., Шмаров И.А., Тюленев М.Д. Влияние современных фасадных покрытий на величину средневзвешенного альбеда фасада здания. Строительный материалы. 2021. № 6. С. 33-40.

УСИЛЕНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОВОЛОКНА И УГЛЕПЛАСТИКА

В. И. Линьков¹, Н. В. Линьков², Э. С. Хобот³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹linkov_vi@gic.mgsu.ru

²LinkovNV@gic.mgsu.ru

Аннотация

Рассматривается возможность применения композиционных материалов - стеклопластиков и углепластиков – для усиления деревянных конструкций. Численными методами на примере дощатоклееной балки пролетом 11,6 м, имеющей повреждения в растянутой зоне в середине пролета конструкции проводится анализ эффективности усиления изгибаемого элемента из клееной древесины композиционными материалами на основе стекловолокна и углепластика. Расчет выполняли в программном комплексе SCAD в линейной постановке. Моделирование балки выполняли конечными элементами тип 44 – четырехугольные КЭ оболочки, для которых указывали характеристики, соответствующие древесине. Усиление балки в растянутой зоне на поврежденном участке, выполняли двумя типами композиционного материала: стеклопластиком и углепластиком в виде ламината шириной 140 мм, толщиной 2 мм и 10 мм каждый, всего 4 варианта усиления. Установлено, что для рассмотренной конструкции усиление с применением композиционного материала является эффективным и уменьшает напряжения в растянутой зоне в 1,38 раза, когда жесткость элемента усиления $E_{км}F_{км}$ составляет не менее 3% от жесткости конструкции, что достигается применением углепластика толщиной 2мм с модулем упругости не менее $E_y=150$ ГПа.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время расширяется применение композиционных материалов в строительстве, в том числе в области усиления несущих конструкций. В мировой практике для усиления и ремонта железобетонных конструкций в составе зданий и сооружений используют полимерные составы и композиционные материалы [1-3]. Известны работы по усилению углепластиками железобетонных и металлических конструкций. Отечественный опыт усиления композиционными материалами железобетонных конструкций отражен в работах [4- 6], металлических конструкций в работах [7, 8], где рассмотрены результаты научных исследований, методы расчета и технология исполнения усилений конструкций и узлов клеевыми композициями и полимерными композиционными материалами - ламинатами (полосами) или холстовыми материалами на основе углеродных, арамидных, стекловолоконных, полиэфирных нитей. Применяют композиционные материалы двух видов: в виде жестких полос или пластин из волокон, омоноличенных в полимере (ламинатов), когда для образования единой несущей системы композиционного материала и конструкции композит приклеивают к железобетонному или металлическому основанию с помощью различных адгезивов, а так же в виде холстов (тканей), которые при усилении утапливают в полимерную клеевую матрицу непосредственно на поверхности конструкций. В качестве полимерной матрицы наиболее эффективными являются эпоксидные составы, которые обладают высокой стойкостью к химической агрессии и лучшими механическими свойствами по сравнению с другими полимерами, в том числе имеют при высоких прочностных показателях минимальную усадку при отверждении, стабильность адгезионных связей с бетоном, металлом, стеклопластиком. В то же время комбинирование конструкционной древесины с композиционными материалами в основном ограничивается применением стеклопластиковой арматуры, вклеенной на стадии изготовления конструкций,

а так же соединениями элементов деревянных конструкций композиционными материалами на основе стеклоткани [9 – 11] и углеродных нанотрубок [12].

Цель настоящей работы – численный анализ эффективности усиления изгибаемого элемента из клееной древесины композиционными материалами на основе стекловолокна и углеволокна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве расчетной модели для усиления деревянного изгибаемого элемента принята дощатоклееная балка прямоугольного сечения размерами $b \times h \times L = 140 \times 1000 \times 12000$ мм расчетным пролетом 11,6 м. Расчет выполняли в программном комплексе SCAD [13,14] в линейной постановке. В расчете рассматривали плоское напряженное состояние и балку моделировали пластинчатыми элементами. Предполагая, что материал деревянных элементов однороден по толщине, для моделирования балки использовали конечные элементы тип 44 – четырехугольные КЭ оболочки, для которых указывали следующие характеристики, соответствующие древесине [15]: модуль упругости $E = 10000$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,45$, толщина $b = 140$ мм. Нагружение балки выполняли условной равномерно распределенной нагрузкой $q = 10$ кН/п.м. Расчетная схема балки с условным повреждением представлена на рис.1. Условное повреждение размерами $a_{\text{п}} \times h_{\text{п}} \times b = 200 \times 100 \times 140$ мм располагали в середине пролета в растянутой зоне конструкции. Расчетное сопротивление древесины балки изгибу определяли по указаниям СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции».

Актуализированная редакция СНиП II-25-80»:

- расчетное сопротивление изгибу для режима нагружения «А» $R_{и}^A = 22,5$ МПа;
- коэффициент длительной прочности для режима нагружения «В» $m_{\text{дл}} = 0,66$;
- коэффициенты условия работы:

- для класса 2 (нормальный) условий эксплуатации $m_{\text{в}} = 0,9$;
- для высоты сечения $h = 1000$ мм $m_{\text{с}} = 0,85$.

Расчетное сопротивление изгибу для режима нагружения «В» составит

$$R_{и} = R_{и}^A \cdot m_{\text{дл}} \cdot \text{Пм}i = 22,5 \cdot 0,66 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 11,4 \text{ МПа}$$

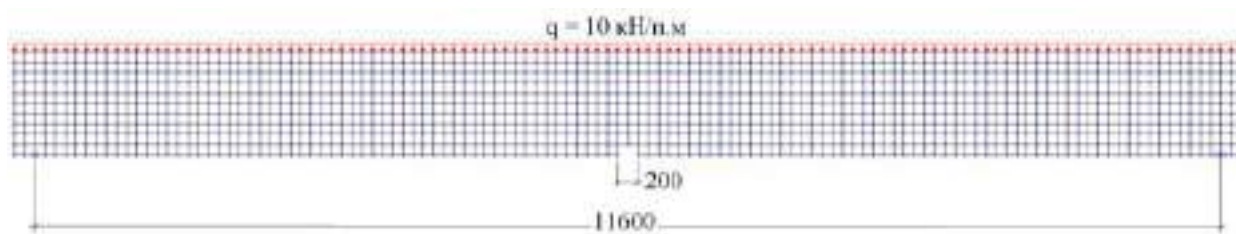


Рис.1. Расчетная схема дощатоклееной балки 140x1000x12000 мм в ПК SCAD

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По сравнению с балкой, не имеющей повреждений (рис.2.а), в зоне условного ослабления конструкции нормальные напряжения увеличиваются с 7,35 МПа до 13,9 МПа – в 1,89 раза (рис. 2.б). С учетом полученных повреждений коэффициент использования балки составит

$$K_{исп} = 13,9 / 11,4 = 1,22$$

Конструкция оказывается перегруженной из условия действия нормальных напряжений на 22%. В то же время расчетные прогибы конструкции увеличиваются на 3,5% и не превышают предельных, которые из эстетико-психологических требований при пролете 11,6 м составляют $f_u = 1/250L = 11600/250 = 46,4$ мм. Это явление характерно для работы деревянных изгибаемых элементов, имеющих механические повреждения или пороки строения – сучки и косослой в присучковой зоне, когда разрушение балки под нагрузкой из

условия действия нормальных напряжений наступает без существенного приращения прогибов конструкции.

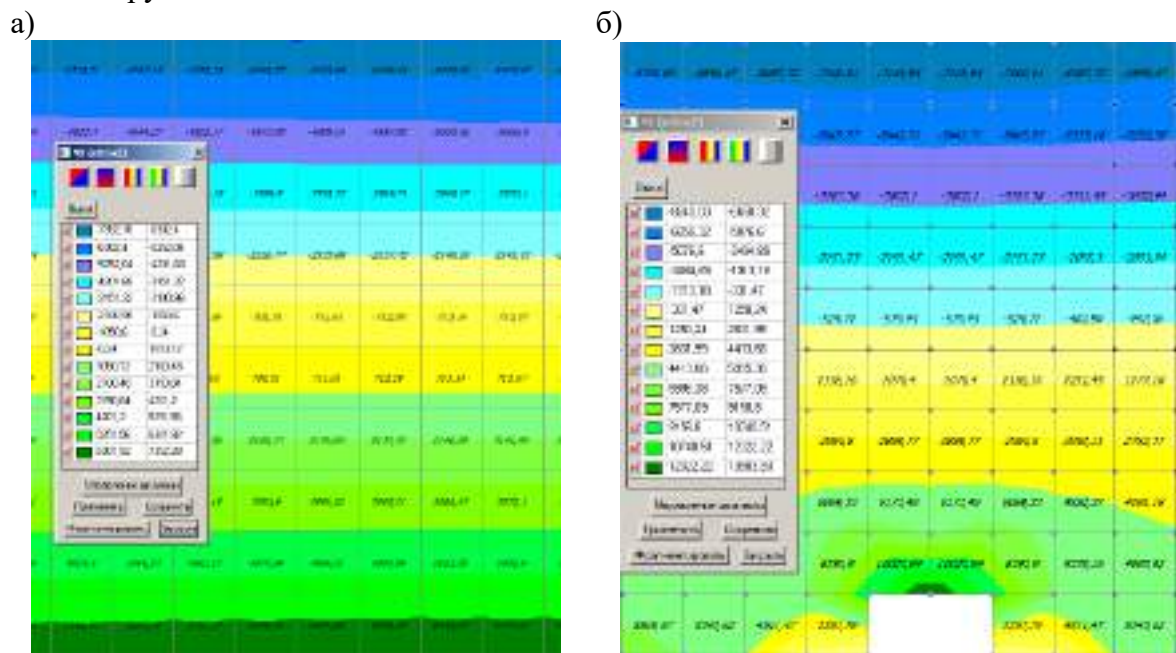


Рис. 2. Нормальные напряжения в середине пролета балки, кН/м²

а - в балке без повреждений; б – в балке с повреждениями без усиления

Рассматриваем усиление балки в растянутой зоне на поврежденном участке, выполненное двумя типами композиционного материала: стеклопластиком и углепластиком – ламината шириной 140 мм, толщиной 2 мм и 10 мм каждый, всего 4 варианта усиления. Принимаем в расчетах модуль упругости стеклопластика $E_s = 15000$ МПа, углепластика $E_u = 150000$ МПа.

Результаты выполненных расчетов представлены на рисунках 3, 4 и в таблице 1.

Усиление балки на поврежденном участке стеклопластиком при толщине композита $t_s=2$ мм (рис. 3.а) уменьшает максимальные напряжения в растянутой зоне на 5,7-5,9%, в сжатой зоне на 1,8%. Максимальные напряжения в растянутой зоне составляют $\sigma_{и2}=13,15$ МПа, что соответствует коэффициенту использования $K_{исп2}=1,15$. Увеличение толщины композиционного материала до 10 мм (рис. 3.б) повышает эффективность усиления и уменьшает напряжения в растянутой зоне на 22-23%, в сжатой зоне на 7%. Максимальные напряжения в растянутой зоне составляют $\sigma_{и10}=11,365$ МПа, коэффициент использования $K_{исп10}=1$.

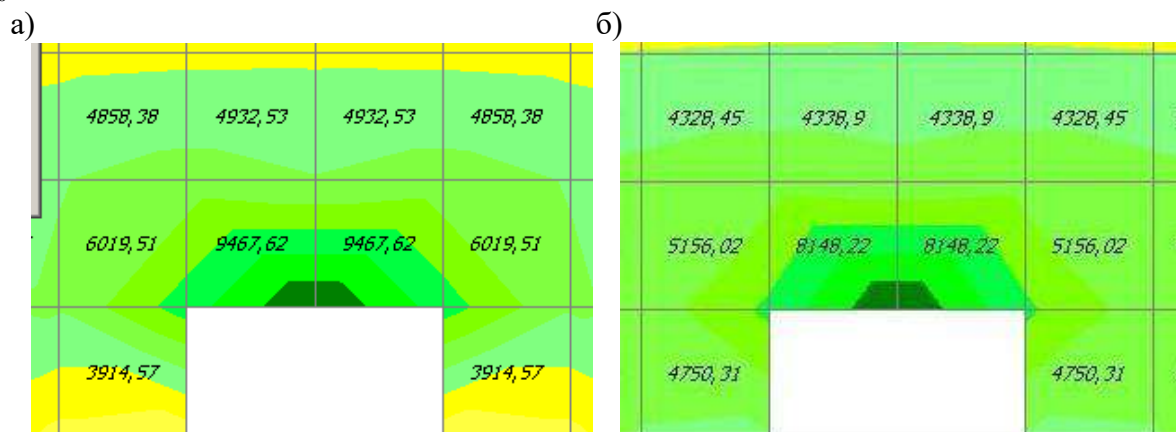


Рис. 3. Нормальные напряжения, кН/м², в растянутой зоне в середине пролета балки, усиленной стеклопластиком: а – ламинат толщиной 2 мм; б – ламинат толщиной 10 мм

Усиление балки на поврежденном участке углепластиком при толщине композита $t_c=2$ мм (рис. 4.а) уменьшает максимальные напряжения в растянутой зоне на 38%, в сжатой зоне на 11%. Максимальные напряжения в растянутой зоне составляют $\sigma_{и2}=10,8$ МПа, что соответствует коэффициенту использования $K_{исп2}=0,947$. Увеличение толщины композиционного материала до 10 мм (рис. 4.б) повышает эффективность усиления и уменьшает напряжения в растянутой зоне в 2,2-2,3 раза, в сжатой зоне на 16%. Максимальные напряжения в зоне ослабления составляют $\sigma_{и10}=6,2$ МПа, коэффициент использования $K_{исп10}=0,543$.

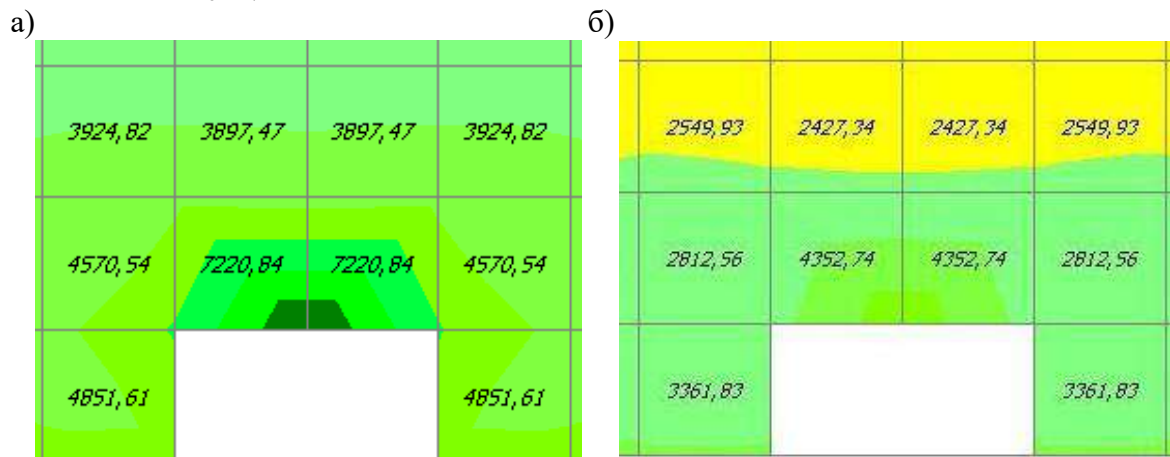


Рис. 4. Нормальные напряжения, kH/m^2 , в растянутой зоне в середине пролета балки, усиленной углепластиком: а – ламинат толщиной 2 мм; б – ламинат толщиной 10 мм

Таблица 1. Результаты расчетов балки в ПК SCAD

| № п/п | Характеристика конструкции | Сжатая зона балки | | Растянутая зона балки | |
|----------|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | σ_{max} | $\sigma_{\text{средн}}$ | σ_{max} | $\sigma_{\text{средн}}$ |
| 1 | Балка без усиления | 7,352 | 6,448 | 7,352 | 6,448 |
| 2 | Балка с повреждением без усиления | 8,24 | 7,149 | 13,9 | 10,024 |
| 3 | Балка с повреждением усиление стеклопластиком --- 2 мм $E=15 \cdot 10^3$ МПа | 8,088 | 7,028 | 13,15 | 9,467 |
| 4 | Балка с повреждением усиление стеклопластиком --- 10 мм $E=15 \cdot 10^3$ МПа | 7,707 | 6,725 | 11,365 | 8,148 |
| 5 | Балка с повреждением усиление углепластиком --- 2 мм $E=15 \cdot 10^4$ МПа | 7,416 | 6,493 | 10,078 | 7,221 |

| | | | | | |
|---|---|-------|-----|-----|-------|
| 6 | Балка с повреждением усиление углепластиком --- 10 мм $E=15 \cdot 10^4$ МПа | 7,075 | 5,7 | 6,2 | 4,353 |
|---|---|-------|-----|-----|-------|

ВЫВОДЫ

На основании выполненных расчетов сделаны следующие выводы:

1. Наличие повреждений на глубину до 10% от высоты поперечного сечения в растянутой зоне дощатоклееной балки пролетом 11,6 м увеличивает величину действующих напряжений в зоне ослабления в 1,9 раза.
2. При наличии локальных повреждений, моделирующих пороки строения древесины и скопление соединений на зубчатый шип в смежных ламелях дощатоклееных элементов основным фактором, определяющим разрушение конструкции, является первая группа предельных состояний.
3. Восстановление несущей способности деревянных изгибаемых элементов при усилении конструкций целесообразно выполнять с применением композиционных материалов в виде стеклопластика и углепластика.
4. Выполненные расчеты показали, что для рассмотренной конструкции усиление является эффективным и уменьшает напряжения в растянутой зоне в 1,38 раза, когда жесткость элемента усиления $E_{км}F_{км}$ составляет не менее 3% от жесткости конструкции, что достигается применением углепластика толщиной 2мм с модулем упругости не менее $E_y=150$ ГПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lilistone D. and Jolly C.K. An innovative form of reinforcement for concrete columns using advanced composites. – The Structural Engineer, Vol. 78, № 23/24, 5 December 2000.
2. Blaschko M, and Zilch, K. Rehabilitation of concrete structures with CFRP strips glued into slits. In Proceeding of the 12-th International Conference on Composite Materials, Paris, 1999. July 5-9
3. Triantafillou T.C. and Antonopoulos C.P. Design of concrete flexural members strength in shear with FRP. ASCE journal of Composites for Construction, 4, November 2000. P.P. 198-205
4. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами. – М.: ОАО «Изд-во «Стройиздат», 2004.
5. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. – М.: ОАО «Изд-во «Стройиздат», 2007.
6. Шилин А.А., Зайцев М.В., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Ремонт и усиление железобетонных конструкций. – М.: Минстрой ЖКХ РФ. 2016.
7. Пятницкий А.А., Крутик С.А. Усиление балок покрытий и перекрытий с использованием углепластика. - Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 6. С. 57-60.
8. Пятницкий А.А., Крутик С.А., Махов И.О. Новый способ усиления металлических конструкций памятников архитектуры. - Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 73-76.
9. Линьков Н.В. Применение стеклоткани полотняного переплетения в композиционном материале для усиления деревянных конструкций. - Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 75-80.
10. Линьков Н.В. Усиление деревянных конструкций с применением соединений «КМ-обклейка» - Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 3. С. 42-47.
11. Линьков Н.В. Статистический анализ деформативности соединения «КМ-обклейка» на основе стеклоткани полотняного переплетения. - Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 2 (380). С. 169-174.
12. Рощина С.И., Сергеев М.С., Лукина А.В., Лисятников М.С. Исследование деревокомпозитных конструкций с применением эпоксидных олигомеров модифицированных углеродными нанотрубками. – Научно-Технический Вестник Поволжья, 2013, № 2 с. 189-192.
13. Карпиловский В.С., Э.З. Криксунов, А.А.Малышенко, А.В.Перельмутер, М.А.Перельмутер, С.Ю.Фиалко. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD ++. – М.: Издательство «СКАД СОФТ», 2015.

14. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа/ - 4-е изд., перераб. – М.: Издательство «СКАД СОФТ», 2011.
15. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине: Справочник / Под ред. Б. Н. Уголева.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.

Секция 2. Строительные материалы и технологии

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ФУТЕРОВОК ИЗ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ КЕРАМОВОЛОКНИСТЫХ МАСС

В. Н. Соков¹, Е. А. Рамазанов², С. Д. Сокова³

^{1,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²Инженерная академия Республики Казахстан, Алматы, Республика Казахстан,

¹SokovVN@mgsu.ru

²e_ramazanov@kazinterastyk.kz

³SokovaSD@mgsu.ru

Аннотация

Разработана технология монолитных футеровок различных конфигураций ячеисто-керамоволокнистой структуры с изотропными свойствами по всему объему без применения агрегатов принудительного уплотнения. В качестве компонента, обеспечивающего уплотнение формовочной массы и выжимание свободной влаги из глино-волокнутой смеси, были приняты зерна исходного не вспененного полистирола №5 (просев через сито 0,4 мм), направляемые в отходы при изготовлении поропластов.

Выяснен механизм самоуплотнения керамоволокнистой формовочной массы, помещенной в замкнутый гидравлически открытый объем, под воздействием внутреннего давления, развиваемого равномерно распределенными в массе полистирола вспенивающимися при нагревании. Монолитная футеровка из литых волокнутой массы при сушке и эксплуатации лишена сушильных и огневых усадок. При проведении исследований использовались стандартные методы определения свойств. При выборе рационального состава и нахождении режимов первоначального обжига и охлаждения использовано математическое планирование эксперимента, которое обеспечивает более точные данные при относительно малом количестве экспериментальных проверок. Для изучения деструктивных явлений в монолитной футеровке в процессе одностороннего первого обжига и охлаждения применен метод акустической эмиссии, позволяющей регистрировать деструктивные процессы, происходящие в материале при температурных воздействиях и на этой основе определять наиболее безопасные режимы нагревания и охлаждения. Определено влияние на прочность при сжатии и огневую усадку соотношения между волокном и глиной, а также содержания бисерного полистирола в формовочной массе.

ВВЕДЕНИЕ

Получение монолитных футеровок, выполненных из самоуплотняющихся масс, находящихся в закрытом объеме с перфорированными стенками, имеет характерную особенность- односторонний прогрев опалубки.

При одностороннем тепловом режиме воздействия на формовочные массы происходят одновременно процессы переноса тепла и влаги, при которых наблюдаются структурные механические изменения, вызывающие формирование главных свойств футеровочных материалов: прочность на сжатие, средняя плотность и пористость [1-5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Производство монолитной футеровочной волокнутой изоляции из огнеупорных материалов имеет огромные перспективы для массового внедрения. Научные исследования и опытные промышленные испытания по использованию монолитной огнеупорной изоляции из волокнутой массы со склеиванием их глиняным составом

методом заливки масс с повышенной влажностью (300%) принесли высокие и убедительные показатели для массового внедрения. Тем не менее, продолжительность сушильного процесса, связанного с отводом повышенного количества введенной воды формования за счет ее испарения, задерживает внедрение этой технологии. Решая этот вопрос по ускорению отвода влаги из приготовленных волокнистых композиций, а также условия приготовления первоначальных смесей и способов выведения из этих смесей физически связанной воды без существенного увеличения тепловой энергии. Авторами найден путь создания волокнистых огнеупорных материалов для монолитных футеровок печей.

При рассмотрении происходящих физических явлений во время формирования структуры монолитных высокотемпературных изделий данным методом были выдвинуты теоретические научные гипотезы, заключенные в том, что высокотемпературная теплоизоляция промышленных печей с изотропными свойствами, может быть получена путем уплотнения структурных скелетов материала давлением, которое создается внутри этого скелета. Поэтому особый интерес представляет способ самоуплотняющихся масс на полистироле [6,7]. Ровная сферическая форма гранул полистирола и образующихся пор после их обжига приводит к снижению концентрации напряженного состояния при нагружении материала в межпоровых образованиях и приводящих к повышенным механическим свойствам готового изделия [8,9]. Пенополистирол имеет очень низкое водопоглощение, а именно, 1% за 12ч и отличается полным отсутствием увеличения объема при насыщении его водой. Пенополистирол химически не реагирует с водой, а также в ней не растворяется. Кроме того, зольность пенополистирола почти нулевая. Скорость горения пенополистирола весьма высока и составляет в среднем $40\text{кгхм}^2/\text{ч}$. Поэтому выжигание их из тела изделий не вызывает особых трудностей [10]. Таким образом, устройство монолитной высокотемпературной теплоизоляции не нуждается в применении механоактивирующего оборудования для уплотнения смесей. Это делает способ для применения перспективным в самых уязвимых и сложных местах тепловых установок. Технология монтажа высокоогнеупорной защиты заключается в приготовлении формовочной смеси, выполнении опалубки и укладки перемешанной массы в пространство между опалубкой и корпусом теплового аппарата [3, 4].

Формуемая смесь должна быть литой, но сохранять нерасплаиваемость, при этом следует соблюдать условия обязательного перемещения воды внутри системы, а также способности сохранять пластические деформации самоуплотняющимися массами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из реологических свойств формовочных глино-волокнисто-полистирольных масс установлено, что их исходная влажность должна составлять $180\pm 5\%$. Такая масса позволяет заполнять опалубку для монолитных конструкций самотеком, без использования принудительных средств [11-16].

Технология изготовления таких высокотемпературных изоляций представляет собой односторонний нагрев в закрытом объеме с перфорацией формы на горячей стороне. Процесс изготовления изделий методом самоуплотнения сырьевой смеси проводится с глиноволокнистой смесью влажностью 180%, состоящей из волокна (70%), глины (30%) и полистирола (10% сверх 100%). Прогрев смеси происходит с того времени, когда температурное поле достигнет перфорированной внутренней грани стенок опалубки.

Температурный перепад устанавливается по толщине смеси тогда, когда температура теплоносителя и температура поверхности совпадают. Начальный этап определяется прогревом смеси, а последующий этап характеризуется достижением температурным полем холодной (изолируемой) поверхности защищаемой конструкции. Температура холодной поверхности растет именно на втором этапе.

Финиш второго этапа происходит тогда, когда наступает на поверхности максимальная температура 80°C для начала расширения полистирола и тем самым для проявления его максимальной активности по вспениванию и выпрессовыванию влаги. Благодаря тому, что по толщине огнеупорной изоляции возникает неоднородное температурное поле, то происходит послойное уплотнение смеси и водоотделение. По степени сжатия периферийных слоев гидростатическое давление, возникающее от расширения полистирола в первом слое смеси, передается на соседние частицы твердой фазы и направляется к поверхности формы (опалубки), расположенной перед ней. Благодаря этому механизму гидростатическое давление в жидкости уменьшается на то число, которое коррелируется с соответствующей частью полного давления, испытываемого твердыми частицами, расположенными на заданном расстоянии от границы расширяющегося полистирола.

Величины давления в жидкости, испытываемые частицами твердой фазы переменные, они меняются по всему объему в зависимости от полноты расширения полистирола. Если рассматривать конкретно, то они зависят от давления, которое воспринимают твердые составляющие смеси. Давление в жидкости увеличивается по мере расширения зоны вспенивающегося полистирола, а давление в массе уменьшается. По мере вспенивания оно также снижается за счет удаления воды через поверхность со сквозными отверстиями. В результате экспериментальных работ выявлено, что на наружной стороне опалубочной формы для смеси огнеупорной изоляции жидкость находится под большим гидростатическим давлением, чем в нецентральных слоях, находящихся в зонах возникающих усилий от расширяющегося полистирола. Эти важные условия определяют движение влаги из наружных слоев изделия к внутренним слоям, а затем движение происходит к наружным поверхностям. От этих слоев вода удаляется через сквозные равномерно распределенные отверстия опалубки. На всех уровнях давление жидкости прекращается как только не будет разницы гидростатических давлений. Такое равновесное состояние происходит тогда, когда давление от расширяющегося полистирола полностью будет восприниматься частицами твердой фазы. Механизм ступенчатого вспенивания полистирола в огнеупорной массе вызывает ступенчатое расположение и полей влагосодержания. Перенос жидкости из внутренних слоев изделия затруднен из-за сужения размеров протоков, ростом плотности исходной смеси, т.е. возникающего противодействия перемещению влаги (даже до полного его прекращения).

Фильтрационное самоуплотнение огнеупорных масс вызывается отводом воды с диаметрально противоположной от нагреваемой стороны тепловой изоляции по ниже приводимой схеме.

После расширения гранул полистирола на определенный объем в начальном первом слое происходит на такой же объем через перфорированную поверхность опалубки удаление исходной влаги, которая была добавлена в исходную шихту. При уплотнении следующего второго слоя вода будет выжиматься в основном только из него.

Наблюдается, что в первом слое параллельно возникает дополнительное уплотнение из-за растущего сжимающего давления от массы двух слоев, образующихся из-за смещения фильтрационных потоков и частичного выдавливания из них воды. При вспенивании второго слоя в нем создается менее развитая система фильтрационных протоков.

Рост плотности третьего слоя происходит подобным же образом. Поэтому при исследовании фиксировалась в результате послойного самоуплотнения разница в величинах влажности в различных слоях массы, находящейся в опалубке. Окончанием процесса выполнения футеровки печей и выводом их на проектный режим является снятие опалубки.

Основной смысл выполнения монолитной огнеупорной изоляции печей из самоуплотняющихся масс такой. Компоненты огнеупорной массы загружаются в

следующем порядке: в вибросмеситель дозируется комовая вата, затем туда же подают глиняное связующее, добавляются полистирол и вода, затем включается вибратор и происходит смешивание всех компонентов. Перемешанный состав укладывают в замкнутый перфорированный объем и подвергают одностороннему прогреву при температуре 190-200⁰С.

Эксперименты установили время продолжительности всего процесса самоуплотнения составляет 5 часов. Также было установлено, что влажность после снятия опалубки изоляции весьма неравномерна по толщине и разница на горячей стороне доходит до 20%, а на изолируемой поверхности до 100%, что создает неоднородную слоистую структуру по сечению формы, а тем самым, приводит к различию механических свойств в слоях материала. Однако, при температуре 180-200⁰С происходит омоноличивание футеровки на глубину 10-20мм за счет оплавления полистирола, и это позволяет проводить дальнейшую форсированную сушку футеровки без опалубки. Продолжительность подсушки после снятия опалубки составила 20-21ч, при этом воздушных усадок не наблюдалось.

Изучение влияния технологических факторов: скорости нагрева, скорости охлаждения, диаметра и толщины футеровки на степень дефектообразования в материале футеровки определяли методом акустической эмиссии.

Исследования проводили на 25 составах, определенных планированием эксперимента. Результаты исследования соответствуют данным дилатометрических измерений и результатам дифференциально-термического и рентгеноструктурного анализов. Однако, если данные дилатометрии позволяют судить об интегральных изменениях объема материала, то результаты, полученные с помощью метода акустической эмиссии, являются объективной характеристикой локальных изменений, происходящих в объеме материала, которые в конечном счете являются причиной разрушения.

Выявлено, что на свойства футеровки влияют скорость нагрева, скорость охлаждения и масштабный фактор (диаметр футеровки).

Для устранения влияния масштабного фактора нами предусмотрены температурные горизонтально и вертикально швы на поверхности изоляции глубиной 10 мм с шагом 300-400 мм по всему контуру. Эти швы (углубления) можно выполнять либо после сушки футеровки, либо путем применения ребристой опалубки.

По результатам эксперимента рекомендован следующий режим тепловой обработки монолитной волокнистой теплоизоляционной композиции (табл. 1, 2).

Табл. 1 Предлагаемый режим первого обжига монолитной огнеупорной изоляции

| | | | | |
|-----------------------------|-------|---------|---------|----------|
| Диапазон температур, °С | 0-500 | 500-700 | 700-900 | 900-1100 |
| Скорость нагревания, °С/мин | 10 | 5 | 10 | 5 |

Табл. 2 Предлагаемый режим снижения температуры монолитной огнеупорной изоляции

| | | | |
|---------------------------------------|----------|---------|-------|
| Диапазон температур, °С | 1100-850 | 850-500 | 500-0 |
| Скорость снижения температуры, °С/мин | 10 | 5 | 10 |

Основные физико-механические свойства пористой волокнистой изоляции приведены в таблице 3.

Табл. 3 Основные физико-механические свойства пористого волокнистого материала для монолитной огнеупорной изоляции печей и традиционного легковеса

| Наименование | Теплоизоляционный волокнистый материал | Традиционный легковес |
|--|--|-----------------------|
| Коэффициент теплопроводности Вт/(м⊕К): при 473 К при 1073К | 0,12 0,210 | 0,16 0,280 |
| Прочность при сжатии, МПа | 1,35-1,45 | 1,4 |
| Прочность при изгибе, МПа | 0,8-0,9 | - |
| Воздушная усадка, % | 0 | 15 |
| Средняя плотность, кг/м ³ | 460-470 | 400 |
| Огневая усадка, % | 0,4-0,6 | 11.2 |
| Коэффициент линейного термического расширения КЛТР, град. ⁻¹ | 2,3⊕10 ⁻⁶ | 5,7⊕10 ⁻⁶ |
| Температуростойкость | более 75 | 6-10 |

ВЫВОДЫ

Выявлены закономерности уплотнения и влагоотдачи самоуплотняющихся масс при их одностороннем нагреве и определены параметры самоуплотнения масс, заключенных между кожухом печи и перфорированной опалубкой и параметры досушки футеровки после снятия опалубки.

Показано, что при одностороннем нагреве свежешелухенных масс теплоносителем с температурой 180-200°С в течение 5 ч из них механически отжимается до 60% воды затворения, что обеспечивает необходимое упрочнение материала для снятия опалубки и проведения досушки монолитной футеровки без нее в течение 20-21 ч до остаточной влажности 10% на тыльной стороне.

Предлагаемая монолитная пористая высокотемпературная изоляция для промышленных печей, изготовленная по данному методу, обладает следующими преимуществами по сравнению с существующими методами:

- не допускает структурной слоистости;
- по всему объему высокотемпературной изоляции создается равномерная прочность при сравнительно низком внутреннем давлении и равномерная плотность;
- сроки сушки первоначальных формовочных масс снижаются более, чем в 10раз
- допускает изготавливать крупноразмерные огнеупорные изоляции печей различной формы и любой конфигурации точного заданного профиля за счет давления внутри формы;
- усадки, образующиеся в глиняных массах во время сушильного процесса, практически исключаются, так как при вспенивании полистирола происходит выдавливание усадочной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривобородов Ю.Р., Потапова Е.Н., Дмитриева Е.А., Бурков И.Ю. Высокоалюминатные низко цементные огнеупорные бетоны на основе техногенных отходов // Научно-технический журнал «Новые огнеупоры», 2021. № 5. С. 45.
2. Кривобородов Ю.Р., Самченко С.В., Кузнецова Т.В. Структурные изменения в огнеупорных бетонах на основе алюмината кальция // Научно-технический журнал «Новые огнеупоры», 2018. № 3. -С. 45-50.
3. Беркман А.С., Мельников И.Д. Пористая проницаемая керамика, Л., Стройиздат, 1989, -С 101.
4. Аристов Г.Г. Шамотное производство// Металлургия, 1975, -С.152.
5. Ткач Е. В., Нурбатуров К. А. Исследование химико- технологических основ получения алюмосиликатных огнеупоров на основе золы-уноса//Новые огнеупоры. 2021, №1, – С.45 -51.
6. Соков В.Н Энергоэффективная скоростная технология получения высокотемпературных теплоизоляционных материалов // Монография, МГСУ, 2014г., С. 327
7. Соков В.В. Теплоизоляционные жаростойкие материалы из самоуплотняющихся масс //Монография, МГСУ, 2003, -С.383.
8. Годило П.В., Патуров В.В., Романенков И.Г. Беспрессовые пенопласты в строительных конструкциях//М., Гос. изд-во лит. по строит. и архит, 1969, -С. 199.
9. Соков В.Н., Рамазанов Е.А. Монолитные теплоизоляционные футеровки из самоуплотняющихся масс //Монография, М., МПА, 1999, -С.128.
10. Сокова С.Д. Беспшамотные теплоизоляционные огнеупоры из самоуплотняющихся масс (технология и свойства) // Автореферат диссертации к.т.н., 1982, -С.20.
11. Абрамов В.С., Данилов Н.Н., Красновский Б.М. Электротермообработка бетона// Монография, М., МИСИ, 1975, -С.210.
12. Соков В.Н., Соков В.В. О гидродинамическом процессе фильтрационного влагопереноса в самоуплотняющихся массах// Научно-технический журнал «Новые огнеупоры», 2013, №3, -С.87.
13. Алексеев М.В. Технология и оборудование для получения изделий из полистирола//труды ин-та УКРНИИИИТИ, Киев, 1968, -С.10-15.
14. Соков В.Н. Создание огнеупорных бетонов и теплоизоляционных материалов с повышенной термостойкостью //Монография, МИСИ-МГСУ, 2017. С. 289 .
15. Буслович Н.М., Михайлов Л.А. Футеровочные материалы для электропечей с контролируруемыми атмосферами//М., Энергия, 1975, -С.298.
16. Гаспарян А.А. , Гуревич А.Е. , Дудеров, Ю.Г. Шамотные изделия на фосфатных связующих// М., Стройиздат, 1974, -С.250.

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ С ДОБАВКОЙ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

А. В. Угляница¹, В. Б. Дуваров²

^{1,2}Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,

¹uav@kuzstu.ru

²wowawowa@bk.ru

Аннотация

На химических предприятиях Российской Федерации ежегодно образуются сотни тонн отходов, загрязняющих окружающую среду и требующих их утилизации. Выполненные исследования посвящены повышению комплекса физико-механических свойств цементного вяжущего модифицирующей добавкой дисперсного марганецсодержащего шлама, являющегося отходом производства аммиака или метанола. В результате выполненных исследований установлено, что добавка к цементному вяжущему дисперсного шлама с оксидом марганца в количестве 4% от массы цемента приводит к активации протекания процесса гидратации цемента, при этом происходит увеличение скорости нарастания пластической прочности структуры цементного камня, сокращение периода его формирования и увеличение предела прочности цементного камня при сжатии на 17-18 %.

ВВЕДЕНИЕ

Для улучшения прочностных и других свойств цементного вяжущего к портландцементу часто добавляют специальные добавки, которые существенно повышают стоимость цемента и дополнительно загрязняют окружающую среду отходами от своего производства. Улучшением физико-механических свойств портландцемента и матрицы цементного камня с помощью специальных добавок занимались многие учёные [1 - 12].

На химических предприятиях РФ ежегодно образуются сотни тонн техногенных отходов в виде шламов от отработанных химических катализаторов, которые загрязняют окружающую среду и требуют полезной утилизации. Так, например, на КАО «Азот» в г. Кемерово, ежегодно образуется до 25 тонн марганецсодержащего шлама при производстве аммиака и метанола.

В КузГТУ в течение ряда лет изучались вопросы применения различных отходов химических предприятий для производства строительных материалов [13 - 15], при этом было установлено, что добавка к цементному вяжущему оксидов переходных металлов, может повышать прочность цементного камня и улучшать его другие свойства. Результаты этих исследований позволили сформулировать гипотезу, что введение в состав портландцемента добавки дисперсного шлама, содержащего в своем составе оксид переходного металла марганца, будет интенсифицировать процессы гидратации цементного теста, увеличивать прочность и другие физико-механические свойства цементного камня. С целью проверки данной гипотезы были выполнены экспериментальные исследования по изучению механизмов гидратации и набора прочности цементным тестом, с добавкой к портландцементу марганецсодержащего шлама из отработанного химического катализатора с оксидом марганца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В экспериментах в качестве вяжущего применяли портландцемент марки ЦЕМ I 42. Для приготовления цементно-песчаного раствора применяли мелкозернистый песок в соответствии с требованием ГОСТ 8736-2014. В качестве добавки к портландцементу использовали марганецсодержащий шлам из шламоотстойника химического предприятия «Азот» Кемеровская область. Отобранный из отстойника шлам перед применением в качестве добавки сушили в муфельной печи при температуре 105⁰С и домальвали в лабораторной мельнице до фракции - 008. Полученная шламовая добавка к

портландцементу представляла тонкомолотый порошок с истинной и насыпной плотностями соответственно равными 4800 и 2920 кг/м³, содержащий: оксид железа (II) 17,0 – 18,0 %, оксид марганца 74,0-75,0 %, оксид натрия 8,0-9,0, а также и нерастворимый остаток.

Для изучения влияния добавки марганецсодержащего шлама к портландцементу на прочность при сжатии цементного камня приготавливали образцы цементного камня в форме кубов с размерами 2×2×2 см. Все образцы твердели в нормальных условиях. Марганецсодержащий шлам добавляли к портландцементу в количествах 0-12% от его массы с интервалом 1% согласно ГОСТ 30744-2001. Минимальное количество одинаковых образцов в каждой серии экспериментов при испытаниях принимали равным 12. Предел прочности определили на прессе ПСУ-10, как среднее арифметическое значение результатов испытаний.

Класс портландцемента без добавки и с добавками шлама определяли согласно ГОСТ 30744-2001 по пределу прочности при сжатии на образцах-балочках размерами 4×4×16 см, изготовленных в трехгнездовых металлических формах из цементно-песчаного раствора состава Ц:П=1:3 по массе с водоцементным отношением. Образцы до испытания выдерживали в течение 28 сут. Добавку шлама к портландцементу вводили в количестве 0-12% от его массы с интервалом 1%. Минимальное количество одинаковых образцов в каждой серии экспериментов при испытаниях принимали равным 12 в соответствии с ГОСТ 30744-2001. Согласно ГОСТ вначале определяли прочность при изгибе на приборе МИИ-100, как среднеарифметическое значение результатов испытаний из шести образцов-балочек, а затем на гидравлическом прессе МС-500 определяли класс портландцемента по прочности путём испытания двенадцати половинок образцов-балочек, полученных после испытания шести образцов на изгиб.

Для исследования влияния добавки марганецсодержащего шлама на динамику процесса гидратации и твердения цементного теста определяли пластическую прочность цементного теста без добавки и с добавками шлама в количестве, при котором был получен наиболее прочный цементный камень в исследованиях по определению его прочности.

Пластическую прочность (предельное напряжение сдвига) твердеющего цементного раствора определяли лабораторным конусным пластомером способом погружения стальной конусной иглы с углом 30° в твердеющее цементное тесто как средневзвешенное значение из трёх экспериментов.

Определение продолжительности структурообразования твердеющих цементного и цементно-песчаного растворов выполняли как с добавкой, так и без добавки марганецсодержащего шлама в количестве, при котором в экспериментах по определению их прочности при сжатии были получены максимальные значения пределов прочности.

Динамику процессов набора прочности на стадии формирования коагуляционной структуры цементного теста и цементно-песчаного раствора изучали кинетическим электронно-акустическим способом. Определение скоростей распространения продольных ультразвуковых волн в цементном и цементно-песчаном растворах проводили на ультразвуковом лабораторном аппарате УК14-ПМ. Скорости распространения продольных волн в цементном и цементно-песчаном растворах измеряли на лабораторных образцах размером 0,04×0,04×0,16 м, приготовленных без добавки и с добавкой марганецсодержащего шлама на протяжении 14 час, с интервалом в 20 мин. Всего было исследовано 6 образцов.

Окончание периода времени формирования структуры отвердевших образцов цементного теста и цементно-песчаного раствора фиксировали по моменту резкого нарастания скорости прохождения упругих волн, что соответствовало резкому перегибу в верх кривой скорости прохождения упругих волн. Через 14 час после смешивания цементного вяжущего с водой фиксировали изменения скоростей распространения

продольных упругих волн в структурированных цементном тесте и цементно-песчаном растворе за счет добавки в цементное вяжущее шлама с оксидом марганца.

Исследование динамики тепловыделения в процессе гидратации портландцемента и твердения цементного камня проводили без добавки и с добавками шлама в количестве, при котором был получен наиболее прочный цементный камень в исследованиях по определению прочности при сжатии цементного камня с добавкой шлама. Кинетику тепловыделения определяли на диатермическом калориметре БКС-2Х по изменению температуры цементного теста с добавками и без добавки шлама при В/Ц=0,5. Измерение температуры производили в течение 3 сут.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты лабораторных исследований по определению значений пределов прочности при сжатии образцов из цементного камня с добавкой марганецсодержащего шлама приведены на рис. 1.

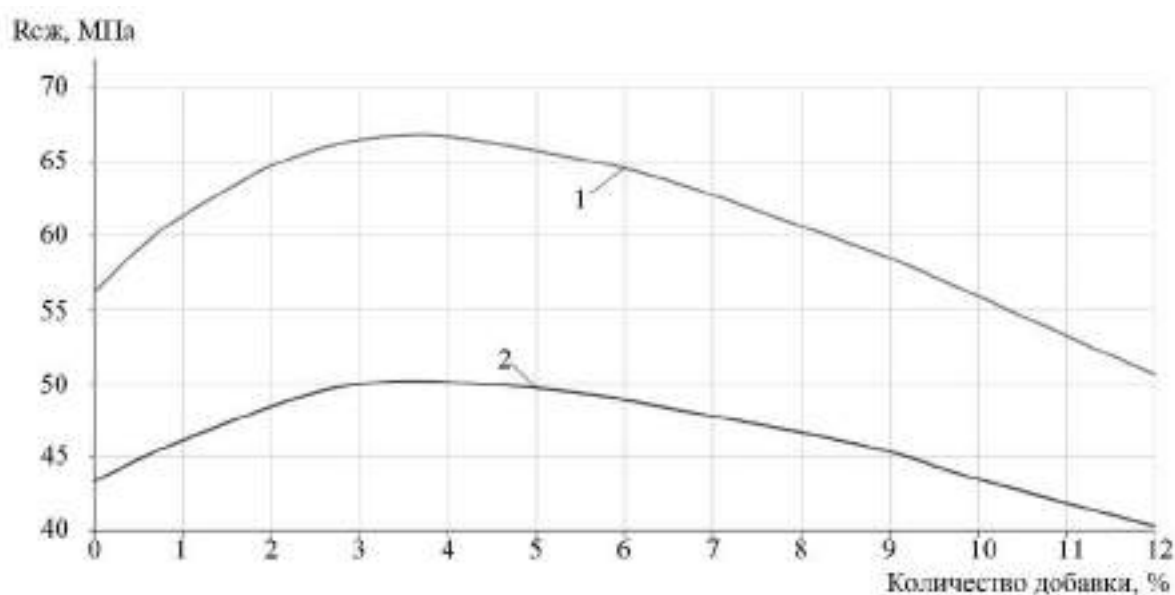


Рис. 1. Влияние количества добавки марганецсодержащего шлама на предел прочности при сжатии $R_{сж}$: 1 – цементного камня, 2 – цементно-песчаного раствора

Анализ полученных результатов выполненных экспериментальных исследований показал, что добавка марганецсодержащего шлама к портландцементу в количестве 4% от его массы приводит к возрастанию предела прочности цементного камня при сжатии на 17-18 %, а цементно-песчаного раствора на 15-18%.

При проведении дальнейших исследований влияния добавки марганецсодержащего шлама на физико-механические свойства цементного вяжущего марганецсодержащий шлам добавляли в количестве 4% от массы цемента, то есть в количестве, при котором был получен наиболее прочный цементный камень в исследованиях по определению прочности на сжатие цементного камня с добавкой шлама.

Результаты испытаний по определению пластической прочности цементного теста приведены на рис. 2.

Анализ результатов выполненных исследований показал, что введение добавки марганецсодержащего шлама к портландцементу в количестве 4% от его массы приводит к увеличению скорости нарастания пластической прочности цементного теста и сокращению периода его образования на 28-30%, выравниванию или полному исчезновению резких перегибов на пластограммах, быстрому увеличению

кристаллических образований в цементном тесте и, как следствие, к формированию более прочного цементного камня, чем без добавки марганецсодержащего шлама.

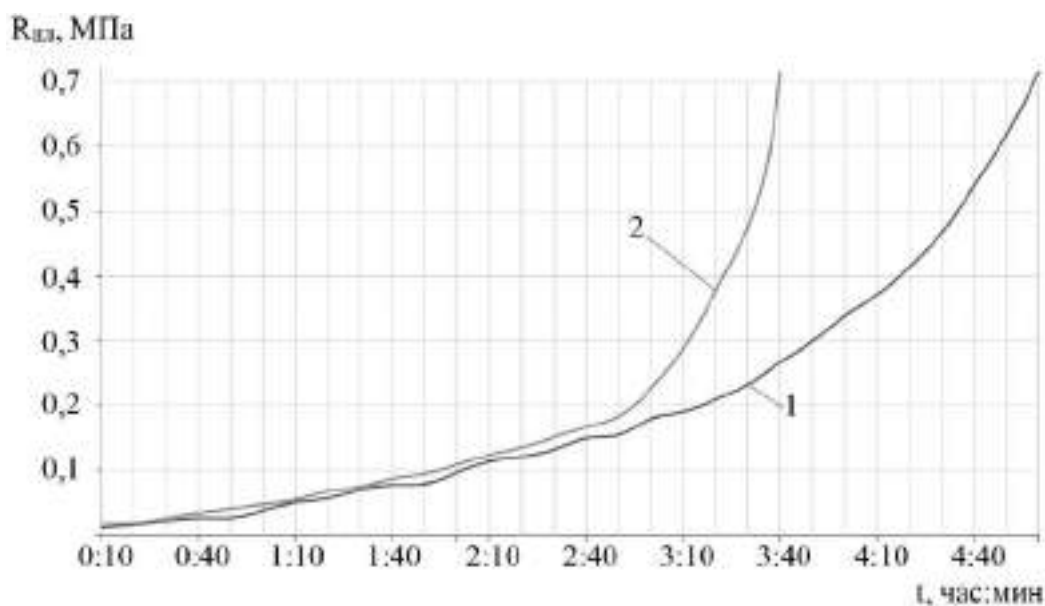


Рис. 2. Динамика роста пластической прочности $R_{пл}$ цементного теста:
1 – без добавки марганецсодержащего шлама; 2 – с добавкой марганецсодержащего шлама; t – возраст цементного теста

Результаты измерения скоростей прохождения продольных упругих волн через твердеющие цементное тесто и цементно-песчаный раствор в зависимости от возраста смеси приведены на рис. 3.

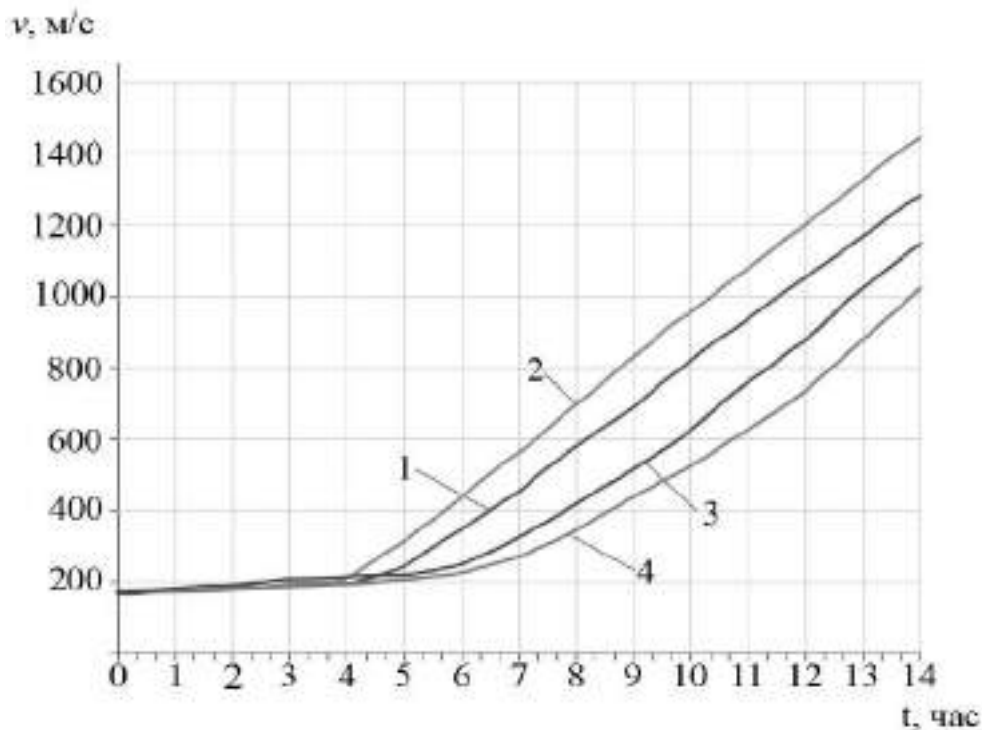


Рис. 3. Зависимость скорости распространения упругих ультразвуковых волн v от возраста цементного теста и цементно-песчаного раствора t :
1 – цементное тесто без добавки шлама; 2 – цементное тесто с добавкой марганецсодержащего шлама; 3 – цементно-песчаный раствор с добавкой шлама; 4 – цементно-песчаный раствор без добавки шлама

Анализ результатов выполненных исследований показал, что добавка марганецсодержащего шлама к портландцементу в количестве 4% от его массы сокращает период твердения цементного теста и цементно-песчаного раствора на 20 и 40 мин соответственно. Через 14 час, после смешивания цемента с водой, скорость распространения акустических продольных волн в структурированных цементном тесте и цементно-песчаном растворе при добавке шлама возрастала на 12,2% и 12,9% соответственно, что указывает на ускорение процесса набора прочности цементным тестом и цементно-песчаным раствором за счет добавки в цементное вяжущее марганецсодержащего шлама.

Результаты исследования изменения динамики тепловыделения при твердении портландцемента с добавкой и без добавки марганецсодержащего шлама приведены на рис. 4.

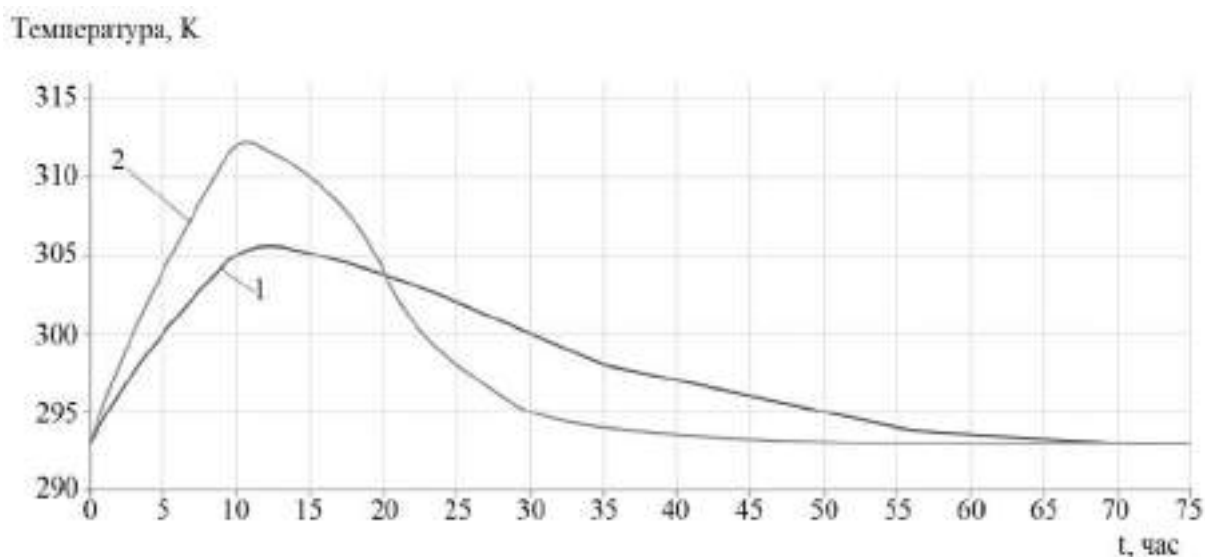


Рис. 4. Влияние добавки марганецсодержащего шлама на тепловыделение при гидратации портландцемента: 1 – без добавки шлама; 2 – с добавкой шлама

Анализ графиков тепловыделения при гидратации портландцемента с добавкой марганецсодержащего шлама в количестве 4% от массы цемента показал, что максимальная температура цементного теста с добавкой шлама выше максимальной температуры цементного теста без его добавки на 4,5°C. При этом введение шлама сокращает период времени до наступления основного эффекта тепловыделения с 16 до 11 час, что указывает на интенсификацию процесса гидратации цемента с добавкой марганецсодержащего шлама.

ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований установлено, что добавка к портландцементу марганецсодержащего шлама в количестве 4% от массы цемента активизирует протекание процесса гидратации цемента, при этом происходит увеличение скорости нарастания пластической прочности структуры цементного камня, сокращение периода его формирования и увеличение предела прочности цементного камня при сжатии на 17-18 %. Кроме этого, применение марганецсодержащего шлама в качестве добавки к портландцементу позволяет производить полезную утилизацию отвалов шламов на химических предприятиях и, как следствие, улучшать экологическую ситуацию на прилегающих территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильина Л.В., Бердов Г.И., Гичко Н.О. Влияние комплексных дисперсных минеральных добавок на прочность цементного камня // Изв. Вузов. Строительство. 2017. № 1. С. 38–44.
2. Космачев П.В., Демьяненко О.В., Власов В.А., Копаница Н.О., Скрипникова Н.К. Композиционные материалы на основе цемента с нанодисперсным диоксидом кремния. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017;(4):139-146.
3. Бердов Г. И., Зырянова В. Н., Машкин А. Н., Хританков В. Ф. Нанопроцессы в технологии строительных материалов // Строительные материалы. – 2008. – № 7. – С. 76-81.
4. Урханова, Л. А. Модифицирование цементного камня микродобавками неорганических солей / Л. А. Урханова, П. В. Березовский, Н. В. Архинчеева // Строительные материалы. – 2021. – № 1-2. – С. 22-29. – DOI 10.31659/0585-430X-2021-788-1-2-22-29.
5. Рыбьев И. А. Строительное материаловедение: Учеб. Пособие для строит. спец. ВУЗов – М.: Высшая школа, 2004 – 701 с.
6. Chowdhury S, Mishra M, Suganya O. The incorporation of wood waste ash as a partial cement replacement material for making structural grade concrete: An overview. Ain Shams Engineering Journal. Volume 6, Issue 2, June 2015, Pages 429-437.
7. Cheah Chee Ban, Ramli Mahyuddin. Mechanical strength, durability and drying shrinkage of structural mortar containing HCWA as partial replacement of cement. Construction and Building Materials. Volume 30, May 2012, Pages 320-329.
8. C. Kulasuriya, V. Vimonsatit, W.P.S. Dias and P. De Silva/ Design and development of Alkali Pozzolan Cement (APC)/Construction and Building Materials 68, pp. 426-433 (2014).
9. Maria S. Konsta-Gdoutos, Zoi S. Metaxa, Surendra P. Shah. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. Cement and Concrete Research. Volume 40, Issue 7, July 2010, Pages 1052-1059.
10. Сватовская Л.Б., Сычѳв М.М. Активированное твердение цементов. – Л.: Стройиздат, 1983. – 160 с.
11. Сычѳв М.М. Современные представления о механизме гидратации цементов. М.: ВНИИ ЭСМ, 1984. 50 с.
12. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва: Издательство АСВ, 2007. – 526 с.
13. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны / Научное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
14. Угляница А.В., Дуваров В.Б. Модификация цементных бетонов отработанным катализатором производства капролактама // «Инновации и инвестиции». М: Русайнс. №6. 2019 г. С. 286-291.
15. Угляница А.В., Дуваров В.Б. О возможности модификации цементных бетонов отработанным катализатором производства анилина // Вестник ВСГУТУ. Улан-УдЭ. № 2 (73). 2019 г. С.43-52.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Зиен Ву Ким¹, С.И. Баженова², Нгуен Зоан Тунг Лам³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*kimdienxdtb@gmail.com*

²*sofia.bazhenova@gmail.com*

³*nguyendoantunglam1110@gmail.com*

Аннотация

В этой статье дана краткая аналитическая справка особенностей применения пенобетона при возведении зданий и сооружений различного назначения. Там же описаны методы получения пористой структуры пенобетонной смеси и пенобетона с плотностью от 300 кг/м³ до 1800 кг/м³. Отражены факторы, влияющие на сильные и слабые стороны пенобетона, на основе исследований, которые были проведены ранее. Даны краткий перечень свойств пенобетона и область его применения.

ВВЕДЕНИЕ

Пенобетон – искусственный каменный материал, образованный в результате «захвата» пузырьков воздушных в растворе подходящим пенообразователем и преобразованием пластичной поризованной массы в стабильную пористую структуру. Рассмотренный материал обладает высокой текучестью, малым собственным весом (плотностью), возможностью минимального расхода заполнителя, контролируемой нижним пределом прочности и отличными теплоизоляционными свойствами. Пенобетон с плотностью от 400 кг/м³ до 1600 кг/м³ применяется в производстве конструктивных (элементы внешних и внутренних стен), конструктивно-изоляционных и тепло-звукоизоляционных элементов зданий и сооружений [1,2].

Неоспоримыми преимуществами пенобетона является его структура и плотность, что приводит к: снижению нагрузки на первый этаж и основание здания, поэтому использование пенобетона экономически выгодно и приводит к снижению затрат на строительство фундамента; из-за малого веса изделий из пенобетона возможно уменьшить затраты на погрузочно-разгрузочные работы и транспортировку до места строительства; само строительство идет более быстрым темпом, а следовательно затраты на «рабочую силу» также будут снижены; структура пенобетонного камня обладает хорошими акустическими и теплоизоляционными свойствами, в результате мы получаем экономию эксплуатационных расходов при пользовании готовым объектом: снижаются коммунальные платежи и трата электроэнергии [3-6].

Сейчас во всем мире широко используются конструкции и элементы из пенобетона, хотя раньше его в основном применяли для заполнения пустот и полостей (засыпка траншей), обратная засыпка и т.д. Примеры применения пенобетона в разных странах мира в конструкциях различного назначения показаны в таблице 1 [3,7,8].

Табл 1. Конструкции, где при строительстве был использован пенобетон

| П/п | Название объекта строительства | Год постройки | Плотность использованного пенобетона, кг/м ³ | Расход пенобетона на конструкцию, м ³ |
|-----|--|---------------|---|--|
| 1 | Bridge Abutment (Англия) | 1997 | 480-640 | 6117 |
| 2 | Load Reduction Fill (Германия) | 2001 | 430-480 | 22937 |
| 3 | Oil Platform (Китай) | 1992 | 800 | 2294 |
| 4 | Cycle Path (Китай) | 1997 | 640 | 917 |
| 5 | Running Track (Англия) | 1988 | 640-913 | 2905 |
| 6 | Tunnel and Underground Construction (Англия) | 1998-1999 | 640 | 10245 |
| 7 | Retaining Wall Backfill (Индия) | 1988-1997 | 500 | 50000 |
| 8 | Foam Concrete being Poured (Франция) | 2013 | 350-1600 | - |

Во Вьетнаме, применение пенобетона можно разделить на три основные области: первая - сборные элементы (стенные и потолочные панели); вторая - производство блоков, получаемые путем распиливания из больших блоков или отливом в формы с заданными геометрическими формой и размерами; третья - литье на месте (система напольных покрытий, изоляция крыши и заполнение стен), рисунок 1.



А, перегородка



Б, изоляция полов и крыш



В, несущая стена



Д, настенное покрытие



Е, элементы пола



Ж, заполнить «фон» перегородки

Рис 1. Примеры применения пенобетона при возведении зданий во Вьетнаме:

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными материалами для производства пенобетона являются мелкий заполнитель, цемент и пена. Раствор - это обычно свежий бетон, который содержит смесь цемента,

мелкого заполнителя (песок, летучая зола, доменный шлак с размером зерна менее 1,25 мм.), воды и пенообразователя.

Вспенивающие добавки основаны на стандарте BS8443: 2005. Согласно исследованиям [3,8] существует 2 метода производства пены: мокрый и сухой метод.

Особенность первого метода это то, что влажная пена имеет большую рыхлую пузырьковую структуру. Данный метод включает в себя распыление раствора агента и воды на мелкую сетку, в результате чего образуется пена с пузырьками размером от 2 до 5 мм, но если размер «пузырька пены» более 5 мм, то они схлопываются.

Второй метод. По этому методу пенобетонная смесь получается при совмещении сухих компонентов с низкократной пеной, непрерывно подаваемой пеногенератором, при этом образуется устойчивая пенобетонная смесь с малым количеством свободной воды, на поверхности пенных пузырьков оседают мелкие частицы твердой фазы. Высокая насыщенность ПАВ поверхности раздела «воздушная пора – дисперсионная среда» предопределяет формирование гладкой глянцевой поверхности стенок пор. Такой метод зачастую используется при непрерывной технологии производства пенобетона и для данного метода используется пенообразователь СДО, пеногенераторы и специальные смесители.

После того, как пена станет стабильной, ее можно вводить в бетон, используя методы предварительно подготовленной пены: цемент, мелкий песок и вода помещают в устройство, где их смешивают с пеной. При использовании такого способа смешивания процесс распределения пор по объему более контролируем, и можно легко производить большое количество готовой поризованной бетонной смеси. В зависимости от того, используется ли мокрый метод или сухой метод, существует два типа процессов производства пенобетона.

Мокрый метод. Используемые материалы: цемент, мелкозернистый заполнитель (мелкий песок, зола, зольный остаток, доменный шлак), добавки (микрокремнезем, суперпластификатор) и пена. Сначала смешивают сухие компоненты, затем добавляют воду и суперпластификатор. Далее в полученную растворную смесь добавляют предварительно сформированную пену из пенообразователя. Затем продолжить перемешивание 1-2 минуты до образования равномерной пенобетонной смеси. Основным материалом и пена подают через ряд статических встроенных смесителей, в которых они смешиваются. Пена и основные материалы смешиваются вместе и постоянно контролируются встроенным монитором плотности. Производительность зависит не от размера автобетоносмесителя, а от плотности пенобетона, где из одной партии основного материала объемом 8 м^3 можно получить 35 м^3 пенобетона с массой 500 кг/м^3 .

Преимущество этого метода в том, что можно производить относительно небольшие количества готовой смеси, однако ее качество непосредственно зависит от перемешивающей способности выбранного автобетоносмесителя. При таком методе производства плотность смеси может быть в диапазоне от 300 кг/м^3 до 1200 кг/м^3 . Обычно объем пены в этом методе составляет от 20% до 60% воздуха от общего объема полученного пенобетона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно исследованию [7,8] пенобетон обладает следующими свойствами:

- Плотность пенобетона в зависимости от марки варьируется от 300 до 1800 кг/м^3 . Блок из пенобетона D700 почти в три раза легче блока из керамзитобетона. Стандартный небольшой блок размером $200 \times 200 \times 400$ мм имеет вес всего 11 кг, что позволяет значительно снизить затраты на транспортировку и установку, а также снизить трудоемкость при строительстве.

- Теплоизоляционные свойства пенобетона. Благодаря пористой структуре пенобетон является конструкционным и теплоизоляционным материалом. Его теплоизоляционная способность в 3 - 3,5 раза выше, чем у кирпичной стены.

Коэффициент теплопередачи пенобетона D700 составляет 0,23 (Ккал/м²ч°С), а у глиняного кирпича - 0,8 (Ккал/м²ч° С).

- Прочность пенобетона. При малой насыпной плотности пенобетон имеет достаточно высокую прочность на сжатие, 3,5 - 5,0 МПа. Максимальная этажность дома с несущими стенами из пенобетона D900 - три этажа. При определенных дизайнерских решениях возможно применение пенобетона в многоэтажных домах без ограничения этажности.

- Огнестойкость пенобетона. Пенобетон относится к негорючим материалам, выдерживает одностороннее воздействие огня не менее 5-7 часов. При воздействии высоких температур на поверхность пенобетона из-за своей структуры он не раскаляется и не взрывается, как в случае с тяжелым бетоном. Испытания показали, что пенобетон толщиной 150 мм защищает от возгорания 4 часа.

- Звукопоглощение - до 60 дБ. Пенобетон обладает высокими звукопоглощающими характеристиками, хорошо поглощает низкочастотные шумы.

В таблице 1 рассмотрены возможные области применения пенобетона в зависимости от его плотности. Пенобетон с плотностью 300...1800 кг/м³обычно используется для жилищного строительства, сборных конструкций и монолитных стен, несущих или ненесущих конструкций [3,8,9].

Табл 2. Применение пенобетона в зависимости от плотности

| п/п | Плотность, кг/м ³ | Применение |
|-----|------------------------------|---|
| 1 | 300÷500 | Широко используется при заполнении пустот, как альтернатива гранулированному заполнению. |
| 2 | 500÷800 | В основном используется при производстве блоков и других ненесущих строительных элементов, таких как балконные перила, перегородки, парапеты и т.д. |
| 3 | 800÷1200 | В основном используется при производстве блоков и других несущих строительных элементов, таких как несущая стена. |
| 4 | 1200÷1600 | Используется в сборных и монолитных стенах, несущих или ненесущих, а также в стяжках полов |
| 5 | 1600÷1800 | Рекомендуется для плит и других несущих строительных элементов, где требуется более высокая прочность. |

Известно, что на плотность бетона влияет, его структура, качество и вид компонентов бетонной, например от влажности заполнителей, рецептуры смеси, отношения воды к вяжущему, а также от вида и количества химических и минеральных добавок, которые присутствуют в используемой смеси. Помимо характеристик материалов, на качество готового изделия из бетона, зависит от метода смешивания компонентов, уплотнения и условий твердения и это далеко не все факторы который влияют на структуру и плотность пенобетона [10].

Опираясь на ранее проведенные исследования [11-15] можно утверждать, что существует корреляция между плотностью и прочностью пенобетона на сжатие, то есть при увеличении плотности пенобетона увеличивается прочность на сжатие и наоборот.

Структура пенобетона обеспечивает хорошие теплоизоляционные показатели и низкие значения теплопроводности. В таблице 3 указано, что теплопроводность пенобетона находится в диапазоне от 0,1 W/mK до 0,7 W/mK для сухой плотности от 600 кг/м³ до 1600 кг/м³. Эти значения теплопроводности пенобетона обычно составляют от 5% до 30% от значений, измеренных для бетона с плотной структурой, следовательно мы получаем зависимость, уменьшение теплопроводности с снижением плотности.

Табл 3. Типичные свойства газобетона без добавок [1,8,11]

| п/п | Плотность (кг/м ³) | Прочность на сжатие (МПа) | Теплопроводность (W/mK) | Модуль упругости (кН/мм ²) | Деформация и усадка (%) | Используемые материалы |
|-----|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 1 | 400 | 0,5 – 1,0 | 0,07-0,09 | 0,8 – 1,0 | 0,30 – 0,35 | Цемент, песок, вода, пена |
| 2 | 600 | 1,0 – 1,5 | 0,11-0,13 | 1,0 – 1,5 | 0,22 – 0,25 | |
| 3 | 800 | 1,5 – 2,0 | 0,17 – 0,23 | 2,0 – 2,5 | 0,20 – 0,22 | |
| 4 | 1000 | 2,5 – 3,0 | 0,25 – 0,30 | 2,5 – 3,0 | 0,15 – 0,18 | |
| 5 | 1200 | 4,5 – 5,5 | 0,38 – 0,42 | 3,5 – 4,0 | 0,09 – 0,11 | |
| 6 | 1400 | 6,0 – 8,0 | 0,50 – 0,55 | 5,0 – 6,0 | 0,07 – 0,09 | |
| 7 | 1600 | 7,5 – 10,0 | 0,62 – 0,66 | 10,0 – 12,0 | 0,06 – 0,07 | |

Качество и функциональные особенности пенобетона зависят от многих факторов, не только от пропорций и состава смеси, но и технологических приемов, которые были использованы в процессе приготовления как самой смеси, так и изделий из нее.

ВЫВОДЫ

В этой статье обсуждались области применения и свойства пенобетона.

Можно сделать вывод, что пенобетон не использует крупные заполнители. Основные ингредиенты - мелкие заполнители, связующие, добавки, вода и пенообразователи. Объемный объем пенобетона легче традиционного бетона, он колеблется в пределах 300÷1800 кг/м³. У них лучшая звуко- и теплоизоляция, чем у традиционного бетона. Поэтому его можно применять для покрытия конструкций, звукоизоляции, теплоизоляции при строительных работах.

В дальнейшем авторы планируют больше внимания уделить изучению производства легкого бетона для конструкционных и термически стойких конструкций, а так же рассмотреть возможность в условиях Вьетнама заменить традиционный бетон и керамический кирпич для строительства зданий гражданского назначения с целевой плотностью 1500...1700 кг/м³ и менее 1000 кг/м³. Авторы рассматривают возможность проведения данного вида исследований на цементе, доменном шлаке, микрокремнеземе и химических добавках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ву К.З., Баженова С.И., Танг .В.Л. Влияние-минеральных-добавок-летучей-золы-доменного-шлака-на-механические-свойства-пенобетона // Строительные материалы и технологии. 2020. 88(2). Pp. 25–34. DOI:10.33979/2073-7416-2020-88-2-25-34.
2. Kim, D.V., Bazhenova, S., Van, L.T., Cong, L.N. Sustainable use of industrial-waste as fine-aggregate of Foam Concrete // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 869. Pp. 10. DOI:10.1088/1757-899X/869/3/032022.
3. Ху Ш., Ван Ф.Ч. Легкие бетоны // ABC Москва. 2016. 304с
4. Sherin K., Saurabh J.K. Review of Autoclaved Aerated Concrete: - Advantages and Disadvantages // Proceedings of national conference: advanced structures, Materials and methodology in civil engineering. 2018. Pp. 35-39
5. Lina C., Albert A. Cellular concrete review: New trends for application in construction // Construction and Building Materials 200 (2019). Pp. 637–647
6. Кенина К.А. Ячеистый бетон и его преимущества // Вестник Шухова. 2015. 4С
7. Ramamurthy, K., Kunhanandan Nambiar, E.K., Indu Siva Ranjani, G. A classification of studies on properties of foam concrete // Cement and Concrete Composites. 2009. 31(6). Pp. 388–396. DOI:10.1016/j.cemconcomp.2009.04.006.
8. Amran Y.H.M., Farzadnia, N., Ali, A.A.A. Properties and applications of foamed concrete; A review // Construction and Building Materials 101 (2015) 990–1005.
9. Баженов Ю.М. Технология бетона. Изд. АСВ. М., 2011. 524 с
7. Brady, Watts, G.R.A., Jones, R. Specification for Foamed Concrete // TRL Limited. 2001. 78p.
11. Портник А. А. Все о пенобетоне. ABC Москва. 2003. 224с.

12. Sami E., Mostapha B., Gareth W. Influence of mineral admixtures on the mechanical properties of fresh and hardened concrete // *Construction Science*. vol. 19. 2016. Pp. 4–12.
13. Maheshkumar H.T. Experimental study on foam concrete // *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development*. Vol. 4. Issue 1. 2014. Pp. 145-158.
14. Chundakus H., Kuncoro D., Prabang S., Prasasto S. Physical, mechanical and thermal properties of lightweight foamed concrete with fly ash // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 420 (2018) 012062 doi:10.1088/1757-899X/420/1/012062. 8p.
15. Жуков А. Д., Наумова Н. В., Чунин А. С. Усадочные деформации при формировании структуры ячеистого бетона // *Интернет-вестник ВолГАСУ*. Вып. 4(35). 2014. 6с.

ПОЛУЧЕНИЕ БЕСЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ СМЕСИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНАХ

Танг Ван Лам¹, Ву Ким Зиен², Б.И. Булгаков³, Хоанг Минь Хай⁴

¹Ханойский горно-геологический университет, г. Ханой (Вьетнам);

^{2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

⁴Колледж промышленности и строительства, г. Уонг Би (Вьетнам);

¹lamvantang@gmail.com

²kimdienxdtb@gmail.com

³BulgakovVI@mgisu.ru

⁴hoanghaicdncsp@gmail.com

Аннотация

В данной статье представлены результаты получения во Вьетнаме бесцементных вяжущих из смеси крупнотоннажных промышленных и сельскохозяйственных отходов с целью замены портландцемента в составе мелкозернистых бетонов.

Результаты проведенных исследований показали возможность изготовления бесцементных вяжущих, позволяющих получить мелкозернистые бетонные смеси с распылом конуса $145 \div 215$ мм, при затвердевании которых были получены бетоны с пределом прочности на сжатие в возрасте 28 суток нормального твердения $43,1 \div 68,9$ МПа и на растяжение при изгибе порядка $4 \div 7,4$ МПа. Разработанные бесцементные вяжущие могут быть использованы в качестве альтернативы традиционному портландцементу.

ВВЕДЕНИЕ

Топливная зола-уноса и доменные шлаки – одни из самых крупнотоннажных промышленных отходов в современном мире. Зола-уноса содержится в отходящих дымовых газах в виде мелких частиц, которые образуются при сжигании твердого топлива на теплоэлектростанциях [1, 2]. В составе золы-уноса содержится много кристаллических фаз, состоящих в основном из оксидов кремния, алюминия, кальция, железа, магния и серы, кроме того, она может содержать некоторое количество несгоревшего угля [3, 4]. Доменные шлаки - отходы черной металлургии в виде частиц диаметром $10 \div 200$ мм, которые получают в качестве побочного продукта при выплавке чугуна из железной руды [5-7].

Одновременно с быстрым развитием индустриализации и модернизации промышленности во Вьетнаме растет спрос на электроэнергию и чугун, сталь и различные сплавы. Все это приводит к увеличению количества образующихся топливных зол и шлаков, требующих все большую площадь свалок твердых отходов [8, 9]. При неправильной организации захоронения такие отходы будут загрязнять воду и почву, нанося, тем самым, ущерб окружающей среде [10, 11].

В настоящее время Вьетнам ориентирован на создание экономики замкнутого цикла, направленной на экономию природных ресурсов и рациональную утилизацию крупнотоннажных техногенных отходов. Поэтому действия по использованию большого количества золы и шлака – отходов работы тепловых электростанций и металлургических предприятий в качестве сырья для производства строительных материалов представляются очень важной экологической задачей.

Вместе с тем, согласно статистике Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), мировое производство риса в 2003 году составило 588,56 млн. т., из которых на долю Вьетнама пришлось 34,51 млн. т. Обмолот указанного количества рисового

зерна привел к образованию 6,9 млн. т. рисовой шелухи, а в 2015 г. ее количество превысило 8 млн. т. Это также оказывает сильное давление на экологическую ситуацию в стране [12, 13].

Целью данной работы является изучение возможности получения бесцементных вяжущих из смеси промышленных и сельскохозяйственных отходов, в которых в качестве алюмосиликатных сырьевых материалов используются топливная зола-уноса, доменный шлак и зола рисовой шелухи, а в качестве щелочных активаторов – растворы NaOH и Na₂SiO₃ с кремнеземным модулем M_s = 2,5. Полученные результаты показывают перспективность использования во Вьетнаме твердых промышленных и сельскохозяйственных отходов для получения бесцементных вяжущих.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

В работе были использованы следующие сырьевые материалы из отходов: зола-уноса (ЗУ), доменный шлак (ДШ), зола рисовой шелухи (ЗРШ). Их химический состав и физические свойства представлены в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав и физические свойства золы-уноса, доменного шлака и золы рисовой шелухи

| Материалы | Зола-уноса | Доменный шлак | Зола рисовой шелухи |
|--|------------|---------------|---------------------|
| Химический состав, % | | | |
| SiO ₂ | 54,2 | 36,3 | 88,4 |
| Al ₂ O ₃ | 23,3 | 12,6 | 3,8 |
| Fe ₂ O ₃ | 9,8 | 3,4 | 2,5 |
| SO ₃ | 2,5 | 5,7 | 0,4 |
| K ₂ O | 1,5 | 0,4 | - |
| Na ₂ O | 1,6 | 0,3 | 0,6 |
| CaO | 1,2 | 40,1 | 0,8 |
| P ₂ O ₅ | 1,4 | - | - |
| Потери при прокаливании | 4,5 | 1,2 | 3,5 |
| Физические свойства | | | |
| Удельная поверхность, см ² /г | 5,82 | 0,37 | 14,45 |
| Истинная плотность, г/см ³ | 2,35 | 2,92 | 2,25 |
| Насыпная плотность, кг/м ³ | 1575 | 1550 | 760 |
| Водопотребность, % масс. | 101 | 145 | 105 |

В качестве мелкого заполнителя (П) в исследовании был использован кварцевый песок I класса реки Ло (Вьетнам) с истинной плотностью 2,65 г/см³ и размером частиц от 0,14 мм до 5 мм, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014.

Активирующий щелочной раствор (АР) состоял из водных растворов гидроксида и силиката натрия с плотностью, соответственно, 1,45±0,01 г/см³ и 1,55±0,01 г/см³, в соотношении Na₂SiO₃/NaOH = 2,5 [14, 15]. Его процентный состав по массе: NaOH = 12%; Na₂SiO₃ = 30% и вода = 58%.

Для снижения водопотребности бетонной смеси использовали поликарбоксилатный суперпластификатор SR 5000F (SR5000) производства фирмы «Silk Road» с плотностью 1,1 г/см³ при температуре 20 ± 5°C. Это суперпластификатор типа G, соответствующий требованиям ASTM C494.

Вода, использованная для приготовления мелкозернистой бетонной смеси, соответствовала требованиям ГОСТ 23732-2011 и TCVN 4506: 2012.

Методы

- Составы мелкозернистых бетонных смесей на бесцементных вяжущих рассчитывали методом абсолютных объемов с последующей их корректировкой по результатам экспериментальных испытаний.

- Удобоукладываемость мелкозернистых бетонных смесей по расплыву конуса определяли согласно стандарту TCVN 3121-3: 2003.

- Среднюю плотность мелкозернистых бетонных смесей определяли согласно TCVN 3108: 1993 и TCVN 3105: 1993, а среднюю плотность полученных в результате их затвердевания бетонов – по стандарту TCVN 3115: 1993.

- Прочность мелкозернистых бетонов на сжатие определяли испытанием образцов-кубов размером 70x70x70 мм, а на растяжение при изгибе - на образцах-призмах размером 40x40x160 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012.

Приготовление мелкозернистых бетонных смесей

Соотношения между основными сырьевыми компонентами и объем вовлеченного воздуха были определены на основании результатов проведенных ранее исследований [4-6, 8, 10, 14, 15].

Табл. 2. Соотношения сырьевых компонентов и объем вовлеченного воздуха

| Соотношение | $\frac{П}{ЗДЗ}$ | $\frac{ЗУ}{ЗДЗ}$ | $\frac{ДШ}{ЗДЗ}$ | $\frac{ЗРШ}{ЗДЗ}$ | $\frac{SR5000}{ЗДЗ}$ | $\frac{AP}{ЗДЗ}$ | $\frac{Na_2SiO_3}{NaOH}$ | $\frac{В}{ЗДЗ}$ | Объем вовлеченного воздуха |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------|------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------|
| Значение | 1,3 | 10%÷90% | 0%÷80% | 10% | 1% | 0,35 | 2,5 | 0,23 | 3% |

Примечание: ЗДЗ = ЗУ + ДШ + ЗРШ.

Предварительные составы мелкозернистых бетонных смесей на бесцементных вяжущих представлены в таблице 3.

Табл. 3. Составы мелкозернистых бетонных смесей

| № состава | Состав бесцементного вяжущего | $\frac{AP}{ЗДЗ}$ | Содержание сырьевых компонентов, кг/м ³ | | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|------------------|--|-----|-----|------|----------------------------------|------|--------|------|
| | | | ЗУ | ДШ | ЗРШ | NaOH | Na ₂ SiO ₃ | П | SR5000 | Вода |
| Состав №1 | 90%ЗУ+10%ЗРШ | 0,35 | 754 | 0 | 84 | 84 | 210 | 1089 | 8,4 | 197 |
| Состав №2 | 70%ЗУ + 10%ЗРШ + 20%ДШ | | 595 | 170 | 85 | 85 | 213 | 1105 | 8,5 | 198 |
| Состав №3 | 50%ЗУ + 10%ЗРШ + 40%ДШ | | 432 | 345 | 86 | 86 | 216 | 1122 | 8,6 | 199 |
| Состав №4 | 30%ЗУ + 10%ЗРШ + 60%ДШ | | 263 | 526 | 88 | 88 | 219 | 1140 | 8,8 | 201 |
| Состав №5 | 10%ЗУ + 10%ЗРШ + 80%ДШ | | 89 | 711 | 89 | 89 | 223 | 1156 | 8,9 | 202 |

РЕЗУЛЬТАТЫ

Удобоукладываемость и средняя плотность мелкозернистых бетонных смесей

Результаты определения удобоукладываемости мелкозернистых бетонных смесей на бесцементных вяжущих по расплаву конуса и их средней плотности представлены в таблице 4.

Табл. 4. Удобоукладываемость и средняя плотность мелкозернистых бетонных смесей на бесцементных вяжущих

| № состава | Средняя плотность, кг/м ³ | Расплав конуса, мм |
|-----------|--------------------------------------|--------------------|
| Состав №1 | 2405 | 215 |
| Состав №2 | 2437 | 185 |
| Состав №3 | 2461 | 185 |
| Состав №4 | 2503 | 155 |
| Состав №5 | 2541 | 145 |



Рис. 1. Определение удобоукладываемости мелкозернистых бетонных смесей по расплыву конуса



Рис. 2. Определение плотности мелкозернистых бетонных смесей

Из экспериментальных результатов, приведенных в таблице 4, видно, что изменение соотношения между ЗУ и ДШ в составе бесцементных вяжущих не оказывает существенного влияния на среднюю плотность бетонных смесей. В то же время, величина расплыва конуса мелкозернистой бетонной смеси сильно изменяется при увеличении содержания доменного шлака в составе вяжущего, что объясняется его большей по сравнению с золой-уноса водопотребностью (соответственно, 145 % и 101 % масс.) из-за более пористой структуры шлака. Процессы определения величины расплыва конуса и средней плотности мелкозернистых бетонных смесей на основе бесцементных вяжущих показаны на рис. 1 и 2.

Физико-механические свойства мелкозернистых бетонов

Прочность бетонных образцов на сжатие и растяжение при изгибе определяли в возрасте 7, 14 и 28 суток. Результаты экспериментов представлены в таблице 5.

Табл. 5. Средняя плотность и прочность бетонных образцов на сжатие и растяжение при изгиб

| № состава | Состав бесцементного вяжущего | Средняя плотность, кг/м ³ | Прочность на растяжение при изгибе, МПа | | | Прочность на сжатие, МПа | | |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|---|---------|---------|--------------------------|---------|---------|
| | | | 7 сут. | 14 сут. | 28 сут. | 7 сут. | 14 сут. | 28 сут. |
| Состав №1 | 90%ЗУ+10%ЗШР | 2389 | 2,83 | 3,71 | 4,01 | 27,9 | 36,9 | 43,1 |
| Состав №2 | 70%ЗУ + 10%ЗШР + 20%ДШ | 2396 | 3,05 | 4,43 | 4,66 | 31,2 | 40,9 | 46,1 |
| Состав №3 | 50%ЗУ + 10%ЗШР + 40%ДШ | 2403 | 3,31 | 4,75 | 5,12 | 37,7 | 49,2 | 52,4 |
| Состав №4 | 30%ЗУ + 10%ЗШР + 60%ДШ | 2478 | 4,87 | 6,14 | 6,87 | 43,4 | 56,5 | 61,5 |
| Состав №5 | 10%ЗУ + 10%ЗШР + 80%ДШ | 2506 | 5,27 | 6,36 | 7,44 | 48,2 | 63,4 | 68,9 |

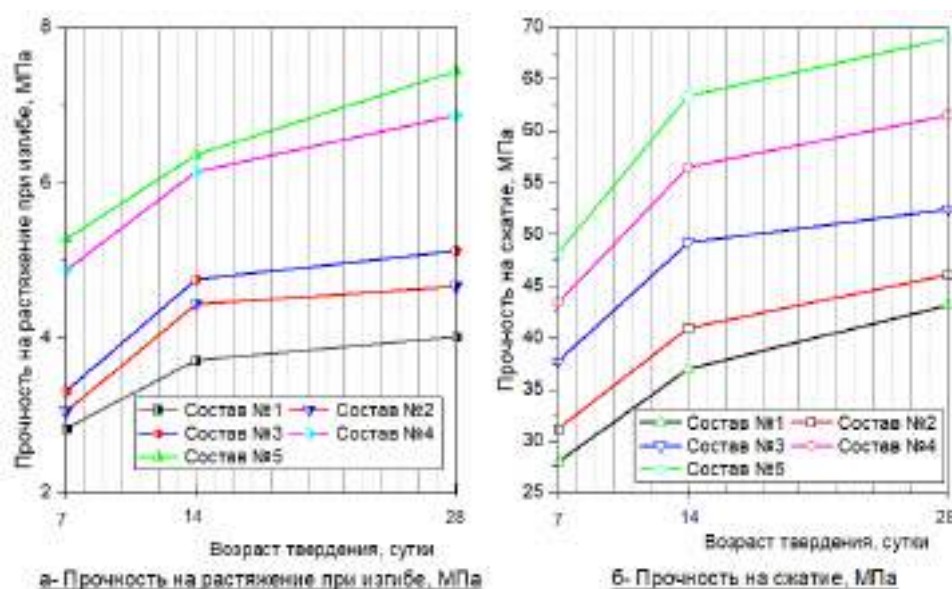


Рис. 3. Зависимости прочности на сжатие и на растяжение при изгибе от возраста твердения бетонных образцов

На рисунке 3 видно, что увеличение содержания доменного шлака в составе бесцементного вяжущего до 80% приводит к росту прочности мелкозернистых бетонов на сжатие и растяжение при изгибе примерно до 1,6-1,8 раза, что можно объяснить цементирующим действием шлака.

На основании полученных результатов проведенных исследований из мелкозернистой бетонной смеси на разработанном бесцементном вяжущем составе №5 при непосредственном участии авторов статьи были изготовлены вентиляционные решетки, использованные при строительстве во Вьетнаме (рис 4).



Рис. 4. Вентиляционные решетки из мелкозернистой бетонной смеси на разработанном бесцементном вяжущем

ВЫВОДЫ

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Используя имеющиеся во Вьетнаме крупнотоннажные промышленные и сельскохозяйственные отходы в виде топливной золы-уноса, доменных шлаков и золы рисовой шелухи в сочетании с активирующим раствором $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$, можно получить бесцементное вяжущее, позволяющее заменить портландцемент в мелкозернистых бетонах во Вьетнаме. При этом были получены мелкозернистые бетонные смеси с удобоукладываемостью по расплыву конуса $145 \div 215$ мм, после затвердевания которых были получены мелкозернистые бетоны в предельном диапазоне прочности на сжатие в возрасте 28 суток $43,1 \div 68,9$ МПа и на растяжение при изгибе порядка $4 \div 7,4$ МПа.

2. При увеличении содержания доменного шлака в составе бесцементного вяжущего до 80% наблюдается снижение расплава конуса мелкозернистой бетонной смеси с 215 до 145 мм, что объясняется большей водопотребностью шлака по сравнению с золой-уноса из-за его более пористой структуры. При этом, средняя плотность бетонных смесей при

снижении концентрации золы-уноса в составе бесцементного вяжущего и одновременном росте содержания доменного шлака незначительно возрастает.

3. При повышении содержания в составе бесцементного вяжущего доменного шлака до 80% предел прочности на сжатие и на растяжение при изгибе образцов исследованных мелкозернистых бетонов увеличился примерно в $1,6 \div 1,8$ раза по сравнению с бетоном на бесцементном вяжущем без шлака, что можно объяснить цементирующим действием использованного доменного шлака.

4. 7 и 14-суточная прочность на сжатие разработанных мелкозернистых бетонов на бесцементных вяжущих в среднем составила, соответственно, 70% и 90% предела прочности в возрасте 28 суток.

БЛАГОДАРНОСТЬ. Публикуется при поддержке гранта научно-технической программы Министерства строительства Вьетнама, реализуемой с 2021 года в соответствии № 3813/QĐ-BGDĐT от 20/11/2020 с № B2021-MDA-11.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kiều Q.N., Nguyễn A.D. Chất kết dính geopolimer trong sản xuất vật liệu xây dựng không nung // Tạp chí Địa chất, loạt A năm 2020, tr.647 -659.
2. Nguyễn T.B., Nguyễn T.T., Đinh H.Q. Ảnh hưởng của độ mịn xỉ lò cao đến cường độ bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa // Tạp chí KH&CN Thủy lợi số 61, trang 16-23, 2020
3. Nguyễn T.B., Nguyễn T.T., Đinh H.Q. Kết quả ứng dụng bê tông CKD KHH sử dụng tro bay và xỉ lò cao tại công trình thử nghiệm // Tạp chí KH&CN Thủy lợi số. 2020. 63, trang 73-83.
4. Trần V.H., Đào V.Đ., Nguyễn N.L. Nghiên cứu các tính chất cơ học của bê tông Geopolymer tro bay // Tạp chí Giao thông Vận tải. 2017. Số 1. 10p.
5. Đinh H.Q., Nguyễn T.B., Nguyễn T.T. Phương pháp tính toán thành phần, công thức cấp phối bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện, xỉ lò cao phù hợp với các nguồn vật liệu tại Việt Nam // Đề tài NCKH cấp Quốc gia mã số KC.08.21/16-20 thuộc chương trình nghiên cứu KH&CN phục vụ bảo vệ môi trường và phòng tránh thiên tai, mã số: KC08/16-20.
6. Hwang C.L., Trong P.H. Effect of alkali-activator and rice husk ash content on strength development of fly ash and residual rice husk ash-based geopolimer // Construction and Building Materials. 2015. 101 Pp: 1-9.
7. Khoa T.N., Namshik A., Tuan A.Le., Kihak Lee. Theoretical and experimental study on mechanical properties and flexural strength of fly ash-geopolymer concrete // Construction and Building Materials. 2016. 106, pp. 65-77.
8. Nguyễn T.B., Nguyễn T.T., Đinh H.Q. Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa (không sử dụng xỉ măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường. Đề tài NCKH cấp Quốc gia mã số KC.08.21/16-20.
9. Lam V.T., Boris B., Sofia B., Olga A., Anh N.P., Tho D.V., Effect of rice husk ash and fly ash on the workability of concrete mixture in the high-rise construction // E3S Web of Conferences. 2018. 33, 02029, 13 p.
10. Nguyễn T.X. Khả năng ứng dụng tro bay làm phụ gia trong vữa và bê tông trên nền geopolimer // Tạp chí khoa học – công nghệ thủy sản. 2013. số 1. 10p
11. Nguyễn T.B., Nguyễn T.T., Đinh H.Q. Nghiên cứu đánh giá chất lượng tro bay, xỉ lò cao của các nhà máy nhiệt điện, luyện kim ở Việt Nam // Tạp chí KH&CN Thủy lợi. 2019. №57, 27-38.
12. Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diễm, Bulgakov Boris Igorevich. Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện với xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất lượng cao hạt mịn không xỉ măng// Tạp chí Xây dựng, №10/2021. C. 183-190.
13. Tang V.L., Boris B., Olga A., Anh N.P., Yuri M. Effect of rice husk ash on hydrotechnical concrete behavior // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. 365, 032007, 8 p.
14. Танг В.Л., Нго С.Х., Ву К.З., Булгаков Б.И., Баженова С.И., Александрова О.В. Геополимерный бетон с использованием многотоннажных техногенных отходов // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11. Вып. 2. Ст. 2. URL: <http://nso-journal.ru> DOI: 10.22227/2305-5502.2021.2.2
15. Танг В.Лам, Булгаков Б.И. Возможность использования золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи в геополимерных бетонах для строительства сооружений во Вьетнаме // BDU Journal of Science & Technology. 2021. Vol.03. №.01. Pp. 26-40.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ БЕТОНЫ НА ТЕХНОГЕННОМ СЫРЬЕ

А. Х. Аласханов

*Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М. Д. Миллионщикова,
alaxhanov.arbi@mail.ru*

Аннотация

Решение актуальной проблемы расширения сырьевой базы бетонов нового поколения возможно на основе применения местных каменных материалов, пригодных для производства наполнителя. Значительные запасы некондиционного и техногенного сырья, которые могут служить исходным материалом для получения высококачественных бетонов, сосредоточены в Кавказском регионе.

В данной статье отражены результаты изучения строительно-технических характеристик строительных бетонных композитов с использованием некондиционного природного и техногенного сырья, предназначенные для возведения долговечных зданий и сооружений. Установлено снижение до 3 раз водопоглощения по массе (не более 2,7% по сравнению с 9% у традиционного тяжелого портландцементного бетона). Это напрямую связано с поровой структурой: в разработанном высокопрочном и малопроницаемом композите микроструктура в основном представлена мелкими порами, в том числе непроницаемыми для воды гелевыми порами (λ от 0,6 до 0,8) с достаточно однородной размерностью (α от 0,4 до 0,5).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время негативное воздействие окружающей среды угрожающе отражается на здоровье человека. Соответственно, важнейшим условием обеспечения безопасной среды обитания становятся научные трансдисциплинарные разработки на основе природоподобных технологий. В первую очередь это относится к строительной промышленности, ведь в зданиях различного назначения (жилых, производственных, общественных и т.д.) люди проводят большую часть жизни. Исходя из этих предпосылок необходима постановка новой парадигмы науки [1].

Решение актуальной проблемы комплексного использования техногенного сырья для создания, так называемых «зеленых» композитов, в настоящее время приобретает серьезное значение. Современные композиционные материалы на техногенном сырье, в отличие от материалов на природном сырье, отличаются рядом уникальных свойств и технологическими особенностями их получения.

Обычные и высокопрочные бетоны на основе сырьевых ресурсов различного генезиса исследованы в работах отечественных ученых: Баженова Ю.М. [2,3], Калашников В.И. [4], Каприелова С.С. [5,6], Richard P. и Cheyrezy M. [7], Демьяновой В.С. [8], Лесовика В.С. [1,9], Батаева Д.К.-С. [10,11], Муртазаева С.-А.Ю. [12,13], Берга О.Я. [14], авторы отмечают значительную роль сырьевых компонентов техногенной природы в процессе структурообразования строительных композитов [15].

Требования к сырью различной природы происхождения для получения высокопрочных бетонов, представленные в работах зарубежных ученых: Aitcin P.C. [16], Skazlic M., Vjegovic D. [17] и Shi C. с коллегами [18], Vandamme, M. с соавторами [19], Chen, J.J. и др. [20], B. Gathier, F.-J. Ulm [21], Constantinides, G. с коллегами [22], Randall, N.X. с соавторами [23], Nohava, J. и др. [24], Le Roy, R. [25] связаны, как правило, с отсутствием в сырьевых материалах загрязняющих примесей (глинистых, илестых и др.) и иных соединений, способных вступать в химическое взаимодействие с вяжущими веществами.

Целью настоящей статьи является исследования физико-механических свойств и характеристик долговечности высокопрочных цементных композитов. Для достижения поставленной цели следующие задачи были решены последовательно:

- экспериментальное исследование характеристик водопоглощения разработанных композитов;
- на основании выявленного водопоглощения теоретическое вычисление характеристик пористой структуры материала;
- зная пористую структуру и водопоглощение композита, экспериментальное подтверждение синтезированной структуры путем определения морозостойкости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырьевых материалов применялись:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н производства АО Чеченцемент» в количестве от 385 до 588 кг на 1 м³, что позволяет получать бетоны классов от В30 до В80;
- щебень в количестве 1000 кг на 1 м³, причем для бетонов высоких классов применялся обогащенный щебень фракцией 5-20 мм с маркой по дробимости М1200;
- песок в количестве 620-795 кг на 1 м³;
- в качестве минерального наполнителя применялся тонкоизмельченный строительный лом (кирпича и бетона в соотношении 30:70), вводящийся в состав в количестве 15% от массы портландцемента;
- содержание воды затворения соответствовала водоцементному отношению (В/Ц) от 0,28 до 0,45, при этом минимальные значения В/Ц позволяют получить бетоны наиболее высоких классов по прочности;
- необходимые значения реологических характеристик при этом обеспечивались за счет применения химических модификаторов «Динамикс ПК» (пластифицирующая добавка) и «Динамикс РС» (замедлитель твердения) в количестве до 1% от массы цемента.

Изучения водопоглощения по массе разработанных композитов осуществлялось согласно нормативной методике ГОСТ 12730.3-78.

Полученные в результате графики зависимостей «водопоглощение – время насыщения» аппроксимировались по формуле:

$$W_t = W_M \left[1 - e^{-(\lambda t)^\alpha} \right]$$

где W_t – массовое количество воды, впитанное образцом за время t ; W_M – то же, рассчитанное по ГОСТ 12730.3-78; $e = 2,718$; λ – показатель размерности капиллярной пористости; α – показатель однородности размеров пор.

Морозостойкость и водонепроницаемость разработанных композитов, проводилась на образцах 10×10×10 см по нормативным методикам ГОСТ 10060-2012 и ГОСТ 12730.5-84, соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные результаты, приведенные на рис. 1, свидетельствуют, что водопоглощение разработанных композитов в меньшей степени зависит от водоцементного отношения по сравнению с традиционными портландцементными тяжелыми бетонами. На основании этих выводов можно судить о сниженных характеристиках макроскопической и капиллярной пористости и, соответственно, водопроницаемости полученного высокопрочного модифицированного бетона.

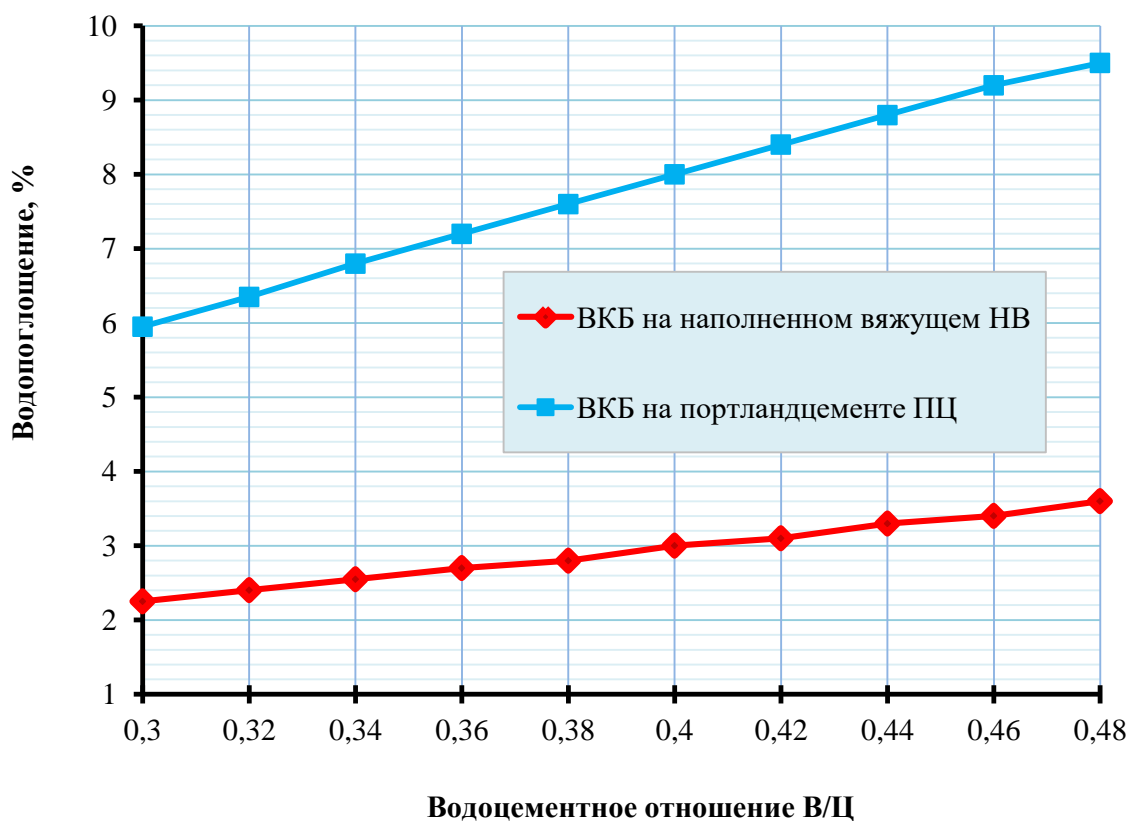


Рис. 1. Зависимость водопоглощения (по массе) от водоцементного отношения для разработанных композитов

В табл. 1 приведены значения пористости высокопрочных бетонов (средний размер λ , однородность α и удельная поверхность пор S_0).

Установлено снижение до 3 раз водопоглощения по массе (не более 2,7% по сравнению с 9% у традиционного тяжелого портландцементного бетона). Это напрямую связано с поровой структурой: в разработанном высокопрочном и малопроницаемом композите микроструктура в основном представлена мелкими порами, в том числе непроницаемыми для воды гелевыми порами (λ от 0,6 до 0,8) с достаточно однородной размерностью (α от 0,4 до 0,5).

Табл. 1. Кинетика водопоглощения и показатели пористости высококачественных бетонов на основе местного природного и техногенного сырья в возрасте 28 суток

| № смеси | Класс бетона | Плотность, т/м ³ | Прочность при сжатии, МПа | Показатели поровой структуры | | | W _м , % по массе |
|---------|--------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------|-------|-----------------------------|
| | | | | λ | α | S_0 | |
| 1. | В55 | 2,4 | 77 | 0,8 | 0,5 | 8,4 | 2,5 |
| 2. | | 2,4 | 75 | 1,0 | 0,5 | 6,0 | 6,6 |
| 3. | В60 | 2,4 | 85 | 0,6 | 0,5 | 8,3 | 2,5 |
| 4. | | 2,4 | 89 | 0,9 | 0,5 | 5,9 | 6,5 |
| 5. | В80 | 2,4 | 112 | 0,6 | 0,4 | 8,2 | 2,3 |
| 6. | | 2,4 | 116 | 0,9 | 0,5 | 5,6 | 6,2 |
| 7. | В30 | 2,3 | 47 | 0,8 | 0,5 | 9,3 | 2,7 |
| 8. | В40 | 2,4 | 58 | 0,8 | 0,5 | 9,0 | 2,7 |

| № смеси | Класс бетона | Плотность, т/м ³ | Прочность при сжатии, МПа | Показатели поровой структуры | | | W _М , % по массе |
|---------|--------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----|----------------|-----------------------------|
| | | | | λ | α | S ₀ | |
| 9. | B45 | 2,4 | 66 | 0,8 | 0,5 | 8,6 | 2,5 |
| 10. | B55 | 2,4 | 77 | 0,8 | 0,5 | 8,4 | 2,4 |
| 11. | B60 | 2,4 | 85 | 0,6 | 0,4 | 8,3 | 2,4 |
| 12. | B80 | 2,4 | 115 | 0,6 | 0,4 | 8,2 | 2,2 |

Согласно результатам, приведенным в табл. 1, у разработанных композитов отмечается повышенная удельная поверхность пор по сравнению с контрольным бездобавочным тяжелым бетоном. Несмотря на это, закрытые поры с малым радиусом являются непроницаемыми для воды, что, соответственно, приводит к повышению морозостойкости материала.

Дальнейшие экспериментальные исследования и были направлены на изучение характеристик морозостойкости композитов (рис. 2). Видно, что высокопрочные бетоны (класс B80) на наполненном вяжущем способны обеспечить в 2 раза большее количество пройденных циклов замораживания-оттаивания по сравнению с традиционными составами.

Такие же высокие результаты были достигнуты и в ходе исследования характеристик водонепроницаемости (W14 и выше), что позволяет применять данные материалы для гидротехнического строительства особо ответственных объектов.

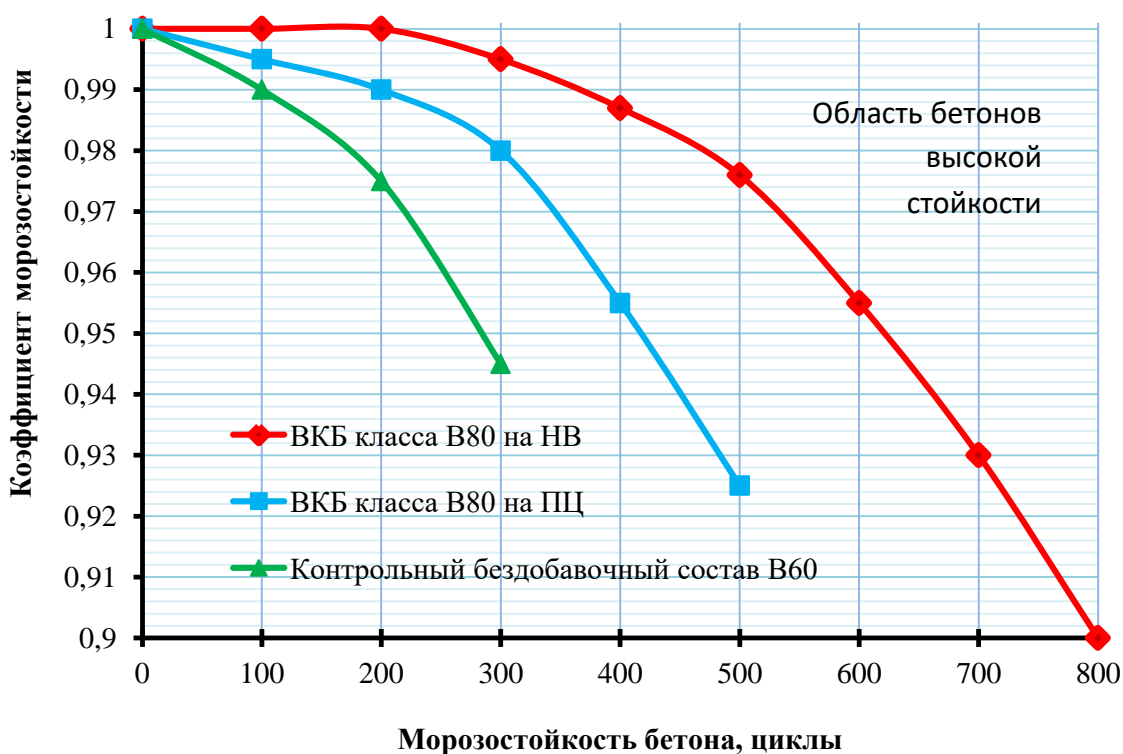


Рис. 2. Зависимость морозостойкости от состава вяжущего

ВЫВОДЫ

1. Разработаны составы высокопрочных малопроницаемых цементных композитов на композиционных вяжущих, способных обеспечить улучшенные характеристики физико-механических свойств и долговечности за счет применения минеральной добавки, полученной из тонкоизмельченного строительного лома (кирпича и бетона в пропорции

30:70), комплексная химическая добавка, позволяющая снизить водоцементное отношение до 0,28, а также обогащенного щебня с маркой по дробимости М1200.

2. Полученная прочность при сжатии до 116 МПа позволяет применять данный бетон практически для любых сооружений. в том числе уникальных объектов.

3. Установлено снижение до 3 раз водопоглощения по массе (не более 2,7% по сравнению с 9% у традиционного тяжелого поргландцементного бетона). Это напрямую связано с поровой структурой: в разработанном высокопрочном и малопроницаемом композите микроструктура в основном представлена мелкими порами, в том числе непроницаемыми для воды гелевыми порами (λ от 0,6 от 0,8) с достаточно однородной размерностью (α от 0,4 0,5).

4. Установлено, что высококачественные бетоны на основе композиционного вяжущего с тонкомолотыми минеральными наполнителями техногенного происхождения обладают повышенной морозостойкостью (F300-F500) и характеристиками водонепроницаемостью (W14 и выше), что является твердой основой, обеспечивающей высокую долговечность таких бетонов.

Дальнейшие направления исследований могут быть направлены на изучение непроницаемой для воды гелевой пористости с позиции микромеханики композиционных сред, в том числе с применением методов наноиндентирования. Понимание процессов уплотнения упаковки гидросиликатов кальция на наноуровне позволит создавать долговечные композиты (непроницаемые для воды, пара и газа, и соответственно, морозостойкие и коррозионностойкие).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесовик В.С., Фомина Е.В. Новая парадигма проектирования строительных композитов для защиты среды обитания человека // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. N 10. С.1241-1257.
2. Баженов Ю.М. Бетоны XXI века // Ресурс- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: сб. науч. тр. Междунар. конф. - Белгород, 1995. -С.3-5.
3. Баженов Ю.М. Батаев Д.К.-С., Муртазаев С.-А.Ю., Мажиев Х.Н. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений: научное издание / Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. -342 с.
4. Калашников В.И., Демьянова В.С., Володин В.М., Гусев А.Д. Ресурсосберегающие порошковые фибробетоны с использованием техногенных отходов // Строительные материалы. 2012. -№ 8. -С. 52-53.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. Некоторые особенности механизма действия органоминеральных модификаторов на цементные системы // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. -№ 1. -С. 40-46.
6. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. -№ 11. -С. 4-10.
7. Richard P., Cheyrezy M. Composition of reactive powder concretes // Cement and Concrete Research. 1995. -№ 25. -Р. 1501–1511.
8. Демьянова В.С., Гусев А.Д. Эффективные строительные материалы с использованием техногенных отходов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 127 с.
9. Лесовик В.С. Состояние и перспективы использования техногенного сырья // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов: материалы конференции. БГТУ им. В. Г. Шухова, 15-23 марта 2014 г. Белгород. 2014. –С.17-21.
10. Батаев Д.К.-С., Сайдумов М.С., Муртазаева Т.С.А., Дудаев Д.М., Салгириев М.К. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / Д.К.-С. Батаев // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. -С. 109-116.
11. Батаев, Д.К.-С., Апкаров Ш.И., Эдилсултанова М.В. Улучшенные составы ремонтных бетонов на основе техногенного сырья // В сборнике: Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий: материалы III Кавказского экологического форума. 2017. -С. 115-118.
12. Муртазаев С.А.Ю., Хадисов В.Х., Саламанова М.Ш., Мовсулов М.М. Перспективы использования отходов цементной промышленности // В сборнике: Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. 2019. -С. 258-265.
13. Murtazaev S.-A., Saydumov M., Alaskhanov A., Nakhaev M. High-quality concretes for foundations of the multifunctional high-rise complex(МНС) "Akhmat Tower" // В сборнике: 14th International Congress for

- Applied Mineralogy (ICAM2019) Сер. "Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences" 2019. -С. 365-368.
14. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. – М.: Стройиздат, 2012. – 208 с.
 15. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Композиционные вяжущие для порошковых бетонов с промышленными отходами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016, № 1, с. 6-9.
 16. Aitcin, P.C. High-performance concrete. London: E&FN Spon, 1998.-591p.
 17. Skazlic, M., Vjegovic, D. Perspectives of designing with new concrete types. Zagreb: Annual 2005 of the Croatian Academy of Engineering, 2005.- P.167-178.
 18. Shi C. A review on ultra high performance concrete: Part 1. Raw materials and mixture design // Construction and Building Materials. 2015. -№101. -P. 741–751.
 19. Vandamme, M. Nanogranular packing of C-S-H at substochiometric conditions // Cement and Concrete Research. 2010. 40. pp.14–26.
 20. Chen, J.J. A coupled nanoindentation/SEM-EDS study on low water/cement ratio Portland cement paste: Evidence for C-S-H/Ca(OH)₂ nanocomposites // Journal of American Ceramic Society. 2010. 93. pp. 1484–1493.
 21. Gathier, B. Multiscale Strength Homogenization — Application to Shale Nanoindentation, Technical Report CEE report R08-01, Department of Civil and Environmental Engineering. Massachusetts Institute of Technology, 2008.
 22. Constantinides, G. Grid indentation analysis of composite microstructure and mechanics: principles and validation // Mater. Sci. Eng. 2006. 430. pp.189–202.
 23. Randall, N.X. Nanoindentation analysis as a twodimensional tool for mapping the mechanical properties of complex surfaces // J. Mater. Res. 2009. 24. pp. 679–690.
 24. Nohava, J. Novel ultra nanoindentation method with extremely low thermal drift: principle and experimental results // J. Mater. Res. 2011. 24. pp. 873–882.
 25. Le Roy, R. Déformations instantanées et différées des bétons à hautes performances. Ph.D. thesis, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1996.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ И ШУМОЗАЩИТЫ ДЛЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

В. И. Трофимов¹, В. А. Ясюкович²

Тверской государственной технической университет,

¹*vitrofa@mail.ru*

²*vlad.jasjukovich212@gmail.com*

Аннотация

В статье представлен анализ существующих методов борьбы с шумом, рассматривается вопрос разработки практических методов и конструктивных решений по улучшению звукоизоляции междуэтажных перекрытий и ограждающих покрытий зданий, а также шумозащитных экранов для уличной-дорожной сети, что является важным и актуальным направлением научных исследований в области строительной акустики и экологии по защите людей от вредного воздействия шума, длительное воздействие которого на организм человека приводит к утомлению, нередко переходящего в переутомление, как следствие к снижению производительности труда и проблемам со здоровьем. Научно-практически обосновывается технология изготовления облегченных панелей в качестве шумозащитных экранов и облегченных бетонных блоков на основе применения дискретных трубчатых пустотообразователей. Результаты исследований подтверждают эффективность предлагаемых решений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время повышение комфорта в жилых помещениях и на рабочих местах во многом зависит от уровней шума. Создание необходимого акустического комфорта – защита от внутреннего шума в жилых помещениях и гражданских зданиях является одной из актуальных задач, решению которых в настоящее время придается большое значение. Наиболее эффективным методом снижения воздушного шума в зданиях является применение звукоизолирующих ограждающих конструкций и перекрытий. Поэтому разработка ограждений и перекрытий с повышенной звукоизоляцией в широком диапазоне частот является актуальной задачей.

Однако кроме внутреннего шума, генерируемого внутри зданий, зачастую присутствует и негативно влияет внешний шум – шум от работы транспортных магистралей, аэропортов и предприятий, влияющий к тому же на экологическую безопасность. В этом случае основным способом защиты является установка шумозащитных экранов. Зачастую это наиболее рациональный, а иногда и единственный способ уменьшения шума, способного распространяться на большую территорию.

Анализ публикаций, материалов, методов.

Значительный вклад в теорию и практику борьбы с шумом в зданиях и сооружениях методами акустического благоустройства внесли ученые: Алексеев С.П., Борисов Л.А., Заборов В.И., Иванов Н.И., Климухин А.А., Ключкин И.И., Ковригин С.Д., Ретлинг Э.В., Овсянников С.Н., Осипов Г.Л., Седов М.С., Тартаковский Б.Д., Юдин Е.Я. и др., а также зарубежные ученые: Гёзеле К., Кремер Л., Крокер М., Куртс Г., Хёкл М. и др. Были разработаны методы расчета и проектирования различных типов звукоизолирующих ограждений, предложены новые конструктивные решения на основе использования новых материалов и изделий. Однако, решение вопроса повышения эффективности звукоизоляции, с учетом повышенных требований к комфортности и экологии, до сих пор остается актуальным.

Также важной проблемой современности является обеспечение экологической безопасности населения и, особенно, в промышленно развитых регионах и городах при воздействии шума. При этом наибольшая степень шумового загрязнения территорий происходит из-за транспортного шума и работы аэропортов.

Вопросами теоретического обоснования и практического применения специальных экранов для шумозащиты от транспорта в городах и населенных пунктах занимались ученые в России: Аистов В.А., Гусев В.П., Иванов Н.И., Ковригин С.Д., Крышов С.И., Осипов Г.Л., Поспелов П.И., Прохода А.С., Прудков Б.Г., Тюрина Н.В., Шелковников Д.Ю., Шишкин И.А., Шубин И.Л., Юдин Е.Я. и др., а также за рубежом: Маекава Д., Курце У., Крокер М., Андерсон Ж., Фуивара К., Заек З., Захаров, Джонассон Х., Каваи Т., Менге С., Николов Н.Д., Расмусен К., Ямомото К., Аренас Ж., Редфери С., Ретингер М., Самолук Е.П. и др. Выполненные исследования позволили разработать работоспособные шумозащитные экраны, разных конструкций – бетонные, металлические, пластиковые, деревянные и комбинированные, которые устанавливаются на отдельных участках транспортных магистралей, однако с учетом имеющихся у них недостатков, на сегодняшний день нет такого экрана эффективность которого была бы доказана как с экономической точки зрения, так и шумозащитных характеристик.

Учитывая важность проблемы, снижение к минимуму негативного воздействия шума на человека ведет к необходимости в разработке практических методов и конструктивных решений по улучшению звукоизоляции междуэтажных перекрытий и ограждающих покрытий зданий, а также шумозащитных экранов на уличной-дорожной сети, что является на сегодняшний день важным и актуальным направлением научных исследований в области строительной акустики и экологии по защите людей от вредного воздействия шума.

Снижения шума можно добиться следующими способами (приемами):

Для жилищного и гражданского строительства: модификацией бетона добавками на стадии приготовления смеси (резиновая крошка, микросферы); формированием ячеистой структуры на стадии приготовления смеси (газобетон, пенобетон); включением пористых заполнителей на стадии приготовления смеси (керамзитобетон); включением пустотообразователей на стадии формования изделий (пустотелые вкладыши); изготовление ограждающих конструкций с повышенной шумоизоляцией на стадии изготовления изделий или на стадии строительства (многослойные панели, многослойные стены); устройство перекрытий с повышенной шумоизоляцией на стадии изготовления изделий или на стадии строительства (многослойные перекрытия).

Для транспортного строительства: установка шумозащитных экранов; использование заграждений из грунтовых материалов; посадка зеленых насаждений.

Снижение шума путем модификации бетона добавками можно добиться, в частности, включением в состав бетонной смеси резиновой крошки, полученной от переработки изношенных автомобильных покрышек. Такая исследовательская работа была выполнена в Кубанском государственном аграрном университете [1]. Полученные результаты показали, что использование перемолотой автомобильной резины, в качестве добавки в бетон, улучшает звукоизоляционные свойства бетона. Так образец без содержания резинового наполнителя пропускает 58 dB, а образец с 30% резинового наполнителя пропускает значительно меньше - 36 dB, что доказывает положительное влияние резиновой добавки в бетон, уменьшая пропускную способность звуковой волны.

Недостатком предложенного метода является большой процент включения резинового наполнителя в состав бетона, что ухудшает его физико-механические свойства, а также сложность достижения его однородной структуры.

Известно, что пенобетонные блоки отличаются хорошими теплотехническими свойствами. Звукоизоляция стен из пенобетона зависит от следующих параметров: структуры и свойств пенобетонных блоков, толщины стен, состава раствора, используемого при кладке, конструкции перегородок. При этом внутренние перегородки из пенобетона между квартирами, комнатами и другими помещениями хорошо поглощают низкочастотные звуки без отражения. Посторонний шум слабо проникает в помещение из-за ячеистой структуры бетона. Поры, наполненные воздухом, являются надежной защитой от проникновения постороннего шума [2].

В тоже время имеются недостатки и у пенобетонных блоков, влияющих на звукоизоляционные свойства: во-первых, в основном за счет технологического фактора структура распределения пор в пенобетонной матрице носит хаотичный характер, что сказывается на их распределении в объеме, приводящее к неравномерному поглощению звуковых волн; во-вторых, нельзя целенаправленно создавать структуру бетонной матрицы с заданными размерами пор, что, в целом, снижает эффективность использования пенобетонных блоков в качестве звукоизоляции.

Другая работа, выполненная на газобетонной структуре неавтоклавногo ячеистого бетона, позволила установить вид пористости, способствующей комплексному поглощению звуковых волн, как в диапазоне слышимых частот, так и при инфразвуковых и ультразвуковых частотах [3]. Была выявлена сложная структура протяженных пор цементного камня (с преобладанием открытых) в комплексе с применением пористого заполнителя. Такое расположение пор создает «эффект чернильницы», который позволяет звуковым волнам проходить через меньшие поры в наружном слое цементной матрицы и отражаться от стенок в порах ячеистого бетона и в порах заполнителя, пока звуковая волна окончательно не рассеется.

Известно также, что пористые заполнители бетона не только снижают теплопроводность бетона, но и улучшают его звукоизоляционные свойства. К таким бетонам относится керамзитобетон, который отличается хорошими теплотехническими свойствами, при этом часто используется и как звукопоглощающий материал [4].

Отходы металлургической промышленности широко используются в производстве строительных материалов и изделий. В частности, была выполнена работа по теоретическому обоснованию и экспериментально подтверждена возможность и экономическая целесообразность применения несущих однослойных плит сплошного сечения из бетона на шлаковом щебне в конструкциях акустически однородных междуэтажных перекрытий и панелях внутренних стен жилых зданий. Было теоретически обосновано формирование рациональных структур конструктивных бетонов на шлаковом щебне классов В15, В20 для акустически однородных конструкций. Применение разработанных внутренних несущих конструкций из бетона на шлаковом щебне, позволило расширить материально-техническую базу производства несущих акустически однородных конструкций внутренних стен и плит перекрытий за счет шлакового щебня, являющегося отходом металлургической промышленности [5].

В настоящее время для получения эффективных бетонов, в частности с улучшенными звукоизоляционными свойствами, все чаще применяют наполнитель из микросфер. Однако широкое использование микросфер сдерживается из-за их высокой стоимости. Поэтому стараются применять микросферы в комплексе с другими добавками, в частности, предложено дополнительно использовать в составе смеси фракционированную резиновую крошку. Это позволяет получить необходимую структуру пор для повышения звукопоглощения бетона за счет того, что большая удельная поверхность стенок открытых пор способствует активному преобразованию энергии звуковых колебаний в тепловую энергию вследствие потерь на трение [6,7].

Важное значение при проектировании и строительстве зданий и сооружений имеет фактор, учитывающий снижение массы используемых материалов и изделий. Поэтому одно из направлений повышения эффективности звукоизоляции ограждающих конструкций связано с использованием новых материалов, но без увеличения их массы.

В работе [8] было выполнено исследование механизма прохождения звука через ограждающие конструкции с разработкой инженерного метода расчета звукоизоляции с учетом изменения их жесткостных параметров, а также технологии повышения звукоизоляции ограждающих конструкций без увеличения их массы. По результатам выполненных исследований была разработана технология повышения звукоизоляции реальных строительных ограждений, позволяющая изменять их физико-механические параметры в целях максимального использования резервов повышения звукоизоляции без

увеличения массы ограждения. Кроме этого, экспериментально исследовано влияние напряженно-деформированного состояния материала ограждающих конструкций на звукоизоляцию. Получены частотные характеристики звукоизоляции ограждений при их деформировании растяжением и сжатием за пределами упругости.

Во многих случаях надо защищать людей не только от внутреннего шума – в зданиях, но и от внешнего – от работы транспорта и предприятий. Для этих целей используют шумозащитные экраны, которые отличаются своей конструкцией и работой. Наиболее полную классификацию шумозащитных экранов предложил Шубин И.Л. [9]. В основе классификации заложены принципы по конструктивному исполнению, действию и расположению в объемно-пространственной структуре застройки.

Технология изготовления и применения защищающих от шума экранов сегодня интенсивно развивается, внедряются различные эффективные технические решения. Конструкции шумозащитных экранов условно делятся по принципу работы на три типа: звукопоглощающие, звукоотражающие и комбинированные защитные экраны. Звукопоглощающие защитные экраны - звуковая волна, попадая на материал, не отражается от него, а проникает внутрь, рассеивается и, таким образом, теряет силу своего давления. Звукоотражающие защитные экраны - полностью отражает попадающий на поверхность экрана шум. Такая защита дешевле в реализации, как правило, меньше весит, Комбинированные защитные экраны - конструкция, которая часть звуковых волн поглощает, а часть отражает, перенаправляет или рассеивает. Это самая эффективная технология, однако, и самая дорогая [10].

Помимо шумозащитных экранов, для снижения уровней шума можно использовать шумозащитные насыпи или зеленые насаждения. Однако они обладают высоким шумозащитным эффектом в отличие от экранов, а насыпи еще и эстетически непредпочтительны [11].

Одним из современных эффективных способов, получения облегченных изделий и конструкций, который активно применяется за рубежом, позволяющим уменьшить расход применяемых материалов и, соответственно, уменьшить нагрузку на фундамент и, который может быть применен в качестве шумозащитных изделий, является использование неизвлекаемых пустотелых вкладышей (макросфер, коробок и др.) согласно технологиям: Airdeck, BubbleDeck, Cobiax, Daliform Group и т.д. [12,13]. Согласно разработанным технологиям, пустотообразователи на заводе укладываются в ячейки арматурных изделий (сеток, каркасов), после чего собранная конструкция либо бетонируется на заводе и в виде готовой плиты отправляется на стройплощадку, либо идет отправка собранной конструкции на стройплощадку для укладки в опалубку и заполнения бетоном [14].

Однако использование пустотелых элементов, например, макросфер должно быть согласовано с размерами отверстий в арматурных элементах, что снижает эффективность использования таких технологий. Кроме этого, пустотелые элементы распределены в одной плоскости – плоскости арматурных элементов, а не в объеме, что снижает эффективность работы арматурных элементов и ослабляет эту зону конструкции, снижая при этом звукоизоляцию.

В тоже время для рассмотренных технологий с использованием пустотелых вкладышей необходимо учитывать физическое состояние смеси, чтобы обеспечить равномерное ее распределение и плотность во всем объеме изделия (конструкции), особенно в труднодоступных зонах контактирования пустотелых вкладышей с арматурными элементами.

Учитывая отмеченные недостатки в производстве облегченных конструкций, связанные с вынужденной привязкой пустотелых элементов к размерам арматурных изделий, нами была предложена новая технология их распределения не зависимо от размеров и расположения арматурных элементов [15].

В предложенной новой конструкции облегченной панели пустотелые элементы выполнены в виде пакетов, состоящие из сетчатого упругого полимерного чехла, заполненные пластиковыми пустотообразователями, например, сферами, которые предварительно формируются, а затем укладываются в несколько ниток по длине панели и скрепляются с напряженной арматурой или сеткой (рис. 1). Такая конструкция и технология изготовления многупустотной панели с «плавающими» пустотообразователями может быть применена в качестве шумозащитных экранов.

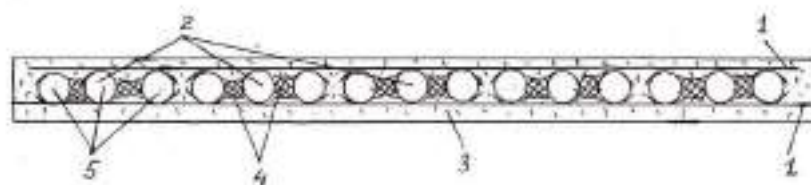


Рис. 1. Конструктивная схема многупустотной панели перекрытия с непрерывным расположением «плавающих» сетчатых пакетов.

1 – сетка (каркас); 2 – пакеты; 3 – бетонная матрица; 4 – сетчатый чехол; 5 – пластиковые пустотообразователи

Для изготовления пустотелых стеновых блоков из тяжелого бетона или керамзитобетона было предложено другое техническое решение.

В отличие от технологии BubbleDeck пустотообразователи могут быть различной формы и размера, которые устанавливаются свободно во всем объеме изделия на стадии формования путем послойного их задавливания в бетонную смесь через специальный шаблон с отверстиями. Это позволяет значительно упростить технологию изготовления пустотелых стеновых блоков [16].

Эффективность применения такого технического решения обеспечивается возможностью организации в бетонной матрице строго равномерного распределения дискретных пустот. Это приводит к образованию непрерывных равнопрочных структурных связей между пустотами, что, соответственно, повышает прочность стеновых блоков при одновременном снижении их массы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Был выполнен анализ влияния различных факторов - физико-механических, технологических и эксплуатационных на показатель звукоизоляции и прочность предлагаемого конструктивно нового многупустотного изделия.

Для оценки работоспособности предложенного способа изготовления многупустотных стеновых блоков с равномерным распределением пустот в его объеме необходимо определить оптимальную форму вкладышей пустотообразователей, определить критическое усилие вдавливания пустотелых вкладышей в бетонную смесь с учетом ее реологического состояния и прочности на сжатие вкладышей – пустотообразователей.

Испытания проводились на цементно-песчаной смеси следующего состава: портландцемент ЦЕМ II/A-И 42.5Н; песок строительный с зернами крупностью не более 2,5 мм; суперпластификатор «Полипласт СП-1».

Испытание по определению предела текучести проводится на свежеприготовленной смеси заданного состояния путем погружения конуса Васильева КВБ в соответствии с ГОСТ 5180-2015, по методике П.А. Ребиндера с расчетом предельного напряжения сдвига.

Испытание вкладышей на сжатие проводится на ручном прессе ПРГ-1-50.

Для оценки звукоизоляции был произведен расчет индекса изоляции воздушного шума R_w в соответствии с п.п. 2.1 и 3.1-3.2 СНИП 23-03-2003.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе [8] было исследовано влияние напряженно-деформированного состояния ограждающих конструкций на их звукоизолирующие свойства. Получены частотные характеристики звукоизоляции ограждений с учетом их деформирования и прочности при растяжении и сжатии за пределами упругости.

Учитывая выявленный фактор влияния напряженного состояния на качество звукоизоляции, был выполнен анализ влияния формы пустотообразователей на формирование соответствующего вида напряженного состояния бетонной матрицы при изготовлении многопустотного бетонного стенового блока по новой технологии (рис. 2).



Рис. 2. Основные виды пустотообразователей – вкладышей: куб, сфера, цилиндр, конус

Анализируя влияние фактора формы вкладышей на предмет формирования ими вида напряженного состояния в бетонной матрице при приложении нагрузки, было показано, что при допущении равенства главного напряжения σ_1 не зависимо от их формы, остальные главные напряжения σ_2 , σ_3 будут изменяться. При этом для работы сферы вид напряженного состояния будет соответствовать параметру Лоде $\mu_\sigma = -1$ ($\sigma_2 = \sigma_3$), для работы цилиндра при равенстве длины и диаметра ($l_1 = d_u$) вид напряженного состояния будет соответствовать $\mu_\sigma = 0$, но при этом можно с небольшим допущением принять $\sigma_2 \approx \sigma_3$, тогда $\mu_\sigma = -1$, а для работы цилиндра с $l_2 \gg d_u$ вид напряженного состояния будет соответствовать $\mu_\sigma = +1$ ($\sigma_2 > \sigma_3$) и предельное состояние будет соответствовать меньшей прочности системы.

Таким образом анализ использования пустотелых вкладышей различной формы для образования многопустотной структуры бетонной матрицы показал, что наиболее эффективно применение вкладышей цилиндрической формы с длиной, равной их диаметру по сравнению со сферическими вкладышами. Это, во-первых, выгодно с точки зрения экономической эффективности, так как цилиндрические вкладыши легче изготовить по сравнению со сферическими вкладышами, а, во-вторых, применение цилиндрических вкладышей, с длиной, равной их диаметру, позволяет обеспечить их работу в матрице с формированием более равномерного напряженного состояния близкого к работе сферы, отличающегося более высокой структурной прочностью бетонной матрицы, что, в конечном счете, улучшает механические свойства бетонного изделия, позволяет снизить массу изделия и стоимость изготовления.

Условие погружения пустотообразователей – полимерных вкладышей в бетонную смесь с учетом ее реологического состояния имеет вид:

$$R > P_{\text{мак}} \quad (1),$$

где R – прочность на сжатие вкладыша, МПа, $P_{\text{мак}}$ - предел текучести, МПа.

По результатам испытаний вкладышей с учетом реологического состояния смеси, была оценена возможность их свободного погружения в модельную цементно-песчаную смесь с различным В/Ц в том числе В/Ц = 0,5. Были получены средние значения: $R = 42,86 \text{ кг/см}^2$ (4,286 МПа), $P_{\text{мак}} = 0,149 \text{ кг/см}^2$ (0,0149 МПа). Из них видно, что прочность используемых вкладышей R значительно больше структурной прочности смеси $P_{\text{мак}}$ заданного реологического состояния. Значит, условие работоспособности пустотелых вкладышей соблюдено и можно рекомендовать технологию формования многопустотных стеновых блоков без применения специальных устройств или сложных форм.

Кроме этого, был выполнен расчет индекса изоляции воздушного шума для перегородки из стеновых блоков нового конструктивного решения на мелкозернистом бетоне с неизвлекаемыми трубчатыми дискретными пустотообразователями.

Расчет производился для модельных образцов – кубов на мелкозернистом бетоне размером 100x100x100 мм с трубчатыми полимерными пустотообразователями диаметром $d = 20$ мм, толщина стенки 3,5 мм, содержание пустотообразователей 40% от объема изделия, плотность $\rho = 1510$ кг/м³ с последующим их испытанием на прочность (рис. 3). Индекс изоляции воздушного шума составил $R_w = 40$ дБ.



Рис. 3. Модельные образцы: а) – на этапе формования; б) – образец с 40% содержанием трубчатых вкладышей после испытания на прессе.

ВЫВОДЫ

1. Выполненный анализ существующих методов борьбы с шумом показал, что решение проблемы повышения эффективности звукоизоляции зданий является на сегодняшний день важным и актуальным направлением научных исследований в области строительной акустики и экологии по защите людей от вредного воздействия шума.

2. Рассмотренные и применяемые в настоящее время практические методы, и конструктивные решения по улучшению звукоизоляции междуэтажных перекрытий и ограждающих покрытий зданий, а также шумозащитных экранов на транспорте показали на недостаточную эффективность существующих технических решений.

3. Обоснована новая технология изготовления облегченных панелей в качестве шумозащитных экранов и облегченных стеновых бетонных блоков повышенной звукоизоляции на основе применения дискретных трубчатых пустотообразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никогда В.О., Чмовж А.А., Любарский Н.Н. Исследование влияния добавок на основе полимерных добавок на звукоизоляционные свойства бетона // Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Краснодар. 2017. С. 1120-1121.
2. Чернышева Н.В., Шаталова С.В., Лесниченко Е.Н. Пенобетон на композиционном гипсовом вяжущем для шумоизоляции // II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгород. 2019. С. 365-369.
3. Баранов А.В. Неавтоклавные ячеистые бетоны с улучшенными звукопоглощающими характеристиками // Диссертация кандидата наук по ВАК РФ 05.23.05. – Белгород, 2021. – 167 с.
4. Могильникова Н. В. Перспективы применения в проектных решениях керамзита и керамзитобетона // сборник статей. Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. Самара, 2019. С. 469-475.
5. Белозор М.Ю. Повышение эксплуатационных характеристик внутренних несущих конструкций жилых зданий при использовании бетона на шлаковом щебне // Диссертация кандидата технических наук: 05.23.01: Строительные конструкции и сооружения. - Череповец, 1999. – 163 с.
6. Патент РФ № 2708776. МПК: С04В 18/22. Звукопоглощающий бетон / Смирнова О.М., Черенько А.В., Шибанов М.Д. Опубликовано 2019.
7. Гринь О.В. Применение ячеистых бетонов с полыми керамическими микросферами / Устойчивое развитие науки и образования. 2019. №7. - С. 111-114.
8. Монич Д.В. Повышение звукоизоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений без увеличения их массы / Диссертация канд. техн. наук: специальность ВАК РФ 05.23.01. – Нижний Новгород, 2002. – 241 с.

9. Шубин И.Л. Акустический расчет и проектирование конструкций шумозащитных экранов. Диссертация доктора технических наук по ВАК РФ 05.23.01. – Москва, 2011. – 332 с.
10. Шевелёв Д.А., Сиротюк В.В., Геращенко Е.А., Степанова Е.А. Анализ эффективности применения шумозащитных экранов на примере транспортной развязки в г. Омске // Вестник сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. №2(72). С. 286-301.
11. Прокофьева Н. Б. Шумозащитный эффект лесопарковых зон Твери // Вестник Тверского государственного университета. 2021. №3(55). С. 87-96.
12. Dyg. Siti Quraisyah Abg Adenan, Kartini. K, Hamidah M. S. Comparative Study on Bubble Deck Slab and Conventional Reinforced Concrete Slab – A Review // Journal of Advanced Research in Materials Science. 2020. №1. С. 18-26.
13. Renata B., Mária K., Alena T., Zuzana S. The Comparative Study of Lightweight Slab Solutions in Terms of Construction Cost // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. №24. С. 14279-14286.
14. Топчий Д.В., Болотова А.С., Васильева Ю.А. Технологический процесс устройства монолитных железобетонных перекрытий с вкладышами-пустотообразователями на примере технологии "Cobiax" // Перспективы науки. 2019. №2(113). С. 61-67.
15. Патент РФ № 2720593 МПК E04B 5/0. Многопустотная панель перекрытия / Трофимов В.И.; заявитель и патентообладатель Тверской государственной технической университет; опубл. 2020. Бюл. № 14. – 8 с.
16. Трофимов В.И., Ясюкович В. А. Учет физического состояния дисперсной системы при формировании многопустотной структуры бетона // Сборник научных трудов «Эффективные методологии и технологии управления качеством строительных материалов» по материалам Национальной научно-технической конференции с международным участием. – Новосибирск: НГАУ, 2021. – С. 210-214.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СТОЙКОСТЬ ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К АГРЕССИВНЫМ ЖИДКИМ СРЕДАМ

И. А. Котлярова¹, В. В. Слободчиков²

*Брянский государственный технический университет, 241035, Брянск, бул. 50 лет
Октября,*

¹*ikotlyarova@list.ru*

²*loch2281337@gmail.com*

Аннотация

Покрытия на основе эпоксидной смолы находят широкое применение для защиты металлических конструкции от электрохимической коррозии. Долговечность эпоксидных покрытий зависит от эрозионной стойкости и стойкости к абразивному износу. Абразивостойкость повышается при введении в состав эпоксидной композиции дисперсных наполнителей, которые одновременно снижают стойкость эпоксидных материалов по отношению к жидким средам. Работа посвящена исследованию влияния дисперсного наполнителя маршаллита на стойкость эпоксидного материала по отношению к жидким агрессивным средам. Установлено, что введение маршаллита в полимерную матрицу увеличивает устойчивость материала по отношению к дистиллированной воде и 10%-ному раствору хлорида натрия, по отношению к 10%-ному раствору серной кислоты – устойчивость материала снижается. Природа растворенного вещества и pH среды влияет на механизм деструкции. В растворе серной кислоты доминирует процесс набухания полимерной матрицы; в дистиллированной воде и растворе хлорида натрия – процессы растворения и набухания циклически сменяют друг друга.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство металлов и сплавов термодинамически неустойчивы. Их переход в равновесное состояние сопровождается разрушением – электрохимической коррозией, необходимыми условиями которой являются контакт электролита с металлической конструкцией и возникновение микрогальванических элементов, в которых в качестве катода и анода выступают участки поверхности, имеющие разные значения электрохимического потенциала [1]. Априори понятно, что нанесение покрытий на металлические конструкции препятствует их контакту с электролитом и является простым и эффективным методом антикоррозионной защиты [2]. Наиболее распространенные покрытия для защиты металлоконструкций – составы на основе эпоксидной смолы [3-5], представляющие собой сложные композиции, состоящие из смолы, отвердителя, пластификатора, наполнителей, модификаторов, пигментов [6-8]. Эпоксидные покрытия отличаются хорошей адгезией к металлам, высокой твердостью, химической стойкостью [9]. Долговечность эпоксидных покрытий зависит от многих факторов, в том числе от эрозионной стойкости и стойкости к абразивному износу. Абразивостойкость повышается при введении в состав эпоксидной композиции дисперсных наполнителей, которые одновременно снижают стойкость эпоксидных материалов по отношению к жидким средам [10]. В работе [11] авторами установлено, что введение в состав связующего гидрофильного наполнителя маршаллита приводит к упорядочению структуры эпоксидного материала и повышает его водостойкость. В данной работе, исследовано влияние дисперсного наполнителя маршаллита на стойкость эпоксидных материалов по отношению к агрессивным средам – 10%-ным растворам серной кислоты и хлорида натрия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов использовали: эпоксидную смолу марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), аминный отвердитель полиэтиленполиаммин ПЭПА (ТУ 2413-357-00203447-99), пластификатор дибутилфталат (ГОСТ 8728-88), дисперсный наполнитель маршаллит (ГОСТ 9077-82). Выбор наполнителя обусловлен коммерческой доступностью и его влиянием на структуру и водостойкость эпоксидного материала [7]. Образцы получали методом смешения. В полимерную матрицу (соотношение компонентов ЭД-20: ПЭПА: ДБФ = 83:12:5 (%., масс.) добавляли наполнитель в количестве 15% от массы связующего [7]; образцы отверждали при комнатной температуре. В качестве контроля служили образцы без наполнителя.

Стойкость образцов к действию агрессивных жидких сред определяли гравиметрическим методом (ГОСТ 12020-72). Изменение массы образцами Δm вычисляли по формуле

$$\Delta m = \frac{m_i - m_0}{m_0} 100\%,$$

где m_0 – масса испытуемого образца до испытания, г; m_i – масса испытуемого образца после выдержки в исследуемой среде за определенный период времени τ , г. Срок испытания составлял 120 суток. По полученным результатам строили графические зависимости $\Delta m = f(\tau)$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из полученных кинетических кривых видно, что при выдержке исследуемых образцов в 10%-ном растворе серной кислоты в целом наблюдается режим монотонного приближения параметра Δm к стационарному значению, связанному с ограниченным набуханием полимерной матрицы, рис.1.

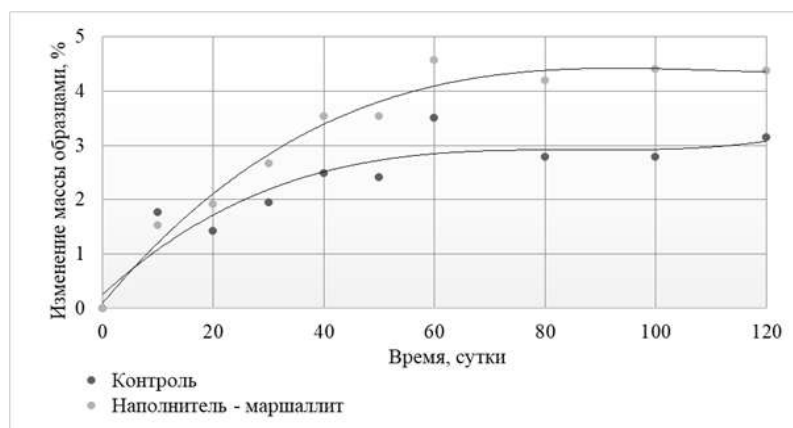


Рис. 1. Кинетические кривые, полученные при выдержке исследуемых образцов в 10%-ном растворе серной кислоты

Ограниченное набухание обусловлено физическим взаимодействием среды и материала [12,13]. В начальный период набухания компоненты раствора серной кислоты интенсивно проникают в материал через различные поверхностные дефекты – поры, трещины (~ 60 суток). Далее величина Δm постепенно стабилизируется, достигая максимального (равновесного) значения. Максимальное значение Δm у контрольных образцов – 3,2%; у образцов с маршаллитом – 5,2%. Таким образом, введение в состав эпоксидной матрицы дисперсного наполнителя приводит к увеличению набухания материала при контакте с 10%-ным раствором серной кислоты, т.е. снижает резистентность материала.

Кинетические кривые, полученные при выдержке образцов в дистиллированной воде и 10%-ном растворе хлорида натрия имеют сложный вид, рис.2,3. Наблюдаемый

колебательный ход кривых связан с протеканием конкурирующих процессов набухания и растворения [14,15].

Начальный период экспозиции образцов с маршаллитом в дистиллированной воде сопровождается диффузионным проникновением среды в материал; масса образцов увеличивается на 0,5%, рис.2. Затем происходит небольшое снижение величины Δm и ее стабилизация в течение 30 суток на уровне $\sim 0,45\%$. Из графика видно, что стационарное значение Δm устанавливается «сверху» в результате снижения параметра из-за вымывания дефектных поверхностных слоев материала.

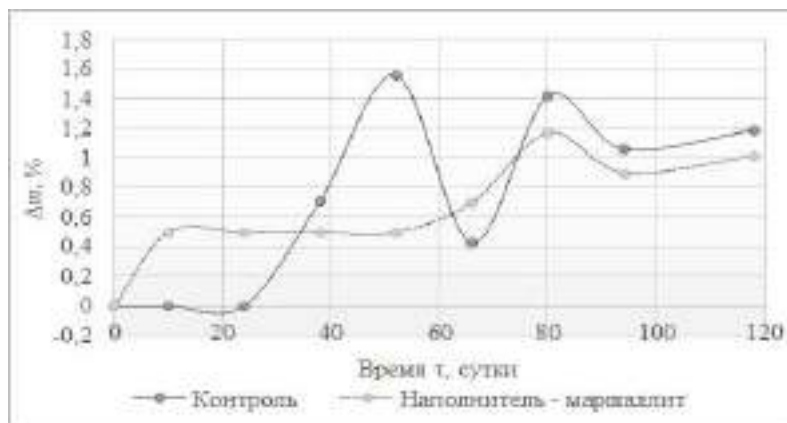


Рис. 2. Кинетические кривые, полученные при выдержке исследуемых образцов в дистиллированной воде

Учитывая, что подрастворение наружных дефектов способствует кальматированию открытых поверхностных пор и микротрещин продуктами деструкции [15], наличие плато на кривой обусловлено созданием естественного барьера для диффузионных процессов. Процесс набухания активизируется, начиная с 50 суток экспозиции; максимальное значение $\Delta m = 1,2\%$. Стадии растворения для образцов с маршаллитом выражены слабо. Вероятно, это связано со структурированием неупорядоченных областей полимерной матрицы за счет возникновения химических связей между полярными группами маршаллита и эпоксидной смолы [11]. Рост параметра Δm при взаимодействии контрольных образцов с дистиллированной водой смещается по временной оси, рис.2. Вначале величина Δm остается постоянной; период 10...25 суток характеризуется отрицательным значением Δm ; дальнейшее увеличение параметра связано с набуханием полимерной матрицы. Интересно отметить, деструкция эпоксидного материала без наполнителя происходит циклически. По мере набухания поверхностных слоев постепенно развивается процесс растворения, который на определенном этапе становится доминирующим. Процессы набухания и, особенно, растворения со временем замедляются. Максимальный прирост массы для контрольного образца – 1,6%; при растворении величина Δm не снижается до стартового значения.

В начальный период экспозиции исследуемых образцов в 10%-ном растворе хлорида натрия проницаемость агрессивной среды в материал выше для образцов с маршаллитом, рис.3.

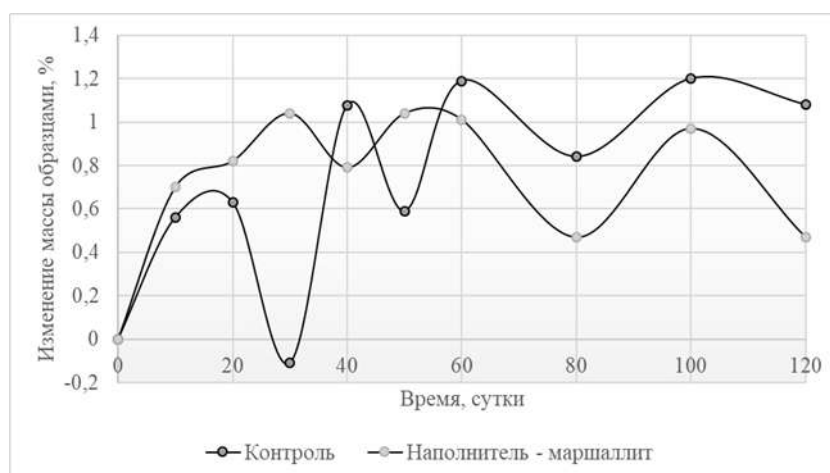


Рис. 3. Кинетические кривые, полученные при выдержке исследуемых образцов в 10%-ном растворе хлорида натрия

Когда параметр Δm достигает значения 1% для наполненных (~30 сутки) и 0,6% (~20 сутки) для контрольных образцов происходит смена кинетического режима – ограниченное набухание сменяется ограниченным растворением. Величина Δm для контрольных образцов снижается до значений ниже стационарного; для наполненных образцов значение параметра уменьшается на 0,2%; т.е. процесс растворения протекает интенсивнее у образцов без наполнителя. Дальнейшее нахождение образцов в 10%-ном растворе хлорида натрия (40...120 сутки) сопровождается циклическими, незначительными (в пределах 0,5%) колебаниями параметра Δm , причем отклонение от начальной массы более выражено для ненаполненных образцов.

ВЫВОДЫ

Введение дисперсного наполнителя маршаллита в эпоксидную связующее оказывает влияние на стойкость полученного материала по отношению к жидким агрессивным средам. Устойчивость материала по отношению к дистиллированной воде и 10%-ному раствору хлорида натрия увеличивается, по отношению к 10%-ному раствору серной кислоты – снижается. Природа растворенного вещества и pH среды влияет на механизм деструкции материала. В растворе серной кислоты доминирует процесс набухания полимерной матрицы; в дистиллированной воде и растворе хлорида натрия – процессы растворения и набухания циклически сменяют друг друга. При выборе наполнителя для эпоксидного материала необходимо учитывать условия его эксплуатации. Учитывая, что набухание образцов происходит в результате диффузии жидкой среды в полимерную матрицу, а растворение может быть связано с деструкцией матричного материала или с вымыванием частиц наполнителя, на следующем этапе планируется исследование изменений в структуре образцов после завершения экспозиции методом ИК-спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Крылова А.Г. Особенности атмосферной коррозии металлов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2001. Т.6. №3. С.279-289.
2. Филимонова В.А., Харчевникова Е.О. Защита металлов от коррозии // Вологодские чтения. 2009. №76. С.128-129.
3. Голиков И.В., Донская Д.И., Ильин А.А., Индейкин Е.А., Курбатов В.Г. Модифицированные эпоксидные покрытия для противокоррозионной защиты металл // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. №1. С.53-58.
4. Афанасьев А. О., Зиганшина М.Р. Эпоксидные композиции, наполненные марганецсодержащим пигментом и покрытия на их основе // В мире научных открытий. 2010. № 1-4(7). С. 162-165.
5. Солдатов А. А., Гречка В.А., Бородин В.А. Покрытия на основе эпоксидных смол // Достижения вузовской науки. 2016. № 25-2. С. 87-89.

6. Гаврилов М.А., Вернигорова В.Н. Композиционные материалы на основе эпоксидной смолы // Региональная архитектура и строительство. 2013. №2. С.50-56.
7. Мостовой А.С., Курбатова Е.А. Направленное регулирование свойств эпоксидных композитов, наполненных кирпичной пылью // Журнал прикладной химии, 2017. Т.90, Вып.2, С.246-256.
8. Каблов В.Ф., Лифанов В.С., Логвинова М.Я., Кочетков В.Г. Огнестойкие эпоксидные композиты, наполненные карбидом кремния // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С.1036-1041.
9. Кочнова З.А., Жаворонок Е.С., Чалых А.Е. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты. М.:Химия. 2006.-200 с.
10. Коробщикова Т.С., Орглова Н.А. Влияние оптимального соотношения наполнителей на физико-механические характеристики эпоксидных покрытий // Пластические массы. 2011. №6. С.40-43.
11. Котлярова И.А., Степина И.В., Илюшкин Д.А., Цветков И.С. Оценка влияния полярности дисперсных наполнителей на структуру и водопоглощение эпоксидных материалов // Вестник МГСУ. 2019. Т.14. №6(129). С.690-699.
12. Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Воронов П.В., Бобрышев А.А., Гаврилов М.А., Барменков А.С. Кинетические режимы набухания и растворения композитов // Фундаментальные исследования. №6. 2016. С.29-35.
13. Ферапонтов Н.Б., Токмачев М.Г., Гагарин А.Н., Герасимчук В.В., Пушкарева И.В. Влияние свойств полимеров на условия их набухания в воде и в водных растворах // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т.14. №5. С.795-812.
14. Cabanelas J.C., Prolongo S.G., Serrano V., Bravo J., Baselga J. Water absorption in polyaminosiloxane-epoxy thermosetting polymers. Journal of Materials Processing Technology. 2003. Vol. 143-144. No.1. pp. 311-315.
15. Бобрышев А.Н., Туманова Н.Н., Перцев В.Т., Зубарев П.А., Кувшинов П.И. Химическая стойкость смесевых полимерных композитов в агрессивных средах // Научный вестник Волжского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. №5. С.26-32.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСТВОРИМОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОНОЭТАНОЛАМИН(N→В)-ТРИГИДРОКСИБОРАТОМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ БОРЩЕВИКА

М. Содомон¹, И. В. Степина², А. А. Аскадский³, А. О. Тимофеева⁴, С. В. Оробинская⁵

^{1,2,4,5} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

³ Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук, лаборатория полимерных материалов,

¹ sodomonmarc@yahoo.fr

² sudeykina@mail.ru

³ andrey@ineos.ac.ru

⁴ twoalval@gmail.com

⁵ svetaorobinskaya@gmail.com

Аннотация

Знание параметра растворимости Гильдебранда, который связан с энергией когезии и величиной Ван-дер-Ваальсова объема элементарного звена макромолекулы исследуемого полимера необходимо для прогнозирования совместимости этого полимера с макромолекулами других высокомолекулярных соединений, используемых в качестве связующих при создании композитных материалов. В этой связи актуальность представленной работы не вызывает сомнений. Целью исследования было определение энергии когезии, Ван-дер-Ваальсова объема элементарного звена модифицированной моноэтанолламин(N→В)-тригидроксиборатом (МЭАТГБ) целлюлозы борщевика и расчета на их основе параметра растворимости Гильдебранда. Для широко распространенных полимерных материалов расчет параметров растворимости производится с помощью компьютерной программы «Каскад», разработанной в ИНЭОС РАН. Однако, химические связи, входящие в состав элементарного звена целлюлозы, модифицированной МЭАТГБ, не заложены в программу «Каскад», поэтому компьютерный расчет был невозможен. Расчет производился вручную, впервые для указанного элементарного звена, в этом и заключается научная новизна работы.

ВВЕДЕНИЕ

Модифицированная целлюлоза является основным компонентом растительного сырья - борщевика Сосновского, обработанного водным раствором моноэтанолламин(N→В)-тригидроксибората (МЭАТГБ) [1]. В результате модификации природный композит сохраняет свою пористую структуру и приобретает биостойкость [2]. Такое сырье может стать основой для создания биопозитивного теплоизоляционного плитного материала [3-6]. В этом случае необходимо установить средство модифицированной подложки со связующим, определив параметры растворимости того и другого. На первом этапе работы целью являлось определение энергии когезии, Ван-дер-Ваальсова объема элементарного звена модифицированной МЭАТГБ целлюлозы борщевика и расчета на их основе параметра растворимости Гильдебранда. Для широко распространенных полимерных материалов расчет параметров растворимости производится с помощью компьютерной программы «Каскад», разработанной в ИНЭОС РАН. Однако, химические связи, входящие в состав элементарного звена целлюлозы, модифицированной МЭАТГБ, не заложены в программу «Каскад», поэтому компьютерный расчет был невозможен. Расчет производился вручную, впервые для указанного элементарного звена, в этом и заключается научная новизна работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На рисунке 1 представлена структура повторяющегося звена целлюлозы, модифицированной МЭАТГБ, пунктиром выделен фрагмент, для которого рассчитывались параметры растворимости.

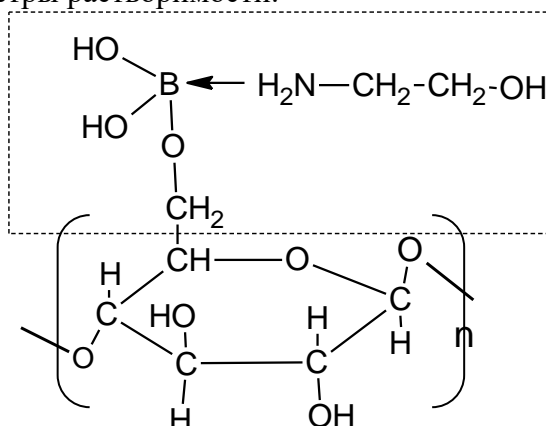


рис.1 Структура элементарного звена модифицированной целлюлозы
 Параметр растворимости Гильдебранда δ_{Π} [7-10] рассчитывался по формуле (1)

$$\delta_{\Pi} = \sqrt{\frac{\sum_i E_i^*}{N_A \cdot \sum_i \Delta V_i}} \quad (1)$$

Где ΔV_i – Ван-дер-Ваальсов объем; N_A – число Авогадро; $\Delta E^* = k\Delta E_0$ – энергия когезии жидкости или повторяющегося звена полимера, уменьшенная во столько раз, во сколько Ван-дер-Ваальсов объем молекулы или звена меньше мольного объема; k – коэффициент молекулярной упаковки жидкости или полимера.

Ван-дер-Ваальсов объем атома ΔV_i рассчитывается по формуле (2):

$$\Delta V_i = \frac{4}{3} * \pi R^3 - \sum_i \pi h_i^2 (3R - h_i) \quad (2)$$

где R – межмолекулярный радиус данного атома, h_i – высота шарового сегмента, который отсекается на данном атоме соседним химически связанным с ним атомом.

Величина h_i вычисляется по формуле (3):

$$h_i = R - \frac{R^2 + d_i^2 - R_i^2}{2d_i} \quad (3)$$

где R_i – межмолекулярный радиус соседнего, химически связанного атома; d_i – длина химической связи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Длины химических связей указаны в таблице 1. Межмолекулярные радиусы атомов указаны в таблице 2.

Табл. 1 Длины химических связей [11-15]

| Длины (d_i) | Величина (Å) |
|-----------------|--------------|
| d_{H-O} | 1.08 |
| d_{B-O} | 1.35 |
| d_{B-N} | 1.60 |
| d_{N-H} | 1.08 |
| d_{N-C} | 1.37 |
| d_{C-O} | 1.50 |
| d_{C-H} | 1.08 |
| d_{C-C} | 1.54 |

Табл. 2 Межмолекулярные радиусы атомов [11]

| Радиусы (R_i) | Величина (Å) |
|-------------------|--------------|
| R_O | 1.36 |
| R_H | 1.17 |
| R_B | 1.65 |
| R_C | 1.80 |
| R_N | 1.57 |

На основании данных таблиц 1 и 2 и формул, представленных выше был рассчитан Ван-дер-Ваальсов объем повторяющегося фрагмента целлюлозы борщевика, модифицированного МЭАТБ.

$$\sum_i \Delta V_i = 2 * \Delta V_{O'} + \Delta V_{O''} + \Delta V_{O'''} + 2 * \Delta V_{C'} + \Delta V_{C''} + \Delta V_B + \Delta V_N + 2 * \Delta V_{H'} + 3 * \Delta V_{H''} + 6 * \Delta V_{H'''}$$

$$\sum_i \Delta V_i = 2 * 7.101 + 3.64 + 5.6 + 2 * 16.21 + 14.63 + 10.48 + 5.8 + 2 * 3.5 + 3 * 4.7 + 6 * 2$$

$$\sum_i \Delta V_i = 119.75 \text{ Å}^3$$

Энергия когезии рассчитывалась следующим образом [11].

$$\begin{aligned} \sum_i \Delta E_i^* &= 4 * \Delta E_O^* + 11 * \Delta E_H^* + 3 \Delta E_C^* + \Delta E_N^* + \Delta E_b^* + x \\ \sum_i \Delta E_i^* &= 4 * 596 + 11 * 200 + 3 * 2300 + 5040 + 16423 + x \\ \sum_i \Delta E_i^* &= 32947 + x \end{aligned}$$

где x – энергия когезии атома бора.

В нашем случае величина δ зависит от величины x :

$$\delta_{\Pi} = \sqrt{\frac{\sum_i E_i^*}{N_A * \sum_i \Delta V_i}} = \sqrt{\frac{32947 + x}{0.6023 * \sum_i \Delta V_i}} = \sqrt{\frac{32947 + x}{0.6023 * 119.75}} = \sqrt{\frac{32947 + x}{72.125}}$$

Рассчитанные значения величины δ при разных значениях x приведены в таблице 3.

Табл. 3. Величины δ для повторяющегося фрагмента целлюлозы борщевика, модифицированного МЭАТБ при разных значениях x

| Величина x , Дж/моль | Параметр растворимости δ , (Дж/см ³) ^{1/2} |
|---------------------------|---|
| 0 | 21,37 |
| 1000 | 21,69 |
| 3000 | 22,32 |
| 3640 | 22,52 |
| 5000 | 22,94 |
| 7500 | 23,68 |
| 10000 | 24,40 |

ВЫВОДЫ

Таким образом, впервые были установлены значения параметра растворимости элементарного звена целлюлозы, модифицированной МЭАТГБ. Полученные результаты лягут в основу дальнейших исследований по определению совместимости подложки с различного рода связующими при производстве эффективных теплоизоляционных плитных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степина И.В., Содомон М. Биостойкий композиционный материал на основе модифицированных стеблей борщевика Сосновского / Актуальные вопросы строительного материаловедения: материалы всероссийской научно-практической конференции (Улан-Удэ, 21-24 июля 2021 г.) / науч. ред. Л.А. Урханова; отв. за вып. Э.В. Бадмаева. — Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2021. — С.164-170.
2. Степина И.В., Содомон М., Семенов В.С., Доржиева Е.В., Котлярова И.А. Повышение биостойкости стеблей борщевика Сосновского в качестве сырья для производства строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. №2(746). С.79-91.
3. Сафин Р.Г., Степанов В.В., Исаков Т.Д., Гайнуллина А.А., Степанова Т.О. Новые исследования и разработки в области получения древесно-композиционных материалов на основе древесных отходов // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №6, С.139-142.
4. Солдатов Д.А., Хозин В.Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы // Известия КГАСУ. 2013. №1(23). С.197-201.
5. Килушева Н.В., Данилов В.Е., Айзенштадт А.М. Теплоизоляционный материал из коры сосны и ее экстракта // Строительные материалы. 2016. №11. С.48-50.
6. Ермолина А.В., Миронов П.В. Теплоизоляционный материал на основе древесно-волоконистых продуктов // Химия растительного сырья. 2011. №3. С.197-200.
7. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное материаловедение полимеров. Т.1. Атомно-молекулярный уровень. М.: Научный Мир. 1999. 543 с.
8. Askadskii A.A. Computational Materials Science of Polymers. Cambridge, Cambridge International Science Publishing Ltd. 2003. 695 pp.
9. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И., Матевосян М.С. О предсказании растворимости полимеров // Высокомолекулярные соединения. 1990. А32. № 10. С. 2157–2166.
10. Матвеев Ю.И., Аскадский А.А. Влияние физических характеристик и типа надмолекулярной структуры полимеров на его растворимость // Высокомолекулярные соединения. 1994. А36. № 3. С. 436–443.
11. Аскадский А.А., Попова М.Н., Кондращенко В.И. Физико-химия полимерных материалов и методы их исследования: Учебное издание. / Под общ. ред. А.А. Аскадского. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 408 с.
12. А.В. Мацеевич, А.А. Аскадский, Т.А. Мацеевич Релаксационные свойства материалов на основе смесей поливинилхлорида и абс-пластика // Вестник МГСУ. 2015. № 8. С.118-129
13. Е.В. Ткач, Т.А. Мацеевич, Т.В. Жданова, М. Бичаев, А.А. Аскадский Предсказание совместимости галлуазитовых нанотрубок с эпоксидной смолой // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования, Сборник докладов Первой Национальной конференции (г. Москва, 30 сентября 2020 г.) С. 263-267.
14. Ниденцу К., Даусон Дж. Химия боразотных соединений. М.: Мир. 1968. - 234 с.
15. Алекперов Э. Р. Комплексы бора: Синтез, применение / Э. Р. Алекперов, А. М. Резник. – М.: Изд-во МГУ. 2000. – 208 с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПОВЫШЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

О. А. Ларсен¹, А. М. Бахрах²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*larsen.oksana@mail.ru*

²*antonbahrah@mail.ru*

Аннотация

В работе приведен анализ способов получения композиционных материалов с повышенной электрической проводимостью. Рассмотрены области применения токопроводящих композитов. Выявлены схожие подходы в получении токопроводящих композитов на основе различных матриц: полимерных и минеральных. Изучены токопроводящие свойства композиционного материала на основе цементной матрицы с добавлением токопроводящего технического углерода в зависимости от способа получения. В работе применялись следующие материалы и методы: Портландцемент ПЦ 500 Д0, поликарбоксилатный суперпластификатор, строительная сажа (технический углерод П-803). Получены графики зависимости электропроводности цементного камня от времени помола композиционного вяжущего. Показано отсутствие прямой пропорциональной зависимости удельной электрической проводимости от времени совместного помола компонентов токопроводящего композитного вяжущего.

ВВЕДЕНИЕ

Известны композиционные материалы, обладающие повышенной электрической проводимостью, получение которых основано на принципе введения дисперсных токопроводящих добавок, матрица таких материалов может быть отличной от цементной [2, 3]. Подобные материалы используются в различных отраслях промышленности [4, 5].

Можно выделить следующие виды токопроводящих композитов в зависимости от материала матрицы:

- минеральные токопроводящие композиты;
- полимерные токопроводящие композиты.

Первая группа включает в себя токопроводящую керамику и бетэл, полимерные токопроводящие композиты – токопроводящие клеи, краски, различные эластомеры. Металлы в данной работе не рассматриваются.

Получение токопроводящих полимерных композитов основано на введении в полимерную матрицу дисперсного токопроводящего наполнителя – различных форм углерода, металлических порошков. Полимерные токопроводящие композиты при соблюдении определенных условий могут обладать удельным электрическим сопротивлением вплоть до 10^{-6} Ом*М, что приближает их проводящие свойства к металлам и позволяет в ряде случаев заменить их [6, 7]. Из токопроводящих полимерных композитов возможно получение электронагревателей, обладающих, помимо прочего, способностью саморегулирования [8].

Изучено влияние свойств углеродного компонента на проводимость композитов: влияние вида аллотропной формы на проводящие свойства [9, 10], влияние дисперсности технического углерода на количество проводниковых цепей в объеме материала [11]. В работе [12] отмечена значимость влияния размерности и неоднородности частиц на электротехнические свойства. Авторами работ [13, 14] изучено влияние пористости углеродной добавки на электрическую проводимость композитов, в частности, наличие пор менее 2 нм повышает электрическую проводимость из-за невозможности их заполнения молекулами полимеров. С другой стороны, увеличение пористости может приводить к повышению вероятности образования крупных агломератов и, как следствие,

понижения электрической проводимости [15]. В работах [16, 17] показано влияние морфологии первичных агрегатов на проводящие свойства композитов. Авторы работы [18] показывают возможность увеличения удельного электрического сопротивления технического углерода за счет оптимизации структуры его частиц.

В работе [19] авторами рассматривается технология получения саморегулируемого электронагревательного элемента на основе эластомера, содержащего углеродные нанотрубки (далее – УНТ). Электропроводность обеспечивается за счет образования электропроводящих сетей внутри эластомера. Массовые концентрации УНТ в исследуемых образцах составляли 2,8%, 3,0%, 3,2%.

Ягубов В.С. и А.В. Щегольков в работе [20] показали снижение удельного электрического сопротивления при увеличении содержания УНТ в полимерной матрице. Исследования приведены для массовых концентраций УНТ 1,3,5 и 7%. При этом, показано что при увеличении содержания УНТ и снижении удельного электрического сопротивления снижается также и значение максимально-возможного напряжения, подводимого к нагревателю.

В статье [21] рассматривается получение электропроводящего полимера, наполненного печным техническим углеродом П 805-Э, ламповым техническим углеродом Printex ХЕ-2В, а также углеродным волокном УИС-АК-П. Отмечено более быстрое возрастание токопроводящих свойств при меньших дозировках углеродного волокна, однако максимальная электрическая проводимость достигалась при использовании дисперсного углерода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе применены следующие материалы:

- бездобавочный портландцемент ПЦ 500 Д0 производства ООО «Холсим (РУС) СМ» в соответствии с ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия»;
- технический углерод марки П-803 согласно ГОСТ 7885-86 «Углерод технический для производства резины. Технические условия»;
- поликарбоксилатный суперпластификатор BASF Melflux 5581F.
- вода согласно ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

В работе была произведена оценка свойств электропроводимости цементного камня на основе композиционного вяжущего в зависимости от параметров его изготовления (способ и время гомогенизации компонентов вяжущего), составы теста приведены в таблице 1.

Табл. 1. Составы композиционного вяжущего

| № образца | Цемент, % по массе | Тонкодисперсный углерод (сажа), % по массе | Пластификатор, % по массе | Вода, % по массе | Время гомогенизации, мин. |
|----------------------------|--------------------|--|---------------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | 28,3 | 42,5 | 1,3 | 28,3 | 0 (ручное перемешивание) |
| 2 | 28,3 | 42,5 | 1,3 | 28,3 | 15 |
| 3 | 28,3 | 42,5 | 1,3 | 28,3 | 30 |
| 4 | 28,3 | 42,5 | 1,3 | 28,3 | 45 |
| 5 | 28,3 | 42,5 | 1,3 | 28,3 | 60 |
| 6 (контрольный образец) | 71,5 | 0 | 0 | 28,5 | 0 |

Максимальное количество пластифицирующей добавки подбиралось исходя из необходимости достижения эффекта самоуплотнения и самовыравнивания.

Абсолютные значения электрического сопротивления были измерены посредством

мультиомметра DT 9502A, подключенного к контактным пластинам образца (рисунок 1).



Рис. 1. Измерение сопротивления образца

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

После схватывания цементного теста и приобретения образцами достаточной механической прочности были проведены измерения электрического сопротивления. Измерения проведены согласно методике, описанной в предыдущем разделе. На рисунке 2 приведены измерения в возрасте 6-18 суток твердения в камере нормального твердения. Исследования в более ранние сроки твердения затруднительны ввиду низкой механической прочности на начальном этапе твердения. Также нецелесообразно измерение в ранние сроки ввиду присутствия в цементном камне ионов растворенных клинкерных минералов.

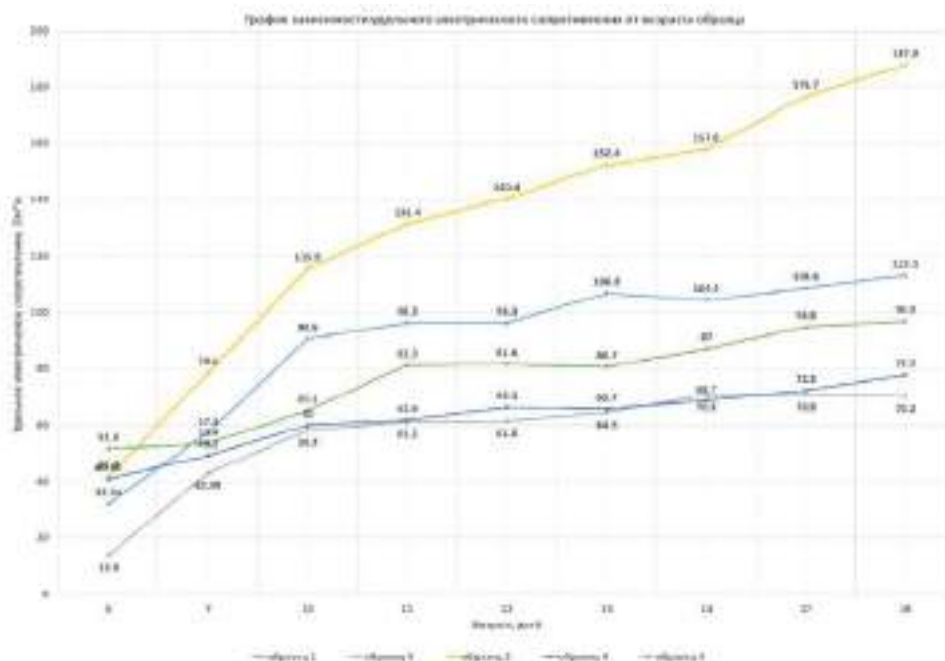


Рис. 2. Значения удельного электрического сопротивления образцов 1-6

На рисунке 2 приведено сравнение значений удельного электрического сопротивления для образцов 1-6. Результаты измерений на 18 сутки твердения говорят о повышении удельного электрического сопротивления ввиду снижения количества ионов растворенных клинкерных минералов, вместе с тем, значение удельного электрического сопротивления для образца № 2 составило 70,2 Ом*м, для образца № 4 -77,7 Ом*м, для образца № 3 – 187,8 Ом*м. Полученные результаты позволяют сделать вывод об отсутствии прямой пропорциональной зависимости между временем гомогенизации и величиной удельного

электрического сопротивления.

На рисунке 3 представлена зависимость удельного электрического сопротивления для образца № 3 и № 6 от времени твердения. Полученные результаты демонстрируют эффективность применения композиционного вяжущего для снижения удельного электрического сопротивления бетона.

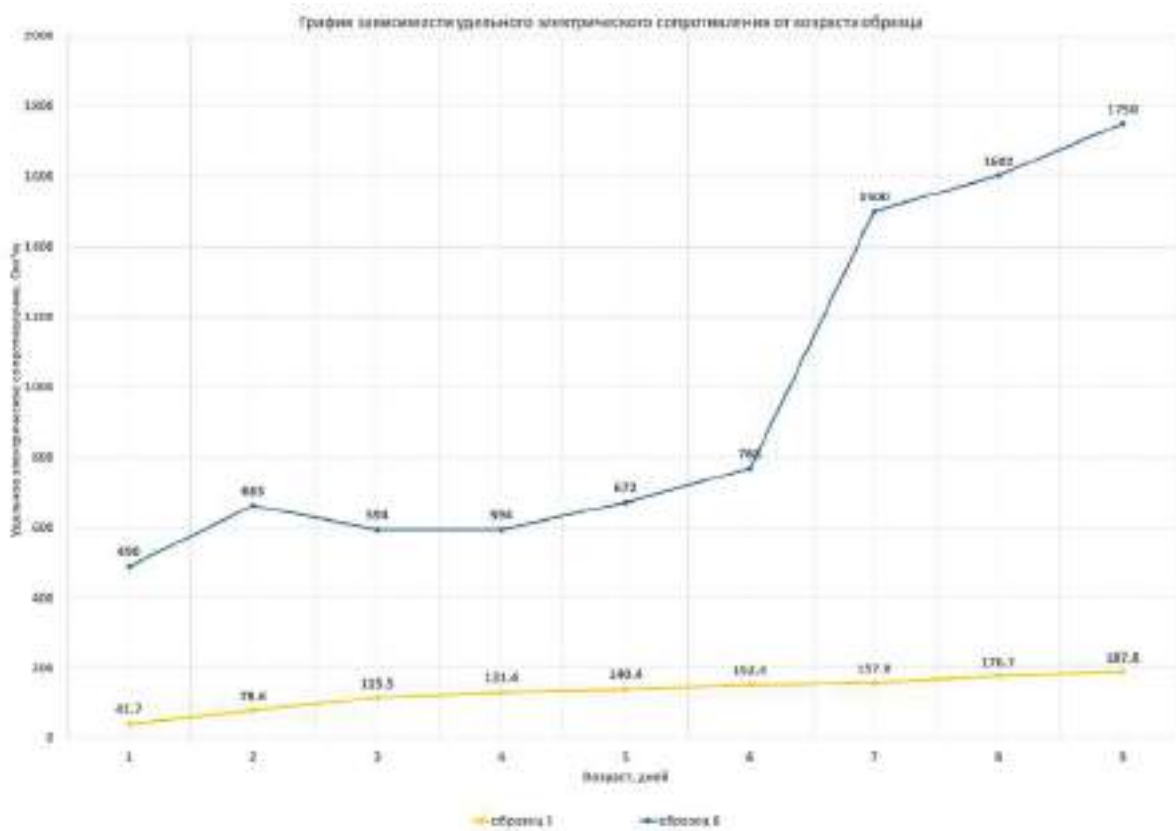


Рис. 3. Сравнение величины удельного электрического сопротивления для образцов №3 и № 6.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности использования супепластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов для повышения пластичности токопроводящих бетонных смесей с добавлением тонкодисперсного углерода (сажи). В работе показано значительное понижение удельного электрического сопротивления при повышении подвижности смеси за счет повышения пластичности смеси путем введения большего количества пластифицирующей добавки. Отмечено отсутствие прямой пропорциональной зависимости между временем гомогенизации и величиной удельного электрического сопротивления. Так, минимальное время перемешивания в шаровой мельнице показало наилучший результат по отношению снижения удельного электрического сопротивления. Перемешивание в течении 30 минут показало наибольшее электрическое сопротивление среди образцов на основе электрокомпозиционного вяжущего. При перемешивании в течении 60 минут величина удельного электрического сопротивления составила 96,9 Ом*м. Полученные результаты указывают на необходимость изучения взаимодействия пластификатора в процессе перемешивания в шаровой мельнице, влияния пластификатора на цепочки токопроводящего компонента в цементной матрице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.М. Баженов. М.: Издательство АСВ, 2011. 375с.
2. Гуль В.Е. Шенфиль Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. М.: Химия, 1984. 240 с.
3. Балкевич В.Л. Техническая керамика: Учебное пособие для вузов, 2-сизд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
4. Горелов В.П. Применение резин с электропроводящим углеродом ПМЭ-100В в электрообогреваемых панелях сельскохозяйственного назначения // Получение и свойства электропроводящего технического углерода. М., 1981. С. 12--123.
5. Новые материалы. / Под ред. Ю.С. Карабасова. М: «Мисис», 2002. 736 С.
6. Вороженцев Ю.И., Гольдаде В.А., Пинчук Л.С., Снежков В.В. Электрические и магнитные поля в технологии получения полимерных композитов / под ред. А.И. Свириденка. Минск: Наука і тэхніка, 1990. 26 с.
7. Электрические свойства полимеров / под ред. Б.И. Сажина: 3-е изд. Л., 1986. 224 с.
8. Wyzkiewicz I. et al. Self-regulation heater for microfluidic reactors // *Sensor Actuat B-Chem.* 2014. No. 1. Pp. 893-896. doi: 10.1007/s11483-007-9043-6
9. Дувакина Н. И. Выбор наполнителей для придания специальных свойств полимерным материалам / Н. И. Дувакина, Н. И. Ткачева // Пластические массы. – 1989. № 11. С. 46 – 48.
10. Архипов Н. В. Электрические свойства порошков технического углерода / Н. В. Архипов, В. Н. Аникеев // Совершенствование технологии производства активных и среднеактивных марок технического углерода: сб. науч. тр. ВНИИТУ. М., 1986. С.143-147.
11. Эстрин Р. И. Объем и размеры пор в первичных агрегатах технического углерода как факторы, влияющие на электрические характеристики вулканизаторов / Р. И. Эстрин, Н. Я. Овсянников // Вестник МИТХТ. 2008. Т. 3. № 3. С. 1-7.
12. Sircar A. K. Effect of carbon-black particle-size distribution on electrical-conductivity / A. K. Sircar, T. G. Lamond // *Rubber Chem. Technol.* 1978. Vol. 51. P. 126.
13. Voet A. Investigation of carbon chains in rubber vulcanizates by means of dynamic electrical conductivity / A.Voet, F. R. Cook // *Rubber Chem. Technol.* 1968. Vol. 41. P. 1207.
14. Boonstra B. Performance of Carbon Blacks - Influence of Surface Roughness and Porosity / B. B. Boonstra, E. M. Dannenberg // *Industrial and Engineering Chemistry.* 1955. Vol. 47. P. 339.
15. Medalia A. I. Electrical conduction in carbon black composites / A. I. Medalia // *Rubber Chemical Technology.* 1986. Vol. 59. P. 432.
16. Verhelst W. F. The role of morphology and structure of carbon blacks in the electrical conductance of vulcanizates / W.F. Verhelst [et al.] // *Rubber Chemical Technology.* 1977. V. 50. P. 735.
17. Kraus G. Electrical Conductivity of Carbon Black-Reinforced Elastomers / G. Kraus, J. F.Svetlik // *Journal of Electrochemical Society.* 1956. V. 103. P. 337.
18. Киселева Е.А. Управление электросопротивлением резин путем регулирования дефектностью структуры дисперсного углерода / Е. А. Киселева Г. И. Раздьяконова // Динамика систем, механизмов и машин. 2012. № 3. С. 192-196.
19. Ягубов В.С., Щегольков А.В. Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 341–345.
20. Ягубов В.С., Щегольков А.В. Влияние различных типов углеродных нанотрубок и их концентраций на электрофизические параметры электронагревателей с саморегулированием температуры // Вестник ТГТУ. 2019. Т. 25. № 4. С. 678–689.
21. Абдуллин М.И., Глазырин А.Б., Басыров А.А., Гадеев А.С., Николаева А.А. Электропроводящие полимерные композиции на основе поливинилацетата // Пластические массы. 2018. № 1-2. С. 54-57.

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ПРОЦЕНТНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГЛИНЫ/ИЛА И ВОДЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПУСТОТНОСТИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ФАЗЫ

Л. С. Юнусова

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
20000314@edu.spbgasu.ru*

Аннотация

Глина в грунте увеличивает пластичность, потенциальную усадку, набухание, сжимаемость, сцепление; при этом снижает гидравлическую проводимость и угол внутреннего трения. Считая, что вся вода в почве связана с глинистой фазой, количество глины, необходимое для заполнения всех пустот гранулированной фазы и предотвращения прямого контакта между гранулированными частицами, можно оценить для любого содержания воды. Чем выше пустотность гранулированного материала тем больше нужно глины, для того чтобы блокировать прямой межчастичный контакт гранулированных частиц. В случае ила ил полностью заполнит пустоты, имея больший процент по весу. Таким образом изначально необходимо больше ила, в сравнении с глиной, чтобы ил существенно блокировал прямой межчастичный контакт гранулированных частиц песка. Вода более чем в два раза оказывает поддержку глине, чем илу: при постепенном увеличении общей влажности грунта глины требуется гораздо меньше. При этом имеет значение вид глины.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы чаще стали выполнять расчеты осадок фундаментов с использованием законов нелинейной механики грунтов. Существует зависимость расчетных параметров консолидационной осадки коэффициента уплотнения c_v , коэффициентов модели касательного модуля Оде-Янбу [4] m и β , проницаемости k от напряжения [2,3,4]. При использовании методов, основанных на содержании воды, пытаются выявить эмпирические связи между содержанием воды и индексом сжатия (индексом компрессии), пустотностью [8,9]. Установить общие связи между этими параметрами трудно, так как они связаны с геологическим развитием глинистого слоя и местными условиями [5]. На рис. 1 представлены некоторые наблюдения между содержанием воды w и показателем сжатия нормально консолидированной части C_c , заметна большая дисперсия. Для того чтобы избежать большой дисперсии в результатах рекомендуется учитывать соотношения процентного содержания глины и содержания воды для различных значений пустотности гранулированной фазы [6, 10] для более точного расчета консолидационной осадки, корректируя касательный модуль деформации m (см. рис. 2).

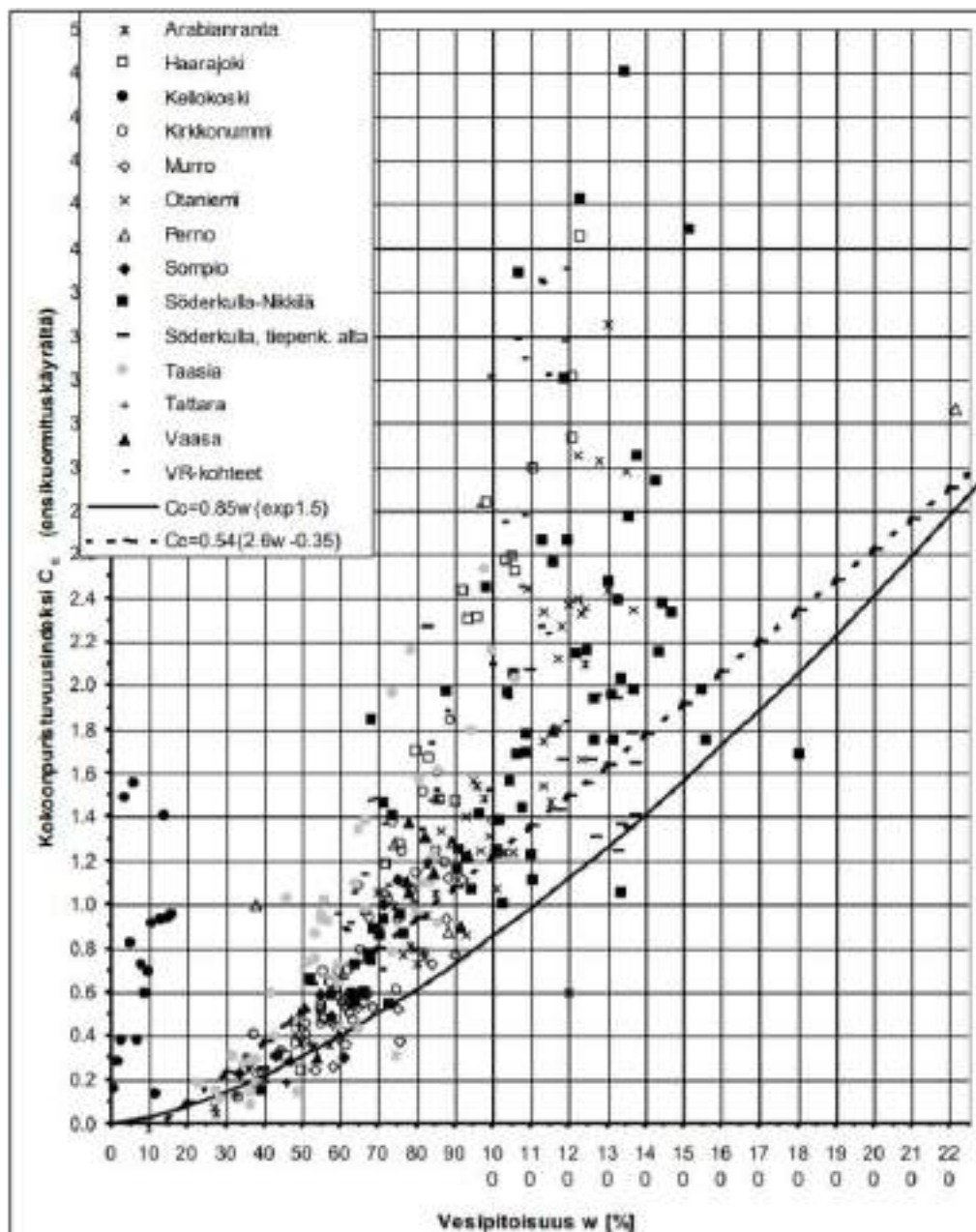


Рис. 1. Зависимости между содержанием воды w и показателем сжатия нормально консолидированной части C_c [5]

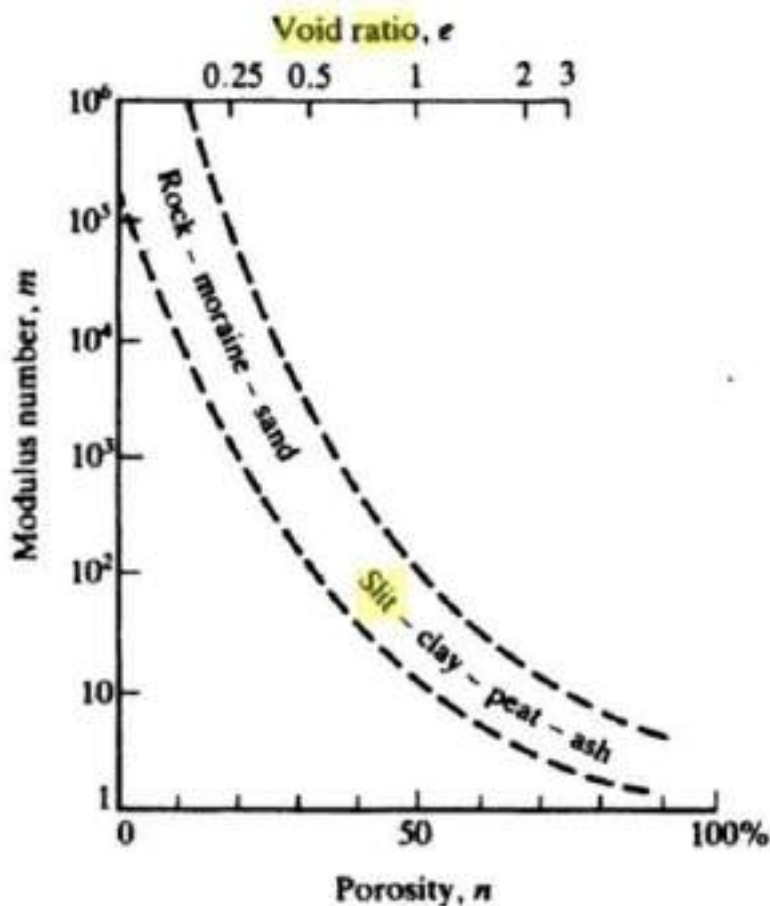


Рис. 2. Изменение касательного модуля деформации m модели касательного модуля Одеяну в зависимости от пористости и коэффициента пустотности [рис. 5.45, 2].

ВАЖНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ГРУНТА (ГЛИНИСТАЯ ИЛИ ПЕСЧАНАЯ ФАЗЫ) ДЛЯ РАСЧЕТА ОСАДК КОНСОЛИДАЦИИ.

Консолидацию в зарубежных источниках разделяют на *первичную консолидацию* C_V и *вторичное сжатие* C_α (secondary compression). Для частично или полностью водонасыщенных грунтов выделяют третий компонент: S_0 – мгновенную консолидацию. Возможные способы расчета консолидации приводятся в приложении F [14] в ГОСТ Р 54475-2011 [15]. После первичной консолидации C_V происходит вторичное сжатие C_α , которое является временной составляющей общей осадки. Вторичное сжатие C_α происходит после того, как, все избыточное давление поровой воды рассеивается - происходит при постоянном эффективном напряжении. В российских источниках вместо *первичной консолидации* C_V и *вторичного сжатия* C_α встречаются термины *первичная фильтрационная консолидация* или *просто первичная консолидация* и *вторичная консолидации* [6]. В глинах первичная консолидация C_V самый большой компонент уплотнения. В органических грунтах, торфах вторичное сжатие C_α значительную часть общего оседания и требует проведения преднагружения до начала строительства [12] или электроосмоса [13]. Осадка при консолидации C_V , возникает в слое глины под конструкцией до того, как внешние нагрузки достигают равновесия. *Давление поровой воды, превышающее гидростатическое, с течением времени гасится (консолидация) и становится равным приложенной нагрузке.* Скорость консолидации C_V зависит от соотношения глины/песка, показателя сжимаемости C_c , который определяется как изменение пустотности при 10-кратном увеличении давления консолидации [11].

ПРИМЕР РАСЧЕТА СООТНОШЕНИЯ ВОДЫ И ГЛИНИСТОЙ ФРАКЦИИ.

Глина в грунте увеличивает пластичность, потенциальную усадку, набухание, сжимаемость, сцепление; при этом снижает гидравлическую проводимость и угол

внутреннего трения [стр. 94, 1]. Считая, что вся вода в почве связана с глинистой фазой, количество глины, необходимое для заполнения всех пустот гранулированной фазы и предотвращения прямого контакта между гранулированными частицами, можно оценить для любого содержания воды.

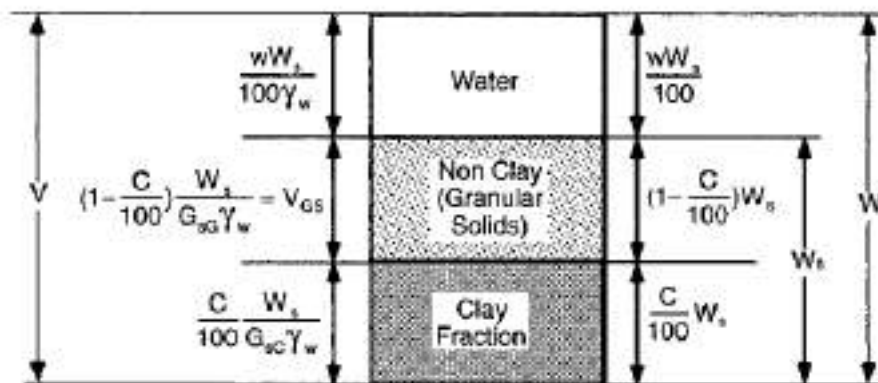


Рис. 3. Соотношения массы и объема для насыщенного глинисто-гранулированного грунта: W – вес, V – объем, C – процент глины по весу, G_{SC} – удельный вес частиц глины, w – влажность, γ_w – удельный вес воды, G_{SG} – удельный вес гранулированных частиц [рис. 4.12, 1]

Объем пустот (см. рис. 1) в гранулированной фазе равен $e_G V_{GS}$, где e_G – коэффициент пустотности гранулированной фазы, а V_{GS} – объем гранулированных твердых частиц.

Если глина и вода полностью заполняют пустоты в гранулированной фазе, то справедливо тождество:

$$\frac{w}{100} + \frac{C}{100 G_{SC}} = \frac{C}{100} \frac{e_G}{G_{SG}} \quad (1)$$

Используя уравнение (1), рассмотрим соотношение между процентным содержанием глины C и влажностью w (содержание воды) для различных значений пустотности гранулированной фазы e_G для специфичной глины Ленинградской области с характеристиками из таблицы 1. В качестве гранулированной фазы будем использовать песок с морского дна.

Табл. 1. Характеристика глинистой фракции

| W, % | ρ , г/см ³ | ρ_d , г/см ³ | ρ_s , г/см ³ | n, % | e , д.е. | I_p , д.е. | I_L , д.е. | ϕ , град | C , кПа |
|-------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------|
| 19,10 | 2,12 | 1,78 | 2,71 | 34,16 | 0,52 | 8,80 | 0,34 | 14,07 | 13,79 |

Коэффициент пустотности морского песка e_G , состоящего из примерно угловатых частиц составляет порядка 0,385 в наиболее рыхлом состоянии. Удельный вес неглинистой фракции (песок с морского дна) G_{SG} около 1.62 г/см³, а в глинистой фракции составляет G_{SC} 2,71 г/см³. Подставив эти значения в уравнение (1), получим:

$$\frac{w}{100} + \frac{C}{100 \cdot 2,71} = \frac{C}{100} \frac{0,385}{1,62} \quad (2)$$

Процент глины по весу составит:

$$C = 39,17 - 1,64w \quad (3)$$

Рассмотрим случай, распространенный для прибрежной зоны, когда вместо глины смешивается ил с песком. Ил имеет такой же гранулированный характер как песок, размер частицы которого меньше песка, но больше глины. Коэффициент пустотности ила e_G достигает 1 в верхних его слоях. Удельный вес песка с морского дна G_{SG} около 1.62 г/см³, удельный вес сухого ила G_{SC} 1,5 г/см³. Подставив эти значения в уравнение (1), получим:

$$\frac{w}{100} + \frac{C}{100 \cdot 1,5} = \frac{C}{100} - \frac{C \cdot 0,1}{100 \cdot 1,62} \quad (4)$$

Процент ила по весу составит:

$$C = 48,56 - 0,787w \quad (5)$$

ВЫВОДЫ

Соотношение $C = 39,17 - 1,64w$ указывает на то, что 23,88% глины в составе достаточно, чтобы глина предотвращала прямой межчастичный контакт гранулированных частиц морского песка (при 23,88% влажности). Сравнивая уравнение 4.9 [1] и вышеизложенный пример можно сделать вывод, что чем выше пустотность гранулированного материала тем больше нужно глины, для того чтобы блокировать прямой межчастичный контакт гранулированных частиц.

В случае ила $C = 48,56 - 0,787w$, ил полностью заполнит пустоты, имея процент по весу 48,56 (при нулевой влажности). Сравнивая полученные константы 39,17 и 48,56 делаем вывод, что в гранулированной фазе изначально необходимо больше ила, в сравнении с глиной, чтобы ил существенно блокировал прямой межчастичный контакт гранулированных частиц песка. Вода более чем в два раза оказывает поддержку глине, чем илу: при постепенном увеличении общей влажности грунта глины требуется гораздо меньше.

Литература

1. Mitchell, James K., and Ken'ichi Soga. Third Edition. 2005. Fundamentals of soil behavior. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
2. Robert D. Holtz. Stress Distribution and Settlement of Shallow Foundations. In: Title of book: Foundation Engineering Handbook. Location: Springer, Boston, MA, 1991. pp. 166–222. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5271-7>
3. Meyerhof, G. G. and Fellenius, B. H. (eds.) (1985), Canadian Foundation Engineering Manual, 2d ed., Canadian Geotechnical Society.
4. Aalto A., P. Vepsäläinen & O. Ravaska. (2005). Settlement calculation with stress-dependent parameters [JB]. Stand Alone, 0(Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), 1007–1010. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-656-9-1007>
5. Pauli Vepsäläinen & Jonni Takala: Settlement calculation: Time-Settlement Calculation Program v4.0 [Электронный ресурс] // Laboratory of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Helsinki University of Technology. 2006. URL: https://docs.civilpoint.fi/GeoCalc/3.2/GeoCalc_Settlement_theory.pdf (дата обращения: 17.12.2020).
6. Behforooz, A. (2017). Investigation of the mechanical properties of sand-clay mixtures with respect to fines content (Masters dissertation). Ege University. Izmir. (in Turkish). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=71OJX8w_8PRQU1mSHU6-joqPrpP4JaOBs_aXMIBckYUwUs7-bz9FIDChupslPowy
7. Thevanayagam, S., 1998. Effect of fines and confining stress on Rd particle size disparity ratio undrained shear strength of silty sands, J. Geotech. & Geoenv. Engrg. Div., ASCE, 124(6), 479-491 pp.
8. Thevanayagam, S., and Mohan, S., 2000, Intergranular State Variables and Stress-Strain Behaviour of Silty Sands. Geotechnique 50, No.1, 1-23
9. Polito, C. P., and Martin II, J. R. 2001. Effects of nonplastic fines on the liquefaction resistance of sands, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 127, No. 5, pp. 408–415
10. Braja M. Das. "Principles of Foundation Engineering (8th Edition)". (Boston, MA: Cengage, 2014), 44–45.
11. Cornell University. 1950. Final Report, Soil Solidification Research, Cornell University, Ithaca, NY.
12. A.K.L. Kwong et al., Soft Soil Engineering. Taylor & Francis, 2001
13. Язов В. Н., Лепилин Д. В. Консолидация торфяных почв с применением электроосмоса //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – №. 9-2. – С. 320-323.
14. Eurocode 7. Geotechnical design. Part 2 : Ground investigation and testing: BS EN 1997-2:2007. Brussels, 2007. 202 p.
15. ГОСТ Р 54475-2011. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик деформируемости грунтов в дорожном строительстве.

«ОТКРЫТЫЙ» И «ПОЛУЗАКРЫТЫЙ» СПОСОБЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

А. С. Шароварова¹, И. Н. Хряпченкова^{2*}

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»;

¹iriina-xr@mail.ru

Аннотация

Производство работ нулевого цикла высотного здания - высокотрудозатратный процесс. С ростом и развитием строительной индустрии возрастает и потребность в более новых и усовершенствованных технологиях, дающих толчок для сокращения сроков и стоимости строительства, а также для улучшения качества возводимых объектов. Это могут быть доработанные производственные процессы уже существующих ранее разработок, а также создание абсолютно новых, ранее не использованных, универсальных решений. Изучение и совершенствование методологии проектирования организационно-технологических решений имеет большое значение для правильного понимания особенностей производства работ нулевого цикла высотных зданий. Целью исследования является сравнительный анализ возведения конструкций нулевого цикла открытым методом и методом «semi-top down» (полузакрытым). Выявление и анализ факторов, оказывающих влияние на выбор метода возведения здания.

ВВЕДЕНИЕ

Современные объекты высотного строительства, как правило, имеют развитую подземную часть, включающую несколько подземных этажей, что объясняется как привлекательностью размещения в них автомобильных парковок и технических помещений, так и необходимостью устройства фундаментов высотных зданий на как можно более низких отметках для снижения дополнительного давления на основания.

При возведении высотных зданий с развитой подземной частью проводятся масштабные подготовительные работы по укреплению стенок будущего котлована, производятся большие выемки земляных масс, устраивается массивный фундамент, что говорит нам о значительной продолжительности выполнения работ нулевого цикла.

В данной статье рассматривается устройство нулевого цикла высотного здания двумя методами: полузакрытым, или «Semi-Top Down», и открытым. Здание находится на территории, свободной от застройки. Такой вариант рассматривается не случайно, в технической литературе применение метода «Semi-Top Down» всегда сопряжено с условием расположения объекта в границах плотной городской застройки, что практически исключает применение открытого метода

Технологическая последовательность устройства нулевого цикла методом «Semi-Top Down». Подробная технологическая последовательность возведения здания методом «Semi-Top Down» выглядит следующим образом:

1. Возведение конструкций крепления стенок котлована. Более предпочтительно возводить монолитную траншейную «стену в грунте», так как в случае наличия подземных вод бурящиеся сваи проявляют менее эффективные противоточные свойства.

2. Возведение свайного основания будущей фундаментной плиты. Устройство свайного основания возможно как с уровня поверхности земли, так и из пионерного котлована. Функцию постоянных опор перекрытий подземной части здания выполняют сваи-колонны, но в то же время, они могут выполнять роль временных опор.

3. Бетонирование плит перекрытий, которые выступают в роли перекрытий подземных этажей, а также в роли распорных конструкций. В бетонируемом перекрытии предварительно устраиваются обширные технологические отверстия. Работы по

бетонированию осуществляются по мере удаления грунта малогабаритной техникой через технологические отверстия выполненного ранее перекрытия.

4. После формирования всех подземных этажей, на проектной отметке низа фундаментной плиты осуществляется ее бетонирование и возведение постоянных несущих конструкций здания.

5. Затем производят демонтаж временных опор перекрытий и распорок.

6. Технологические отверстия в перекрытиях бетонируются после выполнения всего комплекса работ.

Технологическая последовательность устройства нулевого цикла открытым методом. Технологическая последовательность устройства нулевого цикла открытым методом имеет классическую схему:

1. Возведение конструкций крепления стенок котлована. В данном случае рассматривается вариант монолитной траншейной «стены в грунте» с креплением грунтовыми анкерами.

2. Возведение свайного основания будущей фундаментной плиты.

3. Разработка котлована.

4. Устройство фундаментной плиты здания.

5. Возведение монолитных колонн, стен и перекрытий здания всех подземных этажей.

Анализ трудозатрат и продолжительности производства работ по устройству нулевого цикла высотного здания методом «Semi-Top Down» и открытым методом.

При обоих методах («Semi Top Down» и открытом методе) устройство «стены в грунте» осуществляется с одинаковым набором технологических процессов, машин и составом (и количеством) звеньев людей.

В ходе анализа построенного графика производства работ определена продолжительность устройства «стены в грунте» и она составляет 21 день.

Трудозатраты на устройство «стены в грунте» составляют 2129,44 чел-ч и 269,44 маш-ч.

Общая продолжительность устройства свайного основания составляет открытым методом:

$$24,58 + 74,7 = 99,28 \text{ дней.}$$

Продолжительность производства работ по устройству несущих монолитных конструкций открытым методом, согласно графику производства работ, составляет 90 дней.

Суммарные трудозатраты составляют 32813,21 чел-ч и 4015,12 маш-ч.

Общая продолжительность возведения нулевого цикла высотного здания открытым методом составляет:

$$21 + 99,28 + 90 = 210,28 \text{ дней}$$

Общая продолжительность устройства свайного основания методом «Semi-Top Down» составляет:

$$20,8 + 64,15 + 4,13 + 11,56 = 100,64 \text{ дней}$$

Продолжительность производства работ по устройству несущих монолитных конструкций открытым методом, согласно графику производства работ, составляет 88 дней.

Суммарные трудозатраты составляют 24397,82 чел-ч и 3598,18 маш-ч.

Общая продолжительность возведения нулевого цикла высотного здания методом «Semi Top Down» составляет:

$$21 + 100,64 + 80 = 201,64 \text{ дня}$$

Сравнительный анализ открытого метода и метода «Semi Top Down».

На основе полученных данных были составлены графики сравнения устройства свайного основания открытым методом и методом «Semi Top Down»



Рис. 1 Диаграмма трудозатрат на устройство свайного основания



Рис. 2 Диаграмма продолжительности производства работ по устройству свайного основания

На основе полученных данных были составлены графики сравнения устройства монолитных несущих конструкций высотного здания открытым методом и методом «Semi Top Down»



Рис. 3 Диаграмма трудозатрат на устройство монолитных несущих конструкций нулевого цикла

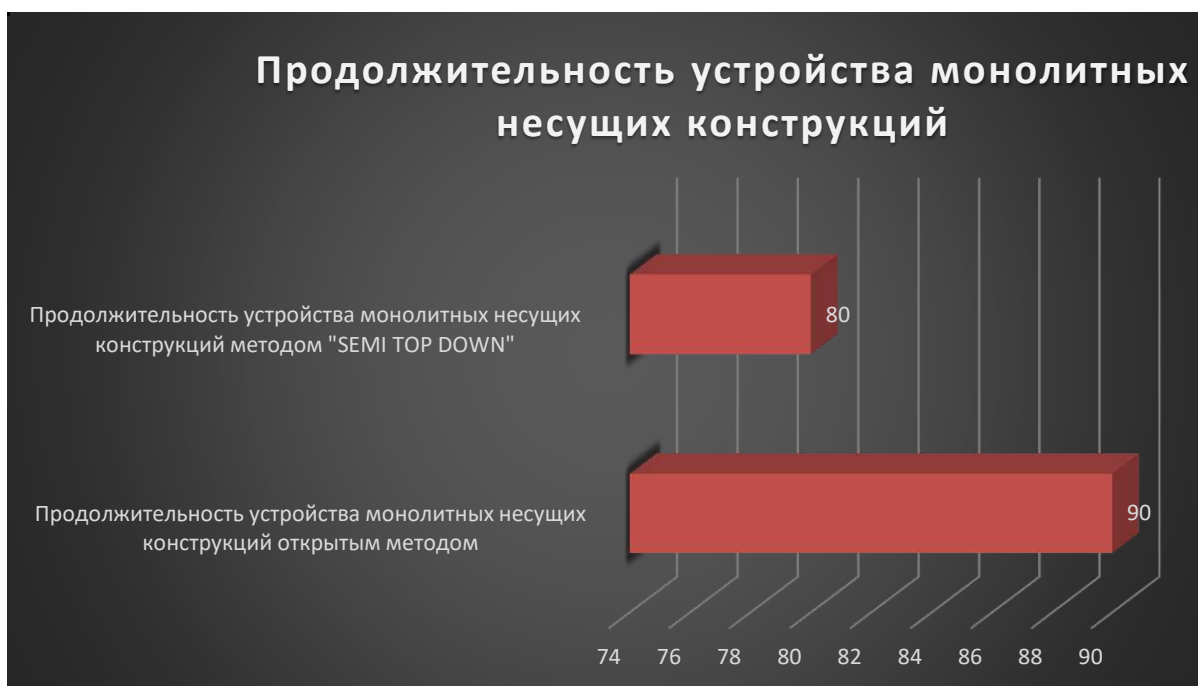


Рис. 4 Диаграмма продолжительности производства работ по устройству несущих конструкций нулевого цикла

Факторы, оказывающие влияние на выбор метода производства работ при устройстве нулевого цикла здания. Согласно полученным результатам в ходе сравнения применения метода «Semi Top Down» и открытого метода получаем:

1. Увеличение трудозатрат на устройство свайного основания при производстве работ методом «Semi Top Down» (по сравнению с открытым методом) из-за необходимости устройства буровых колонн (временных).
2. Значительное сокращение трудозатрат при устройстве несущих конструкций методом «Semi Top Down» благодаря отсутствию необходимости устройства инвентарной опалубки перекрытий, а также грунтовых анкеров, т.к. диски постоянных перекрытий

выполняют распорную функцию.

Хочется отметить, что при производстве работ методом «Semi Top Down» существует множество факторов, которые усложняют производство работ (например, стесненность, наличие движущейся строительной техники и оборудования в замкнутом пространстве), а без некоторых из них производство работ вовсе невозможно (устройство принудительной вентиляции, системы освещения и т.п.).

Продолжительность производства работ по результатам составления графиков производства работ незначительно сократилась при устройстве нулевого цикла здания методом «Semi Top Down», что видно по диаграммам. Эти данные получены без учета выше перечисленных факторов, оказывающих непосредственное влияние на увеличение затрат труда рабочих. При неизменном среднем количестве рабочих кадров в смену и увеличении трудозатрат путем применения коэффициента, принятого эмпирическим путем, с учетом рекомендаций [13], равным 1,5, неизбежно увеличение продолжительности производства работ, что видно по диаграммам ниже.

Диаграмма сравнения метода «Semi Top Down» и открытого метода по результатам построения графиков производства работ

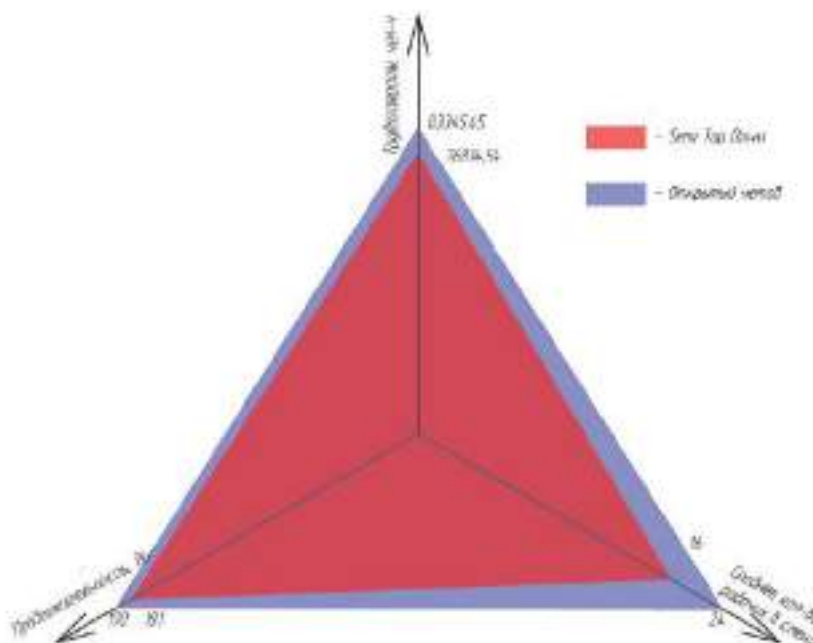
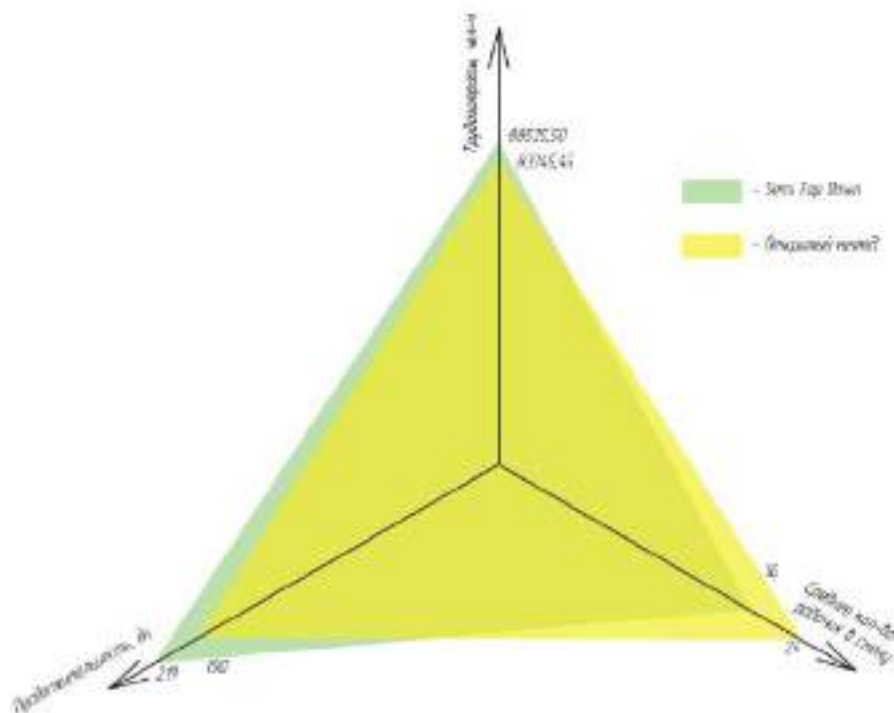


Рис. 5 Диаграмма сравнения метода «Semi Top Down» и открытого метода по результатам построения графиков производства работ

Диаграмма сравнения метода «Semi Top Down» и открытого метода с учетом коэффициентов стесненности к затратам труда при работе по полужакрытой технологии



Рис/ 6 Диаграмма сравнения метода «Semi Top Down» и открытого метода с учетом коэффициентов стесненности к затратам труда при работе по полужакрытой технологии (коэффициент равен 1.5)

При выборе метода возведения высотных зданий и зданий повышенной этажности необходимо руководствоваться определенными критериями.

Применение метода «Semi Top Down» актуально при наличии следующих факторов:

1. Стеснённые условия. Это понятие регламентируется [13]. приложение №1.

Критерии стеснённости:

- невозможность размещения строительной площадки в полном объеме (бытовые и инженерные сооружения, строительные машины и механизмы и т.п.) на территории, выделенной под застройку;
- наличие вблизи зоны застройки объектов, эксплуатация которых не прекращается на время строительства;
- плотная городская застройка;
- необходимость разработки мероприятий по сохранению объектов культурного наследия.

2. Возможные деформации оснований близлежащих зданий и сооружений.

3. Принятые конструктивные решения несущих конструкций здания адаптированы (или на этапе проектирования предусмотрены) для производства работ методом «Semi-Top Down».

4. Котлован имеет такие размеры, что трудно обеспечить крепление с помощью временной металлической распорной крепи.

5. Невозможность устройства грунтовых анкеров для крепления стенок котлована обусловленная сложными геологическими или гидрогеологическими условиями местности.

6. Необходимость сохранения расположенных вплотную к проектируемой подземной части зданий или сооружений.

Заключение. При выборе метода производства работ необходимо оценить экономическую целесообразность его применения. Это понятие включает в себя снижение стоимости работ, снижение трудозатрат, сокращение сроков строительства. Кроме того, необходимо учитывать конструктивные особенности объекта при принятии технологических решений по его возведению.

Литература

1. Осокин А.И., Денисова О.О., Шахтарина Т.Н. Технологическое обеспечение подземного строительства в условиях городской застройки // Жилищное строительство, 2014. 3№. С.16 – 24.
2. Сук В.В. Возведение гражданских зданий по полужакрытой технологии // Инженерный вестник Дона, 2019. №5. С. 45 – 56.
3. Харитонов В.А. Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий, Москва. АСБ, 2014, 353 с.
4. Шулятьев О.А. Основания и фундаменты высотных зданий. Москва. АСВ. 2016, 260 с.
5. Юркевич П. Б. Возведение монолитных железобетонных перекрытий при полужакрытом способе строительства подземных сооружений // Подземное пространство мира. 2002. №1. – С. 13 – 22.
6. Конструктивные решения высотных зданий [Электронный ресурс]. URL: http://rospipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/konstruktivnyereheniyavyshotnykh-zdaniy/.
7. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В. Комплексная разработка технологии возведения монолитных конструкций высотных уникальных зданий. [Электронный ресурс]: учебное пособие; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. техн. ун-т – Электронные текстовые и графические данные – Волгоград: ВолГГТУ, 2018 – Режим доступа: <http://library.vstu.ru/> (Дата обращения 21.09.2020)
8. Ильичев В.А., Голубев Г.Е., Замираев А.В. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293853/4293853485.pdf> (Дата обращения: 18.09.2020)
9. Катценбах Р., Дунаевский Р.А., Франивский А.А. Метод строительства сверху вниз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ndibv.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/07/NT-20_Katzenbah_Dunaevski_Muliar_Dyachenko.pdf (Дата обращения 17.09.2020).
10. СП 48.13330.2019. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. Дата введения 2020-06-25.
11. СП 45.13330.2017. Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01.87. Дата введения 2017-08-28.
12. Устройство несущей «стены в грунте» из монолитного железобетона (при разработке грунта экскаватором, оборудованным грейферным ковшом). Технологическая карта 125-08 ТК. 2008. 23 с.
13. МДС 81-35-2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации. Ред. От 16.06.2014.
14. Chew Yit Lin, Michael. Construction technology for tall buildings. 5th edition, Singapore. 2017, 420 p.
15. Tuan B, Tam Ng. M. Semi top-down method combined with earth-bank, an effective method for basement construction // IOP Conference Series Earth and Environmental Science, April 2018, 143(1):012047.

ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ

В. Е. Ушакова¹, В. А. Пестрякова²

Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического Университета,

¹*nika1806hp@mail.ru*

²*Lllepestrik@gmail.com*

Аннотация

Из множества новых альтернативных видов бетона в данной статье подробно рассматриваются биологический и прозрачный строительные материалы. Отмечены преимущества и недостатки каждого вида в использовании и постройки различных сооружений. Так же происходит сравнение новых бетонов со свойствами обычного по таким критериям как: прочность на сжатие, прочность на изгиб, водопоглощение и долговечность. Обнаружены различные положительные и отрицательные качества материалов в ходе их сопоставления. Результат исследования показывает, что при использовании подходящих бактерий в бетоне может увеличить его долговечность. Так же рассмотрено, как влияет добавление оптического волокна в состав бетона, на его эластичность. Было выявлено, что новые виды строительного материала являются экологически чистыми и безопасными для здоровья. По всем характеристикам инновационные виды бетона превосходят всем известный обычный бетон.

ВВЕДЕНИЕ

Сфера строительства всегда выгодно отличалась в нашей стране. Её развитие идет большими темпами и требует немалого количества различных материалов, одним из основных является бетон. В настоящее время бетон — это весьма распространенный строительный материал, из которого изготавливают самые разнообразные по форме и размерам бетонные и железобетонные изделия и конструкции, возводят монолитные здания и сооружения [22].

Широкое применение бетона в различных областях строительства объясняется тем, что изделию из него можно придавать требуемые свойства, размеры, а также тем, что бетонные работы можно выполнять в короткие сроки и в любое время года. Выбирая составляющие требуемых качества и количества и применяя рациональную технологию приготовления бетонных смесей, управляя процессами структурообразования бетона, его физико-механические свойства можно регулировать в широких пределах и заданном направлении [5, 19].

Бетон, являющийся в основном используемым строительным материалом, содержит компоненты цемента, мелкого заполнителя, крупного заполнителя и воды. Подсчитано, что ежегодно производится и потребляется более 30 миллионов тонн бетона [9].

Технологии не стоят на месте и в настоящее время разрабатывается много различных видов бетона. Такие как биологический или самовосстанавливающийся бетон, а также прозрачный, который проводит через себя световые лучи. Они имеют свои характеристики и во многом превосходят качество обычного бетона, используемого в строительстве.

Целью данного исследования является сравнение основных свойств различных видов бетона, в частности обычного с биологическим и прозрачным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье проанализированы опыты над образцами биологического и прозрачного бетонов [1-3] и [8] и выявлены основные свойства, такие как прочность на сжатие, прочность на изгиб, водопоглощение и долговечность. По результатам данных опытов проведен анализ фактов, выявлены положительные и отрицательные свойства бетонов. Так же было

проанализировано влияние прозрачного бетона на загрязнение окружающей среды и здоровье человека

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный новый бетоноподобный материал - «живет». Он состоит из песка и желатина, которые превращаются в твердую массу в результате работы бактерий. Результат такой же стабильный, как и у обычного цементного раствора. Камни из этого материала могут размножаться практически самостоятельно – а благодаря живущим в них бактериям их можно даже оснастить самыми разными функциями [2].

Для того чтобы произвести новый строительный материал, необходим каркас из песка и гидрогель типа желатина, в котором растут бактерии рода *Synechococcus*. Этот тип бактерий, используемых в бетоне, зависит от pH воды, поскольку некоторые бактерии не могут сопротивляться кислой природе, и некоторые виды бактерий не могут выжить в основной среде. Бактерии, добавленные в бетон в виде спор, вступают в контакт с водой и становятся активными за счет осаждения карбоната кальция [10].

Разработка технологии самовосстановления бетона стала одной из важнейших исследовательских задач в области инженерных наук и биотехнологий в последние годы [12-15].

Исследования показали [1], что у обычного бетона прочность на сжатие гораздо меньше.

Прочность на сжатие была оценена в течение 7 и 28 дней деформации бетонных образцов. Расчетная средняя прочность достигнута для бетона марки М40 - 52,67 МПа. Прочность на сжатие образцов бактериальной смеси на 64,25 МПа улучшилась по сравнению с контрольными образцами. Прочность на сжатие была восстановлена до 22% в течение 28 дней отверждения после растрескивания образцов биобетона из-за оседания кальцита в качестве заполняющего материала во внутренней части трещин на поверхности бетона [1].

Табл. 1. Сравнение значений прочности на сжатие для обычного и биологического образцов бетона

| Вид бетона | Прочность на сжатие в течение 7 дней, МПа | Прочность на сжатие в течение 28 дней, МПа |
|---------------------|---|--|
| Обычный бетон (М40) | 49,12 | 56,22 |
| Биологический бетон | 60,19 | 68,31 |

Аналогично прочности на сжатие, разделенная прочность на изгиб была рассчитана для 7 и 28 дней отверждения для бетонных образцов (Таблица 2). Существует увеличение на 16% прочности на изгиб для бактериальных образцов после отверждения при растрескивании в течение 28 дней по сравнению с обычными образцами из-за образования экзополисахарида слой бактериальным штаммом. После заживления трещин прочность на изгиб увеличивается до 40,96 МПа с 34,68 МПа.

Табл. 2. Сравнение значений прочности на изгиб для обычного и биологического образцов бетона

| Вид бетона | Прочность на изгиб в течение 7 дней, МПа | Прочность на изгиб в течение 28 дней, МПа |
|---------------------|--|---|
| Обычный бетон (М40) | 34,68 | 54,63 |
| Биологический бетон | 40,96 | 62,47 |

Испытание на водопоглощение проводилось в течение 7 и 28 дней отверждения как для обычного бетона, так и для бактериальных бетонных смесей. Кальцит, выделяемый бактериями, заполняет микротрещины, увеличивая непористость бетона, что приводит к снижению водопоглощения образцов биобетона. Водопоглощение снижается с 1,26% для

обычных образцов до 0,23% для образцов бактериальной смеси после отверждения при растрескивании в течение 28 дней. В таблице 3 приведены результаты теста на водопоглощение [1].

Табл. 3. Сравнение значений водопоглощения для обычного и биологического образцов бетона

| Вид бетона | Водопоглощение в течение 7 дней, % | Водопоглощение в течение 28 дней, % |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Обычный бетон (M40) | 1,626 | 1,264 |
| Биологический бетон | 0,58 | 0,23 |

Бактериальный бетон показывает меньше % водопоглощения по сравнению с обычным бетоном; следовательно, имеющиеся в бетоне поры и трещины заполняются бактериальными осадками. Согласно результатам испытаний на сорбируемость, биобетон обладает большей устойчивостью к проникновению воды в бетон, следовательно, пористость бетона уменьшается. Биологический бетон является современным конструкционным материалом [17].

Экспериментальные результаты Andalib et al. (2015) показали, что биологический бетон по сравнению с обычным портландцементом без микроорганизмов потерял меньше веса и прочности. Также было обнаружено, что максимальная потеря веса и прочность на сжатие имели место при погружении в серную кислоту по сравнению с погружением в соляную кислоту. Было заметно, что в бактериальном бетоне, погруженном в серную и соляную кислоты, было меньшее количество хлоридов и серы по сравнению с бетоном на портландцементе из-за отложения кальцита. Результаты этого исследования ясно показывают, что использование подходящих бактерий в бетоне может увеличить его долговечность и устойчивость даже в присутствии сильных кислот, таких как серная кислота и соляная кислота [3]. Не исключается возможность применения биологического бетона для изготовления свай, с их последующим погружением в обмазке смол [18].

Помимо биобетона существует множество инновационных видов бетона и один из них – это прозрачный бетон. Со временем возникает потребность повышения эстетической ценности с помощью современных строительных технологий, а также потребления энергии экологически чистым способом. Основная цель - использовать солнечный свет в качестве источника света для снижения альтернативного энергопотребления за счет использования оптических волокон для измерения напряжений в конструкциях, а также в качестве архитектурной цели для хорошего эстетического вида здания. Они пришли к выводу, что волокна не потеряют параметр прочности по сравнению с обычным бетоном, который может объединить концепцию экологичного энергосбережения с использованием самочувствительных свойств функционального материала [11].

Состав светопрозрачного бетона отличается от традиционного отсутствием крупного заполнителя. В матрицу из смеси портландцемента, песка, воды и пластификаторов погружены тонкие светопроводящие нити. Данный материал следует рассматривать как современный композит [21].

На самом деле бетон не прозрачный, а светопроводящий. (Рисунок 1) Его производят с добавкой специального кварцевого оптоволокна. Попадая на торец проводника, свет многократно отражается, преломляется в изгибах и выходит через другой конец. Поэтому светопропускная способность плиты не зависит от толщины, а только от плотности расположения нитей. Чем она больше, тем интенсивнее проникают лучи сквозь конструкцию.



Рис. 1. Павильон в Италии сделанный из прозрачного бетона

Новый материал прошел испытания в техническом университете Будапешта. Прочность Litrasopa остается такой же, как и у обычного бетона, так как процент содержания оптоволокна очень мал, не больше 5 % и никак не влияет на характеристики прочности материала, при этом внутренняя и внешняя структура бетона остается однородной. «Точки» стекловолокна могут располагаться как в строгом порядке, так и быть хаотично разбросаны по поверхности, а могут и образовывать контуры каких-либо изображений. Теоретически стены, построенные из светопрозрачного бетона, могут достигать в толщину 20 метров без потери светопроводимости [8].

Рассмотрены образцы с использованием светопроводящего материала 2,5% от общего объема.

Волокна, проводящие свет также выполняют роль армирования бетона, за счет чего увеличивается его прочность на сжатие (Таблица 4).

Табл. 4. Сравнение значений прочности на сжатие для обычного и прозрачного образцов бетона

| Вид бетона | Прочность на сжатие в течение 7 дней, МПа | Прочность на сжатие в течение 28 дней, МПа |
|------------------|---|--|
| Обычный бетон | 20,4 | 23,7 |
| Прозрачный бетон | 24,3 | 32,7 |

Влияние добавления 2,5 % светопроводящего материала показано в таблице 5. Волокно обеспечивает высокую эластичность, что помогает улучшить изгибные свойства бетона.

Табл. 5. Сравнение значений прочности на сжатие для обычного и прозрачного образцов бетона

| Вид бетона | Прочность на изгиб в течение 7 дней, МПа | Прочность на изгиб в течение 28 дней, МПа |
|------------------|--|---|
| Обычный бетон | 3,11 | 3,24 |
| Прозрачный бетон | 2,76 | 2,30 |

Результаты представлены на основе исследований в статье [7].

Водопоглощение прозрачного бетона почти не отличается от водопоглощения обычного бетона, поэтому не является положительной или отрицательной характеристикой.

Компоненты, которые используют при изготовлении светопроводящего бетона, сертифицированы и перед использованием проходят экологическую экспертизу. В результате готовый материал гарантированно является экологически чистым и безопасным для здоровья. Его долговечность не уступает обычному бетону и поэтому его

можно использовать при строительстве зданий, не боясь быстрого разрушения сооружения.

К недостаткам можно отнести то, что технология производства прозрачного бетона не позволяет получить его в опалубке прямо на строительной площадке. Litrascon изготавливают на промышленных предприятиях, которые обладают соответствующим оборудованием.

ВЫВОДЫ

В данной статье показаны основные свойства двух видов бетона, в частности, биологического и прозрачного. Делая вывод можно сказать, что новые виды бетона хороши не только своим внешним видом, но и своими внутренними качествами. Биологический бетон способен самовосстанавливаться, благодаря этому его долговечность увеличивается почти в два раза, по сравнению с обычным бетоном. Прочность на сжатие и на изгиб, как у биологического, так и у прозрачного гораздо выше, чем у бетона, применяемого повсеместно.

Прозрачный и биологические бетоны созданы, как альтернатива традиционному. Идёт постоянный поиск универсального строительного материала [16]. В настоящее время данные инновационные материалы используются довольно редко из-за своей дороговизны, но прогресс не стоит на месте и со временем новые виды бетона наберут популярность среди ведущих строительных компаний благодаря своим физическим и эстетическим свойствам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chereddy Sonali Sri Durga, Nerella Ruben, Madduru Sri Rama Chand, Chava Venkatesh Received Performance studies on rate of self-healing in bio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/336888178_Performance_studies_on_rate_of_self_healing_in_bio_concrete#pf4 . – Дата доступа: 15.11.2021.
2. R. Andali, M. Z. Majid, A. Keyvanfar, A. Talaiekhazan, «Durability improvement assessment in different high strength bacterial structural concrete grades against different types of acids» Sadhana, 1-14, 2015.
3. ASTM C109, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in [50] mm Cube Specimens), ASTM International, Pennsylvania, PA, USA, 2007.
4. Панасенко Н. Разработан «живой» бетон с бесконечным потенциалом применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2020/01/17/zhivoj-beton.html>. Дата доступа: 15.11.2021.
5. Л. Н. Попов, Н. Л. Попов Строительные материалы и изделия: Учебник. – М ФГУП ЦПП, 2007. – С. 180-181.
6. ASTM C348. Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars.
7. Edris, E. Odah, I. Abu-Qasmieh, A. Hendy Mechanical Properties of Translucent Concrete Using Plexiglass Bars and Fiberglass Walid Fouad. Received November 13, 2020 <https://www.hrpub.org/download/20210228/CEA3-14821872.pdf>. Дата доступа: 15.11.2021.
8. А.М. Югов Строительство уникальных зданий и сооружений / Прозрачный бетон в строительстве зданий и сооружений А.М. Югов, Т.А. Мусорина, Б.В. Соколов, К.Н. Агишев.
9. M. Seifan, A.K. Sarmah, A. Ebrahimezhad, Y. Ghasemi, A.K. Samani, A. Berenjian Bio-reinforced self-healing concrete using magnetic iron oxide nanoparticles, Appl. Microbiol. Biotechnol. 2018. №102. P. 2167–2178,
10. N. Ganesh Babu, S. Siddiraju An experimental study on strength and fracture properties of self-healing concrete, Int. J. Civ. Eng. Technol. (IJCIET) 2016. №7. P. 398–406.
11. K. Shreyas Experimental Investigations of Translucent Concrete using Optical Fibres / GRD Journals- Global Research and Development Journal for Engineering
12. A. C. Balazs Modeling self-healing materials, Mater. Today., P. 10, 18–23.
13. M. Nosonovsky, B. Bhushan, «Thermodynamics of surface degradation, self-organization, and self-healing for biomimetic surfaces, Phil. Trans. R. Soc. A., P. 367, 1607–1627, 2009.
14. K. Koch, B. Bhushan, H. J. Ensikat, W. Barthlott Self-healing of voids in the wax coating on plant surfaces, Phil. Transact. A Math. Phys. Eng. Sci., 367, 1673-1688, 2009.
15. R. P. Wool Self-healing, Materials: a review, Soft Matter. P. 4, 400–418.
16. Карташов, А. Е. Перспективы универсального строительного материала. Его физические и механические свойства / А. Е. Карташов, Н. В. Пешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 85-87.

17. Комарова, С. С. Биологический бетон как современный конструкционный материал / С. С. Комарова, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2020. – С. 218-221.
18. Лебедева, Д. П. Применение поликонденсационных и полимеризационных смол при забивке свай / Д. П. Лебедева, Н. В. Шешенев, А. А. Бакулина // Новые технологии в учебном процессе и производства : Материалы XVI межвузовской научно-технической конференции , Рязань, 17–19 апреля 2018 года / Под ред. Платонова А.А., Бакулиной А.А.. – Рязань: Индивидуальный предприниматель Жуков Виталий Юрьевич, 2018. – С. 332-335.
19. Пономарев, Р. М. Перспективы использования сланцевой золы / Р. М. Пономарев, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 99-101.
21. Песков, А. Н. Применение композитных материалов в современном строительстве / А. Н. Песков, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года / Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязаньпроект", 2019. – С. 213-215.
22. Болдов, С. Е. Применение арматурных канатов в железобетонных конструкциях / С. Е. Болдов, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года / Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязаньпроект", 2019. – С. 200-203.

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

А. С. Ларькина¹, Д. И. Кудинова²

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета,

¹*laoi76@mail.ru.*

²*dikudina@gmail.com.*

Аннотация

Трёхмерная печать – это создание реальных осязаемых объектов, которые изначально были смоделированы человеком на персональных компьютерах или их комплексах, а затем напечатаны посредством наслаивания специального сырья с помощью экструдера. Основы аддитивных строительных технологий с помощью 3D-принтера заложил в 1996 году профессор из Университета Южной Калифорнии Берок Хошневис[1].

В XXI веке перед человечеством стоит вопрос: как и насколько 3D-технологии способны изменить традиционные способы строительства в мировом масштабе. Ведь строительство – это довольно дорогостоящая отрасль производства, поэтому вопрос материальной выгоды занимает одно из первых мест в решении о необходимости массового внедрения аддитивных технологий. Сегодня не менее актуальна проблема загрязнения окружающей среды строительными отходами и мусором, воздействие на неё шума и вибраций, нарушение экосистемы при классическом способе возведения зданий. В этой статье будут рассмотрены перспективы развития, эволюция 3D-печати в строительной сфере, а так же отрицательные и положительные стороны трёхмерного возведения зданий. Данная статья нацелена на изучение актуальности использования аддитивных технологий и анализа перспектив данного метода. Так же цель статьи заключатся в том, чтобы выяснить, возможно ли развитие трёхмерной печати на российских строительных площадках.

Для выявления необходимости и изучения возможностей этого метода нужно проанализировать преимущества, недостатки и историю развития 3D-технологий. 3D-возведение зданий кардинально меняет строительный процесс и улучшает его влияние на экологию. Необходимы новые материалы, рабочие профессии становятся менее востребованными, возрастает спрос на высококвалифицированных инженеров, владеющих BIM-программами, при этом происходит процесс ускорения и удешевления строительства. Но развитию новых технологий препятствуют привычный традиционный подход и слабое государственное финансирование.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент человечество представляет собой постиндустриальное общество, где активно происходят процессы автоматизации и цифровизации, затрагивающие все сферы жизнедеятельности. В процессе индустриализации появилось множество машин, способных автоматизировать различные процессы в строительстве, включающие производство материалов, их транспортировку и выполнение работ непосредственно на самом объекте. Несмотря на то, что сферу строительства коснулся процесс автоматизации, она продолжает оставаться самой неразвитой сферой по внедрению передовых технологий [17]. Ведь принцип создания зданий на протяжении столетия остаётся одинаковым. В XXI веке одним из направлений развития строительной отрасли является новый вид технологий - 3D-печать. Она развивается на протяжении 20 лет, поэтому широкого внедрения пока не достигла, но последние года ее начинают использовать всё более распространённо.

Тема является актуальной, в связи с активным развитием строительной индустрии и популяризацией данного метода. Ведь строительная отрасль, доля в мировом ВВП которой составляет 14%, является крупнейшим сектором мировой экономики.

Специалисты передовых стран мира печатают дома с помощью строительных 3D-принтеров, дорабатывая и усовершенствуя эту технологию с каждым годом.

Данный способ возведения зданий находится в разработке, поэтому невозможно полноценно оценить его способность конкурировать с традиционным строительством. Однако существует небольшой опыт трехмерной печати, изучив его, станет возможным дать оценку перспективам данной технологии. Проанализировав собранный материал, получится оценить возможность модернизации строительной отрасли в России путем внедрения трехмерной печати. Материальные средства, которые уходят на возведения зданий традиционным способом, составляют 10% от всех мировых денежных средств. Имеющийся опыт показывает, что строительство с использованием аддитивных технологий экономически выгоднее привычного способа возведения зданий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является 3D-печать зданий. Для возведения здания или отдельных его частей сначала необходимо создать проект при помощи компьютерного обеспечения, выполнить все расчеты, а затем конвертировать эти данные в принтер при помощи слайсера – специализированной программы.

Всего можно выделить 3 направления практического использования трехмерной печати в контурном строительстве.

1) Печать отдельных крупных элементов, включающая в себя производство габаритных блоков в цеху, их транспортировку на строительную площадку и дальнейшую сборку [20]. Таким методом можно напечатать, как составные элементы дома, так и декоративные составляющие, в том числе современные отделочные материалы [18].

2) Печать небольших элементов – печать отдельных блочных составляющих небольшого размера. Таким способом можно напечатать кирпичи [19]. Создание из них кладки выполняется вручную или при помощи робота с механизированной рукой.

3) Печать, непосредственно на объекте осуществляется следующим образом: принтер располагают на строительной площадке, чаще всего внутри предполагаемого места возведения здания, реже снаружи. Каждый принтер имеет определенный радиус действия, что ограничивает здание по форме и размерам. Возведение объекта производится целиком, что сокращает время строительства [4]. При печати протяжённых в плане зданий необходимо устройство деформационных швов [22].

Объект исследования был тщательно изучен: проанализировано время, затраченное на трехмерное возведение здания, стоимость квадратного метра площади объекта, уровень загрязнения. Все показатели были сравнены с показателями классического строительства. Вследствие чего были выявлены положительные и отрицательные свойства 3D-печати, рассмотрены перспективы развития данной технологии. Так же была проанализирована возможность развития трёхмерной печати на российских строительных площадках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировав изученный материал [7, 8], удалось составить таблицу сравнения объектов, возведенных с помощью 3D-принтера в разных странах (Табл. 1). По результатам исследования видно, что времени, уходящем на строительство дома при помощи аддитивных технологий, требуется намного меньше, чем при традиционном способе. Следовательно, трехмерная печать зданий будет актуальной в случае восстановления жилой территории после катастрофы или вовремя чрезвычайной ситуации, когда необходимо использовать как можно меньше времени [4, 15, 21].

Табл. 1. Анализ и сравнение объектов, возведенных с помощью 3D-принтера в разных странах

| Год | Страна | Компания | Площадь, м ² | Время |
|------|-------------------|-------------------|-------------------------|----------|
| 2014 | США | Totalkustom | 15 | 2 месяца |
| 2017 | Россия | Apis Cor | 37 | 24 часа |
| 2017 | Россия | Спецавиа | 300 | 2 года |
| 2018 | Италия | Crane Wasp | 30 | 10 дней |
| 2018 | Италия | Arup | 100 | 1 неделя |
| 2018 | Саудовская Аравия | CyBe Construction | 80 | 8 дней |
| 2019 | США | SQ3D | 46 | 12 часов |
| 2019 | ОАЭ | Apis Cor | 650 | 1 год |
| 2019 | Мексика | Icon | 46,5 | 24 часа |

Проанализировав стоимость одного квадратного метра площади зданий (Табл. 2), возведенных по двум разным технологиям, выяснилось, что цена при трехмерной печати в 2, 3, 4 раза, в зависимости от страны, ниже. Это объясняется сокращением сырья и рабочей силы. Ведь для печати здания достаточно команды строителей в составе 4-5 человек. Так же отсутствует потребность в ежедневной транспортировке строительных материалов и обслуживании складов[9-12].

Табл. 2. Сравнение стоимости 1 м² площади здания, построенного традиционным способом, со стоимостью 1 м² напечатанного здания

| Страна | Стоимость (руб.) 1 м ² площади нового дома при традиционном строительстве | Стоимость (руб.) 1 м ² площади нового дома при 3D-печати |
|---------|--|---|
| США | 304 300 | 152 200 |
| Мексика | 24 140 | 4 100 |
| Россия | 90 000 | 19 000 |

Обобщив исследуемый материал [13, 14], была составлена таблица (Табл. 3) для сравнения загрязнения окружающей среды во время строительства. Строительная 3D-печать практически не оставляет отходов, а материалы используются более прагматично. Транспорт, работающий на строительной площадке, выделяет токсичные газы: СО, СО₂, оксиды азота, углеводорода и другие. Это загрязняет окружающую среду и нарушает функционирование экосистемы. Трехмерное же возведение зданий является более экологически верным способом.

Табл. 3. Сравнение загрязнения традиционного строительства и строительства с использованием 3D-печати

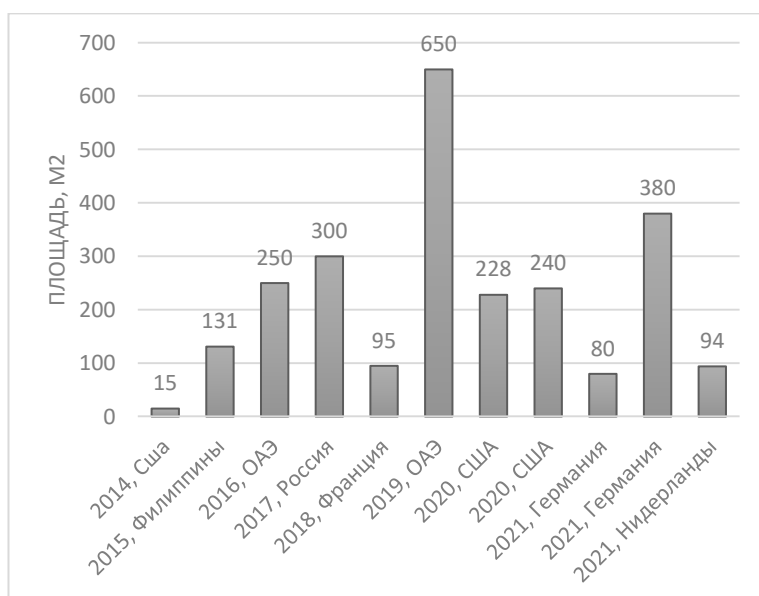
| Загрязнение | Традиционное строительство | Строительство с использованием 3D-печати |
|-------------|--|---|
| Отходы | Строительный мусор в большом количестве | Используется столько материала, сколько будет задействовано |
| Транспорт | Дробилки, бульдозеры, самосвалы, экскаваторы | 3D-принтер |

В ходе проведения работы были изучены и обобщены недостатки строительных аддитивных технологий. Выявлен ряд причин, препятствующий массовому внедрению

технологии 3D-печати в строительство. Во-первых, 3D-печать бетоном требует применения определенного армирования, но используемые технические решения требуют проверки временем. Во-вторых, строительство здания можно осуществлять только в ясную и теплую погоду, когда термометр показывает выше 0°C. В-третьих, для окупаемости стоимости 3D-принтера необходимо построить не одно здание, потому что в среднем принтер стоит около 4,5 млн рублей. В-четвертых, на данный момент отсутствуют инструкции и ГОСТы для строительства с помощью 3D-печати, из-за чего возведение ответственных строительных конструкций недопустимо[3,4].

Собранные сведения [7] о печати некоторых зданий с 2014 по 2021 года (График 1) доказывают, что трехмерное строительство не переставало развиваться. В США печатают целый район на 3D-принтере. Планируется построить 15 домов площадью 135 м², на возведение каждого из них должно уйти меньше суток. В России так же применяется и разрабатывается данная технология. В результате изучения и обобщения материала был сделан вывод о том, что сейчас в Ярославской области идёт строительство поселка из 12 жилых домов с использованием 3D-печати. За возведение объекта ответственна ярославская компания «АМТ-Спецавиа»[1,5]. По данным исследования и обобщения информации эта же российская компания занимается разработкой и экспортом 3D-принтеров. Их продукция пользуется большим спросом на мировом рынке. 70% выручки от продаж на зарубежном рынке получает «АМТ-Спецавиа». За последние пять лет компания Александра Маслова продала 150 3D-принтеров в 15 странах мира. Среди этих стран Дания, Германия и США. Современное российское оборудование позволяет печатать здания равные высоте 26-этажному дому. Если дом печатается на фундаменте, то это монолитное здание, срок службы которого будет составлять от 80 до 100 лет. Но пока такому строительству препятствует отсутствие нормативных документов и отработанной процедуры государственной экспертизы[1]. В ходе исследования было выявлено, что Россия является родиной многих популярных технологий в 3D-печати. В 2015 году российский инженер Никита Чен-юн-тай представил новую модификацию 3D-принтера под названием Aris Cor. В отличие от принтера порталной конструкции, установка Aris Cor печатает стены вокруг себя. После завершения печати оборудование поднимается с помощью автомобильного крана и переносится на новое место для следующего этапа работ. Зона печати с одной точки составляет 132 м², а в высоту практически не ограничена, что даёт предпосылки для печати высотных зданий [23]. Но своего дальнейшего развития в России компания Aris Cor не получила из-за недостатка инвестиций и переехала в США[2, 6].

График 1. Площади зданий, напечатанных 3D-принтерами



ВЫВОДЫ

Вопрос способности трехмерного строительства создать конкуренцию классическому способу остается открытым. Компании, которая начнет печатать здания, потребуется достаточно времени, чтобы окупилось дорогостоящее оборудование, и чтобы цена на жилые площади действительно уменьшилась. Однако 3D-печать имеет возможность получить широкое распространение на строительных площадках в экстренных ситуациях, когда необходимо оперативно построить дом – временное жилье при стихийных бедствиях [24, 25], быстровозводимые госпитали в военное или тяжелое эпидемиологическое время и т. д. Или же при решении жилищного вопроса в странах с большой численностью населения либо низким уровнем жизни.

Отсутствие единых нормативов, ограничение погодными условиями, вопрос армирования затормаживают внедрение 3D-технологий в строительную сферу. Несмотря на всё это, наблюдается прогресс в качестве и количестве возводимых зданий. Создаются целые поселки, напечатанные с помощью 3D-принтеров. Материал печати претендует на звание универсального строительного материала [16]. Увеличивается высота, площадь и сложность построек. Но трехмерная печать не вытеснит традиционные технологии возведения зданий, а её будут применять для построения конструкций сложных форм.

Россия имеет передовые технологии в 3D-области, многие востребованные методы 3D-печати родом именно из этой страны: первый мобильный строительный 3D-принтер Никиты Чен-юн-тая из Apis Cor, серийные порталные машины «АМТ-Спецавиа». Но, к сожалению, в России отсутствуют системные меры стимулирования спроса на подобные новшества.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Трехмерная стройка. Как человечество обеспечит всю Землю комфортным жильем, покорит космос и построит дома на Марсе? / [Электронный ресурс] // lenta.ru / Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2021/11/05/print/> (дата обращения: 06.11.2021).
2. Интервью «Глава компании APIS COR: «Наш принтер принципиально отличается от существующих принтеров»/ [Электронный ресурс] // 3Dpulse / Режим доступа: <https://www.3dpulse.ru/news/intervyu/glava-kompanii-apis-cor-nash-printer-printsipialno-otlichaetsya-ot-suschestvuyuschih-stroitelnyh-printerov/> (дата обращения: 06.11.2021).
3. Стоимость дома на 3d принтере — расчет / [Электронный ресурс] // aDMa /Режим доступа: <https://adma.ru/stoimost-doma-na-3d-printere/> (дата обращения: 06.11.2021).
4. Печать домов на 3D-принтере в России, Китае и других странах / [Электронный ресурс] // top 3d shop Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/reviews/3d-printing-houses-in-russia-china-europe-price-video.html> (дата обращения: 06.11.2021).
5. В США появится первый район с напечатанными на 3D-принтере домами / [Электронный ресурс] // lenta.ru / Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2021/03/19/domma/> (дата обращения: 06.11.2021).
6. Демидкина, К. Как россияне напечатали двухэтажный дом в Дубае на 3d-принтере и вошли в Книгу рекордов Гинеса / [Электронный ресурс] // К. Демидкина, Forbes. – 2019. – 08 ноября. / Режим доступа: <https://www.forbes.ru/karera-i-svoy-biznes/386861-zachem-soosnovatel-banka-tochka-po-vyhodnym-rabotal-taksistom-v-uber>(дата обращения: 06.11.2021).
7. 17 реальных зданий, напечатанных на 3D-принтере / [Электронный ресурс]// vc.ru / Режим доступа: <https://vc.ru/future/101777-17-realnyh-zdaniy-napechatannyh-na-3d-printere> (дата обращения: 06.11.2021).
8. Donovan, A. Your Future Home Will Probably Be 3D Printed: How 3D Printing Is Changing the Construction Industry [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://interestingengineering.com/your-future-home-will-probably-be-3d-printed-how-3d-printing-is-changing-the-construction-industry> (дата обращения: 09.11.2021).
9. Gregurić, L. How Much Does a 3D Printed House Cost in 2021? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://all3dp.com/2/3d-printed-house-cost/> (дата обращения: 08.11.2021).
10. Средние цены на новостройки в России за год выросли на четверть/ [Электронный ресурс] // realty.ria.ru / Режим доступа: <https://realty.ria.ru/20211028/tseny-1756633781.html> (дата обращения: 08.11.2021).
11. How Much Does It Cost To Build A House? / [Электронный ресурс] // homeguide.com / Режим доступа: <https://homeguide.com/costs/cost-to-build-a-house> (дата обращения: 08.11.2021).
12. Marissa Perino, Marissa Perino. Here's the typical home price in every state — and what you can actually get for that money [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.businessinsider.com/average-home-prices-in-every-state-washington-dc-2019-6> (дата обращения: 08.11.2021).

13. Williamson, Z. Pros And Cons Of 3D Printed Construction [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://architectoutsourcing.com/blogs/pros-and-cons-of-3d-printed-construction> (дата обращения: 08.11.2021).
14. Grace Ellis. 3D Printing in Construction: Growth, Benefits, and Challenges [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://constructionblog.autodesk.com/3d-printing-construction> (дата обращения: 08.11.2021).
15. Есть ли перспективы развития у 3D-печати домов в России?/[Электронный ресурс] // Окнамедиа /Режим доступа: <https://www.oknamedia.ru/novosti/est-li-perspektivy-u-3d-pechati-domov-v-rossii-52305> (дата обращения: 06.11.2021).
16. Карташов, А. Е. Перспективы универсального строительного материала. Его физические и механические свойства / А. Е. Карташов, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 85-87.
17. Сема, А. В. Автоматизированные системы контроля деформаций и смещений / А. В. Сема, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2020. – С. 108-111.
18. Рябова, Т. Л. Комплексный сравнительный анализ отделочных материалов нового поколения с их стандартными аналогами / Т. Л. Рябова, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2020. – С. 236-239.
19. Кожнов, А. С. Сравнительный анализ испытания на сжатие керамического кирпича при помощи ПК ЛИРА и опыта на гидравлическом прессе / А. С. Кожнов, А. А. Шашков, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 87-90.
20. Лавриков, А. А. Плюсы и минусы постройки стен из блоков различных материалов / А. А. Лавриков, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 94-96.
21. Уткин, Е. В. Конструктивные способы защиты зданий и сооружений от сейсмического воздействия / Е. В. Уткин, Н. В. Шешенев // Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26 марта 2021 года. – Москва: Московский Политех, 2021. – С. 409-413.
22. Шелкова, Е. О. Анализ конструктивных мероприятий при устройстве деформационных швов / Е. О. Шелкова, А. И. Коростелева, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года / Под редакцией А.А. Платонова, А.А. Бакулиной. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязаньпроект", 2019. – С. 203-206.
23. Суворкина, В. В. Принципы проектирования небоскребов / В. В. Суворкина, Н. В. Шешенев // Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26 марта 2021 года. – Москва: Московский Политех, 2021. – С. 402-406.
24. Ночуйкина, А. Ю. Моделирование селевых потоков с помощью компьютерных программ / А. Ю. Ночуйкина, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2020. – С. 104-108.
25. Шешенев, Н. В. Рассмотрение вопроса об использовании конструкции свай для закрепления оползней / Н. В. Шешенев // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 27–29 апреля 2016 года / ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 1100-1102.

ЭКСПЕРТИЗА СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА НАМЫВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

П. С. Цой¹, Л. С. Макаров², Г. А. Аверченко³

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого;

¹*tsoj.ps@edu.spbstu.ru*

²*makarov.ls@edu.spbstu.ru*

³*rusbim.com@ya.ru*

Аннотация.

В этой работе представлены рекомендации по анализу и проектированию в прибрежной среде. Основное внимание уделяется дорогам на намывных территориях, подверженных влиянию прибрежных приливов и волн. Кратко описаны некоторые из физических концепций прибрежной науки, которые были разработаны сообществом прибрежных инженеров и применимы к автомобильным дорогам. Рассматриваются пути решения проблем двухстадийного строительства, применение геотекстильных материалов с целью снижения материалоемкости, стоимости строительства, повышения прочности дорожной одежды.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в городах, расположенных на частично подтопляемых территориях, большой размах получило строительство инженерных сооружений на намывных грунтах. К таким городам в первую очередь относится Санкт-Петербург.

При расширении территории Санкт-Петербурга путем намыва решается ряд градостроительных и инженерных задач: используются новые территории под застройку, уменьшается угроза наводнений, формируется морской фасад города, улучшается санитарное состояние микрорайонов, примыкающих к акватории Финского залива.

Несмотря на значительный опыт строительства гражданских и инженерных сооружений на намывных грунтах при освоении намывных территорий возникает ряд инженерных проблем, поскольку намывные грунты неоднородны по гранулометрическому составу в пределах карты намыва и зависят от исходного грунта и технологии намыва, а процессы консолидации намывных тонкодисперсных (связных) грунтов растянуты во времени [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение грунтово-гидрологических условий северо-западного района Санкт-Петербурга, показало, что, хотя намыв грунтов в этом районе произведен более десятка лет назад, процессы консолидации намывных грунтов еще не закончены. Намывные грунты, представленные супесями пылеватыми, имеют коэффициент уплотнения в пределах 0,85—0,92, а влажность в течение года больше предела текучести. Грунтовые воды расположены на глубине 0,3—0,4 м от поверхности земли имеются участки с открытым зеркалом воды [2].

Согласно действующим нормативным документам, такие грунты относятся к слабым грунтам пониженной плотности и прочности, дающим осадки при возведении на них инженерных сооружений.

Следовательно, сооружение дорожных одежд в этих условиях на магистральных улицах и внутриквартальных проездах, используемых в период застройки, должно вестись после инженерной подготовки территории, обеспечивающей понижение и отвод грунтовой воды, путем двухстадийного строительства.

Поскольку, как правило, в Санкт-Петербурге устройство комплекса сооружений по понижению и отводу грунтовой воды проектами не предусматривается, строительство первой стадии дорожной одежды ведется в условиях высокого стояния грунтовой воды.

На этой стадии устраиваются слои основания и один монолитный слой из крупнозернистого плотного асфальтобетона, обеспечивающий движение строительного транспорта в период застройки [3].

Строительство второй стадии дорожной одежды начинается уже после освоения внутриквартальной территории, прокладки подземных коммуникаций, устройства внутриквартальной и уличной систем поверхностного водоотвода, когда можно ожидать, что произошло понижение уровня грунтовых вод и закончились процессы консолидации намывных грунтов. На второй стадии устраиваются верхние монолитные слои покрытия [4]. Между строительством первой и второй стадий дорожной одежды должно пройти 1–3 года.

Таким образом, дорожные одежды первой и второй стадий эксплуатируются в разных грунтово-гидрологических условиях. Фактически дорога на первой стадии эксплуатации выполняет роль временного проезда. При применении в этих условиях типовых конструкций дорожных одежд для более благоприятных грунтово-гидрологических условий: $W_p \leq 0,85W_T$, $K_{упл} \geq 0,98$, – на первой стадии строительства после 2–3 лет эксплуатации на поверхности дорожной одежды появляются обратимые деформации: просадки, трещины и др., причинами которых являются недостаточная несущая способность грунтового основания и необеспеченная морозоустойчивость дорожной одежды [5, 6].

Устройство дополнительного слоя, устраняющего деформации первой стадии строительства, проектами дорожных одежд в настоящее время не предусматривается.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возможны следующие пути решения проблемы строительства дорожных одежд на несконсолидированных намывных грунтах:

1. Применение конструкций дорожных одежд, разработанных для II типа местности по условиям увлажнения, с устройством на второй стадии строительства дополнительного выравнивающего слоя. Верхний монолитный слой дорожной одежды первой стадии строительства в этом случае, по сути дела, выполняет роль слоя износа, имеет срок службы не более трех лет, поэтому не должен учитываться при расчете дорожной одежды на вторую стадию ее эксплуатации. Выравнивающий слой толщиной до 8 см целесообразно устраивать из пористого крупнозернистого асфальтобетона, при большей толщине – из щебня и пористого асфальтобетона.

2. Применение конструкций дорожных одежд, разработанных из условия обеспечения морозоустойчивости при III типе местности по условиям увлажнения на первой стадии эксплуатации дороги. В этом случае общая толщина дорожной одежды требуется на 27–30 см больше, что достигается за счет увеличения толщины нижнего слоя основания, устраиваемого из местного материала – песка.

Второй путь решения проблемы более технически обоснован, так как в процессе строительства дорожной одежды первой стадии обеспечивается стабильность грунтов земляного полотна и всей дорожной конструкции от действия сил морозного пучения. Окончательно выбор типа конструкции дорожной одежды на несконсолидированных намывных грунтах должен производиться на основе технико-экономического сравнения вариантов дорожных одежд с учетом приведенных затрат в процессе строительства и эксплуатации дорожной одежды.

Поскольку намывные грунты первой стадии строительства недоуплотнены и переувлажнены, т. е. не соответствуют требованиям, предъявляемым ОДН 218.046–01 к грунтовым основаниям, работающим в упругой стадии деформаций, должны быть разработаны мероприятия, направленные на повышение прочности грунтового основания. Выполненные расчеты прочности дорожных одежд по методике ОДН 218.046–01 подтвердили, что при расчетных характеристиках грунта, соответствующих $W_p \geq 0,9 W_T$,

дорожные одежды не удовлетворяют критерию прочности по сдвигу в подстилающем грунте при любой толщине дорожной одежды.

ВЫВОДЫ

Перспективными направлениями повышения прочности намывных грунтов являются применение геотекстильных материалов, выполняющих в дорожной одежде роль армирующего и дренирующего элемента [7], и укрепление грунтов основания дорожной одежды.

В таблице приведены рекомендуемые конструкции дорожных одежд с геотекстилем для рассмотренных двух случаев II и III типов местности по условиям увлажнения.

Результаты наблюдений за прочностью дорожных одежд с прослойками геотекстиля показали, что на участках с переувлажненными грунтами модули упругости на 15—25% выше, чем на контрольных участках без геотекстиля [8, 9, 10].

Разработка методов укрепления переувлажненных намывных грунтов непосредственно в корыте позволит уменьшить материалоемкость дорожной одежды при повышении ее прочности и снижении стоимости строительства [11-16].

Табл. 1 Конструкции дорожных одежд с геотекстилем для намывных грунтов

| Тип местности по условиям увлажнения | Конструктивные слои дорожной одежды | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-----|----------------------------------|---------------|------------------|---------|-------|
| | II стадия | | | | I стадия | | | |
| | Асфальтобетон | | | Асфальтобетон кр. зерн. плот. | Бетон М100 | Щебень | | Песок |
| | мл. зерн. плот. | крупнозерн. | | | | фракции 40-70 | рядовой | |
| плот. | | порист. | | | | | | |
| II | 4 | 6 | 6-8 | 8 | 18 | - | 15 | 50 |
| II | 4 | 6 | 6-8 | 12 | - | 26 | - | 50 |
| III | 4 | 6 | - | 8 | 18 | - | 15 | 85 |
| III | 4 | 6 | - | 12 | - | 26 | - | 85 |

ЛИТЕРАТУРА

1. Чжан Р.В., Павлова Н.А., Огонеров В.В., Лобанов А.Л., Данзанова М.В. Инженерное освоение низких пойм рек криолитозоны под гражданское строительство: опыт, проблемы, перспективы // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2020. №2.
2. Аверченко Г.А., Зорина Е.А., Ким Д., Наборщикова Д.Н. Лесохозяйственные дороги на болотах // Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 224-226.
3. Аверченко Г.А., Борисов В.А., Васильев К.А. Капитальное восстановление массивных опор мостов. Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 3. С. 30-55.
4. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Буланов Я.И., Плеханова С.В. Исследование нагрузки при продавливании различными насадками нетканых геотекстильных полотен после воздействия различных эксплуатационных факторов // Материалы и технологии. 2019. №1 (3).
5. Сафин Д.Р., Белов Ю.А., Сафина А.Д. Экспериментальные исследования оснований из слабых глинистых грунтов // МНИЖ. 2021. №1-1 (103).
6. Аверченко Г.А., Мухаррямов И.Р. Опыт строительства автомобильных дорог в Швеции. Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S10 (11). С. 6-16.
7. Илюшина С.В., Бугаева А.И., Красина И.В., Минязова А.Н. Применение геосинтетических нетканых материалов в дорожном строительстве // Вестник Казанского технологического университета. 2017. №5.
8. Саканская-Грицай Е.И. Применение геотекстильных материалов для ремонта автомобильных дорог // ТТПС. 2018. №2 (44).
9. Костромин М.В., Попова Ю.Т. Укрепление автодорог и съездов геотекстильными материалами при разработке глубоководящих россыпей Забайкалья // Вестник ЗабГУ. 2015. №3 (118).
10. Семенов Д.А., Клевко В.И. Планирование модельных экспериментов по исследованию работы оснований, армированных геосинтетическими оболочками // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2019. №1.

11. Гуга Н.А., Аверченко Г.А., Васильев К.А., Борисов В.А., Исмаилов А.М. Планирование затрат и пути совершенствования службы эксплуатации мостов. Транспортные системы и технологии. 2021. Т. 7. № 2. С. 30-41.

12. Павленко А.Д., Мишакова А.В., Радаев А.Е., Аверченко Г.А. Экономическая эффективность внедрения и использования стандартов технологии Greenzoom на примерах жилых комплексов и бизнес-центров Санкт-Петербурга. В сборнике: Современные строительные материалы и технологии. Сборник научных статей III Международной конференции. Под редакцией М.А. Дмитриевой. Калининград, 2021. С. 264-274.

13. Аниськова В.А., Лошкарёв Р.В. Нетканые материалы строительного назначения // Научный журнал. 2018. №8 (31).

14. Петрова О.Н., Солдатов А.А., Яшин С.О. Современные дорожно-строительные материалы. Геосинтетические материалы // Вестник науки и образования. 2021. №7-3 (110).

15. Ясинская Н.Н., Кульнев А.О. Определение глубины проникновения полимерного связующего в текстильный материал при формировании слоистых композитов // Вестник ВГТУ. 2018. №2 (35).

16. Комаров Д.А., Клевеко В.И. Определение деформационных характеристик армогрунтового основания экспресс-методом с помощью динамического плотномера // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2019. №4.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИДНОГО АДГЕЗИВА

Е. В. Ткач¹, М. И. Бичаев²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

² ООО «СКБ-ИНЖИНИРИНГ»,

¹ev_tkach@mail.ru

²bichaev.maxim@gmail.com

Аннотация

Природные полые нанотрубки галлуазита применялись в данном исследовании в качестве умного наполнителя эпоксидного адгезива с контролируемой десорбцией гидроксида кальция. Инкапсулирование гидроксида кальция в просвет нанотрубок, как показали просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и энергодисперсионный рентгеновский анализ (EDX), замедляет протекание реакции карбонизации. Этот эффект можно дополнительно контролировать, установив концевые пробки из фосфата кальция. Доказано, что добавление модифицированных частиц галлуазита, приводит к уменьшению кислотного воздействия. Концевые пробки обладают двойным эффектом: они предохраняют гидроксид кальция от карбонизации, предотвращают быстрое образование щелочного раствора и вызывают ответную реакцию на воздействие кислоты, сводя к минимуму падение рН. Эти особенности являются многообещающими для композитных нанодобавок и при создании ремонтных систем где требуется способность материалов к самовосстановлению.

ВВЕДЕНИЕ

Цементная промышленность, производящая основной компонент бетона, по-прежнему привлекает внимание с точки зрения фактора изменения климата и препятствий на пути к его устойчивости. Помимо США, быстроразвивающиеся страны такие как Китай, Индонезия, Индия и Турция, также вызывают серьезное загрязнение окружающей среды. По данным Роберта Хатчинсона (2016), более 4 миллиардов метрических тонн портландцемента (ПЦ), которые ежегодно производятся во многих цементных отраслях по всему миру в качестве основного компонента бетона, в первую очередь ответственны за основной выброс CO₂ [1–4].

В секторе гражданского строительства ПЦ широко используется в качестве эффективного вяжущего вещества в бетоне и других строительных материалах. Между тем, его производство принято считать основным источником выбросов парниковых газов в атмосферу [5–8]. Согласно отчетам Международного энергетического агентства (МЭА), он составляет 6–7% от общих выбросов CO₂ [8–11]. Ожидается, что к 2050 году мировой спрос на ПЦ вырастет почти до 200% [8]. Снижение выбросов CO₂ от деятельности, связанной с ПЦ, требует новых типов устойчивых, умных и экологически безопасных самовосстанавливающихся материалов [12,13].

Известно, что цементные материалы обладают очень низкой устойчивостью к агрессивной среде, и это одна из самых серьезных проблем, влияющих на прочность и срок службы бетонных конструкций в естественном климате. Воздействие агрессивной среды может проявляться в виде расширения и растрескивания бетона. Иногда растрескивание бетона может вызвать серьезные структурные проблемы [14,15]. В этом смысле постоянное повышение требований к долговечности бетонных конструкций привело к разработке умных бетонов (с использованием технологии самовосстановления), где высокая долговечность является обязательной [16].

Как правило, самовосстановление способствует долговечности материалов. В частности, это выгодно, когда вмешательство человека затруднено, например, при

строительстве в суровых физических и химических средах. Самовосстановление также необходимо для защиты характеристик материала, особенно в кинетических и термодинамических условиях, которые поддерживают большую плотность дефектов, таких как наноструктуры. Наноматериалы неизменно демонстрируют отличные функциональные свойства. По сравнению с обычными материалами, наноматериалы разлагаются быстрее из-за наличия множества межфазных атомов. Многие функциональные наноструктуры могут быть объединены для создания различных наносистем, в которые также могут быть включены некоторые компоненты, обеспечивающие самовосстановление.

В последнее время из-за быстрого развития нанонауки и нанотехнологий разработка и производство самовосстанавливающихся материалов вышли на новые рубежи, в которых материалы с размером частиц менее 500 нм называются наноматериалами. Самовосстанавливающиеся материалы могут восстанавливаться после повреждений. Во многих случаях самовосстановление также может быть вызвано температурой в качестве внешних стимулов, системы с такой способностью называются неавтономными самовосстанавливающимися материалами [17].

Глядя на будущие перспективы самовосстанавливающегося бетона, в данной статье рассматривается модификация ГНТ, как компонента, способного эффективно противостоять коррозии бетона первого вида.

Физическая коррозия бетона – это коррозия выщелачивания, процесс при котором происходит растворение минералов цементного камня, но не происходит химическое взаимодействие со средой. Этот вид коррозии характеризуется процессом вымывания самого водорастворимого минерала цементного камня – гидроксида кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) – имеет высокую растворимость в воде (около 1,2 г/л), что приводит к появлению повышенной пористости в структуре бетона, тем самым оказывая негативное влияние на прочность строительной конструкции. Как правило, данный вид коррозии интенсивно развивается под действием мягких вод, в составе которых содержатся ионы жесткости. Коррозия выщелачивания в наибольшей степени характерна для железобетонных конструкций напорного типа, этот процесс растянут во времени и зависит от величины напора воды на конструкцию и степени ее жесткости. При вымывании гидроксида кальция происходит постепенное падение рН бетона, водородный показатель стремится к нейтрализации. При достижении водородным показателем величины $\text{pH} < 11,8$ запускается процесс коррозии стальной арматуры, который характеризуется образованием продуктов коррозии, чей объем многократно превосходит первоначальный. Дальнейшее развитие приводит к разрушению железобетонных конструкций вдоль арматурного проката [18].

Модификация ГНТ заключалась:

- в загрузке молекул гидроксида кальция в полость трубок, которые на увеличение кислотности отвечают десорбцией $\text{Ca}(\text{OH})_2$, повышая тем самым ее щелочность;
- в создании концевых пробок для пролонгации десорбции $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Загрузку гидроксида кальция в полость ГНТ исследовали с помощью нескольких микроскопических методов, в то время как кинетическое высвобождение гидроксида кальция изучали с помощью измерений рН и термогравиметрии. Модификация ГНТ солями кальция (трифосфат) была исследована как первоначальный подход к образованию концевых пробок, которые могут вызывать пролонгированное во времени высвобождение загруженного гидроксида кальция и, следовательно, консолидацию и снижение кислотности среды, в которой находятся модифицированные нанотрубки.

Приведенное в данной статье технологическое решение найдет применение при реставрационных работах, где важно сохранить в первоначальном виде архитектурные элементы с минимальным изменением их облика.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Во всех экспериментах применялись галлузитовые нанотрубки марки ULTRA HalloPure (I-Minerals Inc.).

В качестве образователя концевых «пробок» ГНТ для пролонгирования десорбции гидроксида кальция использовался ТриНатрий фосфат додекагидрат ГОСТ 201-76. Гидроксид кальция ГОСТ 9262-77.

Инкапсуляция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в ГНТ.

Один из самых простых способов загрузки $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в полость ГНТ — вакуумная откачка. Нанотрубки и наполнитель помещали в сосуд с водой, а затем в системе создавали низкий вакуум. Внутри полости нанотрубок тоже содержится воздух, и вовремя откачки в образовавшееся пустое пространство «затягивало» воду и наполнитель. Дегазированный водный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($1,5 \text{ г/дм}^3$) смешивали с порошком галлузита (5 г/дм^3) и обрабатывали ультразвуком в течение 15 мин. Затем полученную суспензию перемешивали и выдерживали в вакууме в течение 5 мин, в результате чего наблюдалось легкое шипение, и инкапсулируемое вещество конденсировалось внутри трубки. Эту процедуру повторяли трижды для повышения эффективности загрузки. Затем нанотрубки отделяли от водной фазы центрифугированием и сушили в вакууме при $70 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 10-12 ч.

Формирование концевой «пробки».

Водный раствор фосфата готовили растворением 40 г додекагидрата тринатрийфосфата в 250 см^3 воды. Этот раствор выливают в порошок ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, помещенный в воронку Бюхнера, с фильтровальной бумагой, помещенной на перфорированную пластину. Во время заливки применялся вакуум. Отфильтрованный материал сушили, используя колбу с боковым плечом, соединенную с вакуумным насосом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подтверждение инкапсуляции.

Присутствие $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в композите ГНТ- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ было подтверждено методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Как видно из рисунка 1, при последовательном пропускании инфракрасного излучения через $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ГНТ, ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ наблюдается ослабление интенсивности света, прошедшего через образцы. Наименьший коэффициент пропускания наблюдается у образца ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что доказывает загрузку гидроксида кальция в ГНТ.

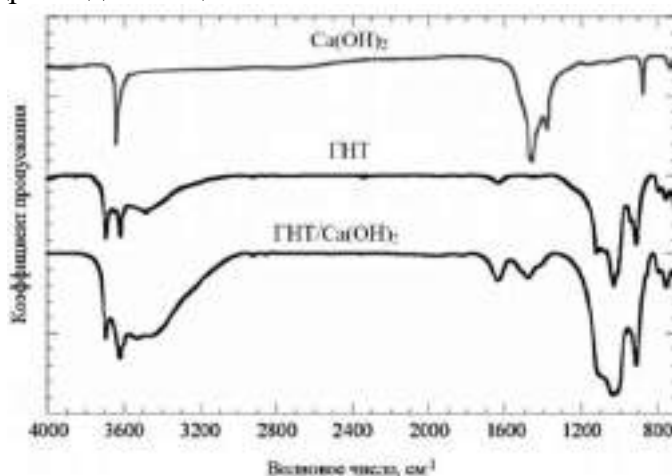


Рис. 1. Спектры FTIR для $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ГНТ и ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Данные термогравиметрического анализа (ТГА) ГНТ- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с пробками из фосфата кальция не показали каких-либо значительных отличий от образца ГНТ- $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что является доказательством того, что обработка «пробками» не изменила общий состав

материала. Чтобы исследовать образование «пробки», эксперименты ПЭМ были проведены на ГНТ- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками из фосфата кальция. Изображения для системы на основе ГНТ- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ показывают, что ГНТ инкапсулированы (рисунок 2), иначе концевые пробки не образовались бы.

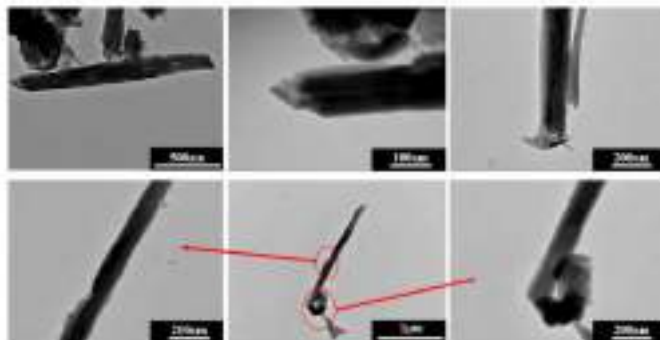


Рис. 2. ПЭМ-изображение ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками из фосфата кальция.

При внимательном рассмотрении концов нанотрубок (рис. 2) выясняется, что они закрыты чем-то вроде пробки, кроме того, полость просвета рядом с окончанием ГНТ кажется пустой. Такое морфологическое наблюдение согласуется с механизмом образования концевой пробки, основанным на реакции между частично высвобожденным $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и Na_3PO_4 вблизи концов нанотрубок с образованием $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Схематическое изображение формирования концевых «пробок» показано на рисунке 3.

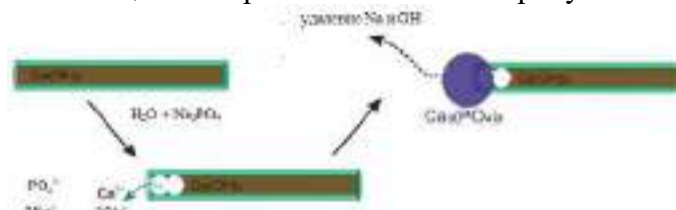


Рис. 3. Схема формирования концевых «пробок».

Исследование кинетики карбонизации и десорбции.

Мы исследовали функциональность концевой «пробки», которая контролирует высвобождение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из просвета ГНТ. Гидроксид кальция обычно улавливается CO_2 с образованием CaCO_3 .

Чтобы изучить способность просвета ГНТ контролировать такой процесс, мы использовали термогравиметрический анализ в среде CO_2 . Степень превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 , основанная на измеренном приросте массы и начальном содержании $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в измеряемом образце, представлена на рисунке 4 как функция времени.

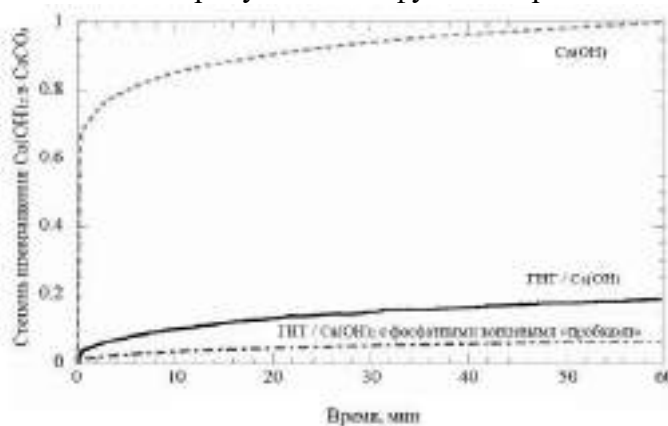


Рис. 4. Степень карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в среде CO_2 для $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с фосфатными концевыми «пробками».

Стоит отметить, что создание пробок на концах ГНТ с инкапсулируемым $\text{Ca}(\text{OH})_2$, значительно замедляет реакцию карбонизации. Кроме того, концевые пробки предотвращают контакт с CO_2 , и менее 10% гидроксида кальция превращается в карбонат через 1 час в условиях эксперимента. Хотя временные рамки относительно короткие (один час), эксперимент доказывает, что инкапсулированный $\text{Ca}(\text{OH})_2$ все еще находится в своей исходной форме, когда чистый $\text{Ca}(\text{OH})_2$ претерпевает полное преобразование. Этот результат очень многообещающий для применений, поскольку он демонстрирует возможность сохранения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ от процесса карбонизации.

Кинетику десорбции $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в воде исследовали путем измерения pH дисперсии с течением времени. С этой целью водные дисперсии ГНТ и ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками и без них, оставляли для уравнивания в статических условиях.

Опытным путем на образцах с одинаковым содержанием щелочи определено растворение чистого гидроксида кальция в воде в течение 5 минут. После достижения постоянного значения pH к дисперсии добавляли $0,15 \text{ см}^3$ HCl (0,1 М) и измеряли реакцию pH в течение 18 часов. Что касается десорбции щелочи, композит ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ показал более медленное повышение pH (рис. 5).

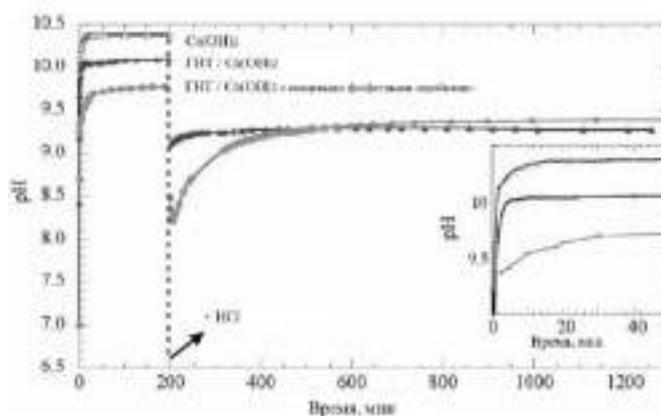


Рис. 5. Измерения pH водной дисперсии до и после добавления раствора HCl в зависимости от времени.

Еще медленнее увеличивается pH для образцов ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками, которые являются наиболее эффективными в замедлении солубилизации гидроксида в воде. Установлено, что на кинетику растворения наноразмерных материалов влияет размер зерна из-за эффектов высокой удельной площади и поверхностной энергии. Следует отметить, что даже если чистое количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ было одинаковым для всех образцов, более высокий pH достигается на плато для композита ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по сравнению с системой с концевыми пробками. Этот результат отражает способность фосфатных пробок удерживать гидроксид в полости ГНТ даже в водной среде до определенной степени. Добавление HCl вызывает внезапное падение pH, которое медленно возвращается к более высоким значениям из-за дальнейшего высвобождения гидроксида кальция из просвета. Тенденция к увеличению pH значительно замедляется из-за наличия концевой пробки. Более того, ΔpH из-за добавления HCl и после уравнивания составляет 0,35 и 0,85 для ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками и без них, соответственно.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что ограничение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в полости ГНТ создает щелочной резервуар, который реагирует выделением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в ответ на добавление кислоты, стремясь вернуть систему в равновесное состояние.

ВЫВОДЫ

Была разработана технология контролируемой десорбции гидроксида кальция из просвета ГНТ с концевыми пробками. Гидроксид кальция был инкапсулирован в просвет ГНТ, что подтверждено методами ПЭМ, EDX.

Концевые пробки были созданы при непосредственном взаимодействии анионов фосфата с гидроксидом кальция, во время его частичной десорбции из нанотрубок. Полученные концевые пробки предотвращают попадание CO_2 в просвет трубки и предохраняют гидроксид кальция от карбонизации. Более того, они замедляют выделение в воду, сводя к минимуму скачки pH, если в дисперсию добавляют кислоту. Создание пробок на конце наночастиц и инкапсулирование $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в просвет ГНТ, привело к образованию щелочного резервуара-капсулы: частицы ГНТ/ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с концевыми пробками, реагируют пролонгированным выделением $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в ответ на добавление кислоты, стремясь вернуть систему в равновесное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen, R., Li, Y., Xiang, R., Li, S. Effect of particle size of fly ash on the properties of lightweight insulation materials. *Construction and Building Materials*. 2016. 123. Pp. 120–126. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2016.06.140.
2. Zhang, G.-Y., Ahn, Y.-H., Lin, R.-S., Wang, X.-Y. Effect of Waste Ceramic Powder on Properties of Alkali-Activated Blast Furnace Slag Paste and Mortar. *Polymers*. 2021. 13(16). Pp. 2817. DOI:10.3390/polym13162817.
3. Mohammadhosseini, H., Tahir, M.M., Sayyed, M.I. Strength and transport properties of concrete composites incorporating waste carpet fibres and palm oil fuel ash. *Journal of Building Engineering*. 2018. 20. Pp. 156–165. DOI:10.1016/j.jobe.2018.07.013. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.07.013>.
4. Huseien, G.F., Mirza, J., Ismail, M., Hussin, M.W., Arrifin, M.A.M., Hussein, A.A. The Effect of Sodium Hydroxide Molarity and Other Parameters on Water Absorption of Geopolymer Mortars. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. 9(48). DOI:10.17485/ijst/2016/v9i48/109629.
5. Du, K., Xie, C., Ouyang, X. A comparison of carbon dioxide (CO_2) emission trends among provinces in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 73(January 2016). Pp. 19–25. DOI:10.1016/j.rser.2017.01.102. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.102>.
6. Keyvanfar, A., Shafaghat, A., Abd Majid, M.Z., Bin Lamit, H., Warid Hussin, M., Binti Ali, K.N., Dhafer Saad, A. User satisfaction adaptive behaviors for assessing energy efficient building indoor cooling and lighting environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014. 39. Pp. 277–295. DOI:10.1016/j.rser.2014.07.094. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.094>.
7. Fahim Huseien, G., Mirza, J., Ismail, M., Ghoshal, S.K., Abdulameer Hussein, A. Geopolymer mortars as sustainable repair material: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. 80(April). Pp. 54–74. DOI:10.1016/j.rser.2017.05.076. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.076>.
8. Xie, T., Ozbakkaloglu, T. Behavior of low-calcium fly and bottom ash-based geopolymer concrete cured at ambient temperature. *Ceramics International*. 2015. 41(4). Pp. 5945–5958. DOI:10.1016/j.ceramint.2015.01.031. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.01.031>.
9. Huseien, G.F., Mirza, J., Ismail, M., Hussin, M.W. Influence of different curing temperatures and alkali activators on properties of GBFS geopolymer mortars containing fly ash and palm-oil fuel ash. *Construction and Building Materials*. 2016. 125. Pp. 1229–1240. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2016.08.153. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.153>.
10. Palomo, Á., Fernández-Jiménez, A., López-Hombrados, C., Lleyda, J.L. Railway sleepers made of alkali activated fly ash concrete. *Revista Ingenieria de Construccion*. 2007. 22(2). Pp. 75–80. DOI:10.4067/S0718-50732007000200001.
11. Ghasan Fahim Huseien, Jahangir Mirza, Mohammad Ismail, Mohd Warid Hussin, M.A.M.A. Potential use coconut milk as alternative to alkali solution for geopolymer production. *Jurnal Teknologi*. 2016. 78(11). Pp. 133–139.
12. Ariffin, N.F., Hussin, M.W., Mohd Sam, A.R., Bhutta, M.A.R., Nur, N.H., Mirza, J. Strength properties and molecular composition of epoxy-modified mortars. *Construction and Building Materials*. 2015. 94. Pp. 315–322. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2015.06.056. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.056>.
13. Huseien, G.F., Mirza, J., Ariffin, N.F., Hussin, M.W. Synthesis and characterization of shelf-healing mortar with modified strength. *Jurnal Teknologi*. 2015. 76(1). Pp. 195–200. DOI:10.11113/jt.v76.3688.
14. Jiang, L., Niu, D. Study of deterioration of concrete exposed to different types of sulfate solutions under drying-wetting cycles. *Construction and Building Materials*. 2016. 117. Pp. 88–98. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2016.04.094. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.094>.
15. Chen, Y., Gao, J., Tang, L., Li, X. Resistance of concrete against combined attack of chloride and sulfate under drying-wetting cycles. *Construction and Building Materials*. 2016. 106. Pp. 650–658.

- DOI:10.1016/j.conbuildmat.2015.12.151. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.151>.
16. García Calvo, J.L., Pérez, G., Carballosa, P., Erkizia, E., Gaitero, J.J., Guerrero, A. Development of ultra-high performance concretes with self-healing micro/nano-additions. *Construction and Building Materials*. 2017. 138. Pp. 306–315. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2017.02.015.
 17. Wang, J., Van Tittelboom, K., De Belie, N., Verstraete, W. Use of silica gel or polyurethane immobilized bacteria for self-healing concrete. *Construction and Building Materials*. 2012. 26(1). Pp. 532–540. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2011.06.054. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.06.054>.
 18. Коррозионные процессы в металлических, бетонных и железобетонных конструкциях: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплинам «Химия в строительстве», «Основы физико-химических процессов в строительстве» предназначены для обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» очной и заочной форм обучения / сост. О.В. Агейкина, Н.В. Шальнева; Тюменский индустриальный университет. – 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2016. – 43 с.

ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. В. Ткач¹, В. С. Семенов², С. В. Базанов³

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ФАУ «ФЦС»,

³ГКУ «Мосреставрация»,

¹ev_tkach@mail.ru

²science-isa@yandex.ru

³bazanov1990@mail.ru

Аннотация.

Характерной чертой развития современного строительного комплекса является возрастание объема строительства высотных, технически сложных и уникальных объектов, таких, как тоннели, высотные многофункциональные, административные и жилые объекты. Важно, чтобы современные сооружения имели надежные системы безопасности для защиты от пожаров. Требования к пожарной безопасности становятся все более строгими и одним из важных направлений научных исследований остается изучение способов, обеспечивающих огнестойкость металлических конструкций при воздействии высоких температур пожара. Целью данной работы явился обзор существующих решений, направленных на повышение огнестойкости металлических конструкций с целью обеспечения нормативных показателей. Выполнен обзор нормативной документации и научной литературы в области огнезащитных составов. Метод исследования – теоретический анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Пожары на всех этапах существования человечества приносили серьезный материальный ущерб. Обрушение строительных конструкций является главной причиной гибели людей и ущерба от пожаров. Одним из самых распространенных строительных материалов при строительстве общественных, жилых и промышленных зданий является металл. Обеспечение пожарной безопасности является одной из основных задач при возведении и реконструкции зданий и сооружений.

Целью данной работы явился обзор существующих решений, направленных на повышение огнестойкости металлических конструкций, выявление их преимуществ и недостатков, а также определение направлений дальнейших исследований в этой области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Способы защиты металлических конструкций от температурных воздействий пожара и повышения их огнестойкости заключаются нанесением огнезащитного покрытия либо путем устройства ограждающей конструкции (защитного кожуха) вокруг металлического несущего элемента.

Согласно [1], существует 3 способа обеспечения огнестойкости металлических конструкций:

- конструктивная огнезащита – представляет из себя огнезащитную теплоизоляционную конструкцию вокруг защищаемого объекта (например, облицовка плитными, листовыми и подобными строительными материалами, в том числе на каркасе);

- вспучивающееся огнезащитное покрытие – представляет из себя огнезащитный состав, наносимый аналогично лакокрасочным материалам, который в результате огневого и температурного воздействия на него многократно увеличивается в объеме и образует теплоизоляционный слой;

- штукатурный (толстослойный) состав – представляет из себя штукатурный теплоизоляционный слой, не увеличивающий свою толщину в результате теплового воздействия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструктивная огнезащита

Широкое применение в строительстве для огнезащиты строительных конструкций находят крупноразмерные листовые и плитные облицовки (гипсоволокнистые листы, перлитовые плиты, минераловатные плиты и др.). Они могут быть жесткими и мягкими (рулонными). Негорючие листы состоят из негорячего гипсового сердечника средней плотностью 800-1150 кг/м³, все плоскости которого, кроме торцевых кромок, облицованы негорячим стеклохолстом. Крепление крупноразмерных листов и плит на поверхности конструкций осуществляется с помощью металлических крепежных элементов или специальных клеевых составов. К этому же методу огнезащиты стоит отнести и подвесные потолки. Устройство подвесных потолков связано с большими трудозатратами, увеличением стоимости строительства, а также снижает архитектурную выразительность интерьера здания (например, при реконструкции или реставрации исторических зданий). Огнестойкие подвесные потолки как конструктивно-функциональные элементы применяют для защиты горизонтальных конструкций, главным образом для конструкций покрытий и перекрытий с балками, прогонами, структурами и фермами[2].

Для огнезащиты строительных конструкций находят применение теплоизоляционные изделия с применением минерального вяжущего, вспученного вермикулита и перлита, минерального волокна. Огнезащитные плиты на основе вспученного вермикулита и минеральных вяжущих относятся к наиболее эффективным средствам повышения предела огнестойкости строительных конструкций. Средняя плотность материала плит от 300 до 1500 кг/м³ на основе вспученного вермикулита, перлита, керамзита, асбеста, минеральной ваты, стекловолокна, базальтового волокна и других видов наполнителей. При этом облицовка конструкций огнезащитными плитами и листами характеризуется существенным повышением трудозатрат и стоимости конструкции. Помимо этого, облицовка плитными материалами не всегда приемлема с точки зрения архитектурных и технологических решений.

Вспучивающиеся огнезащитные покрытия

Еще один метод повышения огнестойкости конструкций – огнезащитные вспучивающиеся краски и покрытия, образующие на защищаемой поверхности тонкий защитный слой. При определенной температуре происходит вспучивание покрытия и толщина слоя может увеличиваться в 50-100 раз в результате выделения под действием температуры газообразных веществ. Краски наносят на поверхность конструкций тонким слоем толщиной до 3 мм. При температуре, начиная от 170 °С, покрытие вспучивается и образует пористый теплоизолирующий слой, имеющий низкую теплопроводность. В результате предотвращается быстрый нагрев защищаемых элементов. Высокая кратность вспучивания покрытия может быть достигнута использованием компонентов, которые приводят к возникновению и росту парогазовых областей, возрастанию объема твердых включений при высоких температурах. Вспучивание сопровождается образованием пористого углеродного каркаса. Несмотря на различия в механизмах увеличения объема, большинство исследователей классифицирует все такие компоненты и покрытия на их основе как интумесцентные.

Недостатками вспучивающихся огнезащитных покрытий являются: высокая стоимость, низкая долговечность и надежность, низкая щелочестойкость.

Еще одним существенным недостатком таких материалов является сложность и продолжительность нанесения. Зачастую для получения требуемого предела огнестойкости необходимо нанесение слоя толщиной более 1,5 мм. Для получения такой толщины покрытия требуется нанесение в несколько слоев (5-6 слоев). Промежуточная

сушка между слоями – зачастую не менее 8 часов. Проведение других работ одновременно с нанесением данного вида покрытий не рекомендуется из-за высокой токсичности огнезащитных вспучивающихся красок.

Ввиду малой толщины покрытия, для контроля толщины нанесенного слоя требуется специализированное оборудование. Определить без приглашения на объект строительства специализированной лаборатории разницу между толщиной покрытия 1,5 мм и 1,2 мм практически невозможно. А согласно технической документации большинства огнезащитных красок эта разница соответствует разнице между огнезащитной эффективностью R45 и R60 (показатель эффективности средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого испытания до достижения критической температуры 500 °С стандартным образцом стальной конструкции с огнезащитным покрытием [3]).

В связи с вышеперечисленными недостатками, применение огнезащитных вспучивающихся красок не всегда представляется целесообразным.

В настоящее время создано большое количество огнезащитных вспучивающихся красок на различной основе, предназначенных для применения внутри зданий (таблица 1).

Табл. 1. Вспучивающиеся огнезащитные покрытия [4-9]

| № п/п | Наименование | Состав и характеристика |
|-------|---|--|
| 1 | «Файрекс-400» | Огнезащитный состав на неорганическом связующем, образующий при повышении температуры более 120°C пористый теплоизолирующий слой. Для защиты металлических неогрунтованных конструкций, эксплуатируемых внутри помещения. Огнезащитная эффективность R60. Срок эксплуатации покрытия не менее 15 лет. |
| 2 | Краска с термо-, огнезащитными свойствами | Связующее на основе акриловых полимеров или кремнийорганических смол и органорастворимых полиуретанов, наполнитель в виде минерального компонента, антипиреновая добавка, керамические или стеклянные микросферы диаметром 20-150 мкм, порошки бентонита и органический растворитель. Увеличение стабильности защитного покрытия к термоокислительным реакциям, экологической безопасности, огнестойкости. |
| 3 | Универсальное термозащитное покрытие | Состав с высокими теплоизоляционными свойствами и длительной огнестойкостью на основе жидкого стекла, микросфер из боросиликатного стекла, оксидов кремния и алюминия. Огнезащитная эффективность 90 мин. |
| 4 | Terma-S | Огнезащитная краска для металлоконструкций. Вспучивающееся огнезащитное покрытие на эпоксидной основе. Нанесение в условиях пониженных температур (до минус 60°C) и повышенной влажности (100%), с сохранением эксплуатационных и огнезащитных свойств (по данным ускоренных испытаний) не менее 25 лет. Предел огнестойкости 120 мин. |
| 5 | Огнезащитное вспучивающееся полимерное покрытие | Жидко-керамическое покрытие из композиции, содержащей связующее, смесь полых микросфер с размерами в диапазоне от 10 до 500 мкм, и вспомогательные добавки (антипирен - полифосфат аммония, ПАВ Неонол). Связующее - композиции на основе эпоксидных смол, на основе стекла, латексные. Огнестойкость 140-180 мин. |

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| 6 | Вспенивающаяся огнезащитная паста | Вспенивающееся огнезащитное покрытие со сниженной плотностью и увеличенной теплопроводностью: лаковый раствор хлорсульфированного полиэтилена ХСПЭ-20, модифицированный эпоксидной смолой ЭД-20, дифенилгуанидин, меламин, содержит асбест, переработанный для клеев марки А или марки Б, стеклянные полые микросферы МС-ВП-А9, аэросил и графит окисленный. Коэффициент вспенивания от 12 до 15. |
| 7 | Теплоизоляционная краска Антиожог | Краска для металлоконструкций на водной основе с полыми микросферами. |
| 8 | Огнезащитная краска «Барьер» | Универсальная стирол-акриловая краска, латексная, с добавлением антипиренов представляет собой однокомпонентный состав на водной основе. Образует непрозрачное, огнестойкое, влагонепроницаемое, без запаха и вредных выделений, стойкое к воздействию ультрафиолетовых лучей покрытие |

Штукатурные огнезащитные составы

Штукатурный огнезащитный теплоизоляционный состав – это негорючий (чаще всего однокомпонентный) материал на основе различных вяжущих с содержанием заполнителя с низкой теплопроводностью, фибры и специальных добавок.

Основные преимущества перед вспучивающимися огнезащитными составами:

- толщина нанесенного штукатурного состава постоянна и не меняется в результате температурного воздействия. При этом минимальная толщина нанесенного составакратно больше чем у огнезащитных красок;
- высокая прочность и долговечность;
- в связи с тем, что внешний вид покрытия не отличается от обычных штукатурных составов, огнезащитный штукатурный слой легче декорируется и в целом имеет существенно более высокие эстетические качества;
- стоимость сопоставима, либо ниже;
- нанесение требуемой толщины покрытия возможно за один раз и не препятствует организации параллельного проведения работ на объекте;
- для контроля толщины и качества нанесения огнезащитного покрытия не требуется специализированное оборудование.

Существуют различные виды штукатурных огнезащитных составов, значительно различающиеся по составу (таблица 2) и применяющиеся не только в закрытых помещениях, но и в условиях открытой атмосферы. При этом практически не меняются их защитные свойства и покрытия обладают высокой ремонтпригодностью.

Табл. 2. Штукатурные огнезащитные составы

| № п/п | Наименование | Состав и характеристики |
|-------|---------------|---|
| 1 | Pyrocrete®241 | Огнезащитный состав на основе композиции легковесных цементов и наполнителей из слюды и стекловолокон. Долговечный, ударопрочный и атмосфероустойчивый материал для повышения предела огнестойкости стальных и бетонных конструкций. Предел огнестойкости до 240 минут. |
| 2 | СОШ-1 | Штукатурный огнезащитный состав на основе армирующего волокна, минерального вяжущего и целевых добавок. Сухая смесь неорганического вяжущего со вспученным перлитом и волокнистым органическим наполнителем. Не содержит асбеста. Предел огнестойкости 45-180 мин. |

| | | |
|----|-----------------|---|
| 3 | Состав «ОЗС-МВ» | Универсальный комбинированный огнезащитный материал на основе неорганических связующих, наполнителей и выгорающих добавок. Для защиты стальных строительных конструкций и воздуховодов, каналов дымоудаления, систем кондиционирования. Предел огнестойкости до 150 мин. |
| 4 | Монокот™-Крилак | Распыляемая смесь минерального вяжущего с целевыми добавками и наполнителями. Для повышения предела огнестойкости несущих металлических конструкций зданий и сооружений объектов промышленного и гражданского назначения. Предел огнестойкости конструкции - до 240 R |
| 5 | Монолит ОМ | Состав для обеспечения требуемых пределов огнестойкости несущих и ограждающих металлических конструкций. Температура эксплуатации от -60°C до +45°C как внутри помещений, так и в условиях открытой атмосферы. Срок эксплуатации покрытия не менее 50 лет. Огнезащитная эффективность до 240 мин. |
| 6 | ПЛАМКОР-4 | Сухая смесь на основе портландцемента, вспученного вермикулита и волокнистых наполнителей. Конструктивная огнезащита металлических строительных конструкций и оборудования внутри отапливаемых и неотапливаемых помещений с неагрессивной и слабоагрессивной средой и с относительной влажностью воздуха не более 75 %. Предел огнестойкости 240 минут. |
| 7 | Гермес-3С | Состав на основе композиции легковесных цементов, наполнителей и базальтовых волокон. Для огнезащиты на объектах химической и нефтехимической промышленности (защита при углеводородном пожаре). Предел огнестойкости R15-R240. |
| 8 | Гефест-3С | Огнезащитный состав на основе портландцемента, вспученного вермикулита и перлита, целевых добавок. Предел огнестойкости R15-R240. |
| 9 | Неоспрей | Состав в виде сухой смеси на основе вспученного вермикулита, портландцемента и целевых добавок. Предел огнестойкости стальных и железобетонных конструкций до 240 минут. |
| 10 | ГеоМикс | Штукатурное конструктивное огнезащитное покрытие на основе базальтовых волокон и минерального вяжущего для устройства защитных покрытий на поверхности металлических строительных конструкций. Огнестойкость металлических конструкций от R15 до R240. |
| 11 | Весталайт | Огнеупорное волокно с улучшенными характеристиками за счет целевых добавок. Состоит из двух компонентов: сухая смесь и смачиватель. Применяется как внутри помещений с влажностью воздуха до 100% так и в условиях открытой атмосферы. Срок службы покрытия не менее 50 лет. Огнестойкость металлических конструкций до R240. |

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования в отношении рассматриваемой темы позволили уточнить свойства, характеристики и применимость различных материалов для огнезащиты конструкций, а также уточнить составы огнезащитных композиций. В результате исследования установлено, что весьма эффективным способом сохранения целостности

металлических конструкций при огневом воздействии и, соответственно, повышения их огнестойкости является применение огнезащитных штукатурных составов. Полученные данные позволяют проводить дальнейшие исследования в области определения наиболее перспективных направлений в разработке огнезащитных вспучивающихся покрытий и штукатурных теплоизоляционных составов.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. // Раздел 3.
2. Голованов В.И., Павлов В.В., Пехотников А.В. Fire retardant coating for concrete bent designs // 2007 Articles XX Int. Scientific-Practical Conference «The Historical and Modern Aspects of Problem Solving Burning, Fighting and Security of People in Fires», pp 217-19.
3. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. // Раздел 3.
4. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Боднарчук Б.В., Афанасьев М.М., Абрамян А.А., Солодовников В.А., Мауджери Умберто Орацио Джузеппе, Мухамедиева Л.Н. Состав краски с термо-, огнезащитными свойствами // Патент на изобретение; патентные документы РФ; 2010144636/05; Российская Федерация; RU 2443739 С1 02.11.2010
5. Давыдов С.Я., Апакашев Р.А, Валиев Н.Г., Михалицин А.А., Михалицина О.В., Корюков В.Н. Использование вторичного материала кварцевого производства для термозащитного покрытия // Режим доступа: <https://newogneup.elpub.ru/jour/article/viewFile/975/889.pdf>
6. ООО Торгово-промышленная компания «ИНФРАХИМ» Состав «Файрекс-400» // Режим доступа: <https://www.infracim.ru/products/2005/>
7. Беляев В.С., Федотов И.М. Способ получения теплоизоляционного и огнестойкого многослойного комбинированного полимерного покрытия // Режим доступа: <https://www.freepatent.ru/patents/2352601>
8. Кузнецова Н. Вспенивающаяся огнезащитная паста // Режим доступа: <https://ogneportal.ru/news/russia/18561>
9. ООО «Полимер Экспорт» Краска теплоизоляционная «Атиожог» // Режим доступа: <https://ogneportal.ru/news/russia/18561>
10. ООО «Респект» Pyrocrete®241 – огнезащитный состав // Режим доступа: <http://www.p241.ru/pyrocrete.html>
11. ООО "КРОЗ" Огнезащитный штукатурный состав СОШ-1 // Режим доступа: <http://www.croz.ru/katalog/konstruktivnaya-ognezashchita/sosh1/>
12. ООО Торгово-промышленная компания «ИНФРАХИМ» Огнезащитный состав «ОЗС-МВ» // Режим доступа: <https://www.infracim.ru/products/2038/>
13. ООО «СпецЭмаль» Состав Монокот™-КрилаК // Режим доступа: <https://www.spec-emal.ru/catalog/fire/sostav-monokot-krilak.php>
14. Научно-производственный холдинг «ВМП» ПЛАМКОР®- 4 // Режим доступа: <https://vmp-plamcor.ru/plamkor/plamkor-4/>
15. ООО «СпецЭмаль» Огнезащитный состав Гермес-3С // Режим доступа: <https://www.spec-emal.ru/catalog/fire/ognezashchitnyy-sostav-germes-3s.php>
16. НПО "Стройзащита" Огнезащитное покрытие Весталайт // Режим доступа: http://krauzpro.ru/vestalait_novoe_slovo

УСИЛЕНИЕ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

А. Е. Молева¹, С. С. Зимин²

Инженерно-строительного института, Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого,

¹*moleva.ae@edu.spbstu.ru*

²*zimin_ss@spbstu.ru*

Аннотация

Во время эксплуатации, а также в процессе строительства зданий и сооружений, реализованных из каменной кладки, имеет место появление дефектов и повреждений, снижающих несущую способность конструкций. Вследствие чего появляется потребность проведения работ по восстановлению и усилению каменных строений. Усиление каменных конструкций композитными материалами является относительно новым методом усиления. Учитывая отсутствие нормативных документов и практики конструирования данный метод усиления каменных конструкций не получил широкого применения.

В статье проанализированы методы укрепления кирпичной кладки с применением композитных материалов. Выполнен анализ нормативной базы по усилению конструкций композитными материалами. Также в статье проанализирована технология производства работ по усилению композитными материалами на основе углеродного волокна. В заключении приводятся достоинства и недостатки применения данного метода усиления.

ВВЕДЕНИЕ

Кирпичные строения представляют собой монументальные сооружения, совмещающие в себе прочность, долговечность и архитектурную выразительность.

В процессе эксплуатации, а также во время строительства зданий и сооружений, реализованных из каменной кладки, могут появляться дефекты и повреждения, снижающие несущую способность конструкций. В том числе, имеет место образование нормальных и наклонных трещин, разрушение кирпича, выветривание швов, выпадение отдельных кирпичей и т.п.

Для усиления каменной кладки были разработаны следующие способы и методы [9,11]:

- устройство железобетонных и стальных обоев;
- инъектирование специальных растворов;
- устройство металлических поясов и накладок;
- перекладка кладки;
- усиление конструкций композитными материалами и др.

У всех этих способов и методов есть свои изъяны. Большинство из них трудоемки в реализации, дорогостоящи, некоторые из них неприменимы по эстетическим соображениям, а некоторые не могут обеспечить ожидаемого эффекта в определенных условиях.

Относительно новым методом усиления каменных конструкций является усиление композитными материалами на основе углеродного волокна. В отечественной практике использование композитных материалов не получило широкого распространения ввиду отсутствия нормативных документов и практики конструирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретическую базу для настоящей статьи заложили научные работы отечественных ученых различных научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений и

производителей систем внешнего армирования, а также нормативная документация и стандарты организаций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В зарубежной практике разработано довольно много нормативной литературы, которая определяет стандарты к композиционным материалам и к технологии по усилению композиционными материалами. Среди нее можно выделить ACI 440.7R-10, ICC-ES AC 125.

Однако зарубежная литература не может быть правомерно использована при проектировании в нашей стране.

В Российской Федерации к нормативной базе, устанавливающей требования к методам усиления каменных и армокаменных конструкций, относится СП 427.1325800.2018 «Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления». Данный свод правил не устанавливает конкретных требований к технологии производства работ по усилению каменных конструкций композитными материалами, а также требований к необходимым материалам.

К стандартам организаций, регламентирующим общие правила, порядок проведения работ по усилению и восстановлению (ремонту) каменных и армокаменных конструкций композитными материалами и последовательность их проведения, устанавливающим требования к оборудованию, приспособлениям, инструменту и материалам, используемым при проведении таких работ, относится СТО 2256-002-2011, СТО 38276489.002-2017, СТО НОСТРОЙ/НОП 2.9.142-2014. Требования и правила, указанные в данных стандартах организаций, носят рекомендательный характер и не подлежат обязательному исполнению при конструировании.

Ввиду недостатка сведений об усилении каменных конструкций композитными материалами на основе углеродного волокна в нормативных документах в статье будут разобраны итоги исследований отечественных ученых.

Композитным материалом является продукт в виде ламинатов, тканей или лент, имеющих в своем составе углеродные, арамидные или стеклянные волокна, консолидированных полимерной матрицей.[8] Материалы подобного рода обладают незначительным весом, существенной прочностью и коррозионной стойкостью.[15] Однако связующие (адгезивы) имеют низкий показатель огнестойкости. [7]

Методика производства работ по усилению конструкций композитными материалами состоит из следующих стадий [4,5,6]:

- подготовка поверхности усиливаемой конструкции, в том числе, восстановление целостности и антикоррозионные мероприятия, зачистка от остатков отделки, масляных пятен и пр.;
- разметка размещения элементов усиления в соответствии с принятой проектом схемой наклейки и раскрой усиливающего элемента (ленты, ткани, ламината, сетки);
- наклейка усиливающих элементов с помощью связующего (адгезива);
- нанесение защитного покрытия (при необходимости).

Согласно исследованиям [12,13,14] для уменьшения поперечного деформирования и увеличения сопротивления вертикальным нагрузкам композитные материалы можно расположить под прямым углом к оси конструкции. При действии изгибающего момента, возникающего при внецентренном-сжатии, необходимо расположить композитные материалы по длине плоскости действия момента, а также усиление конструкций осуществляется расположением полос углеволокна на гранях усиливаемого элемента, которые испытывают растяжение. На рис.1 проиллюстрированы способы реализации сеток и лент при трещинах.

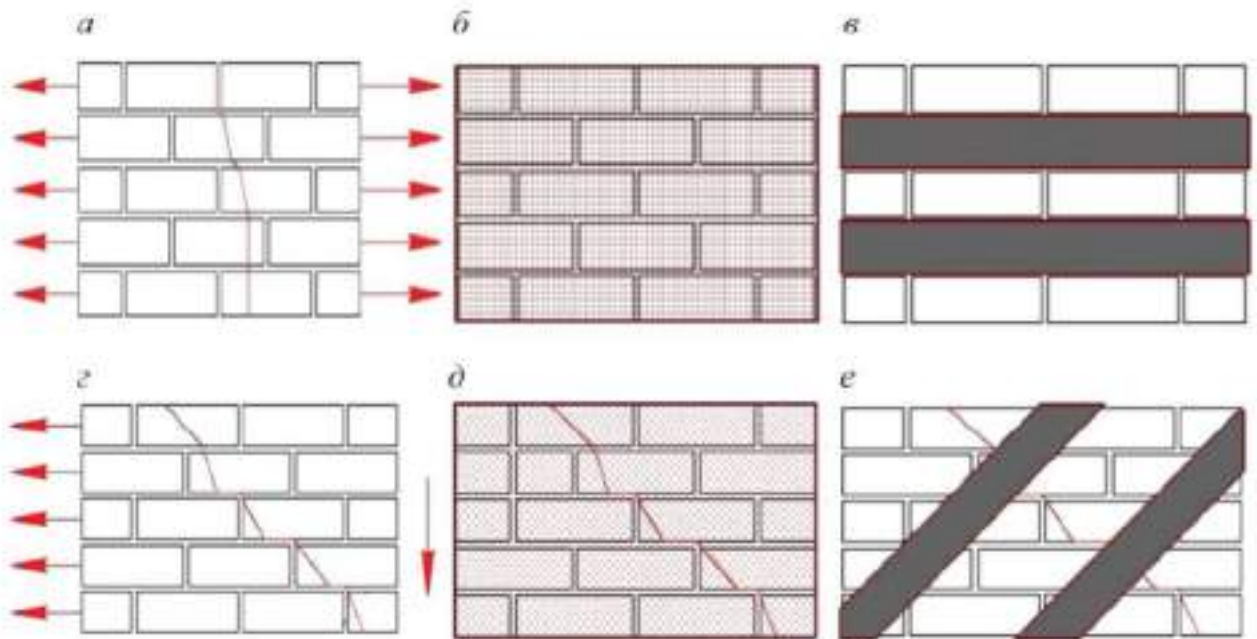


Рис.1. Примеры расположения сеток и лент при возникновении трещин: а – вертикальная трещина; б – усиление сетками при вертикальной трещине; в – усиление лентами при вертикальной трещине; г – наклонная трещина; д – усиление сетками при наклонной трещине; е – усиление лентами при наклонной трещине.

В работе [10] было проведено экспериментальное исследование каменной кладки, усиленной композитными материалами на основе углеродного волокна. В рамках исследования были произведены: эталонные образцы из каменной кладки; образцы с предварительно выровненной поверхностью, усиленные композиционными материалами с одной стороны; образцы без предварительного выравнивания поверхности, усиленные композиционными материалами с одной стороны; образцы без предварительного выравнивания поверхности, усиленные с двух сторон. Все образцы подвергались действию статической нагрузки. Схема нагружения образца показана на рис.2.

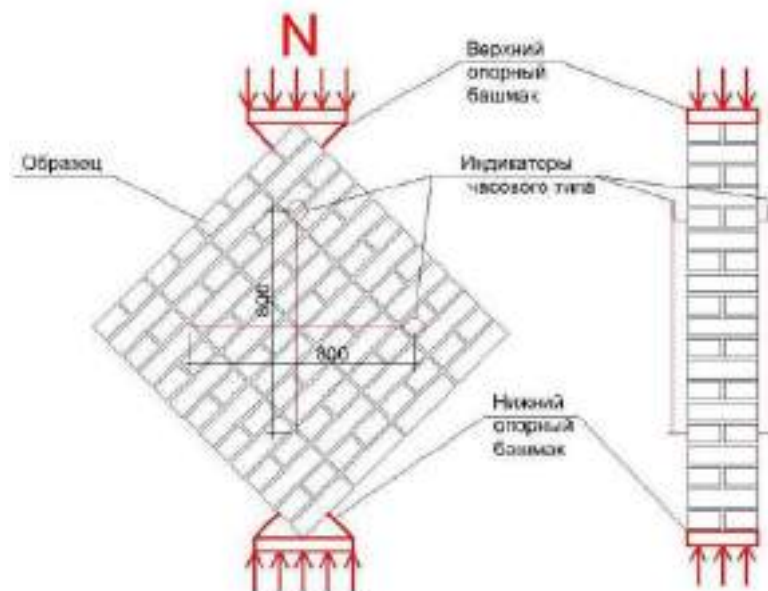


Рис.2. Схема нагружения образца.

В ходе исследований было выяснено, что повышение несущей способности, при усилении композитным материалом образца с двух сторон, составило 73 %, а для аналогичного типа образца, усиленного с одной стороны, – 14 %. Следовательно, эффект

повышения несущей способности при двухстороннем усилении каменной кладки в среднем в 2 и более раз выше, чем при одностороннем.

Относительные деформации сжатия и растяжения усиленных образцов, по сравнению с деформациями образцов эталонной серии, возросли, а также увеличились прикладываемые относительные нагрузки. При этом деформации сжатия в среднем увеличились в 2,75 раза, а деформации растяжения в 6 раз. Итоги эксперимента свидетельствуют о том, что данный метод усиления имеет высокую прочность на растяжение.

Также вследствие эксперимента были выявлены отрыв элемента усиления вместе с ремонтным составом от поверхности каменной кладки и отсоединение углеродной ленты, приклеенной непосредственно на каменную кладку, с отрывом поверхностного слоя кирпича после достижения максимальной нагрузки.

Из этого следует, что при технологии нанесения адгезива (связующего) непосредственно на каменную кладку, сцепление композитного материала с поверхностью каменной кладки выше, чем при технологии с применением выравнивающего состава.

ВЫВОДЫ

В статье был рассмотрен метод усиление каменных конструкций композитными материалами на основе углеродного волокна. В соответствии с изложенным можно сделать следующие выводы:

1. Основными достоинствами данного метода усиления являются:
 - сохранение архитектурного облика здания;
 - малый вес, высокая прочностью и коррозионная стойкость;
 - высокая прочность на растяжение и изгиб.
2. К основным недостаткам данного метода усиления относятся:
 - низкий показатель огнестойкости;
 - отсутствие нормативных документов, устанавливающих конкретные требования к технологии производства работ по усилению каменных конструкций композитными материалами, а также требований к необходимым материалам, и практики конструирования.

Таким образом можно прийти к выводу, что данный метод усиления является эффективным и нуждается в дальнейшем изучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. ACI 440.7R-10. Guide for Design & Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Unreinforced Masonry Structures. ACI Committee 440. 2010. 46 p
2. ICC-ES AC 125. Acceptance Criteria for Concrete and Reinforced and Unreinforced Masonry Strengthening using Fiber-Reinforced, Composite Polymer (FRP) Composite System. 2001. 9 p.
3. СП 427.1325800.2018 Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2018. 41 с.
4. СТО 2256-002–2011. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibArm для ремонта и усиления строительных конструкций. М. : ЗАО «Препрег-СКМ», 2011. 12 с.
5. СТО 38276489.002-2017. Усиление каменных и армокаменных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства. М.: ООО «НЦК», 2017. 134 с.
6. СТО НОСТРОЙ/НОП 2.9.142-2014. Восстановление и повышение несущей способности кирпичных стен. Проектирование и строительство. М.: ОАО «Центральный научно-исследовательский проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений», 2018. 128 с.
7. Старцев С. А. Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями // Строительство уникальных зданий и сооружений (СПб.). 2014. № 6 (21). С. 17–31.
8. Назмеева Т. В., Параничева Н. В. Усиление строительных конструкций с помощью углеродных композиционных материалов // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 19–22.
9. Физдель А. И. Дефекты в конструкциях и сооружениях и методы их устранения. М.: Стройиздат, 1978. 160 с.

10. Тонких Г., Осипов П., Темирдалилы Г., Федоров С. Экспериментальные исследования каменной кладки, усиленной композитными материалами на основе углеродного волокна // Вестник ТГАСУ. 2017. №2. С. 98-111.
11. Рыжков, Д. С., Татьянников Д.А. Усиление каменных конструкций композитными материалами // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2019. Т. 2. С. 134-140.
12. Альдреби, З. А. Повышение сейсмостойкости и усиление строительных конструкций архитектурных памятников в Сирии с помощью современных композитных материалов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2018. Т. 15. № 4. С. 576-582.
13. Костенко А. Н. Прочность и деформативность центрально- и внецентренно-сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле- и стекловолокном: дис. ... канд. техн. наук, специальность: 05.23.01 / А. Н. Костенко. М. : ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко, 2010. 243 с.
14. Гасиев А. А. Сейсмоусиление стен кирпичных зданий внешним армированием на основе углеволокнистой ткани: дис. ... канд. техн. наук, спе - циальность : 05.23.01 / А. А. Гасиев. М. : ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко, 2015. – 196 с.
15. Орлович, Р. Б., Деркач В.Н. Зарубежный опыт армирования каменных конструкций // Жилищное строительство. 2011. № 11. С. 35-39.

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ РУЛОННОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

А. Н. Хаглеев¹, Л. А. Урханова¹, М. А. Мокеев^{1,2}, С. С. Агнаев¹, К. А. Демин^{1,2}

¹*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,*

²*Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук,*

¹*khagleev@yandex.ru*

²*maks_mok@mail.ru*

Аннотация

Проблема аварийности коммунальных трубопроводных систем в Российской Федерации все еще остаётся актуальной. Основной отрицательной тенденцией являются высокие затраты на ремонт и замену уже проложенных и эксплуатируемых трубопроводов. Для снижения затрат необходимо выявить причины возникновения аварий и произвести оценку текущего состояния трубопровода. На протяжении 90-ых годов и начала 00-ых в России обновление и восстановление трубопроводов не проводилось в требуемом объеме, по состоянию на 2021 год износ коммунальных трубопроводных систем составил 40% протяженности всех коммунальных трубопроводных систем по данным Ростехнадзора и Росстата.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент наиболее распространенными материалами трубопроводов, являются: стальные, чугунные и полимерные трубы. Больше применение на территории стран бывшего СССР и стран СНГ получили стальные трубы. Стальные трубопроводы занимают 70% от всего физического фонда трубопроводных систем, что значительно больше чугунных (5%) и неметаллических трубопроводов (25%). Стальные трубопроводы с наружной изоляцией получили свое распространение в виду своей устойчивостью к высоким температурам (до 100 С°) и прочностью к механическим повреждениям по сравнению с другими [15]. Основным недостатком применения стальных трубопроводов является их подверженность к коррозии. Одним из путей решения проблемы является использование новых, эффективных и научно обоснованных технологий в области гидроизоляции. Основной отрицательной тенденцией сферы гидроизоляции является высокие затраты на ремонт и замену уже проложенных и эксплуатируемых трубопроводов. Для снижения затрат необходимо выявить причины возникновения аварий и произвести оценку текущего состояния трубопровода.

Коммунально-сетевые трубопроводы, проложенные траншейным методом, подвергаются круглосуточной механической нагрузки грунта и его негативными физико-химическими воздействиям, например, воздействию блуждающих токов. Трубопроводы, проложенные в каналах, подвергаются меньшим нагрузкам по сравнению с траншейным методом, однако имеют более высокую стоимость. В России традиционно основным способом прокладки тепловых сетей является подземная канальная прокладка (84%), с помощью бесканальной подземной прокладки выполняется примерно 6%, а путем надземной прокладки – около 10% от общего объема работ [2]. Протяженность водопроводных сетей на 2020 год на всей территории Российской Федерации по данным Росстата составляет 584 тыс. км, протяженность тепловых и паровых сетей в двухтрубном исполнении на 2020 год составляет 167 тыс. км. В ветхом состоянии или нуждающиеся в замене находятся 254 тыс. км водопроводной и 388 тыс. км. тепловой трубопроводной сети. Статистические сведения подтверждают критическую степень изношенности коммунальных трубопроводов. Так, например, основными причинами выхода из строя

эксплуатируемых трубопроводных систем являются: глубина залегания трубопровода; способ прокладки трубопровода; возраст гидроизоляционного покрытия и его вид [1].

Частота аварий на трубопроводе увеличивается с ростом времени эксплуатации. В течение 30 лет эксплуатации труб обеспечивается безотказная работа. При увеличении срока эксплуатации еще на 20 лет, вероятность безотказной работы уменьшается до 50 %. При дальнейшем увеличении срока эксплуатации вероятность безотказной работы стремится к 0 % [1]. Данные причины разрушения трубопроводов приводят к значительным экономическим издержкам [3]. В настоящее время, активно применяются два вида основных гидроизоляционных материалов для городских коммунальных трубопроводов, которые разделяются по способу устройства:

- Окрасочная гидроизоляция, такая как битумно-резиновые мастики, битумнополимерные мастики, полимеры, масляные краски;

- Оклеечная гидроизоляция, такие как рулонный изол, термоусадочные ленты, поливинилхлоридные (ПВХ) ленты; термоусаживаемые муфты и т.д [7].

Схематическое устройство гидроизоляции отображено на рисунке 1.

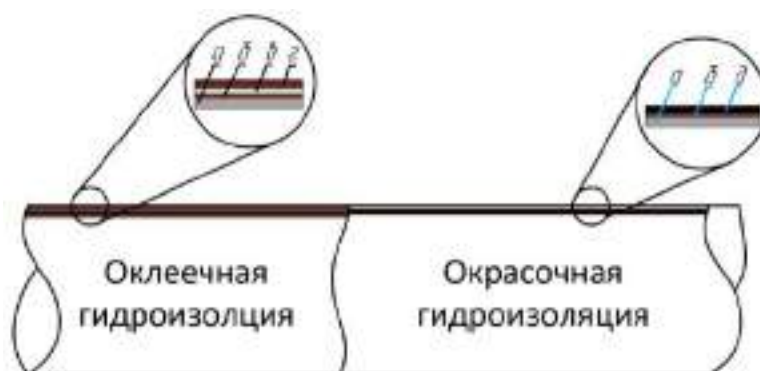


Рисунок 1 – устройство гидроизоляции различного типа:

а - защищаемая поверхность трубопровода; б – композиция грунтовочная; в – термопластичный полимерный подслоя; г - защитный слой основе композиции полиэтилена; д – защитный слой на основе битумной мастики.

В промышленности применяют окрасочную гидроизоляцию на основе битумных мастик. Битумные и полимер-битумные мастики, применяемые для окрасочной гидроизоляции, представляют собой смесь тугоплавкого битума различных марок и наполнителей, в состав которых входят: масла, каучуки, полимеры, минеральные порошки и пластификаторы, повышающие эффективность защиты трубопроводов от коррозии и механических повреждений [16]. В последнее время для повышения эксплуатационных характеристик покрытий на основе битумных мастик в их состав при производстве вводят минеральные (асбест, доломит, известняк, тальк), органические (резиновая крошка) и полимерные наполнители (атактический полипропилен, низкомолекулярный полиэтилен, полидиен) [14]. Например, применяемая в гидроизоляционных работах мастики марки МБР, согласно ГОСТ 15836-79, обязательно имеет в своем составе органические наполнители в виде резиновой крошки. Согласно ГОСТ 15836-79, процентное содержание резиновой крошки в мастики МБР-65, применяемой для гидроизоляции трубопроводов, должно составлять 5% от массы. Резиновая крошка повышает эластичность и индекс пенетрации, физико-механические и усталостные свойства, сцепление с поверхностью минерального материала, наблюдается повышение устойчивости к старению, за счет близости химического состава полимерной матрицы и битумов [15].

Основными недостатками окрасочной битумно-мастичной гидроизоляции является: подверженность к охрупчиванию из-за воздействия агрессивной окружающей среды; нарушение дозировки составляющих битумных мастик при производстве на заводе изготовителя приводит к резкому снижению прочностных свойств, термостойкости и

температуры перехода в вязкотекучее состояние; вымывание и испарение пластификаторов и наполнителей, входящих в состав битумных мастик из-за воздействия кислотности грунтов при подземной прокладке трубопровода или воздействии атмосферных факторов при надземной прокладке.

Оклеечная гидроизоляция формируется наклеиванием рулонных материалов в виде многослойного покрытия с последующей защитой поверхности стяжками или без таковых. Основные виды рулонной гидроизоляции: изол (ГОСТ 10296-79), гидроизол (ГОСТ 7415-86), полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354-82), поливинилхлоридная пленка (ГОСТ 16272), полипропиленовая пленка (ТУ 38-10264-82). Устройство оклеечной гидроизоляции должно выполняться по СНиП 3.04.01-87. Для повышения надежности коммунальных трубопроводных систем используют усиленную изоляцию (УС) и весьма усиленную изоляцию (ВУС) оклеечного типа. Применение данных способов гидроизоляции рекомендуется при прокладке трубопровода вблизи или под железнодорожными и трамвайными путями, автодорогами с интенсивным движением. Труба с УС и ВУС изоляцией применяется во всех случаях, когда возможен контакт трубопровода с влажной почвой, минерализованными грунтами и различными агрессивными средами.

Защитный наружный слой системы гидроизоляции предохраняет трубопровод от внешних механических и химических воздействий. Защитный слой гидроизоляции выполняется на основе термостойкостабилизированной композиции полиэтилена высокого давления и наносится в виде полимерных лент, что увеличивает надежность гидроизоляции в сравнении с окрасочной битумной мастикой. Адгезионный полимерный термоплавкий подслоя обеспечивает высокую адгезию покрытия к стальной трубе, обеспечивающий функционирование покрытия как цельного композиционного материала, что в значительной степени определяет срок эксплуатации. Выбор адгезива в системе многослойного покрытия является наиболее сложной задачей, поскольку грунтовка и защитный наружный слой существенно отличаются по своим физико-химическим свойствам. Композиция грунтовочная представляет собой однокомпонентную или двухкомпонентную (на основе модифицированной эпоксидной смолы и отвердителя) систему, предназначенную для праймирования поверхности зоны сварного стыка и обеспечения адгезии защитного покрытия к стали или к заводскому покрытию труб. Основные требования к ней выражаются в высокой смачивающей способности поверхности и родственности по составу к мастичной части. Преимуществом трубопроводов с УС и ВУС изоляции является высокая механическая прочность и диэлектрические свойства, а также стойкость к длительной эксплуатации в диапазоне температур от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Применяемые виды изоляционных покрытий становятся основным критерием, определяющим срок службы коммунальных трубопроводных систем и дальнейшую стоимость их ремонта. Применение битумных покрытий для защиты трубопроводов показало неэффективность по причине охрупчивания битумов, потери ими пластичности из-за окисления масляных фракций агрессивными компонентами окружающего грунта. В последние годы для изоляции подземных трубопроводов широко применяют полимерные рулонные гидроизоляционные покрытия. Новые достижения в области полимерных композиций позволили расширить их использование, как для надземных участков трубопроводов, так и для подземных. В качестве рулонного полимерного материала применяют: полиэтилен (ГОСТ 16338-85), полипропилен (ГОСТ 58061-2018), поливинилхлорид (ГОСТ 16272-79). Проблема широкого применения полимерных покрытий заключается в природе материала – низкой адгезии. Согласно РМД 41-11-2012 “Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге” для прокладки трубопроводов с полиэтиленовой защитной оболочкой обязательна предварительная обработка поверхности коронным разрядом для обеспечения необходимой адгезии. Полиэтилен представляет наибольший интерес к применению в качестве материала, за счет: высоких

показателей биологической и химической стойкости, морозостойкости, прочности, износостойкости и долговечности по сравнению с полипропиленом и поливинилхлоридом, а также меньшей стоимости. Рассмотрев перспективы применения изоляционных рулонных покрытий и оберток установлено, что основной причиной выхода из строя липких пленочных покрытий являются электрохимические процессы на границе «металл-покрытие», которые приводят к деструкции тонкого клеевого слоя и потере адгезии. Этому способствует довольно высокая газо- и водопроницаемость полимерной пленки в местах нахлеста, что приводит к образованию коррозии металла под слоем изоляционного покрытия и охрупчивание пленки. Предлагается создание и применение рулонных гидроизоляционных полимерных материалов, модифицированной плазменным разрядом.

Согласно оценке стоимости затрат, на перевооружение коммунальных служб, приведенной в работе [5]. Известно, что замена погонного метра системы холодного водоснабжения (ХВС) и горячего водоснабжения (ГВС), с полным объемом работ составит 130 тыс. рублей для ХВС и 300 тыс. руб. для ГВС. Прокладка стального коммунального трубопровода длиной 100 метров и диаметром 100 мм совместно с гидравлическим испытанием составит 24 тыс. руб. Стоимость ремонта канализационной системы с полной или частичной заменой труб и другим видами работ составит 105 тыс. руб. Например, в качестве самостоятельного изолирующего материала для трубопроводов применяют мастику марки «БИОМ-2», в состав которой входят 98,5 - 91 % нефтяного битума, 0,5 - 3 % бутилкаучука БК 1675, и 1 - 6 % топлива. Стоимость гидроизоляции трубопровода горячего водоснабжения длиной 100 метров с диаметром 300 мм мастикой «БИОМ-2» толщиной слоя 10 мм составляет 27 тыс. руб. Стоимость гидроизоляции идентичного трубопровода изоляционной мастичной самоклеящейся лентой «Абрис С-Т-ЛБ» составит 150 руб. за погонный метр [6]. Цена на устройство ВУС изоляции в трехслойном исполнении зависит от диаметра трубопровода, длины трубопровода и толщины стенки гидроизоляции, и составит от 220 руб./м² для диаметра 57 мм до 1 785 руб./м² для диаметра 530 мм [18]. Проведенный экономический анализ, показал неэкономичность использования ВУС и УС изоляции для вновь реконструируемых коммунальных трубопроводов. Исследование стоимости затрат на восстановление участков сетей водоснабжения доказывает, что, затраты на ремонт и замену изношенных труб и ликвидации аварий является более затратным мероприятием, чем использование материалов с более высокими эксплуатационными характеристиками [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для улучшения адгезионных характеристик полиэтилена предлагается модификация поверхности плазмой скользящего разряда. Модификация осуществляется воздействием потоков заряженных частиц и квантов УФ-излучения. Как правило, плазменная обработка в среде Н₂О или О₂ используется для создания полярных функциональных групп, которые увеличивают свободную энергию поверхности полимера. Благодаря плазменной модификации возможно создание полимерно-композиционных материалов, применяемых для защиты от коррозии трубопроводов с лучшими свойствами, такими как: прочность на разрыв; влагостойкость; способность к склеиванию. Модификация пленок полиэтилена проводилась с помощью установки для активации поверхности пленочно-полимерного материала, разработанной командой учёных ВСГУТУ. Принципиальная схема установки, изображена на рисунке 2.

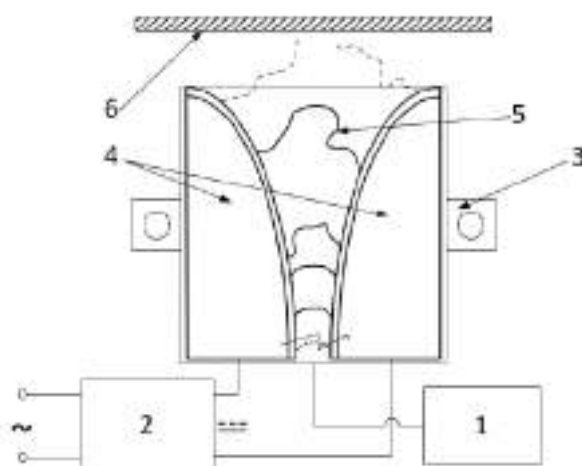


Рисунок 2 – Принципиальная схема установки: 1 – воздушный компрессор; 2 – импульсный высоковольтный генератор; 3 – пластиковый корпус (сопло); 4 – алюминиевые электроды; 5 – плазменный разряд; 6 – модифицируемый полимерный материал.

Установка состоит из пластикового корпуса (3), который выполняет функцию сопла. В сопло подается сжатый воздух из компрессора (1) для создания воздушного потока. На алюминиевые электроды (4) подается напряжение, достаточное ($U \approx 10-20$ кВ/см) для инициирования плазменного разряда (5), продвигаемого воздушным потоком в направлении модифицируемого материала (6) по системе стальных электродов. В процессе работы высоковольтный генератор (2) питается сетевым напряжением $U=230$ В и частотой $f=50$ Гц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения степени модификации и величины адгезии использовалось исследование краевого угла смачивания с помощью метода растекающейся капли, который рассчитывается как угол между касательной, проведенной к поверхности смачивающей жидкости и поверхности твердого тела. В исследовании использовалась краевой угла использовался цифровой микроскоп. В таблице 1 представлены результаты плазменной модификации пленок полиэтилена.

Таблица 1

| Время модификации пленки полиэтилена, с | Краевой угол смачивания α , ° град |
|---|---|
| 0 | 97,85 |
| 10 | 34,57 |
| 15 | 25,43 |
| 30 | 22,96 |
| 45 | 27,38 |
| 60 | 22,71 |

Исходя из данных эксперимента, установлено, что модификация поверхности пленок ПЭ приводит к уменьшению краевого угла смачивания с $97,85^\circ$ град для немодифицированного образца до $22,71^\circ$ для модифицированного образца.

ВЫВОДЫ

На основе проведенного литературного анализа выявлены основные причины аварийности трубопроводных систем, главной из которых является разрушение гидроизоляции. Анализ показал, что эффективность гидроизоляционного покрытия

зависит от природы используемого материала, конструкции покрытия, технологии нанесения и условий эксплуатации трубопровода. Рассмотрев перспективы применения гидроизоляционных полимерных лент установлено, что основной причиной разрушения защитного покрытия являются процессы на границе металл-полимер. Этому способствует повышенная коррозия стального трубопровода в местах нахлеста рулонной гидроизоляции и последующим ее разрушением.

Экспериментально доказана возможность модификации поверхности пленок ПЭ плазмой скользящего разряда с целью создания гидроизоляционного материала для систем трубопроводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанцова Н.А Техничко-экономический анализ отказа трубопроводов системы водоснабжения / Степанцова, Н.А. – Симферополь: Экономика строительства и природопользования №1, 2017. – 35 с.
2. Манюк В.И Новое поколение тепловых сетей – высокоэффективные системы трубопроводов с пенополиуретановой изоляцией / Манюк, В.И – Москва: Сантехника №5, 2004. – 54 с.
3. Мокроусов В.И. К вопросу о дефекте внешней фаски продольного сварного шва стальной трубы / Мокроусов, В.И. – Москва: Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук №11, 2015. – 171 с.
4. Саркисов С.В. Результаты исследования стоимости затрат на восстановление участков сетей водоснабжения / С.В Саркисов, П.А Путилин, П.В Винокуров. – Санкт-Петербург: Военный инженер №3, 2019. – 13 с.
5. Левшина В.В. Оценка экономической эффективности процессов обслуживающей организации жилищно-коммунального хозяйства / В.В Левшина, Л.С Гатина, П.В Винокуров. – Москва: Московский экономический журнал №5, 2018. – 259 с.
6. Абрис. Технология комплексной защиты подземных стальных трубопроводов и ёмкостей / – Москва: ТЕРРИТОРИЯ НЕФТЕГАЗ №2, 2007. – 28 с.
7. Кузьмин В.В. Обоснование выбора технологии для реконструкции гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений АЭС / В.В Кузьмин, Д.А Животов, П.В Винокуров. – Варшава: Colloquium-journal №8, 2020. – 35 с.
8. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии.
9. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий.
10. Гидроизоляция. Старые добрые масляные краски [Электронный ресурс] // LiveJournal URL: <https://fraukorps.livejournal.com/14212.html> (дата обращения: 07.11.2021).
11. 11) ГОСТ 10503-71 “Краски масляные, готовые к применению”.
12. 12) СП 71.13330.2017 “Изоляционные и отделочные покрытия”.
13. Окрасочная гидроизоляция // ГидроЭксперт URL: <https://gidro-exp.ru/> (дата обращения: 07.11.2021).
14. Левченко С.И. Использование резиновой крошки в качестве эластичного наполнителя битумных мастик / С.И Левченко, В.Р Пен, Е.В Харьянова. – Красноярск: Решетневские чтения, 2017. – 44 с.
15. Гиззатуллин Р.Р. совершенствование метода защиты магистральных трубопроводов от коррозии в трассовых условиях, на основе разработанных новых изоляционных материалов: дис. д-р. тех. наук: 25.00.19. - Уфа, 2004. - 315 с.
16. ГОСТ 9.602-2016. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии
17. ВУС изоляция прайс лист // АО Металл URL: https://ulan-ude.metall-ural.ru/prays_listy/izolyaciya_vus/ (дата обращения: 07.11.2021).

САМОЗАЛЕЧИВАНИЕ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕТОНАХ ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

В. Г. Соловьев¹, Л. И. Ефишов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹s_vadim_g@mail.ru

²efishov.luka@gmail.com

Аннотация

В работе представлены результаты исследования эффекта «самозалечивания», наличие которого характерно для высокопрочных функциональных бетонов. Для данного типа бетонов характерно достаточно низкое В/Ц и содержание активных минеральных добавок, в связи с чем снижается степень гидратации частиц цемента по сравнению с рядовыми бетонами. В процессе эксплуатации потенциал дальнейшей гидратации таких бетонов достаточно велик, а продукты гидратации при этом формируются в различных микродефектах и порах, что и приводит к так называемому «самозалечиванию». В статье представлены результаты эксперимента, который дает объяснение росту прочности в процессе дальнейшей эксплуатации высокопрочных бетонов.

ВВЕДЕНИЕ

За рубежом набирает обороты производство различных архитектурных и инженерных элементов с использованием высокопрочных функциональных бетонов (UHPC – ultra-high performance concrete). Активно применяется и обновляется нормативно-расчетная база в Европе, США и Канаде [1-3]. Крупные компании, некоторые из которых хорошо известны в РФ, активно вовлечены в производство готовых решений для строительной отрасли: Lafarge S.A. (Франция), Sika AG (Швейцария), RAMPF Holding GmbH & Co. KG (Германия), Densit (Дания), ceEntek Pte Ltd. (Сингапур), Elementbau Osthessen GmbH & Co., ELO KG (Германия), TAKTL (США) и Gulf Precast Concrete Co. L.L.C (ОАЭ). Однако, по ряду причин, в Российской Федерации такие бетоны остаются на стадии лабораторных испытаний, несмотря на перспективность применения.

По результатам предшествующей серии работ нами было определено, что при тепловой обработке высокопрочных бетонов, которые уже сформировали прочную и малопроницаемую структуру, получается достичь дополнительного роста прочности, который составляет около 30%, по отношению к принятой для таких материалов тепловлажностной обработке [4-6]. Также это подтверждается в работах других исследователей [7-11]. Несмотря на некоторый технологический потенциал, данный эффект достаточно плохо описан и практически не учитывается на практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения испытаний используется портландцемент с различной активностью: ЦЕМ I 42.5 (АО «Теплоозерскцемент») и ЦЕМ I 52.5 (ООО «HeidelbergCement Rus») различных производителей. Микрокремнезем МКУ-85; мытый и фракционированный природный кварцевый песок 0.1 – 0.4 мм и 0.4 – 0.8 мм производства АО «Раменский ГОК»; кварцевая мука Silverbond 50 производства АО «Раменский ГОК» с максимальным размером частиц 50 мкм; поликарбоксилатный суперпластификатор MasterPolyNeed 3043 производства ООО «МБС Строительные системы».

Состав высокопрочного особо функционального бетона приведен в таблице 1.

Табл. 1. Контрольный состав (кг/м³)

| ЦЕМ I [кг] | МКУ 85 [кг] | Вода [кг] | Песок [кг] | Кварцевая мука [кг] | Master- PolyHeed | В/В | Ц:П |
|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------------------|---------------------|-------|-----|
| 837 | 209 | 197 | 921 | 251 | 3.9% | 0.188 | 1.1 |

Обработка образцов происходит в три основных этапа:

1. Приготовление образцов в смесителе и предварительная выдержка в камере нормального твердения в течении 24 часов (относительная влажность 95%, температура 20 °С).
2. Тепловая обработка в камере тепловлажностного твердения (относительная влажность 95%, температура 90 °С) в течении 8 часов.
3. Тепловая обработка в сушильном шкафу SNOL при температуре 150 °С или 250 °С в течении 8 часов.

Контрольные образцы, твердеющие в нормальных условиях, испытываются на 28 сутки. Образцы, подверженные тепловой обработке испытываются после остывания до комнатной температуры

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытания проводились на гидравлическом прессе Controls с максимальным усилием 2000 кН и контролируемой скоростью нагружения. Кубические образцы 70х70 мм были испытаны со скоростью 5700 Н / с и чувствительностью 2 кН. Результаты представлены на рисунке 1.

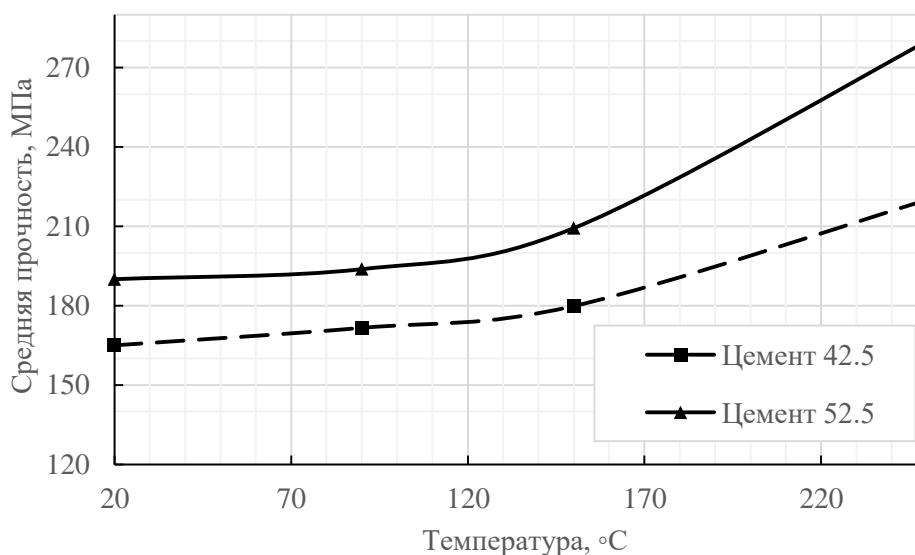
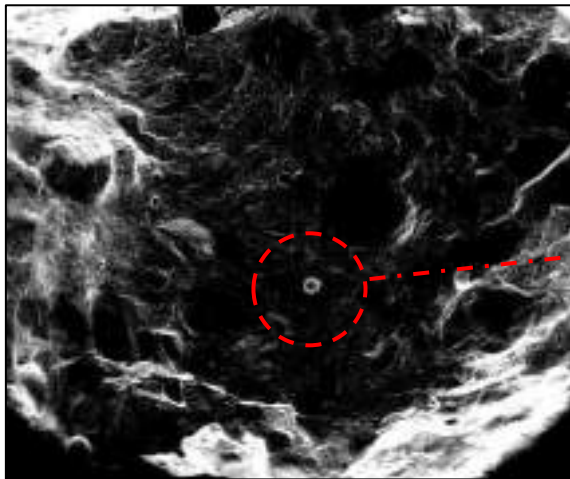
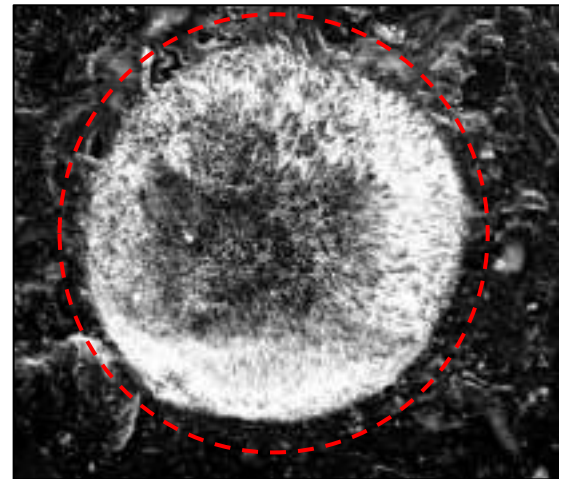


Рис. 1. Изменение прочности

В представленном эксперименте прирост прочности составил от 30 до 45%, в зависимости от активности цемента. При этом после тепловой обработки в воздушных порах обнаружены продукты дальнейшей гидратации цемента несмотря на то, что влажностная среда не создавалась (Рисунок 2).



а) воздушная пора (увел. 50х)



б) Новообразования (увел. 1500х)

Рис. 2. Воздушная пора с кристаллами, образовавшимися после тепловой обработки

Исходя из представленной информации можно сделать предположение, что рост прочности, вероятно, вызван так называемым «самозалечиванием» бетона, которое на самом деле является результатом того, что в очень плотной исходной структуре бетона единственно возможным пространством для дальнейшей гидратации становятся различные поры и микродефекты.

В некотором смысле в пользу данного предположения свидетельствует длительное исследование, в котором образцы высокопрочного функционального бетона испытывались на прочность спустя несколько лет [12]. В нем образцы достигали аналогичного прироста, однако на это требовалось 8 лет.

ВЫВОДЫ

В технологии высокопрочных функциональных бетонов используют низкие водоцементные отношения и высокие дозировки активных и инертных добавок. Все это приводит к тому, что к 28 суткам нормального твердения такие бетоны не достигают своей потенциальной прочности.

Принятые методы тепловлажностного твердения для рядового бетона оказывают сравнительно небольшой эффект на высокопрочные функциональные бетоны.

Значительный прирост прочности при температурах тепловой обработки свыше 150 °С вызван эффектом «самозалечивания», которые может наблюдаться и без тепловой обработки, но спустя значительное время. Его суть заключается в том, что при дальнейшей гидратации зерен цемента, рост кристаллов происходит в различных микродефектах уже сформированной макроструктуры, заполнение которых приводит к общему росту прочности.

Тепловую обработку при повышенной температуре возможно эффективно проводить без создания влажностных условий твердения, однако требуется больше исследований, касающихся образования температурных напряжений, возникающих при такой температуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. AASHTO Highway Subcommittee on Bridges and Structures, «AASHTO LRFD Bridge Design Specifications». - Washington, DC; AASHTO, 2017.
2. CSA S6-14, «Canadian Highway Bridge Design Code», Canadian Standards Association (CSA), Mississauga, ON, Canada, 2014.
3. NF P18-710, «National Addition to the Eurocode 2 – Design of Concrete Structures: Specific Rules for Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPFRC)», AFNOR, Paris, 2016.
4. Soloviev V., Efishov L., Matyushin E., Structure formation of UHPC with metal fiber exposed to high temperature curing / Soloviev V. et al. // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2020, 869

032015 (doi:10.1088/1757-899X/869/3/032015).

5. Soloviev V., Influence of steam curing on properties of fiber-reinforced concrete during hardening / Soloviev V., et al. // MATEC Web of Conferences, 2018, Vol. 251 010331 (doi:10.1051/mateconf/201825101031).
6. Begunov O., Alexandrova O., Solovyov V., Studying of influence of fiber reinforcing at fine-grained concrete applying in transport construction / Begunov et al./ IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2017, 90 012016 (doi :10.1088/1755-1315/90/1/012016)
7. Cheyrezy M., Microstructural analysis of RPC (Reactive Powder Concrete)/ Cheyrezy M. // Cement and Concrete Research. - Pergamon, 1995. - 7: Vol. 25. - Pp. 1491-1500.
8. Shamsad A., Mechanical properties of steel fiber-reinforced UHPC mixtures exposed to elevated temperature: Effects of exposure duration and fiber content / Shamsad A. et al // Composites Part B: Engineering. – Elsevir 2019. – Vol. 168. - Pp. 291-301
9. V. Dorf, Pozzolanic effect at high temperatures of high strength cement-sand matrix of steel-fiber concrete/ V. Dorf, et al. // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2017, no. 2 (61), pp. 178–183.
10. T.M. Ahlborn, Durability and strength characterization of ultra-high performance concrete under variable curing regimes/ T.M. Ahlborn, et al. // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board – 2011. – 2251(1), - Pp. 68-75.
11. Ye Li, En-Hua Yang, Kang Hai Tan, Effects of heating followed by water quenching on strength and microstructure of ultra-high-performance concrete / Ye Li, et al. // Construction and Building Materials – 2019. – 207, Pp. 403-411.
12. Schachinger I, Stengel T, Hilbig H, Effect of Curing Temperature at an Early Age on the Long-Term Strength Development of UHPC / Schachinger I, et al. // Second International Symposium on Ultra High Strength Concrete – 2008., Pp. 205-212.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЦИЛИНДРОВ BOS-PIRE ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Е. В. Дресвянникова¹, Э. Р. Хазиахметова², Е. С. Каленова¹, Г. М. Ахмерова¹

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», ООО «БОС»,

¹lena-dresvyannikova@mail.ru

²new1@bos-pro.ru

Аннотация

Обзор современных теплоизоляционных и огнезащитных материалов, производимых на основе базальтового волокна включает шлаковату, стекловату, базальтовое тонкое волокно, базальтовое супертонкое волокно. Рассмотрены этапы производства базальтового супертонкого волокна, их основные теплотехнические характеристики, такие как коэффициент теплопроводности и диапазон температуры использования, а также преимущества и недостатки теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна. Проведено сравнение теплоизоляционной ваты из различного сырья для теплоизоляции трубопроводов. Проведён расчёт эффективности теплоизоляционных вырезных цилиндров из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIRE для трубопроводов двухтрубной тепловой сети, проложенных надземным способом на низких опорах. Тепловая сеть работает в г. Казани круглый год. Сделаны выводы об эффективности тепловой изоляции для различных диаметров.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время огромные средства затрачиваются на обеспечение теплом населения Российской Федерации. Все чаще затрагиваются темы энергоэффективности зданий и сооружений.

Существует множество методов повышения класса энергоэффективности зданий и сооружений. Правильный подбор теплоизоляционных материалов для систем теплоснабжения и отопления – несомненно, является одним из таких методов [1-3].

ВИДЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Теплоизоляция («тепловая изоляция») — элементы конструкции, уменьшающие процесс теплопередачи и выполняющие роль основного термического сопротивления в конструкции.

Существует большое разнообразие сырья, на основе которого производятся материалы для искусственной теплоизоляции трубопроводов.

Наиболее известные это: минеральная вата (производится в виде стеклянной ваты, которая изготавливается из расплава стекла; каменной ваты, которая изготавливается преимущественно из расплава изверженных горных пород; шлаковой ваты, изготавливаемой из расплава доменного шлака), утеплители на основе синтетического каучука.

Табл. 1. Сравнение теплоизоляционной ваты из различного сырья

| Наименование параметров | Шлаковата | Стекловата | Базальтовое тонкое волокно (БТВ) | Базальтовое супертонкое волокно (БСТВ) |
|--|--------------|----------------|----------------------------------|--|
| Предельная температура применения, °С | до 250 | от -60 до +450 | от -190 до +700 | от -190 до +900 |
| Средний диаметр волокна, мкм | от 4 до 12 | от 4 до 12 | от 5 до 15 | от 1 до 3 |
| Длина волокон, мм | 16 | 15-50 | 20-50 | 70-90 |
| Наличие связующего, % | от 2,5 до 10 | от 2,5 до 10 | от 2,5 до 10 | нет |
| Колкость | да | да | нет | нет |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(М-к) | 0,46-0,48 | 0,038-0,046 | 0,038-0,046 | 0,032-0,046 |
| Класс горючести | НГ | НГ | НГ | НГ |
| Выделение вредных веществ | да | да | да, если есть связующее | нет |
| Теплоемкость, Дж/кг*К | 1000 | 1050 | 500-800 | 800-1000 |
| Вибростойкость | нет | нет | нет | да |
| Сжимаемость, % | нет данных | нет данных | 40 | 15 |
| Упругость, % | нет данных | нет данных | 75 | 95 |
| Температура спекания, °С | 250-300 | 450-500 | 700-1000 | 1100-1500 |
| Сорбционное увлажнение за 24 ч (не более), % | 1,9 | 1,7 | 0,035 | 0,02 |
| Коэффициент звукопоглощения | 0,75-0,82 | 0,8-0,92 | 0,8-0,95 | 0,95-0,99 |
| Химическая устойчивость (потеря веса), % в воде | 7,8 | 6,2 | 1,6 | 1,6 |
| Химическая устойчивость (потеря веса), % в щелочной среде | 7 | 6 | 2,75 | 2,75 |
| Химическая устойчивость (потеря веса), % в кислотной среде | 68,7 | 38,9 | 2,2 | 2,2 |

ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВА БАЗАЛЬТОВОГО ТОНКОГО (БТВ) И СУПЕРТОНКОГО (БСТВ) ВОЛОКНА

Каменная вата — тепло- и звукоизоляция, изготовленная преимущественно из расплава изверженных горных пород. Исходным сырьем для производства волокна каменной ваты служат габбро-базальтовые горные породы. Эффективность базальтоволокнистой изоляции обусловлена ее рыхлой высокодисперсной структурой с большим количеством воздушных прослоек, а также малой материалоемкостью, так как плотность такого материала в 50-100 раз меньше плотности исходного сырья.

Этапы производства базальтового тонкого волокна: первоначально каменная базальтовая руда расплавляется при температуре 1200-1500 градусов Цельсия. На данном этапе своим внешним видом материал похож на вулканическую лаву. Расплавленная руда подается в центрифугу, где под сильными воздушными потоками она остывает. Далее базальтовые нити посредством маятникового раскладчика хаотично укладываются и формируются в маты определенной плотности. Для обеспечения лучшей прочности и придания материалу влагостойкости и химической устойчивости в процессе производства в материал добавляют связующий материал.

После печи через фильерные питатели с помощью вытягивающих устройств формируются первичные волокна, которые поступают в приемник нитей – валики. Через приемники нити поступают в камеру раздува с температурой 1500 °С и со скоростью потока пламени 300 м/с. Полученные в процессе раздува волокна в потоке отработанных газов через диффузор попадают на барабан волокноосаждения. Прокат в виде тонкого слоя, трамбуется сверху валом или подается на приемник-конвейер укладчик волокна, который формирует габаритные размеры, толщину и вес изделия. Далее изделие отправляется на прошивку и упаковку.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ БАЗАЛЬТОВОГО СУПЕРТОНКОГО ВОЛОКНА

Достоинства: одним из главных, является абсолютная негорючесть материала, в отличие от синтетического каучука и пенополиэтилена, имеющие группы горючести Г1 и Г2 соответственно. Материал прочный и эластичный, не разрушается, химически устойчивый к щелочам и кислотам, низкая гигроскопичность (способность вбирать в себя влагу и воздух), экологичен и нетоксичен. Низкий коэффициент теплопроводности - 0,032-0,046 Вт/(м·К).

Его недостатки: несомненно, одним из них является то, что при попадании влаги на утеплитель существенно повышается его теплопроводность, из-за чего падают теплоизоляционные показатели. Чтобы не допустить конденсации влаги в каменной вате, производители пропитывают ее гидрофобизаторами, которые предотвращают прилипание капелек воды к нитям. Также стараются предотвратить попадание воды, с помощью внешней защиты материала в виде фольги или металлических кожухов.

РАСЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ИЗОЛИРОВАННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПОДАЮЩИХ И ОБРАТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ НАДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ

Определим эффективность тепловой изоляции трубопроводов двухтрубной тепловой сети $d_n = 0,057$ м, проложенных надземным способом на низких опорах. В качестве основного слоя изоляции приняты теплоизоляционные вырезные цилиндры из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE. Защитное покрытие из тонколистовой оцинкованной стали по ГОСТ 14918-80*. Теплопроводность

защитного покрытия трубопровода из тонколистовой оцинкованной стали $\lambda_{П.С.}=40$ Вт/(м·°С). Толщина изоляции принята по расчету на калькуляторе технической изоляции ООО «БОС» с учётом уплотнения $\delta_{из1}=0,05$ м и $\delta_{из2}=0,04$ м (расчёты приведён в приложении). Расчётные параметры теплоносителя в тепловой сети 115/65°С. Тепловая сеть работает в г. Казани круглый год.

Определим среднегодовые температуры сетевой воды в подающем трубопроводе $t_{ср.в1}=71,9$ °С, а в обратном – $t_{ср.в2}=50$ °С. За расчётную температуру наружной среды при круглогодичной работе тепловой сети принимаем среднегодовую температуру наружного воздуха $t_{ср}=4,2$ °С.

Термическое сопротивление слоя изоляции подающего трубопровода:

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из1}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из1}}{d_n} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0417} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,05}{0,057} = 3,867 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

обратного:

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из2}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из2}}{d_n} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0388} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,04}{0,057} = 3,597 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

Термическое сопротивление защитного покрытия из кровельной стали толщиной 0,8 мм для подающего трубопровода:

$$R_{П.С.1} = \frac{1}{2\pi\lambda_{П.С.1}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из1} + 2\delta_{П.С.1}}{d_n + 2\delta_{из1}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,0008}{0,057 + 2 \cdot 0,05} = 4,03 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

для обратного:

$$R_{П.С.2} = \frac{1}{2\pi\lambda_{П.С.2}} \ln \frac{d_n + 2\delta_{из2} + 2\delta_{П.С.2}}{d_n + 2\delta_{из2}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \ln \frac{0,057 + 2 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,0008}{0,057 + 2 \cdot 0,04} = 4,62 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

В дальнейших расчётах величиной термического сопротивления защитного покрытия пренебрегаем вследствие её малого значения.

Принимаем коэффициент теплоотдачи на поверхности покровного слоя обоих трубопроводов $\alpha_i=20$ Вт/(м²·°С).

Тогда линейное термическое сопротивление теплоотдаче на поверхности изоляции (покровного слоя) подающего трубопровода:

$$R_{н1}^L = \frac{1}{\pi \cdot (d_n + 2\delta_{из1}) \cdot \alpha_n} = \frac{1}{3,14 \cdot (0,057 + 2 \cdot 0,05) \cdot 20} = 0,101 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

обратного:

$$R_{н2}^L = \frac{1}{\pi \cdot (d_n + 2\delta_{из2}) \cdot \alpha_n} = \frac{1}{3,14 \cdot (0,057 + 2 \cdot 0,04) \cdot 20} = 0,116 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$$

Удельные тепловые потери через изолированную поверхность подающего трубопровода:

$$q_{L1} = \frac{(t_{ср.в1} - t_n)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_{н1}^L} = \frac{(71,9 - 4,2)1,15}{3,867 + 0,101} = 19,62 \text{ Вт/м}$$

Удельные тепловые потери через изолированную поверхность обратного трубопровода:

$$q_{L2} = \frac{(t_{ср.в2} - t_n)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_{н2}^L} = \frac{(50 - 4,2)1,15}{3,597 + 0,116} = 14,18 \text{ Вт/м}$$

При условии отсутствия тепловой изоляции термическое сопротивление теплопроводов состоит из термического сопротивления на поверхности и равно для обеих труб:

$$\sum R_{неиз1}^L = \sum R_{неиз2}^L = \frac{1}{\pi \cdot d_n \cdot \alpha_n} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,057 \cdot 20} = 0,279 \text{ м} \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Удельные тепловые потери неизолрованными теплопроводами составят:

$$q_{неиз1} = \frac{(t_{ср.в1} - t_n)}{\sum R_{н1неиз}^L} = \frac{(71,9 - 4,2)}{0,279} = 242,46 \text{ Вт}/\text{м}$$

$$q_{неиз2} = \frac{(t_{ср.в2} - t_n)}{\sum R_{н2неиз}^L} = \frac{(50 - 4,2)}{0,279} = 164,03 \text{ Вт}/\text{м}$$

Эффективность тепловой изоляции на подающем и обратном теплопроводах:

$$\eta_1 = \frac{(q_{неиз1} - q_{L1})}{q_{неиз1}} = \frac{(242,46 - 19,62)}{242,46} = 0,92$$

$$\eta_2 = \frac{(q_{неиз2} - q_{L2})}{q_{неиз2}} = \frac{(164,03 - 14,18)}{164,03} = 0,91$$

Аналогичным образом производим расчеты для диаметров $D_n = 0,108; 0,219; 0,325; 0,630; 1,02$ м и результаты сводим в таблицу 2.

Табл. 2. Эффективность тепловой изоляции трубопроводов двухтрубной тепловой сети, проложенных надземным способом на низких опорах в г. Казань

| | D_y 50 | D_y 100 | D_y 200 | D_y 300 | D_y 600 | D_y 1020 |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| $t_{ср}, \text{°C}$ | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| $d_n, \text{м}$ | 0,057 | 0,108 | 0,219 | 0,325 | 0,63 | 1,02 |
| $t_{ср в1}, \text{°C}$ | 71,9 | 71,9 | 71,9 | 71,9 | 71,9 | 71,9 |
| $t_{ср в2}, \text{°C}$ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| $\lambda_{п.с.}, \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| $\lambda_{из1}, \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ | 0,0417 | 0,0417 | 0,0417 | 0,0417 | 0,0417 | 0,0417 |
| $\lambda_{из2}, \text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$ | 0,0388 | 0,0388 | 0,0388 | 0,0388 | 0,0388 | 0,0388 |
| $\delta_{п.с.}, \text{м}$ | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 | 0,0008 |
| $\delta_{из1}, \text{м}$ | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| $\delta_{из2}, \text{м}$ | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Эффективность теплоизоляции, η_1 | 91,9% | 94,2% | 95,1% | 96,0% | 96,3% | 96,4% |
| Эффективность теплоизоляции, η_2 | 91,4% | 93,9% | 94,8% | 95,1% | 95,4% | 96,2% |

ВЫВОДЫ

Проведённое сравнение теплоизоляционной ваты из различного сырья способствует правильному подбору теплоизоляционных материалов для теплоизоляции трубопроводов. По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что теплоизоляционные вырезные цилиндры из базальтового тонкого волокна на синтетическом связующем BOS-PIPE наиболее эффективны на диаметрах $D_y \geq 200$ мм (выше 95%).

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. –М.: Минрегион России, 2012. – 78 с.
2. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» –М.: Минрегион России, 2012. – 56 с.
3. Ахмерова Г.М. Теплоизоляционные материалы, применяемые для трубопроводов тепловых сетей и методы их расчета. Учебно-методическое пособие / Г. М. Ахмерова; М-во образования и науки Российской Федерации, Казанский гос. архитектурно-строительный ун-т. Казань, 2017.
4. Малова Ю.Г., Аблесимов Н.Е. Исследования каменного (базальтового) волокна: аналитический обзор // Научно-технический отраслевой журнал «Базальтовые технологии». 2013. Январь-июнь. С. 21-25.
5. Меньшикова Е.А., Осовецкий Б.М., Огарышев С.И. О составе и структуре базальтового супертонкого волокна // Научно-технический отраслевой журнал «Базальтовые технологии». 2017. Январь-декабрь. С. 24-27.
6. Мардигаллямов Р.С., Толуева Д.С., Ахмерова Г.М. Возможность применения теплоизоляции Thermaesco для труб системы отопления в индивидуальном тепловом пункте Тенденции развития науки и образования. 2017. № 33-1. С. 21-22.
7. Антонов А.В., Ахмерова Г.М. Исследование тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей, проложенных в коммуникационных коллекторах // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58-2. С. 88-90.
8. Akhmerova, G.M. Impact of soil moisture on heat losses of pipelines of district heat supply networks at underground channel-free gasket / G.M. Akhmerova, A.R. Zalyalova, R.M. Mukhametshina // International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering. – 2020.
9. Ахмерова Г.М., Фёдоров А.В. Влияние влажности грунта на тепловые потери теплопроводов в непроходных каналах// Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36). С. 117-121.
10. Дондоков А.Ц. Теплоизоляционный материал волокнистой структуры из базальта, полученный с применением плазменнодуговой обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Улан-Удэ, 2007. с.116.
11. Хомякова О.П. Оптимизация теплозащиты трубопроводов и оборудования тепловых сетей. автореф. дис. на соискание степени кандидата технических наук Саратов, 2007. – с.192.
12. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. - Москва: Инфра-М, 2003. – с. 268.
13. Saifullin E.R., Vankov Y.V., Bazukova E.R., Maryashev A.V. Evaluation of heat transporting losses due to changes of insulation properties during operation // Journal of physics: conference series, 9, Low-temperature Plasma during the Deposition of Functional Coatings. Сер. "Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma during the Deposition of Functional Coatings, LTP Coatings 2017" 2018, DOI: 10.1088/1742- 6596/1058/1/012061.
14. Базальтовые огнезащитные системы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://bos-pro.ru/product/cilindry- свободный>.
15. Базальтовые огнезащитные системы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://bos-pro.ru/kalkulyator-tehnicheskoy-izolyacii- свободный>.

РЕЗЕРВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е. А. Король¹, И. Ф. Дрепалов²

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,*

¹*professorkorol@mail.ru*

²*drepalov17@mail.r*

Аннотация

Интенсификация ремонтно-строительных работ зависит от многих факторов. К ним относятся, в первую очередь, такие традиционные технологические факторы, как снижение трудоемкости и продолжительности работ. Использование высокоэффективных строительных машин и механизмов позволяет достичь более высоких показателей интенсификации технологических процессов. Однако это приводит к дополнительным затратам, как трудовых, так и материальных ресурсов, что, в свою очередь, влияет на удорожание продукции ремонтно-строительного производства и, как следствие, сдерживает увеличение производительности труда. Выявление и изучение резервов интенсификации технологических процессов и разработка мероприятий по их применению направлено на обеспечение снижения дополнительных затрат при выборе рациональных решений интенсификации технологических процессов в ремонтно-строительной отрасли.

ВВЕДЕНИЕ

Во время эксплуатации зданий и сооружений производится ряд регламентированных техническими нормами ремонтно-строительных работ. Состав и объемы ремонтно-строительных работ определяются на основе данных натурных обследований зданий [1].

Обязательный общий перечень мероприятий по капитальному ремонту включает в себя: ремонт крыши, ремонт фасада, ремонт внутридомовых инженерных систем (электро-, газо-, водо-, теплоснабжение, водоотведение), ремонт или замена лифтового оборудования, ремонт лифтовых шахт, ремонт подвальных помещений, ремонт фундамента. В состав работ по текущим ремонтам входят: обновление архитектурных элементов здания, герметизация отдельных участков стыков; локальная покраска фасада, стен и потолка внутри помещения; покраска труб; мелкий ремонт перил; замена осветительных приборов; ремонт мусоропровода и т.д., т.е. ремонт производят локально. Рациональное планирование и реализация комплекса всех этих разноплановых работ может быть достигнуто методами организационно-технологического моделирования [2,3,4].

Для их реализации могут применяться как регламентированные нормами, так и инновационные технологии [5,6]. Совершенствование форм и методов проведения работ по капитальному ремонту зданий осуществляется на основе результатов научных исследований [7]. Современные способы производства работ по капитальному ремонту зданий основаны на принципах поточности и научных методах организации труда, разработанных с учетом специфики отдельных видов технологий ремонтно-строительных работ. В качестве основных показателей технологичности производства работ при капитальном ремонте рассмотрены: трудоемкость и продолжительность работ, материалоемкость, стоимость и затраты на изготовление конструкций. Каждый из этих показателей имеет соответствующие резервы, которые идентифицируются и используются для повышения технологичности производства, как каждого вида работ, так и по зданию в целом.

Технологичность производства ремонтно-строительных работ зданий рассматривают как совокупность требований, позволяющих выполнять их с наименьшими

затратами труда, материалов и средств, используя передовую технологию и обеспечивая предусмотренные проектом технико-экономические показатели эксплуатации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выявление резервов технологических процессов в ремонтно-строительном производстве дает возможность улучшения использования ресурсов в результате совершенствования организации труда, производственного процесса и управления. По методам реализации выделены: организационно-технологические резервы (последовательность и сменность выполнения работ, а также сезонность их производства (R_1); внедрение BIM-технологий в организационно-технологическое моделирование производства работ (R_2)); проектно-конструктивные (внедрение BIM-технологий в проектирование (R_3); укрупнение конструктивных элементов, упрощение геометрических форм, сокращение материалоемкости (R_4)) и технологические (уменьшение числа монтажных элементов и стыков (R_5); сокращение трудовых действий и операций при выполнении технологических процессов (R_6)).

Использование всех видов резервов означает экономное использование материальных и трудовых средств, где условия и характер их реализации определяют основные направления повышения технологичности работ по сравнению с установленным ранее уровнем [8].

Результативность использования этих резервов оценена экспертным способом с применением метода многокритериального анализа. В качестве критериев оценки при организационно-технологическом моделировании с точки зрения наиболее рационального использования строительных материалов и снижения трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ были выбраны следующие критерии:

K1 – универсальность технологии для различных видов объектов капитального ремонта;

K2 – интегрированность в программно-целевые методы управления;

K3 – обеспеченность квалифицированными кадрами рабочих;

K4 – адаптивность к информатизации технологических процессов;

K5 – минимизация трудоемкости технологических процессов.

Многокритериальный анализ проводится на основании приведенных критериев. При оценке используется метод определения весов критериев и оценок результатов – метод матриц парных сравнений [9,10]. Полученные результаты сравниваются по степени их значимости и могут быть графически представлены в виде набора коэффициентов «важности» каждого результата (вектора «важности»).

В первую очередь, устанавливается шкала приоритетов относительной важности для каждого вида резерва. В случае сложности и новизны системы, невозможности полной и точной математической формализации процессов и неопределенности в формировании ее существенных признаков предпочтительно использовать метод экспертного опроса. Принятая комбинация резервов генерируется экспертным путем и имеет численное выражение, которое записывается в матрицу парных сравнений, при этом определяются элементы, расположенные над диагональю матрицы. Элементы под диагональю в матрице парных сравнений вычисляются по формуле (1):

$$\gamma_{ij} = 1 / \gamma_{ji} \quad (1)$$

После установления шкалы приоритетов относительной важности проводится ранжирование резервов по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ по степени их значимости (таблица 1).

Табл.1. Ранжирование резервов по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ

| Наименование резерва | | Ранг важности |
|----------------------|---|---------------|
| R ₁ | Последовательность и сменность выполнения работ, а также сезонность их производства | 3 |
| R ₂ | Внедрение BIM-технологий в организационно-технологическое моделирование производства работ | 1 |
| R ₃ | Внедрение BIM-технологий в проектирование | 2 |
| R ₄ | Укрупнение конструктивных элементов, упрощение геометрических форм, сокращение материалоемкости | 4 |
| R ₅ | Уменьшение числа монтажных элементов и стыков | 6 |
| R ₆ | Сокращение трудовых действий и операций при выполнении технологических процессов | 5 |

Определим значения показателя важности каждого резерва по формуле (2):

$$I_{Rn} = 2(n-k+1)/n(n+1)*100, \quad (2)$$

где k – ранг важности резерва; n – общее количество резервов.

$$I_{R1} = \frac{2(6-3+1)}{6(6+1)} 100 = 19,05; \quad I_{R2} = \frac{2(6-1+1)}{6(6+1)} 100 = 28,6;$$

$$I_{R3} = \frac{2(6-2+1)}{6(6+1)} 100 = 23,8; \quad I_{R4} = \frac{2(6-4+1)}{6(6+1)} 100 = 14,29;$$

$$I_{R5} = \frac{2(6-6+1)}{6(6+1)} 100 = 4,76; \quad I_{R6} = \frac{2(6-5+1)}{6(6+1)} 100 = 9,52.$$

Создаем матрицу парных сравнений для рассматриваемых резервов согласно выражению по формуле (3) (таблица 2):

$$\gamma_{ij} = \frac{I_i}{I_j}; \quad (3)$$

Табл.2. Матрица парных сравнений резервов по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ

| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| $\gamma_{1,1} = 1$ | $\gamma_{1,2} = 0,67$ | $\gamma_{1,3} = 0,8$ | $\gamma_{1,4} = 1,33$ | $\gamma_{1,5} = 4$ | $\gamma_{1,6} = 2$ |
| $\gamma_{2,1} = 1,5$ | $\gamma_{2,2} = 1$ | $\gamma_{2,3} = 1,2$ | $\gamma_{2,4} = 2$ | $\gamma_{2,5} = 6,01$ | $\gamma_{2,6} = 3$ |
| $\gamma_{3,1} = 1,25$ | $\gamma_{3,2} = 0,83$ | $\gamma_{3,3} = 1$ | $\gamma_{3,4} = 1,67$ | $\gamma_{3,5} = 5$ | $\gamma_{3,6} = 2,5$ |
| $\gamma_{4,1} = 0,75$ | $\gamma_{4,2} = 0,5$ | $\gamma_{4,3} = 0,6$ | $\gamma_{4,4} = 1$ | $\gamma_{4,5} = 3$ | $\gamma_{4,6} = 1,5$ |
| $\gamma_{5,1} = 0,25$ | $\gamma_{5,2} = 0,17$ | $\gamma_{5,3} = 0,2$ | $\gamma_{5,4} = 0,33$ | $\gamma_{5,5} = 1$ | $\gamma_{5,6} = 0,5$ |
| $\gamma_{6,1} = 0,5$ | $\gamma_{6,2} = 0,33$ | $\gamma_{6,3} = 0,4$ | $\gamma_{6,4} = 0,67$ | $\gamma_{6,5} = 2$ | $\gamma_{6,6} = 1$ |

Определим векторы приоритетов. Для этого сначала умножим $n = 6$ элементов каждой строки и извлечем корень n -ой (6-ой) степени по формуле (4):

$$V_i = (\gamma_{1,1} \times \gamma_{1,2} \times \gamma_{1,3} \times \gamma_{1,4} \times \gamma_{1,5} \times \gamma_{1,6})^{1/6} \quad (4)$$

$$V_{R1} = (1 \times 0,67 \times 0,8 \times 1,33 \times 4 \times 2)^{1/6} = 1,336;$$

$$V_{R2} = (1,5 \times 1 \times 1,2 \times 2 \times 6,01 \times 3)^{1/6} = 2,006;$$

$$V_{R3} = (1,25 \times 0,83 \times 1 \times 1,67 \times 5 \times 2,5)^{1/6} = 1,669;$$

$$V_{R4} = (0,75 \times 0,5 \times 0,6 \times 1 \times 3 \times 1,5)^{1/6} = 1,002;$$

$$V_{R5} = (0,25 \times 0,17 \times 0,2 \times 0,33 \times 1 \times 0,5)^{1/6} = 0,334;$$

$$V_{R6} = (0,5 \times 0,33 \times 0,4 \times 0,67 \times 2 \times 1)^{1/6} = 0,668.$$

Затем нормализуем полученные числа по формуле (5):

$$n_i = V_i \sum V_i, \quad n_i = 1, \quad (5)$$

$$n_{R1} = \frac{1,34}{7,02} = 0,19; \quad n_{R2} = \frac{2,01}{7,02} = 0,286; \quad n_{R3} = \frac{1,67}{7,02} = 0,238;$$

$$n_{R4} = \frac{1}{7,02} = 0,143; \quad n_{R5} = \frac{0,33}{7,02} = 0,048; \quad n_{R6} = \frac{0,67}{7,02} = 0,095.$$

Ранжирование критериев для каждого резерва и определение значений показателей важности каждого из рассматриваемых критериев определяется по формуле (2) (таблица 3).

Табл.3. Ранжирование критериев для оценки резервов по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ

| Критерии | Показатели важности критерия по резервам (Заданные ранги) | | | | | |
|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ | R ₆ |
| K ₁ | 33,33 (1) | 33,33 (1) | 33,33 (1) | 33,33 (1) | 33,33 (1) | 26,67 (2) |
| K ₂ | 13,33 (4) | 20 (3) | 13,33 (4) | 20 (3) | 26,67 (2) | 20 (3) |
| K ₃ | 6,67 (5) | 26,67 (2) | 26,67 (2) | 26,67 (2) | 6,67 (5) | 33,33 (1) |
| K ₄ | 20 (3) | 6,67 (5) | 20 (3) | 6,67 (5) | 20 (3) | 6,67 (5) |
| K ₅ | 26,67 (2) | 13,33 (4) | 6,67 (5) | 13,33 (4) | 13,33 (4) | 13,33 (4) |

Далее выполним комплексное построение матриц парных сравнений для всех критериев, используя формулу (3) для всех 6 резервов с определением векторов приоритетов (таблица 4). Затем нормализуем полученные значения согласно формулам (4) и (5).

Табл.4. Комплексное построение матриц парных сравнений и векторы приоритетов с нормализацией значений

| Матрицы парных сравнений по резервам | | | | | Векторы приоритетов | Нормализация значений |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Резерв 1 (R ₁) | | | | | | |
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 2,5$ | $\Upsilon_{1,3} = 5$ | $\Upsilon_{1,4} = 1,67$ | $\Upsilon_{1,5} = 1,25$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,4$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 2$ | $\Upsilon_{2,4} = 0,67$ | $\Upsilon_{2,5} = 0,5$ | 0,77 | 0,13 |
| $\Upsilon_{3,1} = 0,2$ | $\Upsilon_{3,2} = 0,5$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 0,33$ | $\Upsilon_{3,5} = 0,25$ | 0,38 | 0,07 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,6$ | $\Upsilon_{4,2} = 1,5$ | $\Upsilon_{4,3} = 3$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 0,75$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,8$ | $\Upsilon_{5,2} = 2$ | $\Upsilon_{5,3} = 4$ | $\Upsilon_{5,4} = 1,33$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 1,54 | 0,27 |
| Резерв 2 (R ₂) | | | | | | |
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 1,67$ | $\Upsilon_{1,3} = 1,25$ | $\Upsilon_{1,4} = 5$ | $\Upsilon_{1,5} = 2,5$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,6$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 0,75$ | $\Upsilon_{2,4} = 3$ | $\Upsilon_{2,5} = 1,5$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{3,1} = 0,8$ | $\Upsilon_{3,2} = 1,33$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 4$ | $\Upsilon_{3,5} = 2$ | 1,54 | 0,27 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,2$ | $\Upsilon_{4,2} = 0,33$ | $\Upsilon_{4,3} = 0,25$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 0,5$ | 0,38 | 0,07 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,4$ | $\Upsilon_{5,2} = 0,67$ | $\Upsilon_{5,3} = 0,5$ | $\Upsilon_{5,4} = 2$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 0,77 | 0,13 |
| Резерв 3 (R ₃) | | | | | | |
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 2,5$ | $\Upsilon_{1,3} = 1,25$ | $\Upsilon_{1,4} = 1,67$ | $\Upsilon_{1,5} = 5$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,4$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 0,5$ | $\Upsilon_{2,4} = 0,67$ | $\Upsilon_{2,5} = 2$ | 0,77 | 0,13 |
| $\Upsilon_{3,1} = 0,8$ | $\Upsilon_{3,2} = 2$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 1,33$ | $\Upsilon_{3,5} = 4$ | 1,54 | 0,27 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,6$ | $\Upsilon_{4,2} = 1,5$ | $\Upsilon_{4,3} = 0,75$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 3$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,2$ | $\Upsilon_{5,2} = 0,5$ | $\Upsilon_{5,3} = 0,25$ | $\Upsilon_{5,4} = 0,33$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 0,38 | 0,07 |
| Резерв 4 (R ₄) | | | | | | |
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 1,67$ | $\Upsilon_{1,3} = 1,25$ | $\Upsilon_{1,4} = 5$ | $\Upsilon_{1,5} = 2,5$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,6$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 0,75$ | $\Upsilon_{2,4} = 3$ | $\Upsilon_{2,5} = 1,5$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{3,1} = 0,8$ | $\Upsilon_{3,2} = 1,33$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 4$ | $\Upsilon_{3,5} = 2$ | 1,54 | 0,27 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,2$ | $\Upsilon_{4,2} = 0,33$ | $\Upsilon_{4,3} = 0,25$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 0,5$ | 0,38 | 0,07 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,4$ | $\Upsilon_{5,2} = 0,67$ | $\Upsilon_{5,3} = 0,5$ | $\Upsilon_{5,4} = 2$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 0,77 | 0,13 |
| Резерв 5 (R ₅) | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------|------|
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 1,33$ | $\Upsilon_{1,3} = 0,8$ | $\Upsilon_{1,4} = 4$ | $\Upsilon_{1,5} = 2$ | 1,54 | 0,27 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,75$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 0,6$ | $\Upsilon_{2,4} = 3$ | $\Upsilon_{2,5} = 1,5$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{3,1} = 1,25$ | $\Upsilon_{3,2} = 1,67$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 5$ | $\Upsilon_{3,5} = 2,5$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,25$ | $\Upsilon_{4,2} = 0,33$ | $\Upsilon_{4,3} = 0,2$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 0,5$ | 0,38 | 0,07 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,5$ | $\Upsilon_{5,2} = 0,67$ | $\Upsilon_{5,3} = 0,4$ | $\Upsilon_{5,4} = 2$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 0,77 | 0,13 |
| Резерв 6(R_6) | | | | | | |
| $\Upsilon_{1,1} = 1$ | $\Upsilon_{1,2} = 1,33$ | $\Upsilon_{1,3} = 0,8$ | $\Upsilon_{1,4} = 4$ | $\Upsilon_{1,5} = 2$ | 1,54 | 0,27 |
| $\Upsilon_{2,1} = 0,75$ | $\Upsilon_{2,2} = 1$ | $\Upsilon_{2,3} = 0,6$ | $\Upsilon_{2,4} = 3$ | $\Upsilon_{2,5} = 1,5$ | 1,15 | 0,2 |
| $\Upsilon_{3,1} = 1,25$ | $\Upsilon_{3,2} = 1,67$ | $\Upsilon_{3,3} = 1$ | $\Upsilon_{3,4} = 5$ | $\Upsilon_{3,5} = 2,5$ | 1,92 | 0,33 |
| $\Upsilon_{4,1} = 0,25$ | $\Upsilon_{4,2} = 0,33$ | $\Upsilon_{4,3} = 0,2$ | $\Upsilon_{4,4} = 1$ | $\Upsilon_{4,5} = 0,5$ | 0,38 | 0,07 |
| $\Upsilon_{5,1} = 0,5$ | $\Upsilon_{5,2} = 0,67$ | $\Upsilon_{5,3} = 0,4$ | $\Upsilon_{5,4} = 2$ | $\Upsilon_{5,5} = 1$ | 0,77 | 0,13 |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При комплексном построении матриц парных сравнений полученные данные использованы для определения важности критериев по заданным резервам по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ. В качестве исходных данных применены векторы приоритетов с учетом их нормализации и ранжированные критерии, соответствующие данным резервам (таблица 5).

Табл.5. Исходные данные для оценки значимости критериев по заданным резервам по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ

| Значимость резервов | | Значимость оценочных критериев | | | | |
|---------------------|---------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | K_1 | K_2 | K_3 | K_4 | K_5 |
| R_1 | $n_1 = 0,19$ | $n_{1R1} = 0,33$ | $n_{2R1} = 0,13$ | $n_{3R1} = 0,07$ | $n_{4R1} = 0,2$ | $n_{5R1} = 0,27$ |
| R_2 | $n_2 = 0,286$ | $n_{1R2} = 0,33$ | $n_{2R2} = 0,2$ | $n_{3R2} = 0,27$ | $n_{4R2} = 0,07$ | $n_{5R2} = 0,13$ |
| R_3 | $n_3 = 0,238$ | $n_{1R3} = 0,33$ | $n_{2R3} = 0,13$ | $n_{3R3} = 0,27$ | $n_{4R3} = 0,2$ | $n_{5R3} = 0,07$ |
| R_4 | $n_4 = 0,143$ | $n_{1R4} = 0,33$ | $n_{2R4} = 0,2$ | $n_{3R4} = 0,27$ | $n_{4R4} = 0,07$ | $n_{5R4} = 0,13$ |
| R_5 | $n_5 = 0,048$ | $n_{1R5} = 0,33$ | $n_{2R5} = 0,27$ | $n_{3R5} = 0,07$ | $n_{4R5} = 0,2$ | $n_{5R5} = 0,13$ |
| R_6 | $n_6 = 0,095$ | $n_{1R6} = 0,27$ | $n_{2R6} = 0,2$ | $n_{3R6} = 0,33$ | $n_{4R6} = 0,07$ | $n_{5R6} = 0,13$ |

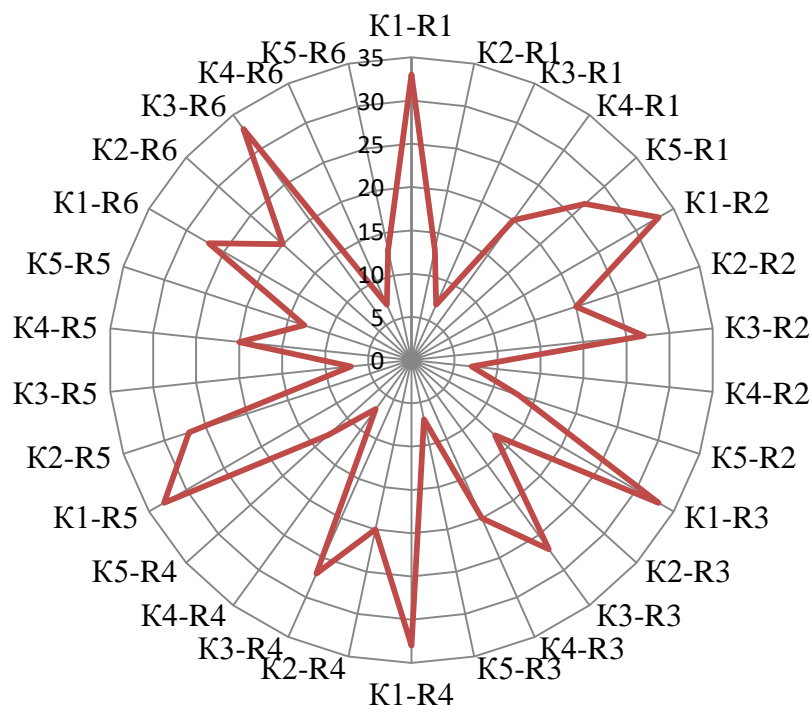


Рисунок 1. Показатели важности оценочных критериев для резервов по снижению трудозатрат при выполнении ремонтно-строительных работ

Оценка значимости критериев для резервов проводится по всем критериям:

$$\text{Критерий } K_1: 0,19 \times 0,33 + 0,286 \times 0,33 + 0,238 \times 0,33 + 0,143 \times 0,33 + 0,048 \times 0,33 + 0,095 \times 0,27 = 0,324;$$

$$\text{Критерий } K_2: 0,19 \times 0,13 + 0,286 \times 0,2 + 0,238 \times 0,13 + 0,143 \times 0,2 + 0,048 \times 0,27 + 0,095 \times 0,2 = 0,173;$$

$$\text{Критерий } K_3: 0,19 \times 0,07 + 0,286 \times 0,27 + 0,238 \times 0,27 + 0,143 \times 0,27 + 0,048 \times 0,07 + 0,095 \times 0,33 = 0,228;$$

$$\text{Критерий } K_4: 0,19 \times 0,2 + 0,286 \times 0,07 + 0,238 \times 0,2 + 0,143 \times 0,07 + 0,048 \times 0,2 + 0,095 \times 0,07 = 0,132;$$

$$\text{Критерий } K_5: 0,19 \times 0,27 + 0,286 \times 0,13 + 0,238 \times 0,07 + 0,143 \times 0,13 + 0,048 \times 0,13 + 0,095 \times 0,13 = 0,142.$$

По результатам проведенных численных исследований следует, что для выявленных резервов критерий K_1 - универсальность технологии для различных видов объектов капитального ремонта является наиболее значимым.

В результате выполнения ремонтно-строительных работ техническое состояние зданий приводится в соответствии с актуальными требованиями по энергосбережению [11,12] и формированию благоприятной среды жизнедеятельности [13,14,15].

ВЫВОДЫ

Выявление резервов и их применение является одним из эффективных методов интенсификации технологических процессов при ремонтно-строительном производстве.

Внедрение BIM-технологий в проектирование и организационно-технологическое моделирование является основным резервом по степени значимости при выполнении ремонтно-строительных работ, так как за счет применения цифровых технологий

сокращаются сроки организационно-технологического проектирования и производства ремонтно-строительных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шрейбер К.А. Технология и организация ремонтно-строительного производства. М. : Изд-во АСВ, 2008. 296 с.
2. Мищенко В.Я., Драпалюк Д.А., Понявина Н.А. Планирование проведения ремонтно-строительных работ с целью достижения максимального срока эксплуатации строительных объектов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 9. С. 28–31.
3. Мищенко В.А., Драпалюк Д.А., Назаров А.Н. Моделирование проведения ремонтно-строительных работ при эксплуатации жилого фонда // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 4 (25). С. 104–107.
4. Мищенко В.Я., Колодяжный С.А., Горбанева Е.П., Овчинникова Е.В. Применение алгоритмов поиска кратчайшего пути в ориентированном графе при планировании капитального ремонта жилищного фонда // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году : сб. науч. тр. РААСН. М., 2019. С. 326–338.
5. Король О.А. Концептуальные основы формирования нормативной базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных жилых домов. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 11 (1011). С. 20–21.
6. Король Е.А., Шрейбер К.К. Теоретические аспекты формирования нормативно-методической базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 11. С. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.11.
7. Король Е.А. Развитие методологии формирования нормативной базы в области эксплуатации зданий и сооружений и модернизация образовательных программ // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 10 (109). С. 1082–1089. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.10.1082-1089.
8. Король Е.А., Котова Л.О. Инновационные технологии капитального ремонта многоквартирных жилых домов. // Строительство — формирование среды жизнедеятельности : XXI Международная научная конференция : сб. мат. сем. «Молодежные инновации». 2018. С. 341–344.
9. Король О.А., Старостин А.Р. Сравнительный анализ технических параметров лифтового оборудования при замене на стадиях текущего и капитального ремонта объектов недвижимости // Недвижимость: экономика, управление. 2018. № 2.
10. Король О.А., Кузнецов Г.С. Многокритериальный анализ мероприятий при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов // Недвижимость: экономика, управление. 2017. № 1.
11. Мищенко В.Я., Горбанева Е.П., Овчинникова Е.В., Севрюкова К.С. Повышение энергоэффективности жилых зданий при проведении капитального ремонта // ФЭС: Финансы. Экономика. 2019. Т. 16. № 1. С. 66–72.
12. Король О.А. Основные подходы и принципы формирования методики оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в строительном производстве. Научное обозрение. 2015. № 12. С. 393–396.
13. Korol E.A., Petrosyan R.S. 2020 Methodological approaches to the formation of the organizational and technological mechanism for improving the manufacturability of work during the overhaul of buildings IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. **753** 032057 DOI:10.1088/1757-899X/753/3/032057.
14. Matreninskiy S., Mischenko V., Chertov V. Formation of classes of urban environment areas for their renovation // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. P. 01014. DOI: 10.1051/mateconf/201819301014.
15. Korol O., Dudina A. Engineering and Technical support of territories for implementation of renovation projects of the housing stock. E3S Web of Conferences. 2019; 97:06027. DOI: 10.1051/e3sconf/20199706027.

ОЦЕНКА И СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ CO₂ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM

А. В. Мухина¹, К. И. Стрелец², Э. Р. Хасанова³

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

¹*muhina.av@edu.spbstu.ru*

²*strelec_ki@spbstu.ru*

³*hasanova.er@edu.spbstu.ru*

Аннотация

Строительная сфера вырабатывает больше четверти всех выбросов углекислого газа, что способствует ухудшению экологической обстановки в мире. Данная статья описывает один из способов уменьшения выбросов углекислого газа от строительства, а также преимущества сборного строительства.

В этом исследовании проведен анализ выбросов углекислого газа при строительстве типового жилого здания. Были рассчитаны показатели объема выбросов и экономическая оценка снижения выбросов углекислого газа двух вариантов строительства в зависимости от выбора производителя строительных материалов для сборно-монолитного жилого здания с помощью плагина OneClick LCA для Revit 2021. Показано, что при использовании ряда экологичных строительных материалов и изделий европейских производителей вместо российских аналогов возможно сократить выбросы углекислого газа более чем в 2.5 раза.

ВВЕДЕНИЕ

Признание роли антропогенного воздействия двуокиси углерода на изменение климата в последние годы привело к необходимости принятия всемирных обязательств по сокращению выбросов CO₂ и других парниковых газов[3],[7]. Было установлено, что 39% глобальных выбросов углерода приходится на сферу строительства, и большая часть этого является результатом неэффективного применения рабочей силы, оборудования и материалов[1],[8]. Одним из вариантов снижения уровня CO₂ от строительной отрасли является изменение типа массового строительства. А именно, необходимо осуществить переход от традиционного строительства к сборному или модульному. Такой тип застройки значительно уменьшит показатели двуокиси углерода за счет сокращения выбросов на строительной площадке от, так называемой, скорости строительства, поставки материалов уже в собранном (готовом) виде, а также за счет изменения состава бетонных изделий на более экологичные. Для оценки экологического влияния, рассматриваемого в данном исследовании, использован программный комплекс, который поможет изучить несколько аспектов выбросов углекислого газа [19] в атмосферу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбросы CO₂ на протяжении всего жизненного цикла здания можно разделить на два отдельных этапа: выбросы от производства материалов, от строительства и эксплуатационные выбросы [2], [10], [11].

Оценку эксплуатационных выбросов углерода за весь срок службы здания можно произвести по следующей формуле:

$$C_o = [(E_{SH} + E_{HW}) \cdot 0,198 + E_L \cdot 0,517] \cdot L_B,$$

где, E_{SH} – годовая энергия отопления помещений, кВтч;

E_{HW} – годовая энергия горячей воды, кВтч;

E_L – годовая энергия для освещения, кВтч;

L_B – срок службы здания, года.

Оценку воплощенных выбросов углерода за весь период строительства здания можно произвести по формуле:

$$CE = \sum(Vd \cdot C_{coef} \cdot NR),$$

где, Vd – объем материала, м³;

C_{coef} – коэффициент углерода из базы данных ICE (inventory of carbon and energy), кгСО₂е/кг;

NR – годовая энергия для освещения, кВтч.

Для того чтобы расчеты по данным показателям были минимальными необходимо выбрать оптимальную конструкцию здания.

Всеми известны положительные аспекты сборного и модульного строительства [4] такие как: безопасность работников, эффективность строительства и сокращение затрат строительства. Эти типы строительных конструкций также обладают экологическими преимуществами. За счет сокращения общих транспортных потребностей и оптимизации доставки элементов на строительную площадку при сборном и модульном строительстве общий объем выбросов СО₂ в атмосферу значительно уменьшается [5].

Для повышения эффективности строительства стали использовать метод оценки жизненного цикла (LCA) [5]. Он лежит в основе действующего стандарта по оценке зданий [1], согласно которому LCA рассматривает аспекты окружающей среды и воздействия, оказываемые продукционной системой. Исследования LCA включают в себя четыре стадии:

- определение цели и области исследования;
- инвентаризационный анализ;
- оценка воздействий;
- интерпретация.

В нашем исследовании мы рассмотрим один из этапов LCA - оценка воздействия жилого сборно-монолитного здания на окружающую среду, а именно, количество выбросов углекислого газа.

Для широкого применения LCA [12] на ранних стадиях проектирования требуется методика расчета количества выбросов парниковых газов в атмосферу, который позволит оценивать и сравнивать варианты проектирования зданий, а также выполнять ряд других функций, упрощающих и ускоряющих процесс строительства здания.

Поскольку все этапы строительства зданий, переходят к применению BIM [9], LCA также потребует интегрированных в BIM [13] рабочих процессов для поддержания комплексного устойчивого принятия решений [6]. Примером взаимодействия BIM и LCA [14] может выступить плагин OneClick LCA для программного комплекса Revit.

OneClick LCA – это автоматизированное универсальное программное обеспечение для оценки всего жизненного цикла здания и расчета различных аспектов влияния строительства на окружающую среду, включая измерение выбросов углерода. Данное программное обеспечение позволяет разрабатывать низкоуглеродные проекты.

OneClick LCA имеет возможность интеграции с такими программными комплексами, как Excel, Revit, Tekla и др. На данном этапе нашего исследования мы остановили свой выбор на программе Revit 2021.

Исходящими данными в программном обеспечении OneClick LCA являются общий объем выбросов углекислого газа, показатель CarbonHeroesBenchmark, социальная стоимость углерода, полная оценка LCA. Социальная стоимость углерода (SCC) используется для оценки всего экономического ущерба, который может возникнуть в результате выброса одной тонны углекислого газа в атмосферу. Производится экономическая оценка снижения выбросов. С помощью программного обеспечения LCA Checker проводится оценка достоверности реализованных воздействий и верификация результатов.

Оценка количества выбросов углекислого газа при строительстве представлена в данной статье и произведена для односекционного десятиэтажного жилого дома. Жилой дом состоит из: одного подземного этажа высотой 3 метра, одного этажа для входной группы помещений и офисных помещений высотой 4 метра, девять этажей, отведенных под квартиры, высотой 3 метра. Здание имеет площадь в плане 531,213 м² и высоту 34,32 метра в верхней точке. В качестве основной несущей системы здания принят сборно-монолитный железобетонный каркас, состоящий из несущих трехслойных железобетонных панелей и монолитных перекрытий, жестко сопряженных между собой и образующих единую пространственную конструкцию.

Межэтажные перекрытия приняты толщиной 200 мм. Наружные трехслойные сборные железобетонные стеновые панели выполнены из железобетона 160 мм со слоем утеплителя, в виде каменной ваты, толщиной 180 мм и второго слоя железобетона толщиной 70 мм. Внутренние несущие стены выполнены из сборных железобетонных стеновых панелей толщиной 160 мм. Толщина ростверка 600 мм (рис.1).



Рисунок 1. Визуализация сборно-монолитного жилого дома

В программном комплексе OneClick LCA выполняются работы со структурными и архитектурными моделями, есть возможность использования различных методов маркировки материалов. Облачный сервис, к которому подключается плагин, определяет материалы, используемые в модели, и автоматически рассчитывает их воздействие на окружающую среду.

Анализ полученных данных в плагине OneClick LCA поможет определить количество выбросов CO₂ в атмосферу от сборно-монолитного жилого здания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка жизненного цикла (LCA) здания была выполнена с помощью плагина OneClick LCA для Revit 2021. Расчет оценки жизненного цикла был произведен в облаке. После заполнения всех параметров и характеристик строительных материалов были получены следующие результаты.

Первый вариант расчета был сделан на базе строительных материалов из России (Portland cement, generic, CEM I (5544 tons CO₂e); Structural steel profiles, generic (373 tons CO₂e); Waterproofing roof membrane, PVC-P (193 tons CO₂e); Glazed ceramic tiles (112 tons CO₂e); Rock wool insulation panels, unfaced, generic (47 tons CO₂e); Gypsum plaster board, regular, generic (47 tons CO₂e); Birch plywood, coated (16 tons CO₂e); Float glass, single pane, generic (18 tons CO₂e); Gravel, dry bulk density (0,16 tons CO₂e). По итогу мы получили: общий объем выбросов углекислого газа при строительстве данного объекта составил 6665 тонн. Показатель CarbonHeroesBenchmark составил 3502, что соответствует классу G,

нижний крайний показатель. Социальная стоимость углерода составила 333229 €. На основе расчетов LCA Checker, в том числе с помощью данных, представленных на рисунках 2 и 3, полная оценка LCA была установлена D.

Global warming kg CO2e - Life-cycle stages

- A1-A3 Materials - 95.2%
- C1-C4 End of life - 4.4%
- A4 Transportation - 0.4%

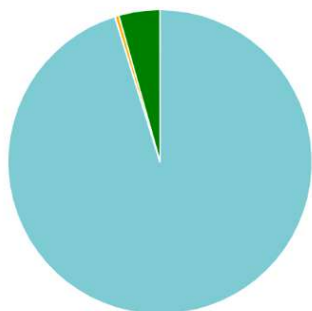


Рисунок 2. Выбросы углекислого газа на разных стадиях строительства для варианта №1

Global warming kg CO2e - Resource types

This is a drilldown chart. Click on the chart to view details

- Cement - 84.3%
- Metals - 5.7%
- Plastics, membranes & roofing - 6.4%
- Bricks and ceramics - 2.0%
- Insulation - 0.7%
- Gypsum and plaster - 0.4%
- Glass - 0.3%
- Masses - 0.0%
- Wood - 0.3%

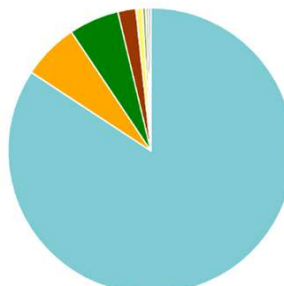


Рисунок 3. Выбросы углекислого газа в зависимости от материалов для варианта №2

Второй вариант расчета был сделан на базе строительных материалов произведенных в Европе (Германия). Cement, Cem III/B 42,5 N-SR/LH//NA, Low heat (Cemex) (1915 tons CO_{2e}); Hot dip galvanized steel (752 tons CO_{2e}); Bitumen-polymer coating (57 tons CO_{2e}); Mineral wool (façade insulation) (50 tons CO_{2e}); Sand-lime brick (42 tons CO_{2e}); Butyl waterproofing membrane (40 tons CO_{2e}); Coated/uncoated flat glass (20 tons CO_{2e}); Stoneware tiles glazed (20 tons CO_{2e}); Medium density fiberboard (MDF), German average (11 tons CO_{2e}); Gypsum plaster board, perforated (9,7 tons CO_{2e}); Gravel (0,11 tons CO_{2e}); Insulation, XPS (1 tons CO_{2e}). Общий объем выбросов углекислого газа в данном случае составил 2353 тонн. Показатель CarbonHeroesBenchmark эквивалентен 1274, что соответствует классу G, нижний крайний показатель. Социальная стоимость углерода составила 117647 €. На основе расчетов LCA Checker, в том числе с помощью данных, представленных на рисунках 4 и 5, полная оценка LCA была установлена C.

Global warming kg CO2e - Life-cycle stages

- A1-A3 Materials - 93.8%
- C1-C4 End of life - 5.4%
- A4 Transportation - 0.8%

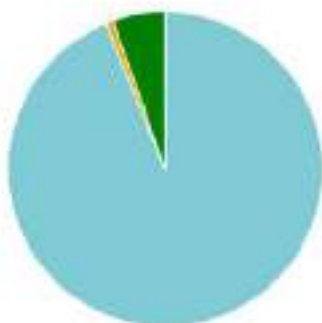


Рисунок 4. Выбросы углекислого газа на разных стадиях строительства для варианта №1

Global warming kg CO2e - Resource types

This is a drilldown chart. Click on the chart to view details

- Cement - 62.6%
- Plastics, membranes & roofing - 8.0%
- Metals - 24.3%
- Bricks and ceramics - 2.0%
- Insulation - 1.6%
- Glass - 0.7%
- Wood - 0.4%
- Masses - 0.0%
- Gypsum and plaster - 0.3%

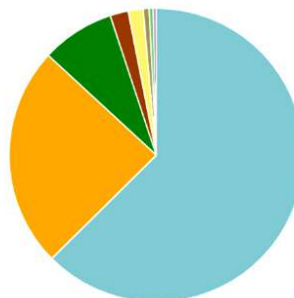


Рисунок 5. Выбросы углекислого газа в зависимости от материалов для варианта №2

Также в программном обеспечении OneClick LCA возможно сделать сравнение разных дизайнов, например, в данном исследовании были сопоставлены результаты, полученные от двух стран производителей строительных материалов России и Германии. Результаты сравнения представлены в таблице 1. Анализируя полученные значения, можно сделать вывод, что строительные материалы из Германии меньше воздействуют на окружающую среду.

Таблица 1. Результаты сравнения в OneClick LCA

| | Результаты по категориям | Потенциал глобального потепления кг CO ₂ | Окисление кг SO ₂ | Потенциал разрушения озонового слоя кг CFC-11 | Общее использование первичной энергии (струйная обработка) |
|-------------------------------------|---|---|------------------------------|---|--|
| A1-A3 | Строительные материалы | 2,17E6 -66 % | 7E2 -95 % | 4,2E-2 -78 % | 9,97E6 -71 % |
| A4 | Транспортировка материалов и изделий на строительную площадку | 2,05E4 -29 % | 9,46E1 -29 % | 4,06E-3 -29 % | 5,85E5 -29 % |
| C1-C4 | Окончание жизненного цикла объекта | 1,67E5 -43 % | 1,36E2 -45 % | 2,52E-5 -100 % | 3,5E5 -77 % |
| D | Использованные материалы | -9,63E5 -12 % | -1,91E3 -17 % | -2,17E-2 -15 % | -6,15E6 -23 % |
| D | Внешнее воздействие (не учитывается в итоговом значении) | -1,02E6 -7,5 % | -2,01E3 -13 % | -2,28E-2 -11 % | -6,56E6 -18 % |
| Итого | | 2,35E6 | 9,3E2 | 4,61E-2 | 1,09E7 |
| Проект №1 Итого | | 6,66E6 | 1,55E4 | 2,1E-1 | 3,69E7 |
| Проект №2 в сравнении с проектом №1 | | -65 % | -94 % | -78 % | -70 % |

ВЫВОДЫ

Использование информационной модели здания полностью сборного исполнения обеспечивает получение более точных значений исследования экологического влияния модульного строительства на окружающую среду. Также, в качестве расширенного исследования, можно рассчитать полный цикл LCA для сборного здания. Еще одним направлением для исследования может стать сравнительный анализ различных плагинов для расчета LCA объекта.

Проблема глобального потепления, на которую оказывают значительное влияние выбросы CO₂, до сих пор является одной из самых актуальных в мире. Такие пути решения как замена конструктива зданий, изменение используемых материалов, способов организации строительства должны помочь значительно снизить этот показатель.

Изучив EPD (Environment product declaration) используемых строительных материалов, полученные графики и данные, можно сделать следующие выводы:

1. Использование ряда экологичных строительных материалов и изделий европейских производителей (Германия), позволяет сократить выбросы углекислого газа и социальную стоимость углерода в более чем 2,5 раза.
2. Анализируя характеристики выбранных цементов, можно сделать следующий вывод: при высоких рейтингах производительности цемента из России

ухудшаются показатели LCA. Поскольку основным материалом для строительства данного жилого дома является цемент, то применение более экологичных цементов с пониженным рейтингом производительности, является целесообразным решением.

Грамотный выбор строительных материалов позволит значительно сократить объемы выбросов углекислого газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура // Национальный стандарт Российской Федерации. Экологический менеджмент. ГОСТ Р ИСО 14040-2010. Дата введения 2010-06-01.
2. Christopher R. Iddon, Steven K. Firth. Embodied and operational energy for new-build housing: A case study of construction methods in the UK // An international journal devoted to investigations of energy use and efficiency in buildings "Energy and Buildings". December 2013. Volume 67. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778813005380?via%3Dihub>. Accessed: 01.10.21.
3. Lizhen Huang, Guri Krigsvolla, Fred Johansen, Yongping Liu, Xiaoling Zhang. Carbon emission of global construction sector // A peer-reviewed scientific journal "Renewable and Sustainable Energy Reviews." January 2018. Volume 81, Part 2. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117309413?via%3Dihub>. Accessed: 7.10.21.
4. Won-Kee Hong. Chapter 8 - Application to the modular construction // Book "Hybrid Composite Precast Systems." 2020. Available at: <https://www.sciencedirect.com/book/9780081027219/hybrid-composite-precast-systems#book-description>. Accessed: 8.10.21.
5. Mohamad Monkiz Khasreen, Phillip F. G. Banfill, Gillian F. Menzies. Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review // An international, cross-disciplinary, scholarly, peer-reviewed and open access journal "Sustainability." 2009. Volume 1, Issue 3. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117309413?via%3Dihub>. Accessed: 10.10.21.
6. Martin Röck, Alexander Hollberg, Guillaume Habert, Alexander Passer. LCA and BIM: Integrated Assessment and Visualization of Building Elements' Embodied Impacts for Design Guidance in Early Stages // An open access journal "Procedia CIRP." 2018. Volume 69. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117308636?via%3Dihub>. Accessed: 11.10.21.
7. HMSO, Climate Change Act 2008, HMSO, London, 2008.
8. Committee on Climate Change, Meeting Carbon Budgets-2012. Progress Report to Parliament. 2012. Available at <http://www.theccc.org.uk>. Accessed: 11.10.21.
9. Tomo Cerovsek. A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development // An international journal "Advanced Engineering Informatics." April 2011. Volume 25, Issue 2. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034610000479?via%3Dihub>. Accessed: 14.10.21.
10. J. Monahan, J.C. Powell. An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework // An international journal devoted to investigations of energy use and efficiency in buildings "Energy and Buildings". January 2011. Volume 43, Issue 1. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810003154?via%3Dihub>. Accessed: 14.10.21.
11. Jacob N. Hacker, Tom P. De Saulles, Andrew J. Minson, Michael J. Holmes. Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: A case study on the effects of thermal mass and climate change // An international journal devoted to investigations of energy use and efficiency in buildings "Energy and Buildings." 2008. Volume 40, Issue 3. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807000990?via%3Dihub>. Accessed: 16.10.21.
12. International Standards Office, ISO 14040:2006, Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, ISO, Geneva, 2006.
13. Don Mah, Juan D. Manrique, Haitao Yu, Mohamed Al-Hussein, Reza Nasser. House construction CO₂ footprint quantification: a BIM approach // An international journal "Construction Innovation." 2011. Vol. 11 No. 2. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/1471417111124149/full/html>. Accessed: 16.10.21.
14. Sudip Kumar Pal, Atsushi Takano, Kari Alanne, Kai Siren. A life cycle approach to optimizing carbon footprint and costs of a residential building // An international journal "Building and Environment." October 2017. Volume 123. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231730286X>. Accessed: 18.10.21.
15. Goune Kang, Taehoon Kim, Yong-Woo Kim, Hunhee Cho, Kyung-In Kang. Statistical analysis of embodied carbon emission for building construction // An international journal devoted to investigations of energy use and efficiency in buildings "Energy and Buildings." October 2015. Volume 105. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778815301742>. Accessed: 19.10.21.

ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИТУМНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ С ПОМОЩЬЮ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО МЕТОДА

Т. Ч. До, С. С. Иноземцев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

Аннотация

Акустико-эмиссионный метод позволяют решать задачи по изучению структуры материалов, в том числе композитов на основе битумного вяжущего. Для апробации метода акустической эмиссии при исследовании композитов на основе битумного вяжущего были изготовлены образцы из битума БНД 60/90 и минерального порошка. В условиях отрицательных температур у исследуемых образцов наблюдается эмиссия акустических импульсов, суммарное количество которых увеличивается при снижении температуры. Увеличение содержания минерального наполнителя в составе смеси приводит к снижению суммарного количества акустических импульсов. Акустическая эмиссия битума в условиях отрицательных температур снижается после старения в течение 24 часов при температуре 80 оС. Компонентами битума, структурная перестройка которых выступает основным источником акустической эмиссии, является низкомолекулярные соединения, которые более термочувствительны, чем асфальтены.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, интенсивность, битум, структура, деструкция

ВВЕДЕНИЕ

Метод акустической эмиссии является высокоточным неразрушающим методом для исследования материалов, данные, с помощью которого они получены, позволяют решать задачи по изучению структуры. Использование метода акустической эмиссии позволяет проводить исследования структуры строительных материалов, процессов разрушения, оценке влияния агрессивных факторов, коррозии, магнитного и радиационного воздействия, а также фазовых переходов и химических реакций [1...5].

Акустическая эмиссия представляет собой излучение упругих волн, возникающих при изменениях структуры материала, которые могут быть вызваны деформацией объекта, трансформацией кристаллической решетки, образованием дефектов или фазовыми превращениями. Источниками акустической эмиссии являются дислокационные процессы, которые связаны с отрывом дислокаций от точек закрепления, их перемещением, торможением возле препятствий, формированием их скоплений или уничтожением.

Основными параметрами акустической эмиссии являются общее число импульсов, суммарная эмиссия, интенсивность эмиссии, амплитуда эмиссии и уровень сигналов эмиссии.

Таким образом, метод акустической эмиссии может быть использован при проведении научных исследований, направленных на разработку новых строительных материалов, проектировании их составов, синтеза модификаторов, в том числе для композитов на основе битумного вяжущего [6, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для апробации метода акустической эмиссии при исследовании композитов на основе битумного вяжущего были изготовлены образцы из битума БНД 60/90 и минерального порошка. Использовался Битум БНД 60/90 с температурой размягчения и хрупкости 51 °С и -20 °С, соответственно, и глубиной проникания иглы при температуре 25 °С и 0 °С, соответственно, 67 мм⁻¹ и 36 мм⁻¹. Минеральный порошок неактивированный из карбонатных горных пород МП-2 по показателям качества соответствовал требованиям

ГОСТ 32761-2014. Исследования проводились на образцах-цилиндрах из смесей различного состава, которые представлены в таблице 1.

Табл. 1. Составы смесей для изготовления образцов-цилиндров

| Наименование компонента | Содержание компонента для состава, % | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-----|-----|
| | № 1 | № 2 | № 3 |
| Битум БНД 60/90 | 100 | 40 | 20 |
| Минеральный порошок МП-2 | – | 60 | 80 |

В процессе структурных преобразований в материале, вызванных фазовыми переходами, деформациями, образованием дефектов, изменением кристаллической решетки, происходит излучение упругих волн, которое является акустической эмиссией [8, 9]. Источниками акустической эмиссии являются дислокационные процессы, которые связаны с отрывом дислокаций от точек закрепления, их перемещением, торможением возле препятствий, формированием их скоплений или уничтожением [10, 11].

Метод акустической эмиссии является высокоинформативным методом, позволяющим регистрировать как интенсивность и амплитуду эмиссии, так и число импульсов и уровень сигналов эмиссии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе исследовалось влияние состава органоминеральных смесей и температуры окружающей среды на суммарное количество акустических импульсов, которые регистрируются для образцов, размещенных в климатической камере. Предварительно к образцам крепились датчики с помощью жгутов, после чего совместно устанавливались в климатическую камеру, где поддерживалась температура от -20 до 20 °С.

Результаты определения суммарного количества акустических импульсов представлены на рисунке 1.

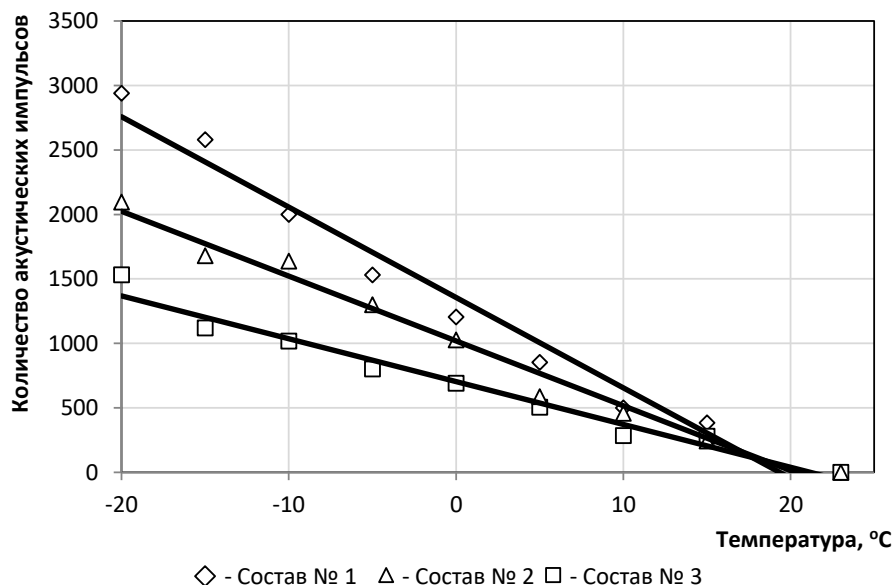


Рис. 1. Зависимость изменения суммарной акустической эмиссии

Анализ рисунка 1 показывает, что в условия отрицательных температур у исследуемых образцов наблюдается эмиссия акустических импульсов, суммарное количество которых увеличивается при снижении температуры. При этом увеличение содержания минерального наполнителя в составе смеси приводит к снижению суммарного количества акустических импульсов, что свидетельствует о регистрации эмиссии, которая преимущественно связана с процессами структурной перестройки связующего, фазовыми и релаксационными переходами различных компонентов дисперсной системы битума.

Для подтверждения указанного предположения исследовалось влияние изменения группового состава битума на суммарное количество акустических импульсов в условиях отрицательных температур. Образцы битума подвергались термической обработке в сушильном шкафу в течение 24 часов при температуре 80 °С, в результате которого часть низкомолекулярных мальтеновых фракции испаряется [12], а в групповом составе битума возрастает концентрация асфальтенов [13].

Зависимость изменения суммарного количества акустических импульсов от температуры описывается линейной зависимостью $\Sigma N = aT + b$, по которой можно оценить степень влияния старения битума на акустическую эмиссию. Значение эмпирических коэффициентов уравнений зависимости для исходного битума и битума после термического старения представлены в таблице 2.

Табл. 2. Параметры зависимостей изменения суммарного количества акустических импульсов от температуры

| Наименование компонента | Значение эмпирических коэффициентов | |
|-------------------------|-------------------------------------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> |
| Исходный битум | -70,103 | 1355,9 |
| Битум после старения | -59,095 | 1181,2 |

Анализ таблицы 2 показывает, что наклон прямой зависимости суммарного количества акустических импульсов от температуры для битума после старения снижается на 15 %, то есть акустическая эмиссия таких образцов меньше. Это может свидетельствовать о том, что компонентами битума, структурная перестройка которых выступает основным источником акустической эмиссии, являются низкомолекулярные соединения, которые более термочувствительны, чем асфальтены.

ВЫВОДЫ

Таким образом, метод акустической эмиссии позволяет исследовать как битумо-минеральные композиты на основе битума, так и битумы различного группового состава. Принцип регистрации акустической эмиссии может быть использован при разработке методов исследования структурных изменений битумных вяжущих и композитов на их основе, в том числе асфальтобетонов, которые происходят после воздействия внешних эксплуатационных факторов, а так же для прогнозирования скорости деструктивных процессов в процессе эксплуатации.

Дальнейшая апробация метода акустической эмиссии для битумно-минеральных композитов должна в дальнейшем осуществляться с исследованием структуры битума с целью усовершенствования методики и установления достоверных источников регистрируемой акустической эмиссии.

Метод является перспективным для исследования структурных преобразований, как в процессе эксплуатации термопластичных композитов, так и процессов, протекающих при ликвидации дефектов в самовосстанавливающихся материалах [14, 15].

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Стипендии президента СП-5069.2021.1

ЛИТЕРАТУРА

1. Иноземцев С.С., Королев Е.В., Тоан Д.Ч. Перспективы использования метода акустической эмиссии для исследования самовосстанавливающихся асфальтобетонов // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по материалам XXX Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения». – М., Изд. «Интернаука». 2019. № 12 (28). С. 157-164
2. Inozemtcev A.S., Korolev E.V. Analysis of the kinetics of destruction of nanomodified high-strength light concrete by the method of acoustic emission. Construction Materials. 2016. Vol. 1-2. Pp. 38-47.

3. Fan Xiangqian, Shaowei Hu, Lu Jun, Congjie Wei. Acoustic emission properties of concrete on dynamic tensile test. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 114. Pp. 66-75.
4. Jiang Y., Xu F., Xu B., Vargas E.S., Gallego A. Application of acoustic emission tomography in concrete structures. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*. 2014. Vol. 44. Issue 4. Pp. 822-825.
5. Королев Е.В., Тарасов Р.В., Макарова Л.В., Самошин А.П., Иноземцев С.С. Обоснование выбора способа наномодифицирования асфальтобетонных смесей // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2012. № 4. С. 40-43.
6. Иноземцев С.С., Гришина А.Н., Королев Е.В. Модель комплексного наноразмерного модификатора для асфальтобетонов // *Региональная архитектура и строительство*. 2013. № 3. С. 15-21.
7. Смирнов В.А., Королев Е.В., Иноземцев С.С. Стохастическое моделирование наноразмерных систем // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2012. Т. 4. № 1. С. 6-14.
8. Семашко Н.А., Шпорт В.И., Марьин Б.Н. Акустическая эмиссия в экспериментальном материаловедении. М.: Машиностроение. 2002. 239 с.
9. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. М.: Изд-во стандартов, 1976. 276 с.
10. Нацик В.Д., Чишко К.А. Акустическая эмиссия дислокаций, выходящих на поверхность кристалла // *Акустический журнал*. 1982. Т.28. Вып. 3. С. 381-389.
11. Бехер С.А., Бобров А.Л. Основы неразрушающего контроля методом акустической эмиссии : учеб. пособие – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. 145 с.
12. Порадек С.В. Еще раз о деградации битума при нагреве. *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2007. № 1. С. 27.
13. Касаткин Ю.Н. Старение и структурная долговечность битумоминеральных материалов в конструкции. *Строительные материалы*. 2001. № 9. С. 30–33.
14. Inozemtcev S.S., Korolev E.V. Increasing the weathering resistance of asphalt by nanomodification. *Materials Science Forum*. 2019. Т. 945. С. 147-157.
15. Inozemtcev S., Korolev E. Review of road materials self-healing: problems and perspective. В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. С. 012010.

ВОПРОС УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

С. Ю. Шеховцова¹, А. О. Карпунина^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ООО «ЛЛК-Интернешнл»,

¹ShehovtsovaSYU@mgsu.ru

²Angelina-line@yandex.ru

Аннотация

Ежегодное увеличение емкости рынка автотранспортных средств и рынка потребления автомобильных шин формирует негативную ситуацию в области экологической безопасности как на территории Российской Федерации, так и всего мира в целом. Общемировые запасы отходов резинотехнических изделий составляют значительный объем, достигающий порядка 80 млн т, при одновременном постоянном ежегодном 10 %-ом увеличении от общего запаса. Поэтому назрела необходимость рециклинга отходов резинотехнических изделий. Данная отрасль является для нашей страны новой, но активно развивающейся. Представлена информация о ситуации в данной отрасли, о технологии утилизации и о возможных областях применения резиновой крошки, проанализирован и представлен рынок существующих перерабатывающих предприятий, а также технологий переработки резины с описанием преимуществ и недостатков.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент в Российской Федерации начинает формироваться новая отрасль – отрасль рециклинга отходов. Возможность возврата отходов от различного производства и потребления в повторное эффективное использование привлекательна с экономической точки зрения и необходима со стороны экологической безопасности. Ежегодное увеличение рынка автотранспортных средств напрямую связано с образованием отходов от их эксплуатации, в частности изношенных шин. Однако, проблема рациональной переработки использованных изношенных шин и их повторного использования на сегодняшний день так и не решена. По различным оценкам запасы изношенных шин, накопленных в мире на сегодняшний день, составляют 60-80 млн т и имеют прирост более 10 млн т в год. Но несмотря на значительные объемы отходов из общего числа всех шин перерабатывается только 20 % [1-3].

В соответствии с информацией, представленной компанией «Шинэкология», ежегодно в Российской Федерации образуется более 1 млн т отходов резинотехнических изделий. Основная часть отходов сосредоточена в центральной части страны – до 70 %. Также необходимо отметить, что, к сожалению, в Российской Федерации отсутствует официальный фактический статический учет количества резинотехнических изделий, которые были выведены из эксплуатации, поэтому действительные цифры ежегодного образования отходов будут отличаться от представленных в сторону увеличения. По данным Ассоциации содействия восстановлению и переработке шин «Шинэкология», ежегодно на переработку попадает не более 10 % объема всех изношенных шин, выведенных из эксплуатации [4].

Таким образом, экономическое развитие и экологическая обстановка страны обуславливают актуальность поиска и разработки технологии, позволяющей эффективно перерабатывать использованные резиновые покрышки. Поэтому целью данного исследования являлось изучение мирового опыта в области технологических решений по утилизации резиносодержащих отходов и возможных областей применения резиновой крошки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования данной работы являлись технологии утилизации резиносодержащих отходов и потенциальные пути применения получаемой резиновой крошки. В данном исследовании был проведен анализ традиционных и современных технологических решений по утилизации изношенных автомобильных покрышек на основании отечественного и зарубежного опыта, определены наиболее перспективные технологии для Российской Федерации. Исследование основано на методах системного анализа, обобщения научно-технической информации и методах классификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повторное использование отходов резинотехнических изделий обеспечивает экологическую безопасность, ввиду того что изношенные шины, выведенные из эксплуатации, в большинстве случаев попадают на различные свалки и образуют значительные запасы отходов, служащие источниками возникновения трудногасимых пожаров за счет хорошей воспламеняемости шин [5].

Экономическое значение применения резинотехнических отходов заключается в том, что шины имеют в своем составе каучук, получаемый из не возобновляемого ресурса – нефти [6]. Повторное использование отработанных шин позволит снова вовлечь каучук с его полезными свойствами в производство и получить при этом дополнительную экономическую выгоду. Кроме того, растущая стоимость природных ресурсов обуславливает развитие технологий вторичной переработки с точки зрения экономической составляющей энергоносителей. Общая схема переработки резиносодержащих отходов и продукции на их основе представлены на рис. 1 и 2.

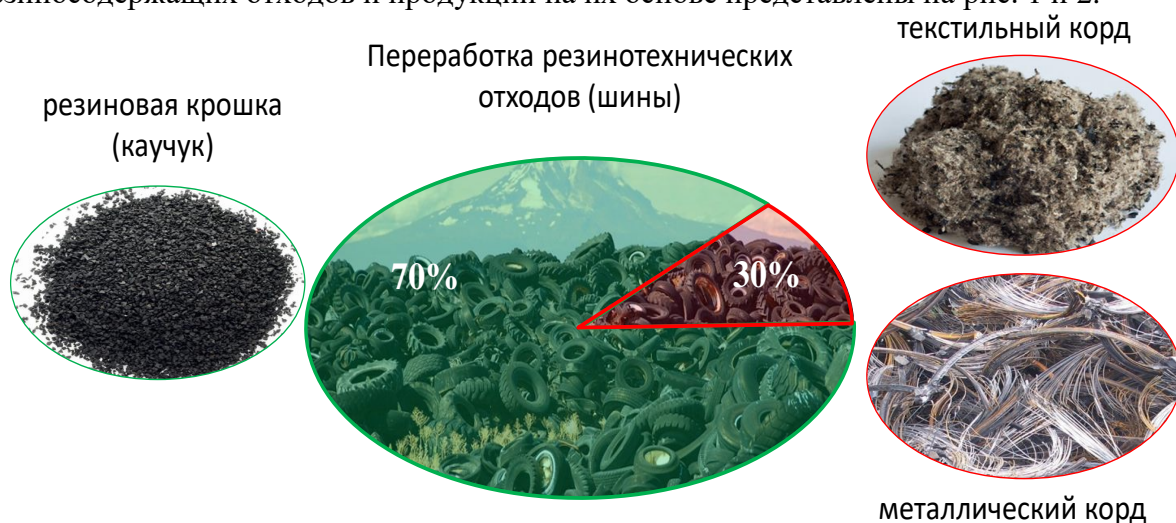


Рис. 1. Общая схема переработки резиносодержащих отходов



Рис. 2. Общая схема переработки резиносодержащих отходов

Отходы резинотехнических изделий являются ценным полимерным сырьем, ввиду того что в одной тонне данных отходов может содержаться до 700 кг резины – каучука. Однако одновременно с этим, если сжигать тот же самый объем отходов, то в окружающую среду будет выделяться 270 кг сажи и 450 кг токсичных газов [7], что пагубным образом отразится на экологической обстановке. Поэтому именно переработка и возможность повторного применения резинотехнических отходов является актуальным и перспективным направлением, как с научной, так и с практической точек зрения.

В мировой практике существует несколько способов переработки резинотехнических отходов, которые условно подразделяют на три группы: сжигание, растворение и дробление. Переработка изношенных шин осуществляется на различном оборудовании, но основной технологией до недавнего времени являлась механическая технология с использованием дробильного оборудования. На данный момент существует большой выбор технологий и процессов утилизации:

– механический способ, предполагающий получение резиновой крошки путем механического измельчения отработанной резины: резки, раздавливания, трения, сдвига, перемалывания, дробления или перетирания. Обычно процесс разрушения резинотехнических отходов является многоступенчатым. Различают механический способ измельчения при различных температурах (пониженных, нормальных и повышенных). Самым распространенным является метод измельчения при нормальных температурах с применением водяных и воздушных систем охлаждения при температурах, близким к окружающей среде [8]. Такая технология позволяет избежать негативных процессов окисления, которые возникают при термической обработке измельченной резины, а также эффекта частичной вулканизации, то есть перехода от эластичного к пластичному состоянию. А относительно невысокое потребление электроэнергии положительным образом сказывается на себестоимости продукции;

– криогенное дробление резинотехнических отходов подразумевает охлаждение с использованием барабанного оборудования: получасовое воздействие жидким азотом из расчета 0,25-1,2 кг на 1 кг измельченного материала. Предварительно охлажденную шину дезинтегрируют в дробилках, которые могут быть представлены различными типами. На первом этапе криогенное дробление осуществляют с помощью молота. На втором – дезинтегрированная изношенная шина с помощью транспортера поступает на вращающийся барабан. Далее там осуществляется разделение шины на три основные части: резиновая крошка, текстильный и металлический корд. После чего измельченная резина поэтапно сепарируется, фракционируется и доизмельчается на специальном оборудовании: дробильные и размольные вальцы. Полученные материалы (металлокорд и текстильный корд) проходят дальнейшую переработку: металлокорд обжигают в печи, предназначенной для выжигания остатков резины на проволоке, а затем обрабатывают на пакетировочном прессе, текстильный корд доизмельчают с помощью роторного аппарата и формируют на пакетировочном прессе. Также стоит отметить, что себестоимость резиновой крошки, полученной по данной технологии, будет достаточно высокой ввиду необходимости применения турбоохлаждающего оборудования и материалов [9];

– бародеструкционный способ измельчения предполагает раздавливание частей или целых использованных шин легкового или грузового транспорта мощным гидравлическим прессом, который создает высокое давление и тем самым – бародеструкционное воздействие на сырье. Данная технология является энергозатратной и малопродуктивной в сравнении с механическим способом – классическое измельчение, осуществляемое с помощью шредерных дробилок. Также данная технология подразумевает применение мощного пресса, который является достаточно дорогостоящим оборудованием и имеет большие габаритные размеры, что увеличивает затраты на обслуживание и эксплуатацию;

– метод «озонного ножа» представляет собой комбинированную технологию переработки резинотехнических отходов в резиновую крошку [10]. Изношенная шина помещается в

камеру, где подвергается действию озона, что приводит к быстрому старению резины и тем самым ее ускоренному разрушению. Резина, подвергшись частичному разрушению, доизмельчается уже механическим способом. Метод «озонного ножа» не получил широкого применения и признания, т. к. на выходе получается сырье плохого качества и меньшей долговечности из-за «ускоренного старения» резины;

– метод разрушения взрывом является двухэтапным методом, состоящим из подготовительного этапа, когда шины деформируются методом сжатия и сохраняются в таком состоянии до момента взрыва, и этапа собственно измельчения шин, когда в вихревой камере под воздействием вихревого потока происходит взрыв. Метод разрушения взрывом признан трудоемким и требующим большого количества разрешений;

– метод пиролиза предполагает переработку резины механическим способом посредством изменения химической структуры резины методом термодеструкции или пиролиза с получением жидких продуктов разложения, сходных с нефтепродуктами, пригодными для получения горюче-смазочных материалов, антикоррозионных мастик и т.д. [11]. Данный способ позволяет получать одновременно различные вещества. Однако, производимый данным способом каучуковый компонент резины не сохраняет своей химической структуры и свойств, в силу чего и он, и получаемый технический углерод не столько ценны как сохраняющие строение и свойства каучука продукты переработки шин, позволяющие вторично использовать их в производственных целях;

– метод микроволновой переработки шин включает в себя применение микроволнового излучения в области утилизации, данный метод относится к новым, наукоемким технологиям, это обусловлено проявлением множества физико-химических эффектов в процессе излучения.

Наибольшее распространение в мировой практике промышленного производства и опытно-промышленного изыскания нашли такие способы, методы и технологии переработки резины, как механическое и криогенное измельчение резинотехнических отходов [8, 12].

Основным методом переработки резинотехнических отходов в Российской Федерации является измельчение с получением резиновой крошки. Объемы отработанной резины в виде автомобильных шин и покрышек ежегодно увеличиваются. Они достаточно быстро изнашиваются, но при этом примерно на 75 % состоят из резины, имеющей исходные химические свойства, необходимые для последующей переработки и применения в качестве вторсырья.

Образование переполненных свалок, загрязнение земли и обочин оказывают пагубное влияние на окружающую атмосферу. В связи с этим распоряжением Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р был утвержден «Перечень видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается». В данный перечень вошли шины пневматические автомобильные отработанные; шины резиновые сплошные или полупневматические отработанные с металлическим кордом; камеры пневматических шин автомобильных отработанные; покрышки пневматических шин с тканевым кордом отработанные; покрышки пневматических шин с металлическим кордом отработанные. Распоряжение Правительства РФ вступило в силу 01.01.2018 г., а запрет на захоронение отработанной резины начал действовать с 01.01.2019 г.

Таким образом, переработка отходов резинотехнических изделий приобретает особую актуальность и является экономически оправданной и эффективной. Так, утилизация шин обходится в сумму 1 600 руб./т, в то время как реализация получаемого металлического корда приносит 2 500 руб./т, а текстильного корда – 2 000 руб./т.

Выявлены следующие направления и объемы повторного использования резиновой крошки для изготовления различных изделий: до 10 % резиновой крошки используют при производстве новых автомобильных покрышек; до 40 % – шлангов и товаров

народного потребления, кровельных и рулонных материалов; до 60 % – железнодорожных шпал; до 100 % – напольных ковриков, резиновой брусчатки, подошвы для обуви; до 14–15 т/км² – покрытия для дорог [13].

В мировой практике одной из основных отраслей, активно использующей резиновую крошку, является дорожная отрасль [14], Российская Федерация пока в недостаточной степени реализует данные возможности рынка вторсырья резиновых отходов. Тем не менее, нам необходимо осознать, что отходы представляют собой потенциальное сырье, подходящее для дальнейшего эффективного использования и содержащее ценные компоненты. В результате комплексной переработки отходы могут выступать источниками энергии, позволяющими извлечь дополнительную экономическую выгоду. Кроме того, их повторное вовлечение в производство благоприятно скажется и на экологической обстановке.

В настоящий момент на территории Российской Федерации действуют следующие крупнейшие компании, которые занимаются переработкой резиносодержащих технических отходов: ООО «Чеховский регенератный завод», Московская обл., (50 тыс. т/год), ЗАО «Волжский шиноремонтный завод», Волгоградская обл., (40 тыс. т/год), ООО «КСТ-Экология», Смоленская обл., (650 т/год), ООО «Завод переработки покрышек №1», Владимирская обл. (информация об объеме производства отсутствует).

Действующая с 2016 года ассоциация «Шинэкология» представляет собой объединение научно-исследовательских учреждений, чья деятельность направлена на поиск новых способов переработки отработанной резины, и предприятий непосредственно занимающихся утилизацией шин. С 2017 года в Российской Федерации действует Ассоциация производителей и импортеров шин по самостоятельному обеспечению выполнения нормативов утилизации отходов от использования шин и резинотехнических изделий «ЭкоШинСоюз», учредителями которой выступают лидеры в производстве шин. Данная ассоциация способствует развитию системы сбора и утилизации отработанных шин любых типов и информированности вовлеченных сторон друг о друге [15]. Создание ассоциаций подтверждает актуальность данного научного и практического направления, а также формирует высокие темпы развития данной отрасли.

ВЫВОДЫ

В работе была проанализирована актуальная проблема утилизации резиносодержащих отходов. Результатом исследования стала систематизация данных о применяемых технологиях переработки отработанных автомобильных покрышек, их преимуществах и недостатках, способах повторного применения измельченной шинной резины.

По результатам изучения вопроса переработки и повторного применения резиносодержащих отходов в Российской Федерации можно сделать вывод о том, что производство резиновой крошки в нашей стране находится на начальной стадии и постепенно начинает развиваться. Необходимость переработки отработанных шин также подкрепляется и распоряжениями Правительства РФ.

Изучив международный опыт решения проблемы переработки резинотехнических отходов, можно прийти к выводу о том, что наиболее распространенной отраслью для применения резиновой крошки из отработанных шин является дорожное строительство. Следовательно, повторное применение измельченной резины в качестве модификаторов битумных вяжущих и асфальтобетонных смесей представляет большой интерес и является актуальной темой для исследования.

Таким образом, направление дальнейших исследований связано с выбором наиболее подходящей технологии измельчения и активации поверхности резиновой крошки с целью эффективного применения ее в качестве компонента дорожно-строительных композитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. По материалам исследовательской компании «Текарт». Переработка шин в России и мире // Твердые бытовые отходы. 2018. № 6. С. 32-36. Режим доступа: <https://techart.ru/files/publications/tverdye-bytovye-othody-06-2018.pdf>. Дата обращения: 01.11.2021.
2. Дярькин Р.А., Демьянова В.С. Обеспечение экологической безопасности урбанизированных территорий путем утилизации изношенных автомобильных шин в строительстве // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 32 (51). С. 200-205.
3. Худякова Т.А., Шмидт А.В., Шмидт С.А. Анализ динамики и перспектив утилизации автомобильных шин в рамках концепции развития умных городов // Вестник ЮУрГУ. 2019. №4. С. 42-54.
4. Анализ рынка переработки резинотехнических изделий в России. Режим доступа: <http://colesa.ru/news/23249>. Дата обращения: 01.11.2021.
5. Змеева А.А. Автомобильные покрышки как проблема утилизации в России // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 11-1. С. 138-141.
6. Утилизация изношенных автомобильных шин. Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=302>. Дата обращения: 01.11.2021.
7. Рециклинг полимеров в России: настоящее и будущее. Режим доступа: <https://rupec.ru/analytics/36881/>. Дата обращения: 01.11.2021.
8. Дж. Марк, Б. Эрман, Ф. Эйрич. Каучук и резина. Наука и технология. Монография // Издательский дом «Интеллект», 2011. 768 с.
9. Прокопец В.С. Модификация дорожного асфальтобетона резиновыми порошками механоактивационного способа получения: монография // Омск: СибАДИ, 2012. 116 с.
10. Корнев А.Е. Технология эластомерных материалов // М.: НППА «Истек», 2009. 504 с.
11. Валуев Д.В., Ананьева О.Р. Перспективы переработки автомобильных покрышек // Вестник науки Сибири. 2011. №1. С. 699-704.
12. Шаховец С.Е., Шмаравев О.Ю., Николаев О.О., Богданов В.В. Мировая практика переработки и использования изношенных шин (обзор) // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического ун-та). 2010. № 7. С. 70-76.
13. Митина Н.Н., Гнетов Е.М. Утилизация промышленных отходов в России и в мире: проблемы и решения // Интернет-журнал «Neftegaz.RU». 2020. №3. Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/536780-utilizatsiya-promyshlennykh-otkhodov-v-rossii-i-v-mire-problemy-i-resheniya/>. Дата обращения: 01.11.2021.
14. Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Полушкин Д.Л., Фролов В.А. Решение проблемы утилизации полимерных отходов путем их использования в процессе модификации дорожного вяжущего // Строительные материалы. 2013. № 10. С. 38-41.
15. Утилизация шин. Режим доступа: <http://tma-rf.ru/directions/utilizatsiya-shin/>. Дата обращения: 01.11.2021.

РАЗРАБОТКА БАРИЙСОДЕРЖАЩИХ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С. В. Самченко¹, Н. В. Новиков²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹SamchenkoSV@mgsu.ru

²Novikov177@yandex.ru

Аннотация

Активное развитие отраслей промышленности, использующих ядерные технологии, привлекает все больше внимания к созданию высокоэффективных и экономически выгодных строительных материалов, способных обеспечить защиту от пагубного воздействия ионизирующих излучений. В области радиационно-защитных строительных материалов широко используются бетоны, содержащие в своей структуре тяжелый элемент барий. В данной работе представлены результаты исследования, изготовленного барийсодержащего ячеистого бетона, который может быть использован для устройства радиационно-защитных, теплоизоляционных и ограждающих строительных конструкций. В ходе изготовления и исследования ячеистого барийсодержащего бетона специального назначения были определены основные прочностные характеристики. В результате было установлено, что введение в состав ячеистого бетона добавки на основе тонкомолотого баритового концентрата и жидкого стекла приводит к увеличению плотности и снижению прочности материала. Следовательно, требуются дальнейшие исследования специальных свойств полученного барийсодержащего ячеистого бетона и его сравнение с существующими решениями.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие ядерных технологий приобретает большое значение в современном мире. Программой развития атомного комплекса российской федерации [1] поставлена задача по наращиванию объемов реализации гражданской продукции атомного энергопромышленного комплекса к 2027г. на 163,2% по отношению к аналогичным показателям в 2019г. Благодаря активному развитию отраслей, использующих ядерные технологии, всё больший интерес вызывает создание высокоэффективных и экономически выгодных строительных материалов для обеспечения безопасных условий эксплуатации ядерных технологий.

Известно, что для эффективной защиты от гамма-излучения, необходимо использование компонентов, содержащих в своём составе элементы с высокими атомными номерами. По этой причине бетоны, содержащие в своей структуре барит, получили широкое распространение в области радиационно-защитных материалов.

В качестве сырья для производства радиационно-защитных баритовых бетонов используется баритовая руда. В состав баритовой руды входит минерал барит $BaSO_4$, кремнезём SiO_2 , оксиды железа Fe_3O_4 , оксид алюминия Al_2O_3 , оксид магния MgO и оксид кальция CaO [2].

Прочность тяжелых баритовых бетонов на сжатие варьируется в диапазоне 16-30 МПа, прочность на растяжение составляет не более 3 МПа [2-5]. Плотность составляет в среднем от 2,7 до 3,8 т/м³,

Из преимуществ по сравнению с прочими радиационно-защитными отмечается то, что, в отличие от свинца, барит безвреден для человеческого организма и окружающей среды [6,7], а также среди материалов, включающих элементы с большими атомными номерами, являются экономически выгодными. Ещё одним важным преимуществом барита является отсутствие вторичных гамма-излучений высоких энергий, которые могут возникать при поглощении нейтронов ядрами атомов [8].

Изучение свойств барийсодержащих строительных материалов вызывает интерес как российских, так и зарубежных исследователей. Наиболее распространённая методика изготовления барийсодержащих материалов заключается во включении барита в состав бетонных смесей в качестве наполнителя и заполнителя. Согласно данным исследований [9-11] при замене кварцевого песка на баритовый наблюдается увеличение коэффициента линейного поглощения гамма-лучей до 19%, а также, частичная замена кварцевого песка в объёме 40% на баритовый, позволяет добиться защиты как от гамма-лучей, так и от нейтронного излучения. Исследования прочностных характеристик баритовых бетонов показывают, что подбор состава таких материалов требует тщательной оптимизации для достижения показателей не уступающих обычным строительным бетонам на кварцевом песке [12,13].

Барийсодержащие материалы имеют широкий спектр применения в области возведения радиационно-защитных конструкций. Наиболее распространённой областью применения является устройство тяжелых ограждающих конструкций на баритовом заполнителе, но кроме этого существует возможность использования барийсодержащих материалов в качестве напольного покрытия, пеностекольных изоляционных материалов и сухих строительных смесей [14-16].

Поскольку радиационно-защитные бетонные конструкции, как правило, обладают большой массой их наличие приводит к удорожанию строительного объекта, помимо этого, такие материалы обладают слабыми теплоизоляционными свойствами. В данной работе предпринята попытка изготовления барийсодержащего ячеистого бетона. Такой материал может быть использован для устройства наружных ограждающих конструкций, а также внутренних перегородок для одновременного обеспечения радиационно-защитных и теплоизоляционных свойств строительных конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья для исследования использовался цемент Евроцемент М500 Д0 ЦЕМ I 42,5 в соответствии с ГОСТ 30515-2013, натриевое жидкое стекло ВITUMAST с силикатным модулем 2,8 в соответствии с ГОСТ 13078-81, белковый пенообразователь Rospena в соответствии с ГОСТ Р 50588-93, баритовый концентрат КБ-3 в соответствии с ГОСТ 4682-84, ГОСТ 30240-95 производства ООО «Богградский ГОК» с долей сернистого бария 90%, и величиной удельной поверхности $310\text{ м}^2/\text{кг}$. Величина удельной поверхности измерялась при помощи прибора ПСХ согласно ГОСТ 21043-87.

Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ 310.4-81. Для эксперимента были изготовлены три серии образцов балочек со сторонами 4см, 4см и 16см: 1) контрольная; 2) с добавлением пенообразователя; 3) с добавлением пенообразователя, барийсодержащей добавки и жидкого стекла. Процентное содержание компонентов от массы композита приведено в таблице 1. Набор прочности образцов происходил при температуре 20 °С и относительной влажности – 90% в шкафу влажного хранения

Табл. 1. Составы исследуемых образцов

| № Составы | Цемент | Пенообразователь | КБ-3 | Жидкое стекло |
|-----------|--------|------------------|------|---------------|
| 1 | 100% | 0% | 0% | 0% |
| 2 | 84% | 16% | 0% | 0% |
| 3 | 60% | 15% | 18% | 8% |

Для образцов замерялись плотность, а также при помощи гидравлического пресса испытывалась прочность образцов на сжатие и изгиб на 7 сутки набора прочности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 1

Табл. 2. Результаты испытаний

| № Состава | ρ , кг/м ³ | R _{изг.7} , МПа | R _{сж.7} , МПа |
|-----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 1941,41 | 4,44 | 43,42 |
| 2 | 1419,92 | 2,88 | 12,06 |
| 3 | 1433,48 | 2,03 | 6,22 |

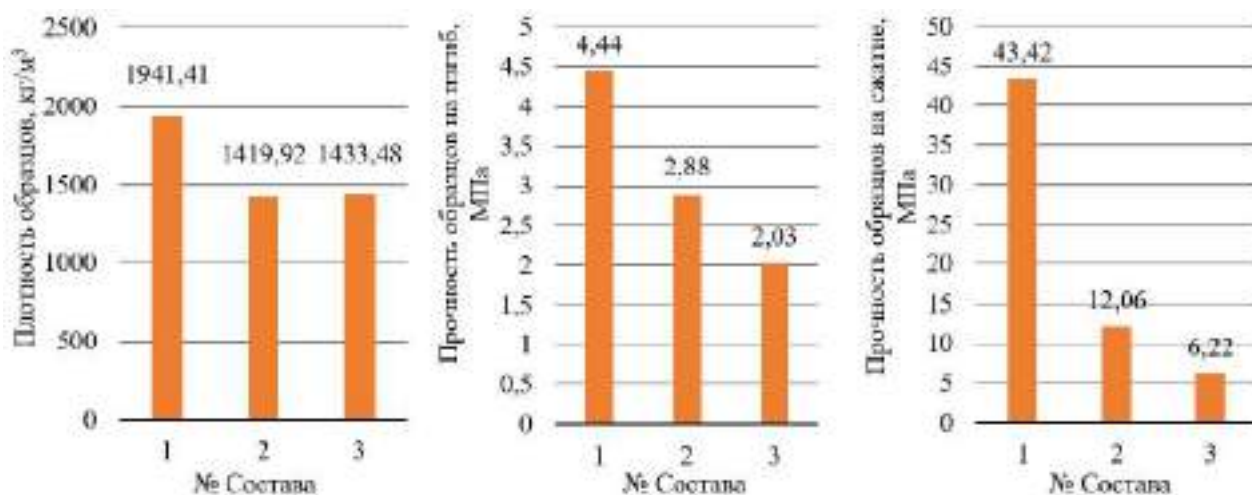


Рис. 1. Результаты испытаний

Как видно по полученным данным, добавление барийсодержащей добавки и жидкого стекла даёт прирост плотности для ячеистого бетона. При добавлении жидкого стекла и баритового концентрата в выбранных пропорциях происходит снижению прочности образцов на сжатие и изгиб.

ВЫВОДЫ

В ходе работы удалось изготовить ячеистый бетон, сопоставимый своими прочностными характеристиками с ячеистыми бетонами стандартного состава. Полученные данные указывают на необходимость дальнейшей проработки состава и исследования его радиационно-защитных и изоляционных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 03.02.2021 N 106-6 "О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие атомного энергопромышленного комплекса" [Электронный ресурс] // Портал госпрограмм РФ: URL: <https://programs.gov.ru/Portal/program/22/infographics> (дата обращения: 15.11.2021).
2. Чан Ле Хонг Особотяжёлый самоуплотняющийся бетон на баритовом заполнителе: дисс. ... канд. тех. наук. М.: МГСУ. 2011. 121с.
3. Королев Е.В., Прошин А.П., Баженов Ю.М., Соколова Ю.А. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серые строительные материалы. М.: Изд-во «Палеотип». 2006. 272 с.
4. Прошин А.П. Особо тяжёлый высокопрочный бетон для защиты от радиации с использованием вторичных ресурсов: монография // А.П. Прошин, В.С. Демьянова, Д.В. Калашников. Пенза: ПГАСА. 2004. 140с.
5. Комаровский А.Н. Строительство ядерных установок. М.: Атомиздат, 1969. 503.
6. Васильев А.А., Шангина Н.Н. Физико-механические основы нетвердеющих минеральных дисперсий для санации металлических элементов подземных сооружений // Фундаментальные исследования. 2016. №7-1. С. 14-18.

7. Рабошук Д.С. Теоретические основы при создании высокоэффективных радиационно-защитных материалов для защиты от ионизирующих излучений. // Сборник трудов конференции. Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 01-30 мая 2015г. С. 340-343.
8. Калашников В.И., Демьянова В.С., Калашников Д.В., Махамбетова К.Н. Оптимизация состава особо тяжелого высокопрочного бетона для защиты от радиации // Строительные материалы. 2011. №8. С. 25-28.
9. Khaled Saidani, Lasaad Ajam, Mongi Ben Ouezdou Barite powder as sand substitution in concrete: Effect on some mechanical properties. // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 95. P. 287-295.
10. I.Akkurt, C.Basyigit, S.Kilincarslan, B.Mavi The shielding of γ -rays by concretes produced with barite. // Progress in Nuclear Energy. 2005. Vol. 46. Issue 1. P. 1-11.
11. I.Akkurt, H.Akyildirim, B.Mavi, S.Kilincarslan, C.Basyigit Gamma-ray shielding properties of concrete including barite at different energies // Progress in Nuclear Energy. 2010. Vol. 52. Issue 7. P. 620-623.
12. H. Süleyman Gökçe, Çağlar Yalçınkaya, Murat Tuyan Optimization of reactive powder concrete by means of barite aggregate for both neutrons and gamma rays. // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 189. P. 470-477.
13. Янкович К., Станкович С.Й., Стоянович М., Бойович Д., Антич Л. Влияние нанокремнезёма и типа заполнителя на свойства высокопрочного бетона. // Цемент и его применение. 2017. №4. С. 118-120.
14. Черных Т.Н., Перминов А.В., Пудовиков В.Н., Крамар Л.Я. Сухие баритосодержащие смеси для защиты от ионизирующих излучений // Сухие строительные смеси. 2012. №1. С. 28-29.
15. Сухая строительная смесь [Текст]: патент 2388715 Рос. Федерация: С04В 28/30, G21F 1/04, С04В 111/20 // Гончаров Ю.Д., Рыжов А.С.; заявитель и патентообладатель ООО «Альфапол» - № 2008142229/03; заявл. 16.10.2008; опубл. 10.05.2010 Бюл. № 13.
16. Шихта для изготовления пеностекла с радиационно-защитными свойствами [Текст]: патент 2443645 Рос. Федерация: С03С 11/00 // Казанцева Л.К.; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН (Институт геологии и минералогии СО РАН, ИГМ СО РАН) - №2010134203/03; заявл. 16.08.2010; опубл. 27.02.2012 Бюл. №6.

ОЦЕНКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

С. В. Самченко¹, М. А. Абрамов², А. Б. Османов^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²Ярославский Государственный Технический Университет
bust-05@mail.ru

Аннотация

Целью исследования является изучение измельчения и активации цемента с использованием дезинтеграторной установки. Исследования состояли из однократного, двукратного и трехкратного пропускания цемента через дезинтегратор, определения удельной поверхности активированного цемента, математической обработки и построения кривых распределения частиц активированного цемента по диаметрам частиц. Выявлено увеличение удельной поверхности цемента после первого прохода вещества через дезинтеграторный аппарат на 15,3 %, а также уменьшение среднего размера частиц цемента в 4,5 раза в сравнении с контрольным материалом. Установлено снижение удельной поверхности вяжущего вещества, по сравнению с первым проходом, после второго и третьего прохода цемента через дезинтегратор на 8,9 % и 13, % соответственно. Приведена оптическая микроскопия исследования частиц цементного вяжущего после однократной, двукратной и трехкратной активации в дезинтеграторе.

ВВЕДЕНИЕ

Цемент является одним из известных искусственных неорганических строительных вяжущих материалов. Первые рецептуры цементного вяжущего материала относятся к временам древних цивилизаций [1]. Изучением и изменением характеристик цемента занимались и занимаются большое количество ученых. Для изменения характеристик цементного вещества применяется активация или, другими словами, предварительная подготовка цемента. Предварительная подготовка позволяет получить более тонкодисперсные частицы материала, внести физические дефекты в подрешетки и решетки минералов [2].

В настоящее время, предварительная подготовка вещества насчитывает более 10 способов активации. Наиболее распространенными являются: жидкофазная активация или механохимическая активация (МХА) цементной суспензии [3,4], ультразвуковая обработка [5,6], активация вяжущего материала с использованием специальных энергонапряженных аппаратов [7-9].

Традиционно, в качестве энергонапряженных аппаратов применяют шаровые и планетарные мельницы. Однако, у данных типов аппаратов имеются недостатки, такие как: сильный нагрев активированного материала, сложная конструкция установки, большой износ шлифовальных деталей. Другим видом энергонапряженного аппарата является дезинтеграторная установка, в которой измельчение материала происходит в результате высокоскоростного и высокоинтенсивного удара [10,11]. Дезинтеграторная установка позволяет измельчать материалы широкого диапазона твердости, варьировать удельную энергию обработки измельчаемого материала путем смены роторов и изменением числа оборотов двигателя [12-14].

При активации частиц в дезинтеграторной установке образуются новые поверхности, которые приводят к повышенной реакционной способности, в связи с физическими изменениями, вызванными измельчением [15].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе для исследования физико-химических закономерностей измельчения использовался цемент М500 Д0 (СЕМ I 42, Н), «Подольск-Цемент». Химический состав клинкера представлен в таблице 1.

Табл. 1. Химический состав клинкера

| Компоненты | ППП | CaO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | SO ₃ | R ₂ O |
|------------|------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----------------|------------------|
| Клинкер | 0,92 | 62,75 | 20,10 | 4,56 | 8,72 | 1,99 | 0,57 | 1,58 |

Активация цемента проводилась на дезинтеграторной установке ДСЛ-94 с энергией МХА 17 кДж/кг, путем загрузки в приемный бункер исследуемого цемента. Активация цемента проводилась за один, два и три прохода через дезинтегратор. После каждого прохода определялась удельная поверхность цемента на приборе Товарова Т-3, а также оптические микроскопические исследования частиц на микроскопе Levenhuk D740T. Обработка результатов осуществлялась в программе ImageJ 1.53с

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе определения удельной поверхности при одном, двум и третьем проходам цементного клинкера через дезинтегратор установлено, что один проход через дезинтеграторную установку, увеличивает удельную поверхность цемента на 15,3 % по сравнению с исходным материалом (Рис.1), что обуславливается измельчением частиц цемента в дезинтеграторной установке.

Однако, последующие измельчения цемента, при втором и третьем проходе, приводит к уменьшению удельной поверхности на 8,9 % и 13,0 % соответственно, по сравнению с одним проходом (Рис.1). Результаты можно объяснить нарушением кристаллической структуры поверхностных слоев частиц цемента, что приводит их к квазиаморфному метастабильному состоянию с повышенным значением свободной энергии. Данное состояние сопровождается налипанием частиц материала на активированную частицу цемента, а также агрегированием частиц цемента.

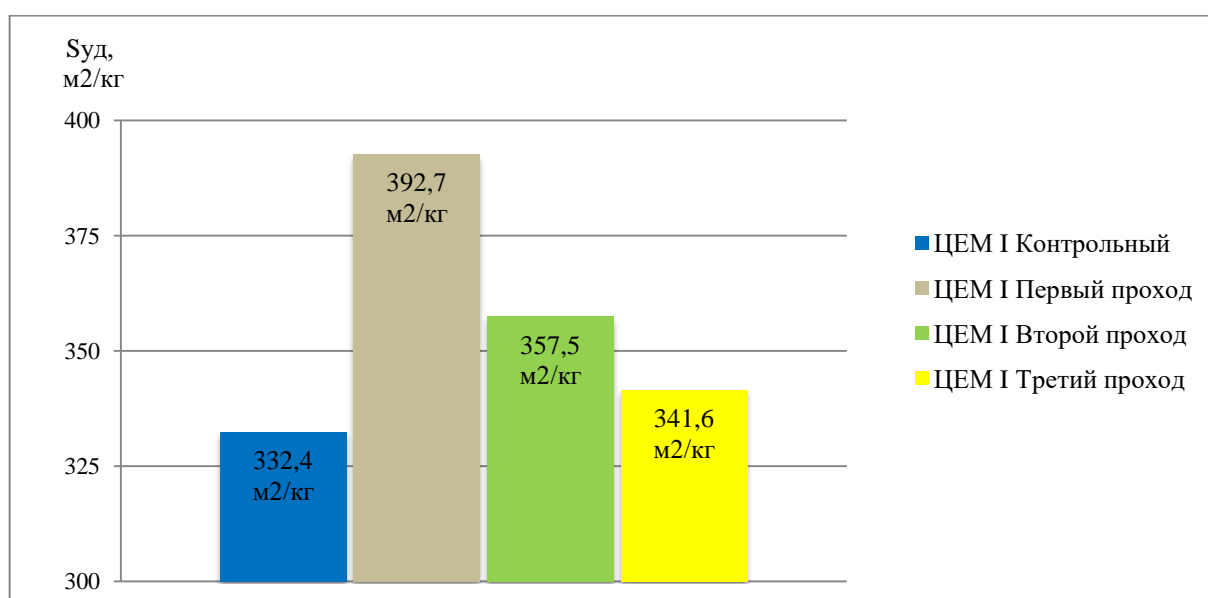


Рис.1. Изменение удельной поверхности активированного цементного клинкера при разном количестве проходов через дезинтеграторную установку в сравнении с контрольным образцом.

Проведенная оптическая микроскопия при 10 и 40 кратных увеличениях, а также математическая обработка результатов измельчения цемента, отчетливо показали изменение размеров цементных частиц (Рис.2, Рис. 3, Рис. 4).

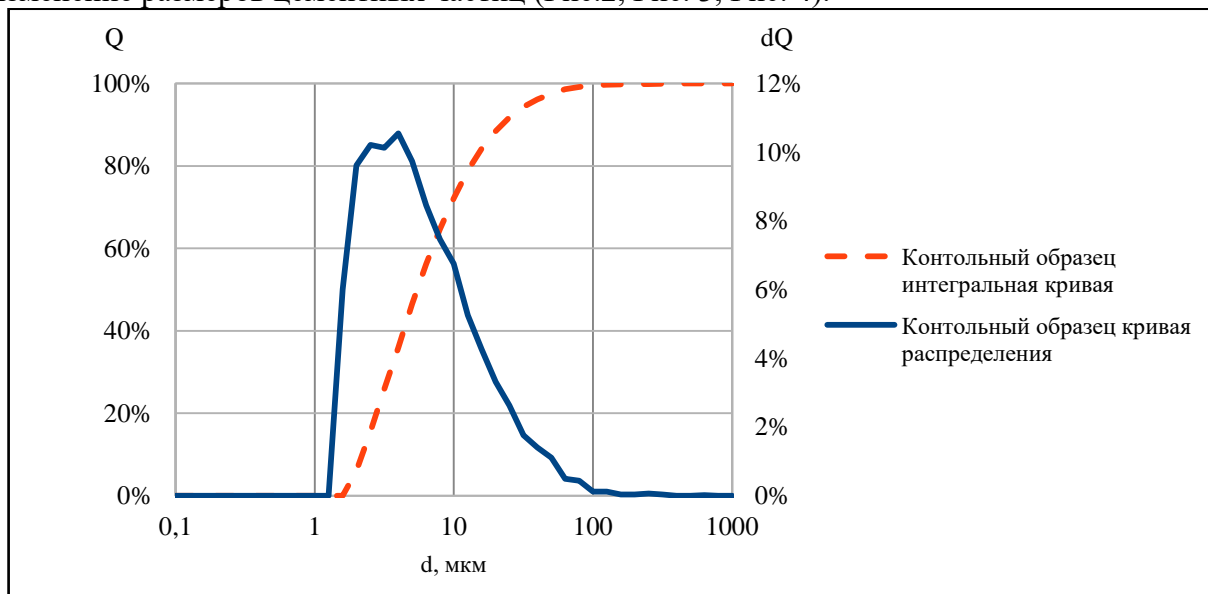


Рис.2 Интегральная кривая и кривая распределения частиц контрольного цемента по размерам, где:

Q – доля частиц с диаметром d (мкм);
dQ – относительное количество частиц данного диаметра;

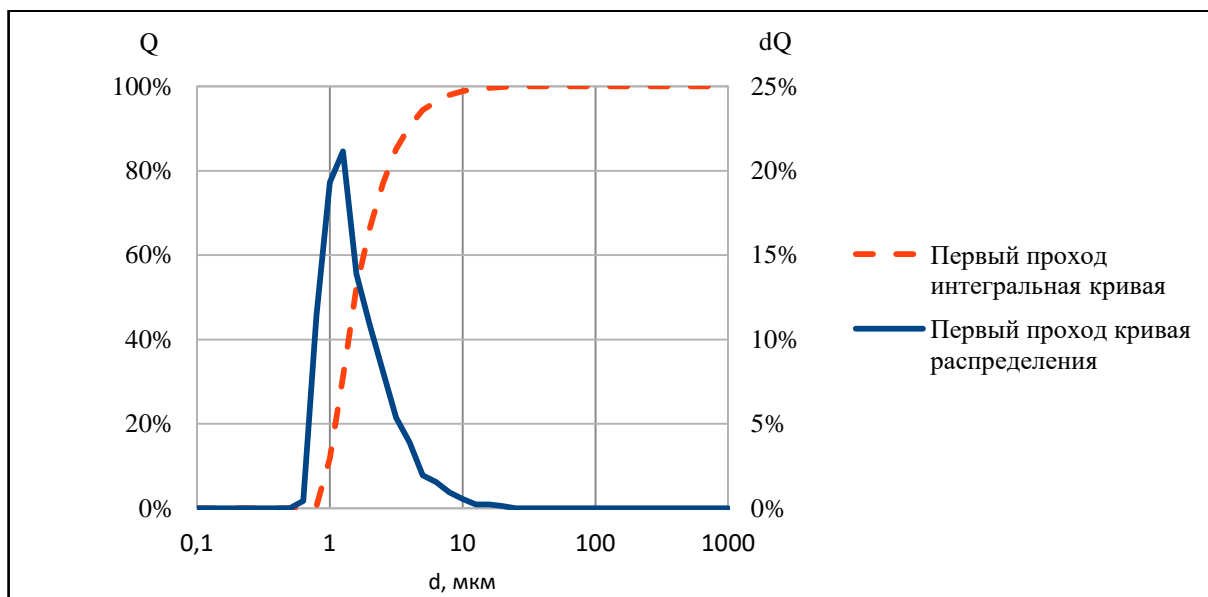


Рис.3 Интегральная кривая и кривая распределения частиц цемента по размерам после первого прохода через дезинтегратор, где:

Q – доля частиц с диаметром d (мкм);
dQ – относительное количество частиц данного диаметра;

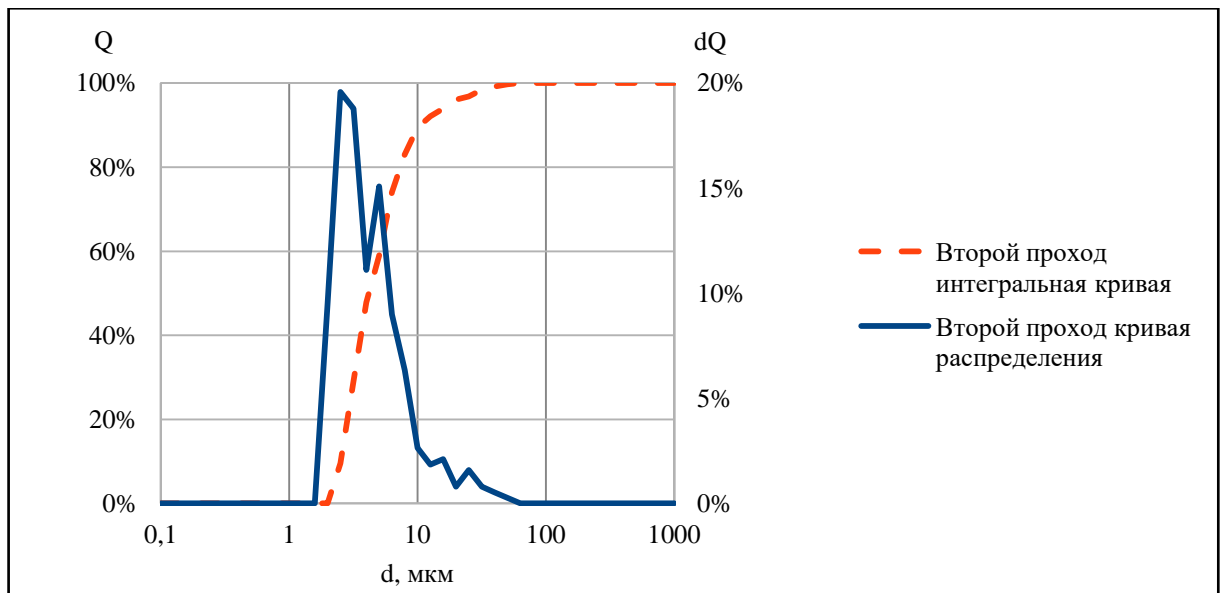


Рис.3 Интегральная кривая и кривая распределения частиц цемента по размерам после второго прохода через дезинтегратор, где:
 Q – доля частиц с диаметром d (мкм);
 dQ – относительное количество частиц данного диаметра;

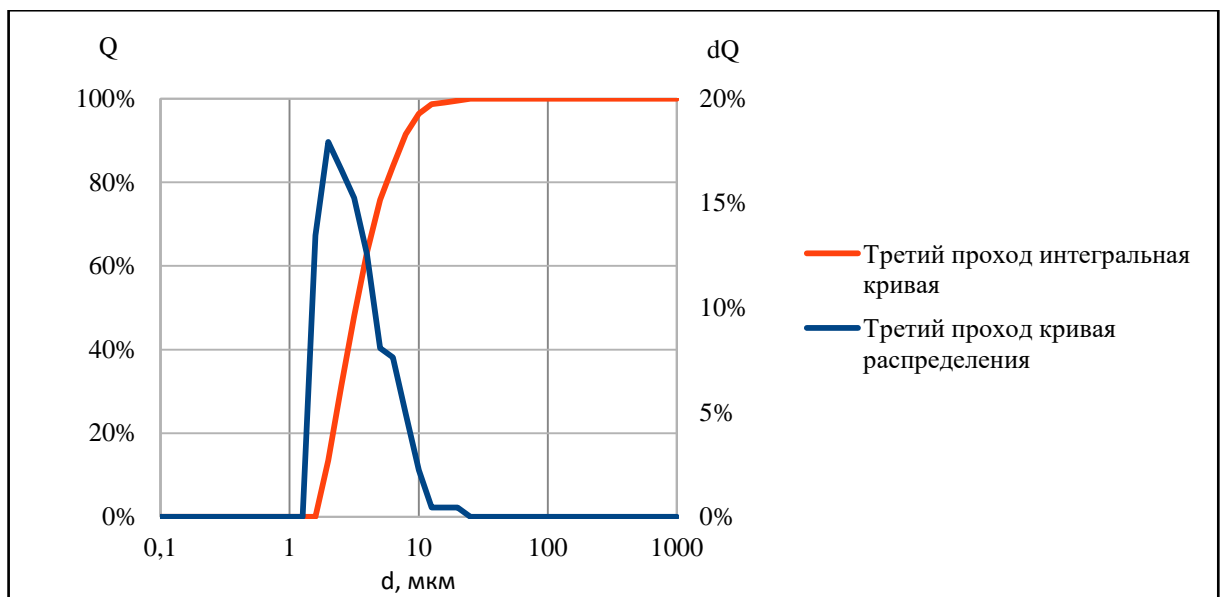


Рис.4 Интегральная кривая и кривая распределения частиц цемента по размерам третьего прохода через дезинтегратор, где:
 Q – доля частиц с диаметром d (мкм);
 dQ – относительное количество частиц данного диаметра;

Согласно математической обработки, один проход цемента через дезинтегратор позволил уменьшить количество частиц более 10 мкм, а также увеличить количество частиц диаметром 1-3 мкм, тем самым уменьшить средний размер частиц цемента примерно в 4,5 раза по сравнению с контрольным цементом (Рис.1.).

При второй и третьей активации цемента, в связи с сверхактивностью цемента происходит агрегирование частиц. Кривая распределения частиц (Рис.2., Рис.3.) не отображает существенных изменений при второй и третьей активации в сравнении с начальным образцом.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что один проход через дезинтеграторную установку, увеличивает удельную поверхность цемента на 15,3 % по сравнению с исходным материалом, что обуславливается измельчением частиц цемента в дезинтеграторной установке;
 2. Второй и третий проход через дезинтегратор, приводит к уменьшению удельной поверхности на 8,9 % и 13,0 % соответственно, по сравнению с первым проходом.
- Результаты можно объяснить квазиаморфным метастабильным состоянием с повышенным значением свободной энергии частиц, а также агрегированием частиц цемента;
3. После второго и третьего прохода через дезинтеграторную установку, частицы являются сверхактивными, что в результате агрегирования частиц цемента затрудняет непосредственно измельчение частиц в дезинтеграторе в связи с налипанием и закупориванием каналов дезинтеграторной установки частицами цемента. Агрегирование материала также подтверждается оптической микроскопией и воздухопроницаемостью материала;

ЛИТЕРАТУРА

1. Старокадомский Д., Решетник М., Матвеева Л. Структура и характеристики композитов с микродисперсным цементным наполнителем. // Пластические массы. 2020. № 11-12. С. 11-12.
2. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2018. №4(37). С. 85-99.
3. Самченко С.В., Егоров Е.С. Влияние ультрадисперсной добавки из предварительно гидратированного цемента на свойства цементной пасты // Техника и технология силикатов. Международный журнал по вяжущим, керамике, стеклу и эмалям. 2019. Том 26. №2. С.52-57.
4. Рыбакова М.В., Барбанягрэ В.Д. Интенсификация процесса твердения цементного камня на основе механоактивированной суспензии // II Международный семинар-конкурс молодых ученых и аспирантов, работающих в области вяжущих веществ, бетонов и сухих смесей: сборник докладов. Санкт-Петербург: Издательство «АлитИнформ». 2011. С. 140.
5. Samchenko, S., Kozlova I., Zemskova O., Baskakova E. Increase of aggregative and sedimentation stability of slag suspensions by ultrasound // (2019) E3S Web of Conferences. 110. статья № 01061. DOI: 10.1051/e3sconf/201911001061
6. Samchenko, S., Kozlova, I., Zemskova, O., Zamelin, D., Pepelyaeva, A. Complex Method of Stabilizing Slag Suspension // (2019) Advances in Intelligent Systems and Computing 983, с. 817-827. DOI: 10.1007/978-3-030-19868-8_80
7. Кривобородов Ю.Р., Ясько Д.А. Активация цемента для улучшения свойств бетона // Новая наука: проблемы и перспективы. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Стерлитамак: РИЦА МИ. 2015. №3. С. 105-108
8. Еленова А.А., Кривобородов Ю.Р. Влияние гидродинамически активированной добавки кристаллогидрата на гидратацию и твердение цементного камня // Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. тр. Том XXX, №7. М.: ПХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016, С. 36-38.
9. Гуринович Л.С., Усов Б.А. Механохимическая обработка строительных материалов // Экология и строительство. Scientific Research Center Of Environmental Engineering And Construction, 2015. Т. 3, № 3. С. 22.
10. Goljandin D., Kulu P., Käerdi H., Bruwier A. Disintegrator as Device for Milling of Mineral Ores. // Materials Science. 2005. 11(4). С. 398-402.
11. Bumanis G., Bajare D., Goljandin D. Performance evaluation of cement mortar and concrete with incorporated micro fillers obtained by collision milling in disintegrator. // Ceramics-Silikaty. 2017. #61 (3). С. 231-243.
12. Гуринович Л.С., Усов Б.А. Механохимическая обработка строительных материалов // Экология и строительство. Scientific Research Center Of Environmental Engineering And Construction, 2015. Т. 3. № 3. С. 22.
13. Ставров С.В., Абрамов М.А. Механохимическое получение микронаполнителей для «умных» и многофункциональных бетонов. // Молодые ученые – Развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК), 2020 - С.635-638
14. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика [Монография] // Москва: Издательство Машиностроение-1. 2001. 260 с.
15. Mehrotra S. P., Alex T. C., Greifzu G., Kumar R. Mechanical Activation of Gibbsite and Boehmite. New Findings and their Implications. Transactions of the Indian Institute of Metals. 2015. 69(1). С. 51-59. doi: 10.1007/s12666-015- 0633-6.

ВЫСОКОПЛОТНЫЙ НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МИНЕРАЛЬНЫМИ И ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

Н. Д. Полковников¹ Е. Г. Величко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹polkovnikovn66@gmail.com

²pct44@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы оптимизации состава напрягающего бетона, снижения его стоимости без потери или с увеличением его основных свойств. В последние годы наиболее эффективным методом гидроизоляции при строительстве заглубленных и подземных сооружений, в противоположность использованию битумных и других традиционных материалов является метод, основанный на применении бетона повышенной водонепроницаемости. Этот вид гидроизоляции получил название «Белая ванна» в странах Европы. Сущность технологии состоит в том, что роль водонепроницаемого слоя выполняет непосредственно сам бетон. Объектом исследования является состав напрягающего бетона, обладающего повышенной плотностью и водонепроницаемостью, но высокой ценой по сравнению с бетоном на портландцементе, что ограничивает его широкое применение. Целью исследования является разработка и оптимизация состава напрягающего бетона с заданными свойствами, используя различные минеральные и полимерные добавки, для снижения стоимости готового продукта при сохранении или значимом повышении эксплуатационных показателей. В статье описаны методики используемые для проведения экспериментов, сравнение свойств проб бетона с различным содержанием минеральной добавки. В качестве минеральной добавки используется доменный шлак с высокой дисперсностью, который используется в РФ малых объемах относительно стран запада, тем самым создавая экологическую проблему. Также для шлака и напрягающего цемента представлены графики сравнения распределений частиц по размерам в единице объема и их сравнение. Приведены результаты испытаний готового продукта на ряд основных показателей определяющих его качество и применимость в заданных условиях эксплуатации. На основании результатов экспериментов, описанных в статье были сделаны выводы касающиеся сохранения, а по некоторым показателям даже увеличения различных свойств напрягающего бетона при уменьшения расхода напрягающего цемента и замены его части доменным шлаком большей дисперсности. Также ввиду этого затронут вопрос об экономической эффективности использования вторичного сырья.

ВВЕДЕНИЕ

В современном капитальном строительстве перед инженерами-технологами стоит ряд задач связанных со свойствами и качеством бетона. При традиционном устройстве гидроизоляции контура здания или сооружения, находящегося ниже уровня земли важными проблемами является низкая водонепроницаемость и трещиностойкость самого бетона и, как следствие, потребность в нанесении на его поверхность различных гидроизолирующих составов на основе нефтепродуктов. В результате этого происходит дополнительное удорожание конструкции. В противоположность традиционному способу гидроизоляции используется тот, при котором гидрозащита осуществляется самим бетоном, без нанесения на него дополнительных обмазочных материалов. В западных странах этот метод устройства подземной части сооружения получил название «Белая ванна». В технологии данного метода используются, как правило напрягающие бетоны и бетоны с компенсированной усадкой.

Напрягающие бетоны и бетоны с компенсированной усадкой отличаются в первую очередь по энергии самонапряжения. Применение таких бетонов позволяет возводить бесшовные конструкции большой протяженностью (до 500 м) с повышенной трещиностойкостью и водонепроницаемостью за счет разработанной специальной технологии. Механизм твердения напрягающего бетона основан на создании направленного кристаллообразования в твердеющем цементном камне и обеспечении тем самым регулируемого объема расширения, которое происходит в пластической структуре материала, при этом в условиях ограничения расширения развивается самонапряжение, компенсирующее растягивающее напряжение[1,2,15]. Проблемой такого бетона является его стоимость, поскольку входящая в состав расширяющаяся добавка(РД) на основе глиноземистого цемента имеет высокую цену. Задачей данного исследования является оптимизация состава напрягающего бетона с заданными свойствами, снижение количества РД, путём использования различных модифицирующих добавок, включая вторичное сырьё, полученное из определённых видов отходов производства металлургии и строительной индустрии. Дисперсность добавок позволит обеспечить их однородное распределение в основном в межчастичных пустотах основного вяжущего вещества и, также, значимо повысить прочность и плотность материала. Управление реологическими и технологическими свойствами бетонных смесей предусматривается применением гребенчатых суперпластификаторов третьего поколения, модифицированных ускорителями твердения высокой валентности. Оптимальное содержание означенных ускорителей твердения определяется в соответствии с правилом Шульце-Гарди, составляет сотые доли процента массы вяжущего и не вызывает коррозии арматуры[14].

Необходимо отметить, что проблемы оптимизации состава напрягающего бетона, снижения его стоимости частично рассматривались Гридчиной, А.А.Титовой Л.А.[3,6]. Развитием научных представлений и рекомендаций получения бетонов с компенсированной усадкой на основе различных расширяющих добавок взамен использования готовых расширяющихся цементов занимались Звездов А.И., Титов М.Ю.[4,5]. Вопросы состава, структуры и свойств напрягающих цементов занималась Кузнецова Т.В.[8-13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предметом исследования является напрягающий бетон, в котором в качестве добавки был взят тонкомолотый доменный шлак и суперпластификатор на основе поликарбоксилата. В экспериментальных исследованиях использовались следующие материалы: стандартный полифракционный песок(ГОСТ 6139-91), напрягающий цемент со средней энергией самонапряжения(ГОСТ Р 56727-2015), щебень с наибольшим номинальным размером зерен 10 мм(ГОСТ 8269.0-97), тонкодисперсный доменный гранулированный шлак. Помол шлака был осуществлён в шаровой мельнице при трёх разных режимах, чтобы получить различный размер частиц с целью анализа зависимости плотности упаковки от их дисперсности и, соответственно, выбора оптимального варианта в подборе параметров компонентов вяжущего. Для точности эксперимента потребовалось определение размера частиц цемента и шлака трёх разных режимов помола на лазерном анализаторе размеров частиц FRITSCH ANALYSETTE 22 NanoТес (диапазон измерения от 0,01 до 2100 мкм.) Измерение плотности цемента и шлака осуществлялось с помощью прибора Ле-Шателье по методике согласно ГОСТ 30744-2001. Методом воздухопроницаемости на ПСХ была определена удельная поверхность шлака по Блейну. Для изучения свойств напрягающего бетона были изготовлены 4 серии образцов размером 10x10x10 см по 4 шт. в каждой пробе, с содержанием шлака 15, 20, 25% соответственно в пробах 2,3,4(табл. 1).

Табл. 1. Состав бетона, кг/м³

| Компоненты бетонной смеси | Номер пробы | | | |
|---------------------------|-------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Цемент | 404 | 344 | 324 | 303 |
| Вода | 150 | 150 | 150 | 150 |
| Щебень | 1266 | 1266 | 1266 | 1266 |
| Песок | 639 | 639 | 639 | 639 |
| Шлак | - | 60 | 80 | 101 |
| РСЕ(поликарбоксилат) | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 |

В возрасте 28 суток были проведены испытания кубов на прочность при сжатии согласно ГОСТ 10180-2012. Затем были изготовлены образцы 4 составов (табл.1), по 3 образца в каждой серии, размерами 50х50х200 мм для определения самоупрочнения по методике ГОСТ 32803-2014. Твердение образцов осуществлялось в специальных динамометрических кондукторах, создающих в процессе расширения бетона упругое ограничение деформаций, эквивалентное продольному армированию образцов-призм, равному 1 %. Измерения кондукторов проводились ежедневно в возрасте 1-7 суток и далее в возрасте 10, 14 и 28 суток каждый раз с проверкой измерительного устройства с помощью эталона. Затем расчётным путём было определено значение самоупрочнения образца-призмы S_p .

Также были подготовлены пробы образцов цилиндрической формы диаметром 150 мм и высотой 30 мм с составами аналогичными тем, которые были использованы в испытаниях проведенных ранее (табл.1). По методике ГОСТ 12730.5-84 была определена водонепроницаемость бетона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате лазерного анализа размеров частиц цемента и шлака трёх разных режимов помола получили следующие данные представленные в табл. 2.

Табл. 2. Гранулометрический состав изученных образцов(проба 10 г)

| Маркировка образца | Средний размер частиц (d50), мкм | Максимальный размер частиц (d98), мкм | Содержание частиц менее 2 мкм, % |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| НЦ | 14,685 | 62,456 | 12,31 |
| Шлак исходный | 11,073 | 45,022 | 14,97 |
| Шлак (помол 15 мин.) | 10,882 | 40,878 | 14,97 |
| Шлак (помол 30 мин.) | 9,919 | 37,119 | 16,65 |

Также были получены интегральные и дифференциальные распределения частиц по размерам в пробах материала(рис1,2,3,4)

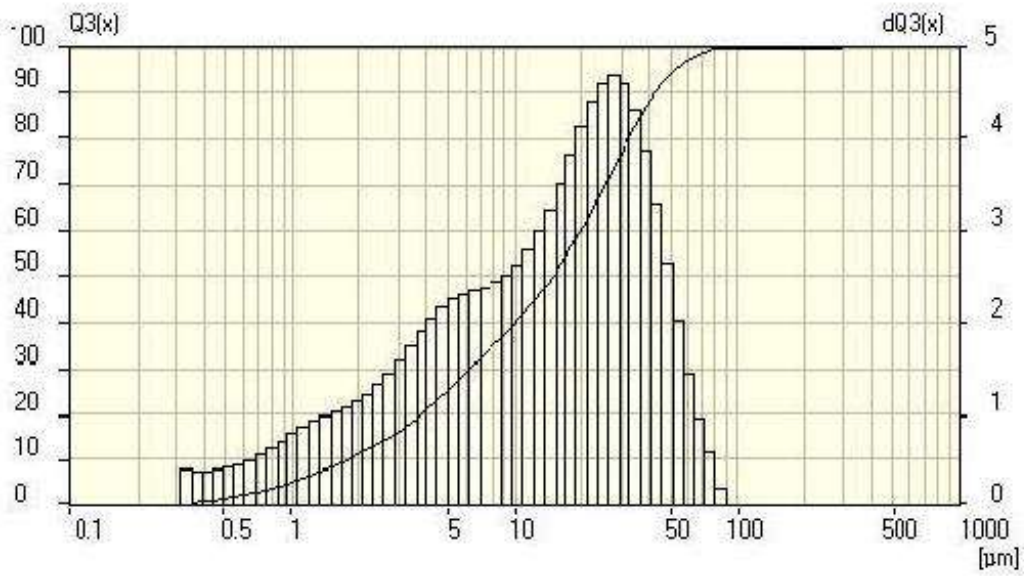


Рис. 1. Интегральное и дифференциальное распределение частиц по размерам образца НЦ

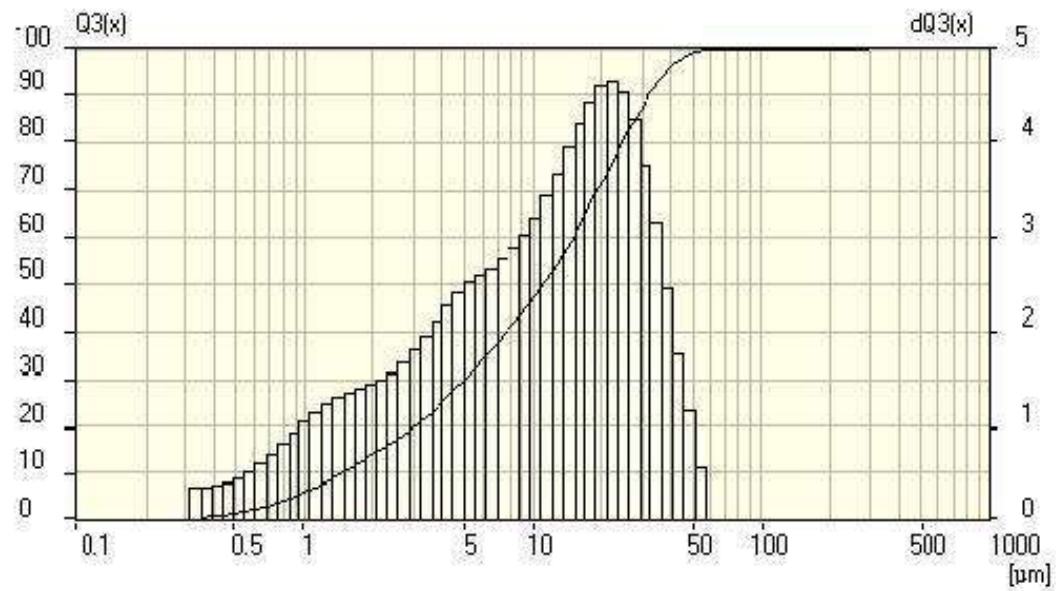


Рис. 2. Интегральное и дифференциальное распределение частиц по размерам образца шлака (исходный)

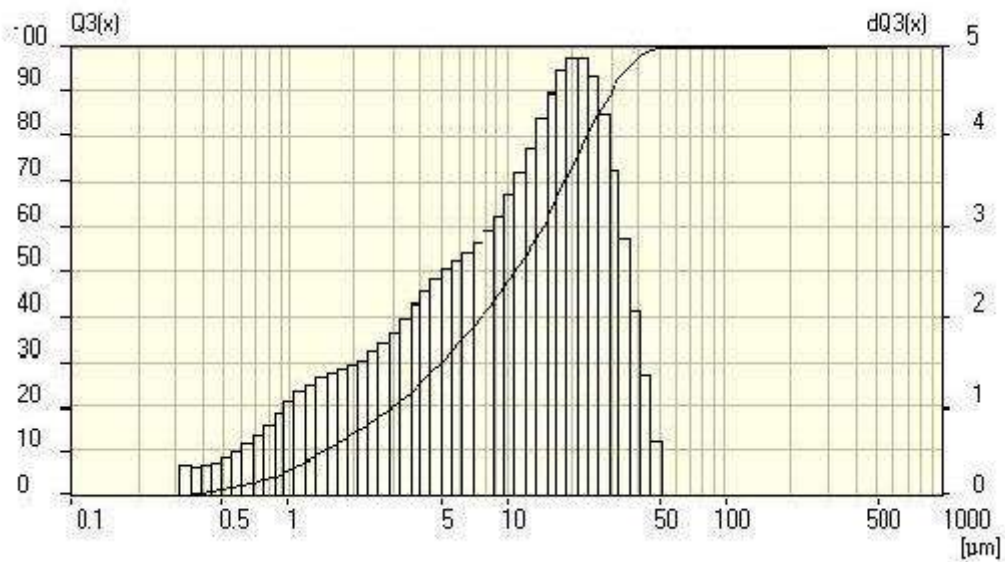


Рис. 3. Интегральное и дифференциальное распределение частиц по размерам образца шлака (время о몰 15 мин.)

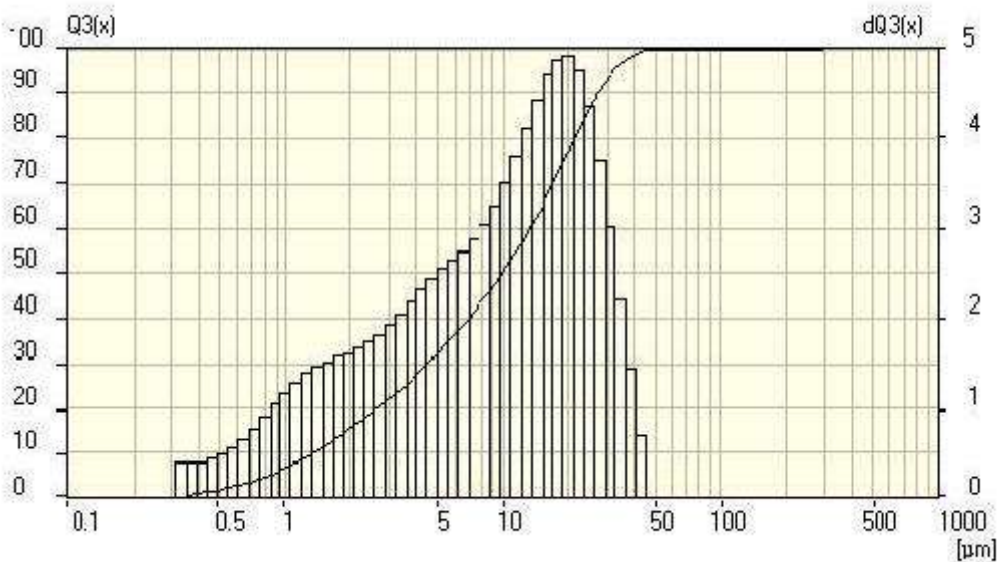


Рис. 4. Интегральное и дифференциальное распределение частиц по размерам образца шлака (время помола 30 мин.)

Для наглядности на рисунке ниже представлен график с наложением распределений частиц напрягающего цемента и исходного шлака в образце(пробе) по размерам для сравнения.

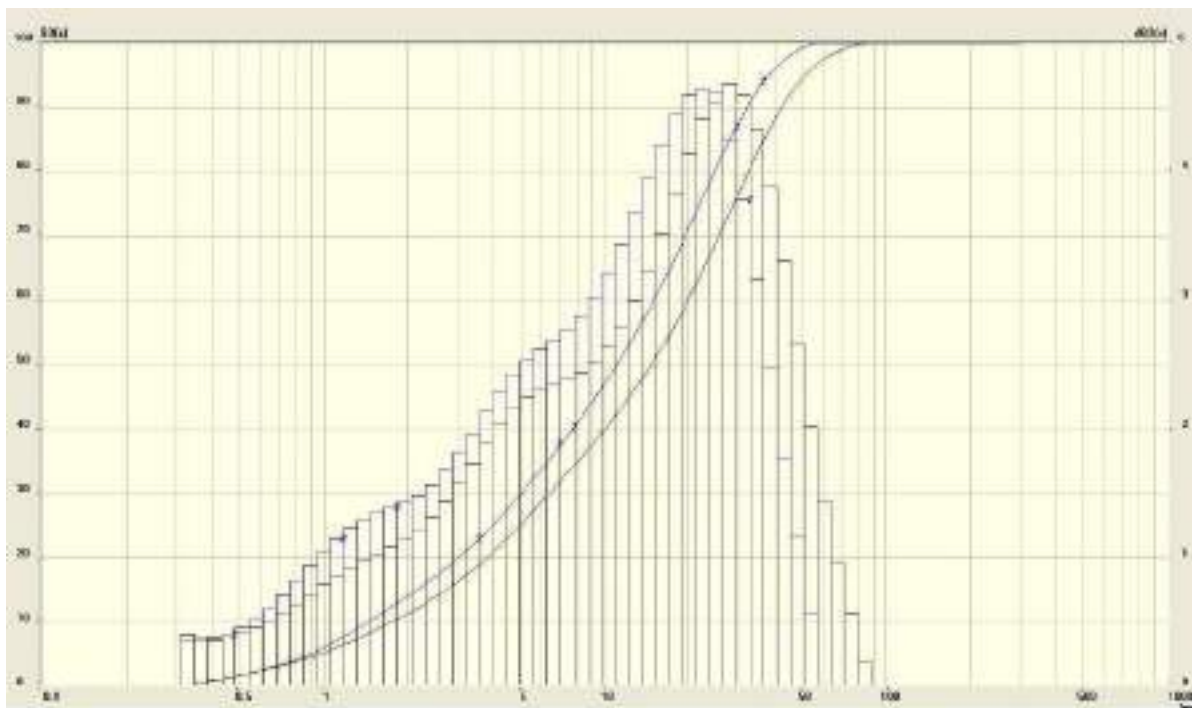


Рис. 5. Наложение распределений частиц по размерам в образцах НЦ (черный) и Шлак исходный (синий)

Проведенные исследования показали, что истинная плотность цемента и шлака в колбе Ле-Шателье составила 2,85 и 2,66 г/см³ соответственно, а удельная поверхность исходного шлака - 4685 см²/г по Блейну. Прочности бетона на сжатие в возрасте 28 суток четырех разных составов представлена в табл. 3.

Табл. 3. Прочность напрягающего бетона с тонкодисперсным шлаком на сжатие

| Проба | № обр. | Размер образцов, см | Предел прочности при сжатии, МПа | |
|-------|--------|---------------------|----------------------------------|------------------|
| | | | Одного образца | Среднее значение |
| «1» | 1 | 9,9x10x9,9 | 50,33 | 51,12 |
| | 2 | 10x10x9,9 | 51,91 | |
| | 3 | 10x10x10 | 52,08 | |
| | 4 | 9,8x10x10 | 50,17 | |
| «2» | 1 | 9,7x10x9,9 | 51,11 | 51,31 |
| | 2 | 10x9,8x9,9 | 49,94 | |
| | 3 | 10x10x9,9 | 52,85 | |
| | 4 | 9,8x10x10 | 51,32 | |
| «3» | 1 | 9,9x10x9,9 | 51,55 | 51,47 |
| | 2 | 10x10x9,9 | 52,47 | |
| | 3 | 10x9,9x10 | 51,33 | |
| | 4 | 9,8x10x10 | 50,56 | |
| «4» | 1 | 10x10x10 | 53,98 | 52,61 |
| | 2 | 10x9,9x10 | 52,91 | |
| | 3 | 10x10x9,9 | 52,20 | |
| | 4 | 9,9x10x9,7 | 51,36 | |

В результате обработки показаний согласно ГОСТ 32803-2014 снятых с динамометрических кондукторов, получены следующие значения самонапряжения (табл.4)

Табл. 4. Значения самонапряжения бетона с тонкодисперсным шлаком

| Проба | «1» | «2» | «3» | «4» |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|
| Самонапряжение, МПа | 9,95 | 12,01 | 13,93 | 16,40 |
| Марка по самонапряжению | Sp1,2 | Sp 1,5 | Sp 1,5 | Sp 20 |

Марка по водонепроницаемости 1,2 проб бетона составила W18, а 3,4 пробы – W20.

ВЫВОДЫ

Проведённые исследования показали, что физические, гидрофизические и механические свойства напрягающего бетона модифицированного доменным тонкомолотым шлаком с дисперсностью, превышающей удельную поверхность цемента, использованного в комплексе с жидким полимерным суперпластификатором на основе поликарбоксилатов(РСЕ) находятся на уровне, а по некоторым показателям даже превосходят свойства контрольного состава. Экспериментально подтверждён незначимый (2,9%) прирост прочности на сжатие, а самонапряжение бетона при определенной дисперсности шлака (пробы 1 и 4)увеличилось на 2 марки. Такое увеличение самонапряжения бетона связано с тем, что шлак с большей дисперсностью, чем у цемента распределяется в основном в межчастичных пустотах, увеличивая концентрацию твердой фазы в единице объема и, как следствие увеличивая напряжение всей системы. При этом наблюдается увеличение водонепроницаемости бетона на 1 ступень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фурманов Н. Е. Благоприятный состав бетона для изготовления водонепроницаемых конструкций по системе «Белая ванна». // Инженерно-строительный журнал 2009 №3
2. Никиткова Е.В. Технологии гидроизоляции Sika для подземных объектов. // Технологии Мира 2011№6.
3. Титова Л.А. Напрягающий бетон – одно из средств обеспечения надежности конструкций [Текст] / Титов Л.А. // 85 лет в стройкомплексе Москвы и России Юбилейный сборник статей. – 2013. – С. 171.
4. Звездов А.И. Титов М.Ю. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности //Журнал "Бетон и железобетон" - №4(511) - 2001г.
5. Титов М.Ю. Бетоны с повышенной прочностью на основе расширяющих добавок// Журнал «Строительные материалы» -№2-2012 г.
6. Титова Л.А. Титов М.Ю. Повышение долговечности бетона применением расширяющихся добавок //Сборник материалов конференции “Долговечность и защита конструкций от коррозии” 25-27 мая 1999 г.
7. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. - М.: Стройиздат. - 1974.-312 с.
8. Кузнецова Т.В., Кривобородов Ю.Р. Состав свойства и применение специальных цементов //Технологии бетонов. – 2014. - №2. – С. 8-11.
9. Кузнецова Т.В., Аллюминатные и сульфоаллюминатные цементы. М.: Стройиздат, 1989. – 209 с.
10. Кузнецова Т.В. Самонапряжение расширяющихся цементов/6-й Международный конгресс по химии цемента. - М. - 1974. - S. 585-594.
11. Кузнецова Т.В. Структура и свойства расширяющихся и напрягающих цементов // Сборник докладов Всесоюзной конференции в г. Грозном: Ресурсосберегающие технологии железобетонных конструкций на основе напрягающих цементов. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 8-9.
12. Кузнецова Т.В. Физико-химические основы технологии расширяющихся цементов. / Труды НИИЦемент, 1976, вып. 38, с. 77-85
13. Кузнецова Т.В. Химия и технология расширяющихся цементов. – М.: ВНИИ-ЭСМ. Серия 1. Цементная промышленность. – 1980. – 60 с.
14. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов: учеб. пособие. - М., 2014. – 496 с.
15. Панченко А.И., Айрапетов Г.А. О возможности направленного структурообразования напрягающих и расширяющихся бетонов// Сборник докладов Всесоюзной конференции в г. Грозном: Ресурсосберегающие технологии железобетонных конструкций на основе напрягающих цементов. - М.: Стройиздат, 1989. - С. 13-19

ВЛИЯНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА БЕТОНА

Е. Г. Величко¹ И. В. Дыкин² Н. Д. Полковников³

^{1,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²Ростокинский завод ООО «ДСК-1», инженер,

¹рст44@yandex.ru

²dykin.igor@yandex.ru

³polkovnikovn66@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы образования и накопления зол и золошлаковых отходов ТЭС и ГРЭС в Российской Федерации и их применения в составе бетона. По состоянию на начало 2017 года количество накопленных золошлаковых отходов (ЗШО) в России в золоотвалах превышало 1,5 млрд. тонн. С учетом ежегодного образования ЗШО в пределах 22-23 млн.т, следует принимать во внимание крайне опасную тенденцию переполнения действующих золоотвалов, количество которых уже превысило 60%. Применение зол-уноса в бетоне на современном этапе является недостаточным. Теоретически и экспериментально показано, что снижение расхода цемента в бетоне за счет применения золы-уноса ТЭС с оптимальными параметрами (дисперсность, содержание) может составить от 20 до 50% и более без ухудшения его строительно-технических свойств и качественного повышения реотехнологических свойств бетонной смеси. Объектом исследования является технология производства бетонов различных видов и назначения с золы-уноса ТЭС.

ВВЕДЕНИЕ

В России насчитывается порядка 170 действующих объектов теплоэнергетики (ТЭС и ГРЭС), а также более 200 ведомственных котельных на твердом топливе, являющихся как источниками загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных водоемов, так и образования промышленных отходов – золы-уноса и золошлаковой смеси от сжигания углей.

Проблема значительного количества золошлакоотвалов с уже накопленными и ежегодно образующимися промышленными отходами затрагивает одновременно и экологическую, и экономическую безопасность нашей страны. По состоянию на начало 2017 года количество накопленных золошлаковых отходов (ЗШО) в России в золоотвалах превышало 1,5 млрд. тонн. С учетом ежегодного образования ЗШО в пределах 22-23 млн.т, следует принимать во внимание крайне опасную тенденцию переполнения действующих золоотвалов, количество которых уже превысило 60%. Согласно экспертных оценок, только за 1 сутки работы на угле ТЭС мощностью 1 млн. кВт сжигается около 10 тыс.т угля и образуется свыше 1000 т шлака и золы, под отвал которых (высотой 8 м) требуется площадь не менее 1 га в год. По различным экспертным оценкам, инвестиции в строительство только одного золошлакоотвала с выполнением всех действующих градостроительных, экологических, санитарных, технических требований составляют ориентировочно от 10 млрд. рублей, при этом затраты на содержание 1 т ЗШО достигают значения от 400 до 700 руб или 5-7 % от себестоимости производства тепловой и электрической энергии[1-3].

Основное количество золоотвалов с накопленными ЗШО сосредоточено в Красноярском, Алтайском, Хабаровском, Приморском краях, Иркутской, Кемеровской, Челябинской, Новосибирской, Омской, Свердловской, Амурской, Читинской, Ростовской областях.

Вместе с тем исходя из мирового и отечественного опыта научных исследований и практических разработок, золы и шлаки объектов теплоэнергетики при оптимальном и эффективном их использовании представляют собой немалый резерв экономии невозобновляемых природных ресурсов (полезных ископаемых) и источник расширения сырьевых ресурсов различных отраслей экономики, в первую очередь, промышленности строительных материалов, транспортного и дорожного строительства [5-12]. Однако уровень применения зол-уноса ТЭС, являющихся ценным сырьевым компонентом для бетонов различных видов и назначения на современном этапе является недостаточным.

В стремлении оптимизировать производство и уменьшить затраты на материалы, в частности, технология производства бетона претерпевает существенные изменения. Поэтому приоритеты современного производства изделий из бетона направлены на экологическую безопасность, на рациональное использование природных ресурсов и энергии. Из чего возникает стремление сделать техногенные отходы одного производства основными или второстепенными компонентами для других технологий и производств. Очевидно, что применение золы-уноса ТЭС в составе бетона для замещения части вяжущего вещества и/или мелкого заполнителя, и одновременного улучшения реотехнологических свойств бетонной смеси представляет собой перспективное направления эффективного экологического и экономического применения такого вида дешевого техногенного отхода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предметом исследования является оптимальные параметры (дисперсность и содержание) использования золы-уноса ТЭС и свойства бетонной смеси и бетона при добавлении ее в их состав. Под термином «зола-уноса» ТЭС понимается тонкодисперсный минеральный порошок, который образуется при сжигании мелкомолотого угля на современных электростанциях в высокотемпературных топках.

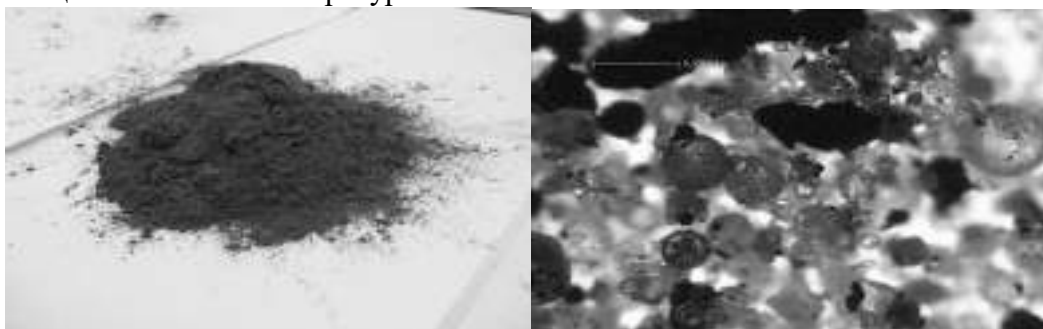


Рис. 1. Внешний вид и микрофотография золы-уноса.

При помощи электрофильтров происходит улавливание золы-уноса из состава дымовых газов, после чего она складывается в бункерах для дальнейшей реализации. Для изучения свойств и структуры бетона использовались две фракции мелкого заполнителя, гранитно-габровый щебень фр. 5-10 мм, портландцемент класса ЦЕМ I 42,5Н, зола-уноса Черепетской ТЭС, суперпластификатор Glenium 430. Методы исследований: форма и размер дисперсных частиц компонентов определялись лазерным анализатором FRITSCH ANALYSETTE 22 NanoTec (диапазон измерения от 0,01 до 2100 мкм.), удельная поверхность золы-уноса и портландцемента определялась по Блейну, подвижность бетонной смеси по ГОСТ 10181–2014, прочность бетона на сжатие по ГОСТ 10180–2012. Структура цементного камня изучалась применением растровой микроскопии, термографического и рентгенофазового методов анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По химическому, дисперсно-гранулометрическому и фазово-минеральному составам золы-уноса в значительной мере имеет сходство с аналогичными параметрами состава и свойств большинства видов природного минерального сырья.

По ГОСТ 25818-2017 золы подразделяют по виду сжигаемого угля на антрацитовые (А), каменноугольные (КУ), буроугольные (БУ), а по химическому составу на кислые (К) и основные (О). Примеры химического состава золы-уноса, образующейся от сжигания углей разных месторождений, приведены в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав золы-уноса

| Компоненты химического анализа | Химический состав золы-уноса, %, образующейся при сжигании углей | | | |
|--------------------------------|--|----------|------------|---------|
| | Подмосковья | Кузбасса | Челябинска | Воркуты |
| SiO ₂ | 48-56 | 58-63 | 49-60 | 61-67 |
| Al ₂ O ₃ | 25-36 | 20-26 | 21-27 | 16-21 |
| Fe ₂ O ₃ | 7-10 | 5-7 | 6-20 | 6,8-10 |
| FeO | 0-6 | - | - | - |
| CaO | 2-5 | 2-4 | 2-4 | 0,7-3,1 |
| MgO | 0,2-0,9 | 0,4-1,5 | 1,5-3,5 | 1,7-2,6 |
| SO ₃ | 0,2-0,9 | - | 0,3-1,2 | 0,3-1,3 |
| K ₂ O | 0,4-0,7 | 1,7-2,3 | 0,7-2,5 | 1,6-2,6 |
| Na ₂ O | 0,1-0,4 | 1-1,4 | 0,7-1,1 | 0,6-1,6 |

Именно химический и дисперсный составы оказывают наиболее значимое влияние на оптимальное содержание золы и свойства многокомпонентного цемента, бетонной смеси и бетона.

Использование золы-уноса при приготовлении бетонной смеси дает возможность экономии цемента вплоть до 30% без ущерба для качества бетона. Помимо этого, зола в бетоне может использоваться в качестве микронаполнителя, улучшающего гранулометрический состав песка и оказывающего активное влияние на реотехнологические свойства бетонной смеси и процессы структурообразования цементного камня. При добавлении порошка золы в смесь было установлено улучшение ее удобоукладываемости, в отличие от действия большинства других активных минеральных добавок, а также уменьшение тепловыделения и усадки бетона. Кроме того, использование золы-уноса за счет электростатического взаимодействия с частицами клинкерного компонента повышает вязкость, уменьшает расслоение и водоотделение смеси, и может быть одной из самых эффективных минеральных добавок для производства самоуплотняющихся бетонных смесей. При оптимальном содержании добавки золы бетонные смеси обладают довольно высокой сохраняемостью свойств, обеспечивая при этом транспортирование ее на дальние расстояния.

Для бетонов, в составе которых присутствует зола-уноса, характерна повышенная стойкость материала в агрессивных водах, даже при полном погружении. Означенный рост стойкости связан с высокой дисперсностью и пуццоланической активностью золы, увеличением абсолютного объема вяжущего, снижением содержания портландита, и главное, уменьшением абсолютного содержания СЗА клинкера – минерала, оказывающего наиболее значимое влияние на возможное возникновение сульфатного вида коррозии цементного камня. Положительным аспектом применения дисперсной золы в составе бетоне является ее набухание с увеличением объема, значимо уплотняющим структуру цементного камня, уменьшающим ее проницаемость, повышающим прочность и долговечность цементной системы.

Суперпластификаторы, воздухововлекающие и другие современные химические добавки в сочетании с применением золы-уноса позволяют создавать бетоны, обладающие высокими прочностью, трещиностойкостью и морозостойкостью. Результаты научных исследований показывают [13-15], что максимальные технико-экономические эффекты достигаются при использовании золы ТЭС в цементных системах только с оптимальными параметрами (дисперсность, содержание) (рис. 2).

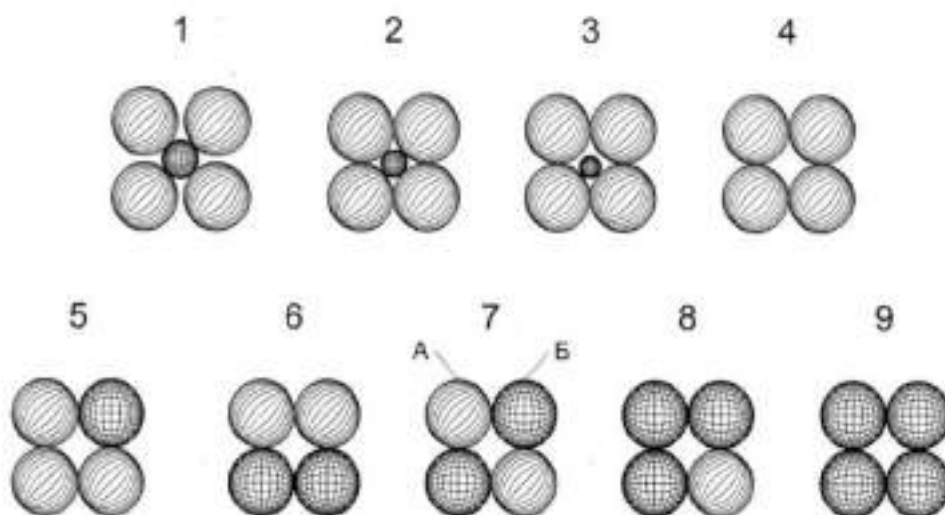


Рис. 2. Геометрия теоретически возможных схем распределения частиц клинкерного компонента (КК) и золы-уноса ТЭС (З)

А – КК; Б – З; 1 – дисперсность З меньше оптимальной; 2 – то же оптимальная; 3 – больше оптимальной; 4 - 9 – частицы КК и З равной дисперсности

Очевидно, что может наблюдаться два уровня использования золы по дисперсности для повышения или сохранения плотности многокомпонентной цементной системы на уровне плотности состава исходного цемента (рис.2). Первый – оптимальный (рис.2, поз. 2). В этом случае теоретическое повышение плотности объемноцентрированной кубической упаковки многокомпонентной системы составит 8,09%, а координационное число увеличится до 8%. Второй – (рис.2, поз. 5 – поз. 9). Плотность исходной системы не изменяется.

С учетом пуцоланической активности рациональное содержание золы для первого уровня (рис.2, поз. 2) составит 18–25%, второго при равной дисперсности клинкерного компонента и ММ – 25, 50 и 75% [13]. Для высокопрочных бетонов с высоким наполнением твердой фазой и оптимизацией дисперсного состава с целью снижения содержания клинкерного компонента наиболее предпочтительными являются поз. 2, поз. 5 и поз.7 (рис. 2), т.е. с теоретическим значением содержания золы в многокомпонентном вяжущем в количестве 25 и в крайнем случае 50% (рис. 1, поз.7), а также совместное применение поз. 2, + поз. 5 или поз. 2, + поз.7.

Поскольку доказаны положительные аспекты использования золы-уноса, она активно используется в строительстве. Она применяется для улучшения свойств тяжелых бетонов и экономии материалов: замещает часть цемента и/или определенную часть мелкого заполнителя. Пластифицирующая и водоудерживающая способность золы обуславливает перспективность ее применения в легких бетонах. Зола-унос также используется в производстве шлакосиликатных бетонов, которые применяют для ремонта дорог, аэродромных покрытий и мостов.

При производстве пенобетона, введение золы в пенобетонную смесь повышает ее агрегативную устойчивость в период между началом и окончанием схватывания цементного теста и предотвращает негативное влияние на формирование структуры.

К отрицательным свойствам бетона, приготавливаемого с использованием золы, следует отнести непостоянство свойств смеси из-за колебаний ее химико-минерального и дисперсного состава. Из табл. 1 отчетливо наблюдается значимый разброс в компонентах химического состава у зол с разных теплоэлектростанций России.

ВЫВОДЫ

Зола-уноса является ценным компонентом бетона при условии ее высокого качества и применения с оптимальными параметрами (дисперсность, содержание), при которых

наблюдается уплотнение или не разуплотнение исходной упаковки клинкерных частиц. Снижение расхода цемента в бетоне за счет применения золы-уноса ТЭС с оптимальными параметрами может составлять от 20 до 50% и более без ухудшения его строительно-технических свойств и качественного повышения реотехнологических свойств бетонной смеси. Очевидно, что в соответствии с современным опытом и действующими указаниями, содержащимися в нормативных документах (стандартах, руководствах, инструкциях), использование золы-уноса ТЭС является одним из самых актуальных, технологичных и перспективных направлений, имеющее эколого-экономическое значение и требующее постоянного развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ласкорин Б.Н., Громов Б.В., Цыганков А.П., Сенин В.Н. Безотходная технология в промышленности. – М.: Стройиздат, 1986. – 160 с.
2. Федорова Н.В., Мохов В.А., Бабушкин А.Ю. Анализ зарубежного опыта использования золошлаковых отходов ТЭС и возможностей мультиагентного моделирования процессов утилизации (обзор) // Экология промышленного производства. - 2015. - № 3 (91). - С. 2-7.
3. Шубов Л.Я., Скобелев К.Д., Иванков С.И., Доронкина И.Г. Аналитическая оценка золошлаковых отходов как техногенного сырья (к обоснованию экологической промышленной политики) // Экология промышленного производства. - 2018. - № 3 (103). - С. 15-23.
4. Состав и свойства золы и шлаков ТЭС: справочное пособие / Под ред. В.А. Мелентьева. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 288 с.
5. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях: монография / В.В. Саломатов. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2006. – 853 с.
6. Мальчик А.Г., Литовкин С.В. Изучение золошлаковых отходов для их использования в качестве вторичных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9-1. – С. 23-27.
7. Целыковский Ю.К. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС // Энергоиздат. - 2000. - № 2. - С. 22-31.
8. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанций. - М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. - 68 с.
9. Элинзон М.П., Васильков С.Г. Топливосодержащие отходы промышленности в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 234 с.
10. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. – «Интернет инжиниринг», 2000. – 496 с.
11. Руденский А.В. Актуальные проблемы ресурсосбережения при строительстве и ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий // Труды Росдорнии, вып. 35/1, 2016. - С. 20-30.
12. Шуварилова Е.В. Использование международного опыта для решения проблем управления отходами производства и потребления в Пермском крае // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. – 2010. – №7 (183). – С. 41-48.
13. Величко Е.Г., Шумилина Ю.С. // К проблеме формирования дисперсного состава и свойств высокопрочного бетона // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 2. С. 235-243. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.2.235-243
14. Шульце С.Е., Рикерт Й. Влияние химического состава золы-уноса на ее реакционную способность // Цемент и его применение, 2012, с. 170-175.
15. Thomas M. Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. PortlandCementAssociation, 2007.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИКАТОРА В ПОРОШКОВО-АКТИВИРОВАННЫХ БЕТОНАХ

И. В. Дыкин¹, Е. Г. Величко²

¹Ростокинский завод ООО «ДСК-1»,

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹dykin.igor@yandex.ru

²pct44@yandex.ru

Аннотация

Порошково-активированные бетоны обладают высокими строительными-техническими и технологическими свойствами, при этом содержащееся в их составе значительное количество тонкомолотых компонентов с высокой водопотребностью подразумевает обязательное применение суперпластифицирующих-суперводоредуцирующих добавок.

Наиболее эффективным представляется применение комплексных химических модификаторов с синергетическим эффектом действия, содержащих в своём составе поликарбоксилатный суперпластификатор + ускоритель твердения, используемый в соответствии с законом Шульце-Гарди.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая механизм действия высокоэффективных поликарбоксилатных суперпластификаторов (IV группа) в цементных системах (пасты, растворы, бетонные смеси), необходимо отметить следующее. Строение молекул водорастворимых карбоцепных суперпластификаторов предусматривает такую химическую модификацию, например, карбоксилсодержащих полимеров, которая позволяет ввести в эти макромолекулы длинные боковые олигоалкиленоксидные цепи через образование соответствующих сложноэфирных или амидных групп (рис. 1.). Такое строение обеспечивает практически неограниченные возможности управления коллоидно-химическим поведением суперпластифицирующих поликарбоксилатных добавок и их влиянием на процессы гидратации минералов клинкера и структурообразование в цементных пастах (растворах, бетонах) путем изменения длины основной и боковых цепей, электрических зарядов, плотности боковых цепей, свободных функциональных групп, молекулярной массы. В соответствии с формой макромолекул подобные карбоцепные полимеры получили название «гребнеобразных». Основой карбоцепных полимеров являются в основном акрилаты и метилметакрилаты.



Рис. 1. Строение молекул поликарбоксилатных суперпластификаторов

Механизм действия поликарбоксилатных суперпластификаторов в основном заключается в стерическом взаимодействии боковых цепей адсорбированных

макромолекул (рис. 1.) в зависимости от их длины в диффузном слое или за его пределами, а также определенном влиянии ξ -потенциала на их пластифицирующую способность путем дезагрегации частиц цемента, аналогично случаям применения добавок НСФ (нафталин-сульфонатных) и МСФ (меламин-сульфонатные). Стерический эффект значительно увеличивает суммарные силы отталкивания в цементной системе (пасте, растворной и бетонной смесях) и, соответственно, пластифицирующий эффект добавки. Вязкость цементной системы снижается в большей степени, а привитые боковые цепи, создавая энергетический барьер в диффузном слое, препятствуют агрегации частиц, способствуя при этом сохранению ее свойств во времени.

Адсорбируются поликарбоксилаты преимущественно на гидросульфалоюминатах, что уменьшает их оптимальное содержание (0,15–0,6 % раствора промышленной концентрации). Оптимальная дозировка НСФ и МСФ составляет 0,3–1,2 % в пересчете на сухое вещество или в 2–3 раза больше, чем суперпластификаторов поликарбоксилатного типа.

В суперпластификаторах на основе поликарбоксилатов содержатся, как правило, привитые молекулы нескольких типов, действие каждого из которых прекращается в строго определенное время, оказывая наиболее эффективное действие на различные стадии гидратации и структурообразования цементных паст при максимальном пластифицирующем эффекте.

Механизм действия ускорителя твердения в комплексном химическом модификаторе основан на адсорбции минералами многокомпонентной цементной системы и новообразованиями на поверхности раздела противоположно заряженных ионов из раствора.

Адсорбированные частицей противоионы (штерновский слой) уравнивают поверхностный заряд, при этом увеличивается растворимость и пептизируется поверхность. При этом ускоряется процесс гидратации минералов клинкера и твердения цементной системы. Скорость гидратации C_3S в этом случае может быть соизмерима со скоростью гидратации C_3A . В межчастичном пространстве будут одновременно образовываться гидросиликатная фаза и кольматирующие ее вследствие игольчатого строения гидросульфалоюминаты кальция. Это значительно повышает прочность цементной системы, то есть наблюдается ее уплотнение, ускорение твердения, а также уменьшение дефектности структуры гидросиликатных фаз кальция, образующихся на ранней стадии гидратации и твердения. При этом, например, химический состав ускорителя твердения «АС» обеспечивает образование и однородное распределение в структуре цементного камня компонентов расширяющего типа, уплотняющих её и препятствующих протеканию диффузионных процессов в матрице.

Толщина диффузного слоя определяет скорость, с которой снижается потенциал по мере удаления от поверхности, и уменьшается с увеличением концентрации электролита и валентности ионов. Она же, очевидно, несет ответственность за сроки схватывания цементной системы, так как минералы клинкера и гидратные фазы имеют различные заряды. Так, C_3S и C_2S , микрокремнезём и гидросиликаты кальция заряжены отрицательно за счёт кремнийкислородных ионов. В свою очередь, C_3A , C_4AF , $Ca(OH)_2$, гидроалюминаты, этtringит, гидроферриты, полуводный и двухводный гипс имеют положительный заряд.

Таким образом, при использовании ускорителей твердения в цементных системах штерновский слой отвечает за скорость гидратации минералов клинкера и твердения цементной системы, а диффузный слой за сроки ее схватывания. Очевидно, что оптимальное содержание ускорителя твердения, обеспечивающего высокую начальную и позднюю прочность цементной системы, должно быть незначительным, ниже критической концентрации коагуляции по теории Дерягина – Ландау – Фервея – Овербека или правила Шульце-Гарди и определяется в соответствии с формулой 1:

$$C_k = A \frac{\varepsilon^3 (RT)^5}{k^2 F^6 z^6} \quad (1)$$

где:

A - числовой коэффициент;

F – число Фарадея;

$k = 8\pi DR$ - константа;

ε – коэффициент диффузии частиц;

R – расстояние между центрами двух взаимодействующих частиц;

z – валентность иона.

Наибольшая эффективность ускорителя твердения наблюдается при их совместном применении в комплексе с суперпластифицирующими добавками на основе поликарбоксилатных эфиров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Подбор компонентов и дозировок комплексного химического модификатора осуществлялся на порошково-активированном бетоне заданного состава:

- Цемент – 528кг;
- Тонкомолоты шлак – 176кг;
- Тонкодисперсный цемент – 48кг;
- Метакаолин – 24кг;
- Микрокремнезём – 24кг;
- Полифракционный песок – 1510кг.

Были изготовлены образцы бетонной смеси с маркой по удобоукладываемости П4.

В качестве компонентов для комплексного химического модификатора применялись суперпластифицирующие добавки MastergleniumACE 430 и Melflux 2651, а также ускоритель твердения «АС». Схема подбора компонентов комплексного химического модификатора приведена на рис. 2 и 3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для испытаний прочности бетона на сжатие были изготовлены стандартные образцы-кубы с размерами 10х10х10см. Прочность бетона на сжатие определялась в возрасте 1 и 28 суток после твердения в нормальных условиях. Влияние различного содержания комплексного химического модификатора на реотехнологические свойства порошково-активированных бетонных смесей представлено на рис. 2 и 3.

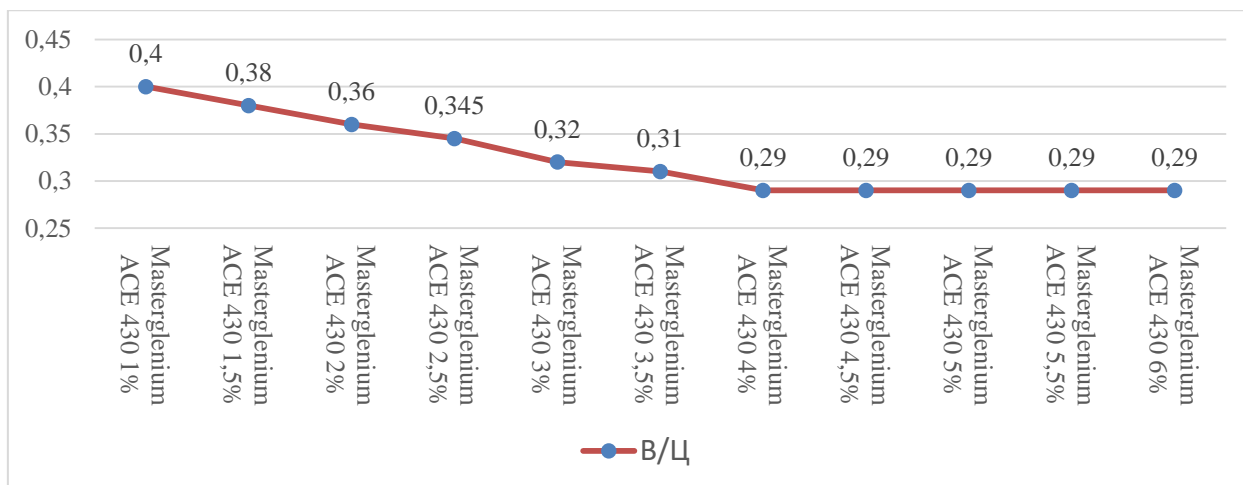
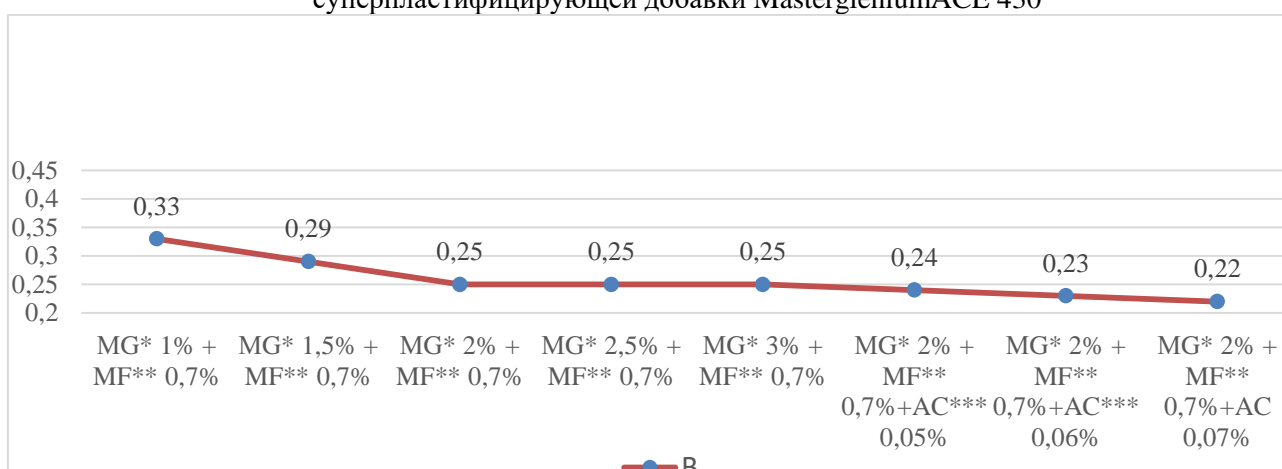


Рис. 2.– График изменения водоцементного отношения порошково-активированного бетона при различных дозировках суперпластифицирующей добавки Masterglenium ACE 430



* - Masterglenium ACE 430; ** - Melflux 2651; *** - AC-ускоритель твердения.

Рис. 3.– График изменения водоцементного отношения порошково-активированного бетона при различных дозировках комплексного химического модификатора

ВЫВОДЫ

Применение комплексного химического модификатора, состоящего из суперпластифицирующих добавок Masterglenium ACE 430 (2%) и Melflux 2651 (0,7%) на основе поликарбоксилатного эфира и ускорителя твердения «АС» (0,07%) на основе высоковалентной соли, используемый в соответствии с правилом Шульце-Гарди позволило компенсировать высокую водопотребность порошково-активированного бетона с обеспечением заданных технологических свойств и высоких прочностных показателей. Прочность бетона на сжатие на 28сут. твердения в НУ составила 136МПа.

Подтверждён синергетический эффект действия ускорителя твердения «АС» на основе трёхвалентной соли, применяемый в соответствии с правилом Шульце-Гарди, который заключается в значимом увеличении водоредуцирующей способности комплексного химического модификатора с сохранением эффекта ускорения набора ранней прочности. Прочность бетона на 1сут. твердения в нормальных условиях составила 58МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1 Величко, Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов / Е.Г. Величко. – М.: МГСУ, 2017. – 475.

- 2 Энтин, З.Б. Многокомпонентные цементы / З.Б. Энтин, Б.Э. Юдович // Научные труды. - М.: НИИ-цемент, - 1994. ,вып. 107. - С. 3 - 76.
- 3 Юдович, Б.Э. Цементы для бетонов. Основные направления развития / Б.Э. Юдович, З.Б. Энтин, С.А. Зубехин // Тезисы доклада конференции межрегиональной ассоциации "Железобетон" - М., 1995. - С. 7 - 10.
- 4 Рамачандран, В.С. Добавки в бетон / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди, П.К. Мехта. - М.:Стройиздат, 1988. - 575с.
- 5 Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение / А.А. Абрамзон, Л.П. Зайченко, С.И. Файнгольд. - Л.: Химия, 1988. - 200 с.
- 6 Дыкин, И.В. Многоуровнево-модифицированные цементные системы / И.В. Дыкин, Е.Г. Величко, А.В. Ерёмин // Вестник гражданских инженеров. - 2016, № 4 (57). - С. 111-114.
- 7 Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика / П.А. Ребиндер. - М.: Наука, 1979. - 381 с.
- 8 Handbook of Surface and Colloid Chemistry / Ed. K .S. Birdi. - N.Y.: CRC Press, 2003, 2nd ed. - 765 p.
- 9 Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. Д. Сумм. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 240 с.
- 10 Величко, Е.Г., Белякова, Ж.С. Некоторые аспекты физикохимии и механики композитов многокомпонентных цементных систем / Е.Г. Величко, Ж.С. Белякова. // Строительные материалы, 1997, № 2. - С. 21 - 25.
- 11 Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. - М.: Мир, 1979. - 568 с.
- 12 Кикоин, Н.К., Кикоин, И.Н. Молекулярная физика / Н.К. Кикоин, И.Н. Кикоин. - М.: Наука, 1976. - 480 с.
- 13 Дерягин, Б.В., Чураев, Н.В., Муллер, В.М. Поверхностные силы / Дерягин, Б.В., Чураев, Н.В., Муллер, В.М. - М.: Наука, 1985. - 399 с.
- 14 Израелашвили, Д. Межмолекулярные и поверхностные силы / Д. Израелашвили. - М.: Научный мир, 2011. - 456 с.
- 15 Кардумян, Г.С., Каприелов, С.С. Новый органоминеральный модификатор серии «МБ» - Эмбэлит для производства высококачественных бетонов / Г.С. Кардумян, С.С. Каприелов. // Строительные материалы, № 8, 2005. - С. 12 - 15.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ИЗ БЕТОНОВ С ПЛАСТИКОВЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ.

А.Н. Альобаиди Дия¹, Е.Г. Величко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dheyaa.alobaidi@gmail.com*

²*pct44@yandex.ru*

Аннотация

Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований работы железобетонных балок, изготовленных из обычного и с пластиковыми добавками бетонов, показан характер трещинообразования, сделан сравнительный анализ экспериментальных и теоретических данных, определенных по нормам РФ и ACI318M-14 (Американский институт бетона).

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное увеличение отходов из пластика является негативным фактором, оказывающим значимое влияние на состояние окружающей среды. Одним из перспективных направлений утилизации означенного вида антропогенных отходов может быть переработка его во вторичные продукты и, в частности, в мелкий заполнитель для бетона. Физико-механические свойства пластика, его стойкость в щелочной среде и другие положительные показатели определяют расширение направлений применения его в различных отраслях промышленности в т.ч. в производстве бетона и железобетона [1].

Очевидно, что в ближайшем будущем производство и применение сырьевых материалов в производстве промышленной продукции будет иметь значимую связь с использованием вторичных ресурсов и в первую очередь из отходов материалов из пластика. Иначе биосфера Земли может превратиться в огромную свалку «мусора» [2]. Необходимо отметить, что отходы их пластмасс могут быть очень ценным вторичным ресурсом в качестве материальных и энергетических составляющих современной промышленности [3].

В общем количестве образующихся отходов в развитых странах пластмассы составляют от 6 до 10 % [4], в том числе полиолефины 40 – 60 %, полистирол и поливинилхлорид по 10 – 20 %, прочие - 5 – 10 %. Очевидно, что рост количества образующихся отходов создает не только угрозу загрязнения окружающей среды, но и угрозу для здоровья людей [7-10].

Были проведены исследования по изучению влияния пластиковых добавок на прочностные характеристики бетона и работу железобетонных балок в условиях нагружения по нормальным сечениям. Установлено, что прочность бетона на сжатие с добавкой измельченного пластика до 40 об.% по мелкому заполнителю повышает прочность бетона на сжатие контрольного состава. Максимальное увеличение прочности на 19% наблюдается при содержании измельченного пластика в количестве 30%. При этом нагрузка, вызывающая образование нормальных трещин для балки из бетона контрольного состава в 1,12 раза выше, чем с добавкой полимера. Теоретическая, рассчитанная по нормам ACI318M-14 (Американский институт бетона) для первой балки ниже в 1,05 раза, второй 1,03 раза, а по нормам РФ - соответственно в 1,25 и 1,6 раза. Деформации балки из бетона контрольного состава имеют более низкое значение (на 10%), свидетельствуя о большем значении его модуля упругости.

Разрушающая нагрузка для бетона с пластиковыми добавками выше в 1,03 раза. Теоретическая ниже для всех исследованных балок. По нормам ACI318M-14 для обычной

балки в 1,06 раза, с пластиковыми добавками в 1,08, а по нормам РФ соответственно в 1,17 и 1,2 раза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа железобетонных балок в напряженном состоянии из контрольного состава и бетона с добавкой измельченных пластиковых отходов до уровня размеров мелкого заполнителя исследовалась в нормативном возрасте. Содержание пластиковых отходов в составе бетона было принято в количестве 30 об. % по мелкому заполнителю. Геометрические размеры исследуемых балок были приняты следующие: длина 1200 мм, поперечное сечение 150*250 мм (рис.1).

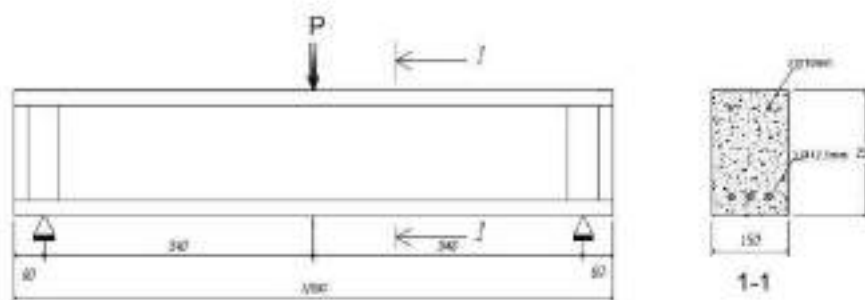


Рис. 1. Геометрическая схема армирования и нагружения балки.

При определении прочности наклонных сечений были изготовлены такие же балки, что и при определении прочности нормальных сечений, но без поперечного армирования (рис.2). Схема нагружения и методика испытания балок аналогична предыдущим экспериментам.



Рис. 2. Схема испытания железобетонной балки

Исследования показали, что балки с использованием металлической арматуры диаметром 10 мм и расчетным сопротивлением $R_s = 540$ МПа характеризуются модулем упругости равным $E_s = 200\,000$ МПа. Прочность арматуры была определена с использованием разрывной машины типа Azmoon – 560 KN (рис.3) [11,12].

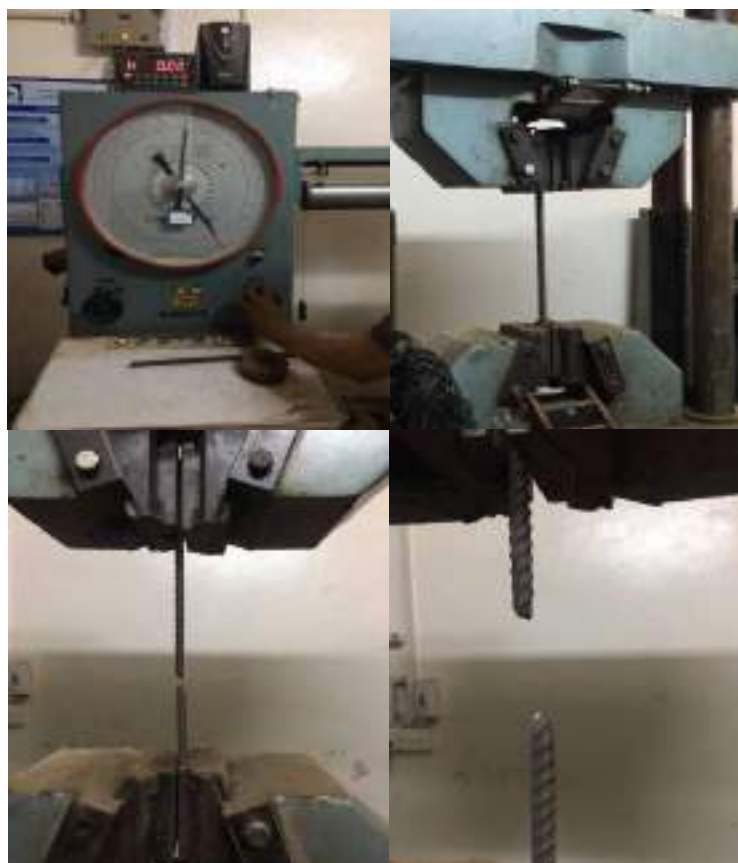


Рис. 3. Испытание образцов арматуры на разрыв.

Прочность бетона на сжатие определялась с использованием тестовых образцов-кубов размером 150x150x150 мм и цилиндров диаметром 100 и высотой 200мм, испытание которых осуществлялось на машине (DigitalDisplayCompressionTestingMachine). Испытания на сжатие проводились согласно требованиям Британского стандарта 1881:часть 4:1970 [13] , а на растяжение согласно ASTM (американский стандарт тест материал) [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Испытания показали, что прочность бетона контрольного состав на сжатие и растяжение составляют соответственно $R_v = 22,6 \text{ МПа}$; $R_{vt} = 2,94 \text{ МПа}$, а бетона с пластиковыми добавками - $R_v = 26,9 \text{ МПа}$; $R_{vt} = 2,08 \text{ МПа}$.

Сосредоточенная сила при проведении испытаний прикладывалась по середине пролета (рис. 1). Показатели деформации бвли определяли с помощью установки Digitaldailgauge (рис. 4).



Рис. 4. Измерение деформаций балки прогибомером (Digitaldailgauge)

На рис. 5 приведена зависимость деформации прогиба балки от величины приложенной нагрузки при исследовании прочности наклонных сечений.

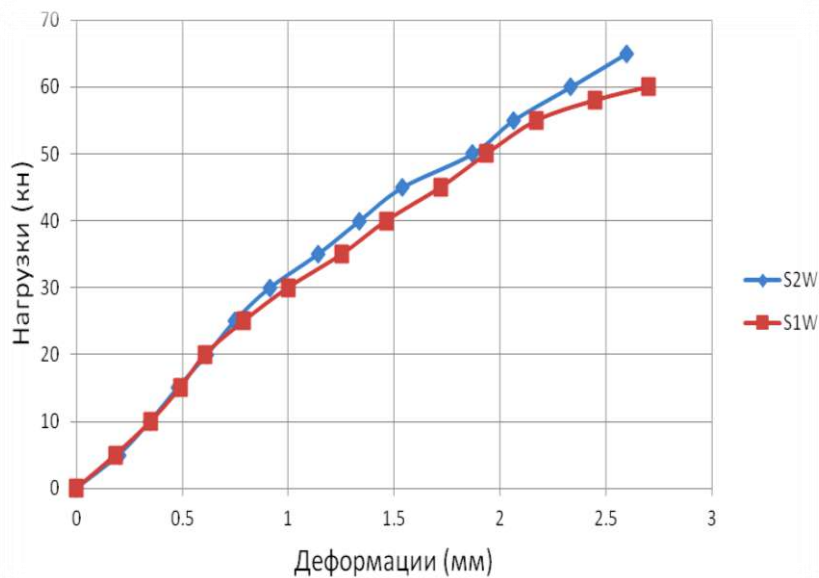


Рис.5. Зависимость деформаций прогиба балки от величины приложенной нагрузки при исследовании прочности наклонных сечений: S1W – бетон контрольного состава; S2W - бетон с добавлением пластика.

При проведении испытаний поверхность балок окрашивалась в белый цвет, что способствовало четкой фиксации момента появления трещин (рис. 6).

а)



б)



Рис. 6. Визуальная характеристика образующихся трещин
а)S1W; б)S2W

В табл.1 представлены результаты экспериментальных и теоретических (рассчитанных по нормам РФ и АСІ 318М-14 ASTM [15-17]) исследований трещинообразования балок контрольного состава и с добавлением полимера.

Таблица 1- Сравнительные теоретические и экспериментальные данные

| МРККА БАЛКИ | Экспериментальная нагрузка трещинообразования, (KN) | | Теоретическая нагрузки трещинообразования, (KN) | | Экспериментальная разрушающая нагрузка, (KN) | Теоретическая разрушающая нагрузка, (KN) | | Максимальный прогиб, (мм) |
|-------------|---|---------|---|----------------|--|--|----------------|---------------------------|
| | Верт. | Наклон. | По норм.АСІ KN | По норм. РФ KN | | По норм.АСІ KN | По норм. РФ KN | |
| S1W | 2,5 | 45 | 50 | 45 | 60 | 50 | 31 | 2,7 |
| S2W | 2,5 | 50 | 54,6 | 33 | 65 | 4,6 | 22 | 2,6 |

ВЫВОДЫ

1. Характер образования наклонных трещин балок из бетона контрольного состава и с добавлением полимера ориентировочно аналогичен. Величина нагрузки, вызывающая образование наклонных трещин в балках из бетона контрольного состава в 1,11 раза ниже аналогичного показателя для балок из бетона с добавлением полимера..

2. Деформации балок из бетона контрольного состава имеют незначительно меньшее значение, чем для балок из бетона с добавлением полимера.

3. Экспериментальная разрушающая нагрузка для бетона с добавлением пластика превышает аналогичный показатель для контрольного состава в 1,08 раза. Теоретическая, воспринимаемая бетоном, ниже экспериментальной разрушающей нагрузки, как для балок из бетона контрольного состав, так и с добавлением полимера.. По нормам АСІ318-14 в 1,2 раза для балок двух исследованных составов, по нормам РФ соответственно в 1,9 раза для балки из бетона контрольного состав и 2,9 раза для балки из бетона с добавлением полимера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Евстратов, С. С. Эль-Хадж Халиль Использование заполнителей из дробленого бетона //Бетон и железобетон. М.: Издательство литературы по строительству. -1985. №5, с. 8—10.
2. Временные технические указания по использованию отходов горно-обогатительных комбинатов Криворожского железорудного бассейна в строительстве. ВТУ-01-67 и ВТУ-11-67 МСПТИ и МСС УССР/НИИСП. Кривой Рог, 1967.—18 с.
3. Гусев Б.В.,Загурский В.А. Вторичное использование бетонов (свойства бетона и методы его разрушения) — М.: Стройиздат, 1988. — с 96.
4. Пухальский Г. В., Бондаренко Г. Н. Отходы горно-обогатительных комбинатов в производстве строительных материалов. — Строит, материалы, 1968,№ 4, с. 24—25.
5. Пухальский Г. В., Бондаренко Г. Н. Свойства бетонов на песках из отходов горно-обогатительных комбинатов. — Бетон и железобетон, 1973, № 5, с. 26—28.
6. Применение местных материалов в строительстве / Сергеев А. М., Дидров Г. Д., Шмицько Е. И. и др. Киев: Будивельник, 1976.—184 с.
7. И. М. Красный О механизме повышения прочности бетона при введении микрозаполнителя // Бетон и железобетон. М.: Издательство литературы по строительству. -1985. №5, с. 10—11.
8. Коровкин М. О., Володин В. М., Шестернин А.И., Ерошкина Н.А., Лавров И.Ю. Проблемы и перспективы применения бетонного лома в качестве сырья в технологии бетона // Электронный научно-практический журнал "МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК", 2017 - с 5.
9. Стороженко Л. И., Шевченко Б. Н., Ильенко В.М. Железобетонные конструкции из бетонов на отходах горнорудной и металлургической промышленности / Стороженко Л. И., Шевченко Б. Н., Ильенко В.М. — Киев :Будивельник, 1982.— 72 с.
10. Бондаренко Г. Н. Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях изотходов ГОК. — Бетон и железобетон, 1982, с. 6—8, с 22–23.
11. Стандарт республики Ирак-№5 /1984г.
12. Стандарт республики Ирак-№45 /1984г.
13. Британский стандарт,БС 1881:часть 4:1970.
14. ASTM (американский стандарт тест материал)
15. АСІ 318М-14 заменяет АСІ 318М-11, был принят 29 августа 2014 года и опубликован в сентябре 2014 года.
16. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. 2013 г. 36с.
17. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжёлого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101–2003) ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М. : ОАО ЦНИИПромзданий, 2003. – 144 с.

ВЛИЯНИЕ НАНОКРЕМНЕЗЕМА НА ПРОЧНОСТЬ УЛЬТРА ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ И ИЗГИБЕ

Е. В. Матюшин¹, В. Г. Соловьев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*matyushin010@gmail.com*

²*s_vadim_g@mail.ru*

Аннотация

В последнее время все больший интерес вызывают высокопрочные бетоны, применение которых позволяет решать различные инженерные задачи и возводить долговечные здания и сооружения. Среди высокопрочных бетонов особое место занимают ультра высокофункциональные бетоны с прочностью при сжатии более 120...150 МПа. Основным принципом получения подобного рода бетонов является оптимизация гранулометрического состава инертных и минеральных тонкодисперсных добавок. Одним из методов дальнейшего повышения плотности структуры бетона является введение в состав частиц коллоидного размера, например, нанокремнезема. В данной работе представлено экспериментальное исследование влияния нанокремнезема, вводимого взамен части микрокремнезема, на прочность ультра высокофункционального бетона при сжатии и изгибе. Были получены значения оптимальных дозировок добавки нанокремнезема, которые составляют 2,4...3,3% от массы цемента. При введении нанокремнезема в оптимальном количестве прочность бетона при изгибе была увеличена на 22%, а при сжатии – на 17% по сравнению с контрольным составом.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с большими темпами развития строительной отрасли все большее применение находят высокопрочные бетоны, которые, благодаря своей особо плотной структуре, обладают не только повышенными физико-механическими свойствами по сравнению с рядовыми бетонами, но также и высокую стойкость к различным видам агрессивных воздействий. Комплекс этих свойств позволяет возводить конструкции с большей несущей способностью и долговечностью, что в конечном счете повышает экономическую эффективность строительного производства.

Особое место среди высокопрочных бетонов занимает ультра высокофункциональный бетон (англ. Ultra High Performance Concrete – УНРС) со средней прочностью при сжатии более 120...150 МПа. Помимо высокой прочности при сжатии, УНРС обладает высокими модулем упругости (до 50-60 ГПа) и прочностью при изгибе до 40 МПа в зависимости от вида и количества стальной фибры [1-3]. В свежеприготовленном состоянии УНРС обладает, как правило, самоуплотняющейся консистенцией, что позволяет формовать изделия сложной геометрической формы. Подобные бетоны широко применяются для изготовления фасадных панелей, пролетных строений мостов, а также для замоноличивания швов между сборными железобетонными элементами.

Сочетание повышенных технологических свойств бетонной смеси и физико-механических свойств затвердевшего бетона возможно благодаря оптимизации гранулометрического состава сырьевых компонентов как на макро-, так и на микроуровне, основной целью которой является повышение плотности упаковки частиц твердой фазы [4-7]. Для этого применяется несколько фракций заполнителя в соотношении, обеспечивающем минимальную пустотность смеси, а также несколько видов как активных, так и инертных тонкодисперсных минеральных добавок. В качестве инертных минеральных добавок чаще всего применяется кварцевая или известняковая мука [8,9] с меньшим средним диаметром частиц по сравнению с размером частиц цемента, что

позволяет заполнить межзерновые пустоты последнего. Для дальнейшего повышения плотности упаковки применяется микрокремнезем, который выполняет сразу две функции: 1) снижает межзерновую пустотность тонкодисперсной минеральной части бетона; 2) вступает в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция $Ca(OH)_2$ с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция, что приводит к повышению однородности и прочности структуры цементно-минерального камня [10-13]. Высокая плотность упаковки частиц, при условии их качественного диспергирования при помощи суперпластифицирующих добавок, позволяет изготавливать самоуплотняющиеся бетонные смеси с низкими значениями водоцементного отношения в районе 0,18...0,3 и получать бетоны с минимальной пористостью, высокой прочностью и долговечностью.

Перспективным с точки зрения дальнейшего повышения плотности структуры УНРС является применение частиц коллоидного размера, например, нанокремнезема, диаметр частиц которого составляет менее 0,1 мкм (меньше диаметра частиц микрокремнезема). Введение нанокремнезема в состав бетона позволяет повысить прочность при сжатии и изгибе главным образом за счет повышения степени гидратации цемента и перехода свободного гидроксида кальция в низкоосновные гидросиликаты кальция [14]. В работе [15] сообщается о повышении твердости CSH геля вследствие введения нанокремнезема в состав цементного теста, что свидетельствует об образовании более плотной и прочной структуры.

В представленной работе рассматривается влияние добавки нанокремнезема при частичной замене им микрокремнезема на влияние основных физико-механических свойств ультра высокофункционального бетона и определение диапазона оптимальных дозировок. Совместное применение микро- и нанокремнезема в составе УНРС позволит не только повысить плотность упаковки частиц за счет расширения диапазона размеров зерен, но также интенсифицировать химическое взаимодействие между аморфным диоксидом кремния и свободным гидроксидом кальция.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для приготовления бетонной смеси был использован портландцемент ЦЕМ II/A-K(Ш-И) 42,5 Н производства ООО «Холсим (Рус) СМ». В качестве мелкого заполнителя был использован кварцевый песок с модулем крупности 1,3 и зерновым составом, приведенным в таблице 1. В качестве инертной минеральной добавки использовалась кварцевая мука SilverBond 50 EW производителя Sibelco Group с удельной поверхностью 2900 см²/г по Блейну. В качестве активных минеральных добавок использовались микрокремнезем МКУ-85 по ТУ 5743-048-02495332-96 с удельной поверхностью 180000 см²/г и нанокремнезем с удельной поверхностью 420000 см²/г. Удельная поверхность микро- и нанокремнезема определялась методом ВЕТ. Для диспергирования тонкодисперсных частиц и получения удобоукладываемой бетонной смеси использовалась суперпластифицирующая добавка на основе эфиров поликарбоксилатов MasterGlenium 115 производителя BASF.

Табл. 1. Гранулометрический состав кварцевого песка.

| Сито № | 2,5 | 1,25 | 0,63 | 0,315 | 0,16 | <0,16 |
|------------------------------|-----|------|------|-------|------|-------|
| Частный остаток (a_i), % | 1,7 | 3,2 | 6,8 | 25,9 | 37,2 | 24,8 |
| Полный остаток (A_i), % | 1,7 | 4,8 | 11,6 | 37,6 | 74,8 | 100 |

Содержание нанокремнезема, вводимого взамен части микрокремнезема, варьировалось от 0 до 4,5 % от массы цемента с шагом в 1,5%. Расход компонентов для приготовления бетонных смесей приведены в таблице 2 относительно массы цемента.

Табл. 2. Составы бетонов, подвергнутых испытаниям

| Маркировка | Цемент | Вода | Кварцевый песок | Кварцевая мука | Микрокремнезем | Нанокремнезем | Суперпластификатор |
|------------|--------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------|--------------------|
| К | 1 | 0,26 | 1,27 | 0,33 | 0,15 | - | 0,033 |
| 1,5% | 1 | 0,26 | 1,27 | 0,33 | 0,135 | 0,015 | 0,040 |
| 3,0% | 1 | 0,26 | 1,27 | 0,33 | 0,12 | 0,035 | 0,040 |
| 4,5% | 1 | 0,26 | 1,27 | 0,33 | 0,105 | 0,045 | 0,053 |

Содержание суперпластифицирующей добавки подбиралось таким образом, чтобы получить диаметр расплыва смеси 300 ± 10 мм на малом конусе по ГОСТ 310.4.

Для определения предела прочности бетона при изгибе и сжатии изготавливались стандартные образцы-балочки размером 40x40x160 мм. Испытания по определению прочностных характеристик проводились после 28 суток нормального твердения, обработка полученных значений - в соответствии с ГОСТ 30744-2001.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рисунке 1 приведен график зависимости процентного содержания суперпластифицирующей добавки для получения диаметра расплыва бетонной смеси 300 ± 10 мм от процентного содержания нанокремнезема.

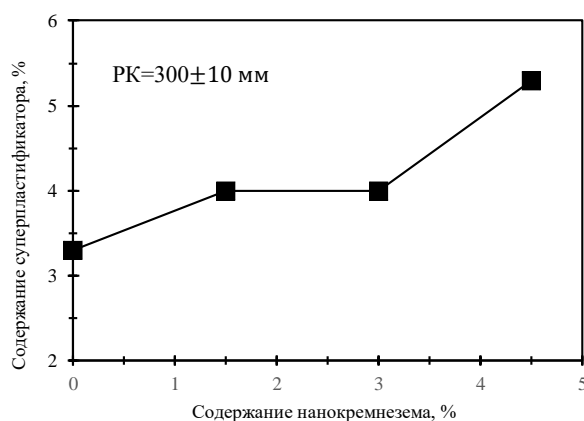


Рис. 1. Изменение содержания суперпластификатора в зависимости от содержания нанокремнезема в бетонной смеси.

Из графика на рисунке 1 видно, что, несмотря на высокую удельную поверхность нанокремнезема, изменение его содержания от 1,5 до 3% от массы цемента не приводит к повышению расхода пластификатора для получения равноподвижной смеси, что может свидетельствовать о равномерном заполнении межзерновых пустот и повышении плотности упаковки частиц.

На рисунке 2 представлены графики зависимости предела прочности бетона при изгибе и сжатии в возрасте 28 суток нормального твердения в зависимости от содержания нанокремнезема.

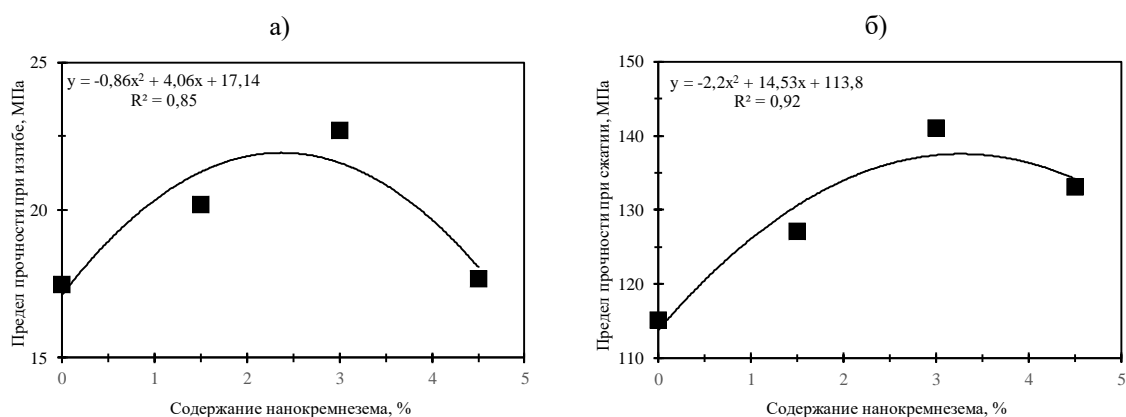


Рис.2. Зависимость изменения прочностных характеристик высокопрочного бетона от содержания нанокремнезема: а) предела прочности при изгибе; б) предела прочности при сжатии.

На приведенных рисунках видно, что график зависимости изменения предела прочности при изгибе и сжатии носит экстремальный характер и может быть представлен в виде полинома второй степени. Такой вид кривой характерен для любых наполненных систем и свидетельствует о наличии определенной степени наполнения системы, при которой ее свойства будут оптимальными.

Экспериментальные данные были аппроксимированы уравнением параболы, в результате чего были получены следующие выражения для предела прочности бетона при изгибе и сжатии:

$$R_{\text{изг}} = -0,86 \cdot \text{НК}^2 + 4,06 \cdot \text{НК} + 17,14, \quad (1)$$

$$R_{\text{сж}} = -2,2 \cdot \text{НК}^2 + 14,53 \cdot \text{НК} + 113,8, \quad (2)$$

где НК – содержание нанокремнезема, % от массы цемента

Для определения теоретических оптимальных значений содержания нанокремнезема в составе бетона первые производные уравнений 1, 2 были приравнены к нулю, после чего полученные выражения были решены относительно НК. В результате проведенных вычислений были получены теоретические значения содержания нанокремнезема, соответствующие максимальной прочности бетона при изгибе и сжатии (таблица 3).

Табл.3. Оптимальные теоретические значения содержания нанокремнезема

| Предел прочности при изгибе | | Предел прочности при сжатии | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| НК, % | $R_{\text{изг,расч}}$, МПа | НК, % | $R_{\text{сж,расч}}$, МПа |
| 2,4 | 21,93 | 3,3 | 137,8 |

При введении добавки в количестве 2,4 % от массы цемента прочность при изгибе, определенная по уравнению 1, составит 21,93 МПа, что на 22% превышает значение контрольного состава (17,14 МПа). Максимальный предел прочности при сжатии может быть достигнут при введении 3,3% нанокремнезема, при этом предел прочности при сжатии будет равен 137,8 МПа, что на 17% превышает значение контрольного состава (113,8 МПа).

Стоит отметить, что при изменении содержания нанокремнезема в диапазоне 2,4...3,4% расход пластифицирующей добавки для обеспечения диаметра расплыва бетонной смеси 300 ± 10 мм не изменяется и составляет 4% от массы цемента.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных испытаний можно сформулировать следующие выводы:

- 1) Введение нанокремнезема взамен части микрокремнезема в количестве до 3,5% от массы цемента не приводит к значительному увеличению расхода суперпластификатора (с 3,3 до 4% от массы цемента);
- 2) При совместном использовании микро- и нанокремнезема в оптимальном соотношении может быть получено увеличение предела прочности при изгибе и сжатии на 22 и 17% соответственно;
- 3) Оптимальным с точки зрения прочностных характеристик является содержание нанокремнезема в диапазоне от 2,4 до 3,3 % от массы цемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bajaber M.A., Hakeem I.Y. UHPC Evolution, development and utilization in construction: a review // *JMR&T*. 2021. Vol. 10. Pp. 1058-1074.
2. Tue N.V., Kuchler M., Ma J., Henze S. Überlegungen zur anwendungsorientierten Stoffzusammensetzung von UHFB // *Beton- und Stahlbetonbau*. 2006. № 101. Heft 11. S. 834-841
3. Yazici H., Yardimci M.Y., Yigiter H., Aydin S., Turkel S. Mechanical properties of reactive powder concrete containing high volumes of ground granulated blast furnace slag // *Cement & Concrete Composites*. 2010. №32. Pp. 639-648.
4. Shi C., Wu Z., Xiao J., Wang D., Huang Z., Fang Z. A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mix- ture design// *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 101. Pp. 741-751.
5. Park J.J., Kang S.T., Koh K.T., Kim S.W. Influence of ingredients on the Compressive Strength of UHPC as a Fundamental Study to Optimize the Mixing Proportion // *Structural Materials and Engineering Series*. 2008. №10. S. 105-113.
6. De Larrard F., Sedran T. Optimization of Ultra-High-Performance concrete by the use of particle packing model // *Cement and Concrete Research*. 1994. №6. Vol. 24. Pp. 997-1009.
7. Yu R., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Mix design and properties assessment of Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPRFC) // *Cement and Concrete Research*. 2014. Vol. 56. Pp. 29-39
8. Wetzel A., Piotrowski S., Reinhardt L., Middendorf B. Quarzmehlfreier UHPC mit Kalkstein- oder Basaltmehl // *Beton- und Stahlbetonbau – 2018*. - № 113. – S. 608-613
9. Stengel L., Lowke D., Mazanec O., Schiessl P., Gehlen C. UHPC mit alternativen Zusatzstoffen – Rheologie und Faserverbund // *Beton- und Stahlbetonbau*. 2011. № 106. S. 31-38
10. Šerelis E., Vaitkevičius V., Kerševičius V. Influence of silica fume on the workability and hydration process of ultra-high performance concrete // *Chemical Technology*. 2016. Vol.67. Pp. 58-65
11. Yajun J., Cahyadi J.H. Effects of densified silica fume on microstructure and compressive strength of blended cement pastes // *Cement and Concrete Research*. 2003. Vol. 33. Pp. 1543-1548
12. Sulthan S.T., Anjaiah Y. A Study of Efficiency Factor of Silica Fume // *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*. 2018. Vol. 04. Pp. 55-62.
13. Babu K.G., Prakash P.V.S. Efficiency of silica fume in concrete // *Cement and Concrete Research*. 1995. Vol. 25. №6. Pp. 1273-1283.
14. Yu R., Spiesz P., Brouwers H.J.H. Effect of nano-silica on the hydration and microstructure development of Ultra-High Performance Concrete (UHPC) with a low binder amount // *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 65. Pp. 140-150.
15. Hou P., Kawashima S., Kong D., Corr D.J., Qian J., Shah S.P. Modification effects of colloidal nanoSiO₂ on cement hydration and its gel property // *Composites Part B: Engineering*. 2013. Vol. 45. Pp. 440-448

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АРБОЛИТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р. М. Дворников¹, Е. Г. Величко²,

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*ruslan_dvornikov94@mail.ru*

²*pct44@yandex.ru*

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы применения промышленных отходов, для производства строительных композитов с повышенными физико-механическими и строительно-техническими свойствами. Кроме того рассмотрена эффективность применения отходов производства металлургической и деревообрабатывающей промышленности для производства высокоэффективных арболитобетонов. Также рассмотрены вопросы применения технической пены для производства пенобетонов и поризованных арболитобетонов. Проанализированы способы улучшения технических характеристик пены. Впервые показана возможность использования технической пены с оптимальными параметрами качества для производства шлакосиликатных поризованных арболитобетонов.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт строительства последних лет показывает, что большую популярность при возведении самонесущих ограждающих конструкций получили стеновые блоки из экологически чистого и не горючего арболитобетона неавтоклавного твердения марок по средней плотности D500 – D700. Однако производство эффективного по технологическим, теплофизическим и экономическим параметрам арболитобетона является проблемным ввиду сложной и затратной технологии производства данного материала. При возведении большого количества малоэтажных зданий и сооружений возникает необходимость использования дешевых и в тоже время качественных строительных материалов. С начала 2000-х годов все большую популярность набирают строительные материалы изготовленные на основе отходов производства легкой и тяжелой промышленности, в частности из доменных гранулированных шлаков и отходов деревообрабатывающей промышленности таких как опилки, дробленка, щепа и тп. [1-2]

В работах П.А. Рибиндера, И.Х. Нанизашвили, Г.А. Бужевича и др. показано, что органоминеральные композиции на основе отходов деревообработки и цемента обладают высокой прочностью, огнестойкостью, низкой теплопроводностью и что немаловажно низкой себестоимостью за счет применения в их составе отходов промышленности.

Также в работах [3-5] подтверждается, что отходы деревообработки (дробленка, щепа и опилки) могут служить сырьевой базой для производства легких арболитобетонов.

Древесная щепа является одним из основных компонентов арболита. Данный продукт используется в качестве наполнителя и заполняет до 90% объема композита. Однако содержащиеся в древесине вещества такие как: сахароза, глюкоза, фруктоза, гемицеллюлоза и пр., при взаимодействии с щелочной средой твердеющего цементного теста выделяют так называемые «цементные яды», затрудняющие процессы структурообразования в композите.

По данным И.Х. Нанизашвили воздействие «Цементных ядов» на процессы структурообразования в цементном композите при твердении проявляется аналогично действию поверхностно активных веществ. Водорастворимые вещества древесины состоят в основном из углеводных групп НОСН и способны осажаясь на поверхности частиц минералов цемента таких как $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, образовывать

тончайшие оболочки изолирующие тонкодисперсные частицы вяжущего и замедляющие процессы гидролиза и гидратации цемента [6-7].

Для уменьшения пагубного влияния «цементных ядов» на процессы гидратации портландцемента были разработаны различные методы нейтрализации вредных веществ и ускорения процессов твердения. К примеру известны способы нейтрализации водорастворимых веществ древесины путем длительного выдерживания сырья (от 3-х месяцев) и высушивания, а также пропитке растворами солей или минерализации [8]. Помимо минерализации сырья, рекомендуется применять древесину только хвойных пород, в тоже время наличие примеси коры должно быть минимальным. Однако, применение данных методов требует дополнительного оборудования и рабочих площадей, что значительно усложняет процесс производства и сказывается на увеличении конечной стоимости продукта.

Широкие перспективы использования древесного сырья для производства легких бетонов открыли шлакосиликатные вяжущие.

Исследования А.О. Пурдона, В.Д. Глуховского Д. Давидовича, В.И. Калашникова и др., раскрывают вопрос производства шлакосиликатных вяжущих веществ на основе алюмосиликатного сырья и щелочных активизаторов твердения, в том числе показывают перспективу использования доменного гранулированного шлака различного генезиса в качестве сырья для производства шлакосиликатных вяжущих и бетонов.

В 1967 году учеными О.Н. Сикорским и Г.В. Румыной, был болучен шлакощелочной бетон на основе органических заполнителей, который имел плотность на уровне 1300 кг/м³ и прочность при сжатии 8МПа.

В результате исследований В.Д. Глуховского и Ж.В. Скурчинской в 1970 году, были послученны пресованные материалы на основе шлакосиликатного вяжущего и древесных опилок.

В работе [9] показано, что экстрактивные вещества древесины активно участвуют в образовании поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые являются продуктом взаимодействия составных частей органического заполнителя и компонентов шлакосиликатных вяжущих. Опыты показали, что в процессе структурообразования шлакощелочных композиций на основе древесного заполнителя, возникают ПАВ в составе которых присутствует ион щелочных металлов.

Новообразования возникающие при гидратации шлакосиликатных вяжущих нейтрализуют вредное влияние «древесных ядов», при этом образующиеся щелочные растворимые мыла служат источником новообразований при взаимодействии со шлаком низкоосновных гидросиликатов кальция и минералов цеолитового состава. Присутствующие в системе поверхностно-активные вещества регулируют сроки схватывания смеси, а также положительно влияют на удобоукладываемость и повышают жизнеспособность смеси, вследствие чего оказывают положительное влияние на формирование структуры материала на основе шлакосиликатных вяжущих. [10]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рост строительного сектора за последние 10 лет обуславливает высокий спрос на строительные материалы, в том числе пенобетон. Причина популярности пенобетона кроется в его пористой структуре получаемой за счет введения технической пены в подготовленный цементно-песчаный раствор. Кроме того, простота технологии производства пенобетона дает возможность выпускать продукцию как в стационарных условиях так и на мобильных минизаводах. Идея производства пенобетона принадлежит Байеру, который в 1925 году запатентовал свою технологию.

По сей день исследованием пенобетона занимаются множество ученых по всему миру. В нашей стране работы в области ячеистых бетонов, в основном, принадлежат школам под руководством: Г.П. Сахарова, У.М. Махамбетовой, Л.Б. Сватовской, М.С. Гаркави, А.С. Коломацкого и др.

Наиболее эффективным с точки зрения экономии затрат на производство и более простой технологии изготовления являются неавтоклавный ячеистый бетон. Однако, сложность контроля технологических параметров при производстве пенобетона: качества и количества материалов, pH среды, водотвердного отношения и др., при очевидной простоте технологии изготовления неавтоклавного пенобетона создаёт значительные трудности при регулировании параметров структуры и физико-механических свойств получаемой продукции.

Роль пены при формировании структуры пенобетона сводится к формированию несущего каркаса в котором твердые частицы раствора находятся во взвешенном состоянии при помощи сил вязкого трения. Качество пенобетона зависит в частности, от дисперсности, кратности и устойчивости пен, на которые оказывает влияние форма и размер пузырьков, толщина пленок и другие факторы [11].

Задача улучшения качества пенобетонной продукции сводится к обеспечению устойчивости пены и пенобетонной смеси, и, следовательно, его однородной стабильной ячеистой структуры, высокой прочности и низкой теплопроводности. К тому же, увеличение прочности при постоянном значении плотности может быть обеспечено только за счет повышения прочности матрицы пенобетона и качественного улучшения его структуры [12-14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

Перспективной технологией производства пенобетона является применение ускорителей твердения, а также быстротвердеющих и быстросхватывающихся вяжущих. К таким вяжущим относится и шлакосиликатное вяжущее. Для данного вида вяжущих характерна высокая прочность в пределах от 80-120 МПа и высокий темп набора прочности на ранних стадиях что в значительной степени помогает сохранить структуру пенобетона [15].

При изготовлении технической пены для пенобетона, зачастую, используют специальные добавки стабилизаторы пены, к которым относятся: древесно омыленная смола (СДО), сернокислое железо, жидкое стекло и др., кроме того добавки могут быть в виде твердых частиц – известь, тонкодисперсный портландцемент, микрокремнезем, тонкодисперсные золы ТЭС и др. Тонкодисперсные минеральные добавки не только снижают скорость стекания жидкости на границу Плато, но и за счет схватывания способствуют переводу пленки в псевдотвердое состояние [15].

Стабилизаторы добавки в жидком виде целесообразно вводить в состав раствора пенообразователя, что позволяет получать пену с высокими физико-механическими свойствами. Кроме того показано, что стабилизатор пены в жидком виде целесообразно дополнительно вводить в смеситель совместно с минеральным компонентом таким как цемент, шлак, гипс и т.п., что значительно улучшает коэффициент использования порообразующей способности пенообразователя и физико-механические свойства пены. Наиболее эффективными пенообразователями для шлакосиликатного пенобетона служат синтетические пенообразователи такие как: окись амина и лаурил сульфат натрия и пр. [15]

Разработке технологии поризованного арболитобетона посвящено большое количество исследований. Исследования проведенные в НИИЖБ показали, что поризация арболито бетона технической пеной с оптимальными свойствами способна значительно улучшить строительно-технические свойства пеноарболитобетона [16-18].

Вопрос изготовления пеноарболитобетонов на основе шлакосиликатных вяжущих и технической пены с оптимальными параметрами качества мало исследован и представляет научный и практический интерес. В связи с этим, авторами работы были проведены исследования по получению данного вида бетонов и впервые представлена технология получения пеноарболитобетонов на основе шлакосиликатных вяжущих, древесной щепы и технической пены с оптимальными параметрами качества.

ВЫВОДЫ

На примере многих исследований показана эффективность применения отходов промышленности в том числе доменных гранулированных шлаков и отходов древесины для производства строительных материалов с повышенными физико-механическими показателями и низкой себестоимостью.

Полученные в результате анализа литературы данные свидетельствуют, что доменный гранулированный шлак и отходы древесины являются эффективным сырьем для производства шлакосиликатных арболитобетонов с высокими строительно-техническими и физико-механическими свойствами.

Установлено, что введение технической пены с оптимальными параметрами качества улучшает физико-механические свойства арболитобетонов.

Также установлено, что поризация технической пеной шлакосиликатного арболито бетона в значительной степени улучшает физико-механические свойства композита, кроме того способствует оптимизации структуры материала и повышению его СТС. Данные исследования проводятся впервые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворкин Л. И., Пашков И. А. Строительные материалы из отходов промышленности // К.: Выща школа. 1989. С. 210.
2. Коротгаев Э.И., Клименко М.И. Производство строительных материалов из древесных отходов // М.: Лесная промышленность. 1977. С. 168.
3. Тинников А.А., Скрипкин Б. К. Новые виды древесных бетонов // Комплексное использование древесного сырья: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. Рига, 1984. С. 48-49.
4. Никифоров Ю. Е., Селиванов В.М. Теплоизоляционные материалы из отходов лесохимической промышленности // Сб. тр.КПИ. Красноярск. 1970. Проблемы северного строительства. С.101-106.
5. Рыбьев И.А., Клименко М.И. Исследование общих закономерностей в структуре и свойствах арболита // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. 1972. N2. С. 16-19.
6. Скрипкин Б. К., Савойский В. М., Меркулова Н. Н. Эффективный материал из отходов древесины и силикатного вяжущего для малоэтажного промышленного домостроения // Сб. тр.СибЗНИИЭП. Новосибирск. 1979. N4. С. 167.
7. Наназашвили И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции // Л.: Стройиздат. 1990. С. 264.
8. Щербаков А. С. Влияние свойств исходных материалов и технологических факторов на прочность арболита // Лесозащита и лесное хозяйство. 1966. N32. С. 17-20.
9. Наназашвили И.Х., Минас А.И. Пути повышения структурной прочности и стойкости арболита в условиях попеременного увлажнения и высыхания // Сб. тр. ЦНИИЭПестрой. 1976. N15. С. 18-21.
10. Шарова В.В. Бетоны на основе древесного заполнителя и шлако-, золощелочных вяжущих с использованием углеродосодержащего жидкого стекла: Дис. канд. техн. наук // Братск. 1996. С. 217.
11. Леви Ж.П. Легкие бетоны. Приготовление, свойства, применение // М.: Гостройиздат. 1955. С. 146.
12. Шахова Л.Д., Балясников В.В. Пенообразователи для ячеистых бетонов // Белгород. «СК типография». 2002.
13. Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение // Л.: Химия.1888. С. 200.
14. Дворядкин А.Т. Исследование физико-механических деформативных свойств ячеистых бетонов в зависимости от основных технологических параметров: Автореф. Дисс. канд. техн. наук // М. 1967. С. 14.
15. Комар А.Г., Величко Е.Г., Беякова Ж.С. О некоторых аспектах управления структурообразованием и свойствами шлакосиликатного пенобетона // Строительные материалы. №7. 2001. С. 12-15.
16. Жив А.С., Исакулов Б.Р. Исследование характера и механизма разрушения легких поризованных арболитобетонов на основе отходов промышленности и растительного сырья // Строительные материалы. 2012. С. 20-23.
17. Савин В.И., Абраменко Н.И., Будашкин Л.Е. Техно-логия и свойства поризованного арболита // Тезисы докладов научно-технической конференции 2–4 сентября, г Владивосток. 1980. С. 30.
18. Исакулов Б.Р. Прочность и деформативность поризованного арболита // Актобе.: РГП КазГосИНТИ, ДГП Актюб. ЦНТИ. 2006. С. 132.

ОБЪЕМНАЯ ГИДРОФОБИЗАЦИЯ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

В.Г. Соловьев¹, В.А. Швецова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹s_vadim_g@mail.ru

²wishhuma@mail.ru

Аннотация

Гидрофобизация бетона является эффективным методом борьбы с капиллярным подсосом влаги, что приводит к увеличению морозо- и коррозионной стойкости бетонных и железобетонных конструкций [1]. В статье приведены экспериментальные данные, полученные в ходе применения суспензии стеарата кальция в качестве объемного гидрофобизатора для бетона. Целью данного исследования является определение эффективности использования СК (здесь и далее стеарат кальция) в составе суспензии в качестве гидрофобизатора для бетона. Особенностью суспензии является ее более низкая стоимость по сравнению с порошком, обусловленная отличающимся процессом получения. В данной статье описано влияние суспензии СК на водопоглощение и прочность мелкозернистого бетона. При введении суспензии стеарата кальция в количестве 0,5% капиллярное водопоглощение было снижено в 3 раза, однако, при этом прочность при сжатии образцов из мелкозернистого бетона снизилась на 27%, прочность при изгибе на 11%.

ВВЕДЕНИЕ

Бетон является одним из самых распространенных строительных материалов в мире. С каждым годом область использования бетона расширяется. Как известно, структура бетона пронизана большим количеством пор и капилляров. Высокой водонепроницаемостью обладают только высокопрочные и ультравысокопрочные бетоны, применение которых обосновано лишь в случае создания уникальных и ответственных конструкций. Для ремонтных составов, к которым не предъявляются высокие требования по прочности, но которые, тем не менее, подвержены проникновению газов и жидкостей как под действием гидростатического давления, так и в условиях смачивания поверхности, могут быть использованы объемные и поверхностные гидрофобизирующие добавки [2,3]. К таким добавкам можно отнести металлоорганические гидрофобизаторы, которые эффективно снижают водопоглощение в цементном растворе и изменяют характер пористости [4,5].

Стеарат кальция или кальций стеариновокислый $\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$ – соль кальция и стеариновой кислоты, представляет собой белый порошок, не растворимый в воде. Суспензия стеарата кальция представляет собой диспергированные в воде, в присутствии эмульгаторов, частицы стеарата кальция размером около 1 мкм. Суспензия представляет собой жидкость белого цвета с характерным запахом, pH 9-11, $\rho = 1,01$ г/мл, концентрация сухого вещества составляет 22%. Суспензия в пересчете на сухое вещество дешевле порошкообразного СК на 30%.

Синергетический эффект был обнаружен исследователями [6] путем растворения гидрофобного материала или материалов в растворителе-добавке, уменьшающей усадку, перед добавлением к бетонной смеси, что позволило снизить общее содержанием добавок в бетонной смеси. При введении в состав воднодисперсной реологической матрицы металлоорганических модификаторов водопотребность пластифицированной системы значительно повышается, однако, этот показатель не превышает 15–20% [7].

Водопроницаемость особенно важна для железобетонных конструкций, находящихся в морской воде. В таких условиях происходит инфильтрация хлорид-ионов через тело композита, приводящая к коррозии арматуры. Содержание стеарата кальция в

количестве 1 кг/м³ в армированных цилиндрических образцах привело к снижению коррозии в 2,8 раз и снижению абсорбции в 2,13 раз [8]. Введение стеарата кальция в количестве 4 кг/м³ приводит к снижению проницаемости на 50% [9].

Введение порошка стеарата кальция в количестве 0,1; 0,2; 0,3 % от массы цемента не снизило плотность бетона; введение СК в количестве 0,3% снизило деформации усадки образцов на 27% [10].

Упоминания о применении в качестве объемного гидрофобизатора суспензии стеарата кальция в зарубежной и отечественной литературе найдены не были. Порошкообразный стеарат кальция не вступает в химическое взаимодействие с выделяющейся при гидратации цемента известью и выступает в роли гидрофобного микронаполнителя, способствуя уплотнению структуры и гидрофобизации капилляров и трещин [11,12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовалось влияние суспензии стеарата кальция на прочностные характеристики, капиллярное водопоглощение и кинетику водопоглощения образцов из мелкозернистого бетона с размерами 40×40×160 мм. Испытания проводились в соответствии со стандартами, приведенными в таблице 1. Прочность образцов определялась при помощи сервогидравлического пресса Controls.

Табл. 1. Стандарты

| Определяемая характеристика | Стандарт |
|-----------------------------------|---|
| Капиллярное водопоглощение | ГОСТ Р 58277-2018 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний» |
| Водопоглощение по массе | ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Методы определения водопоглощения. |
| Показатели пористости | ГОСТ 12730.4-78. Бетоны. Методы определения показателей пористости. |
| Прочность при изгибе и при сжатии | ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка» |

В качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ II/A-И 42.5Н от производителя ООО "Холсим (Рус) Строительные Материалы". Физико-механические характеристики цемента приведены в таблице 2.

Табл. 2. Характеристики цемента

| Уд. поверхность по Блейну, см ² /г | Плотность, г/см ³ | Нормальная плотность цементного теста, % | Начало схватывания, мин | Конечное схватывание, мин | Предел прочности при сжатии 28 сут., МПа | Предел прочности при изгибе 28 сут., МПа |
|---|------------------------------|--|-------------------------|---------------------------|--|--|
| 3940 | 2,9 | 29,4 | 172 | 224 | 47 | 8,4 |

Суспензия стеарата кальция вводилась в воду затворения и тщательно с ней перемешивалась. Состав бетонной смеси приведен в таблице 3.

Табл. 3. Состав бетонной смеси на 1 м³

| Материалы | Содержание |
|------------------------------------|------------------------|
| Цемент, кг | 485 |
| Песок, кг | 1455 |
| Вода, л | 280 |
| В/Ц | 0,58 |
| суспензия СК, в % от массы цемента | 0,2; 0,35; 0,5; 1; 1,5 |

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок с модулем крупности $M_k=2,45$, $\rho_{ист}=2,63$ г/см³.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Капиллярное водопоглощение

Результаты эксперимента представлены на рисунке 1. Введение суспензии в количестве 0,2% от массы цемента приводит к снижению капиллярного водопоглощения в 2,3 раза, 0,5 % суспензии снижают капиллярное водопоглощение в 3 раза, 1,5% в 4,5 раза.

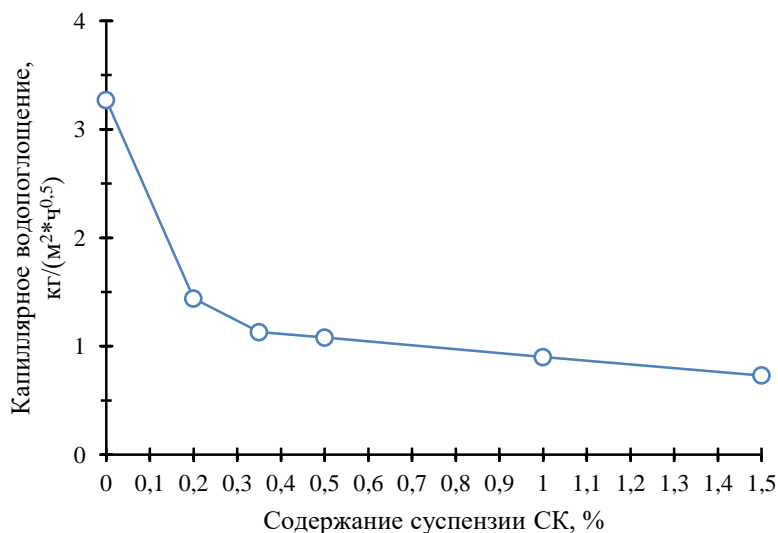


Рис. 1. Зависимость величины капиллярного водопоглощения образцов из мелкозернистого бетона от количества стеарата кальция

2. Прочность при изгибе

При введении 0,2% суспензии СК прочность при изгибе ниже на 8% относительно образцов без СК; при введении 1% суспензии прочность при изгибе снижается на 16%, при введении 1,5% суспензии прочность при изгибе ниже на 27%. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

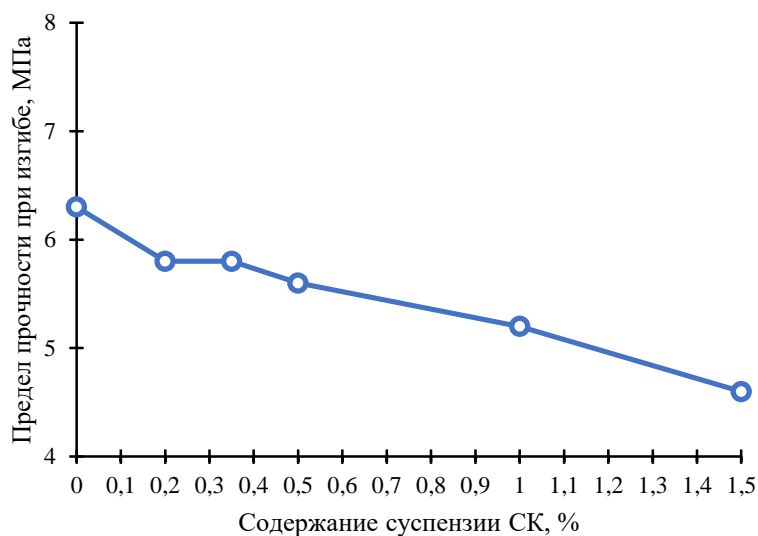


Рис. 2. Зависимость прочности при изгибе образцов из мелкозернистого бетона от количества стеарата кальция

3. Прочность при сжатии

Результаты испытаний представлены на рисунке 3. При введении 0,2% суспензии СК прочность при сжатии ниже на 15%, чем прочность образцов без суспензии стеарата кальция; при введении 1% суспензии прочность при сжатии ниже на 42%.

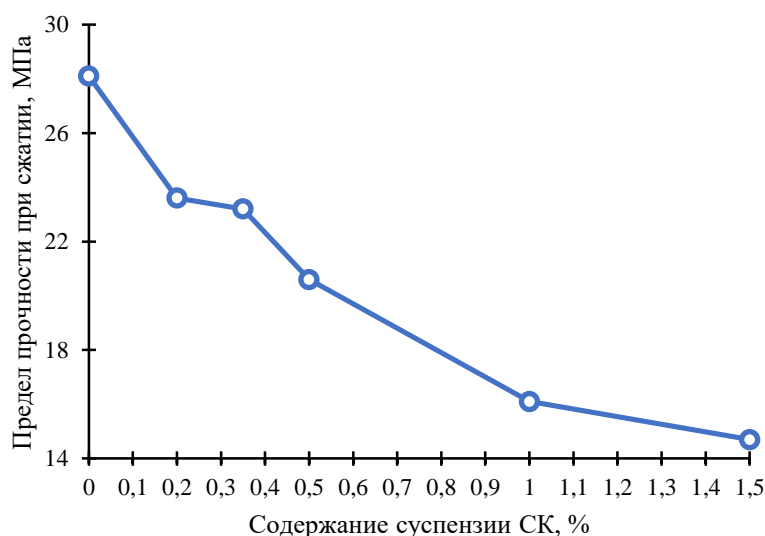


Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии образцов из мелкозернистого бетона от количества стеарата кальция

ВЫВОДЫ

Суспензия стеарата кальция является эффективным гидрофобизатором, но значительно снижает прочность мелкозернистого бетона. Введение суспензии в количестве 0,2% от массы цемента приводит к снижению капиллярного водопоглощения в 2,3 раза, в количестве 0,5 % суспензии капиллярное водопоглощение ниже в 3 раза. При введении 0,2% суспензии СК прочность при изгибе ниже на 8% относительно образцов без СК; при введении 1% суспензии прочность при изгибе снижается на 16%. При введении 0,2% суспензии СК прочность при сжатии ниже на 15%, чем прочность образцов без суспензии стеарата кальция; при введении 1% суспензии прочность при сжатии ниже на 42%. Прочность образцов со стеаратом кальция была снижена из-за повышенного содержания воздуха в бетонной смеси, вызванного поверхностно активными веществами - эмульгаторами, являющимися незаменимыми компонентами при производстве суспензии СК. Несмотря на экономическую целесообразность применения стеарата кальция в виде суспензии, для расширения области применения необходимо проведение дополнительных работ по оптимизации технологии ее получения (снижение содержания или замены эмульгаторов, оказывающих негативный эффект).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хигерович М.И. Гидрофобный цемент. М.: Промстройиздат, 1957. 208 с.
2. ACI Committe 212, Report on Chemical Admixture for Concrete ACI 212.3R-10, 46-50. Available online: <https://www.penetron.com/uploads/pdf/Penetron-ACI212-3R-10-Chapter15-PRA.pdf> (accessed on 15.11.2021).
3. Zhichao Liu, Will Hansen. Effect of hydrophobic surface treatment on freeze-thaw durability of concrete // Cement and Concrete Composites. 2016. Vol. 69. P. 49-60.
4. A.Lagazzo, S.Vicinib, C.Cattaneoc, R.Bottera. Effect of fatty acid soap on microstructure of lime-cement mortar // Construction and Building Materials. 2016. Vol. 116. P. 384-390.
5. Marcos Lanzóna, P.A.García-Ruizb. Evaluation of capillary water absorption in rendering mortars made with powdered waterproofing additives // Construction and Building Materials. 2009. Vol. 23, I. 10. P. 3287-3291.
6. Антонио Дж. мл. Альдикиевич, Антонио Дж. Мл. Альдикиевич, Арнон Бентур, Нил С. Берк, Чиа-Чих Оу. Полностью водонепроницаемый бетон. Патент № 2382744. Заявл.10.11.08; Оpubл. 27.02.10, Бюл.№6.

7. Суздальцев О.В. Долговечные архитектурно-декоративные порошково-активированные бетоны с использованием отходов камнедробления горных пород // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза. – 2015. – 237 с.
8. Maryoto A. Resistance of concrete with calcium stearate due to chloride attack tested by accelerated corrosion // *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 171. P. 511 – 516.
9. Maryoto A. Improving microstructures of concrete using $\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$ // *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 125. P. 631 – 637.
10. Maryoto A., Setijadi R., Widyaningrum A., Waluyo S. Drying Shrinkage of Concrete Containing Calcium Stearate, $(\text{Ca}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2)$, with Ordinary Portland Cement (OPC) as a Binder: Experimental and Modelling Studies // *Molecules*. 2020. Vol. 25.
11. Mehdi Nematı Chari, Ramin Naseroleslami, Mohammad Shekarchi. The impact of calcium stearate on characteristics of concrete // *Asian Journal of Civil Engineering*. 2019. Vol. 20, P. 1007–1020.
12. Maryoto A., Gan B.S., Hermanto N.I.S., Setijadi R. Effect of Calcium Stearate in the Mechanical and Physical Properties of Concrete with PCC and Fly Ash as Binders // *Materials*. 2020. Vol. 13(6).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ ТРУБОПРОВОДОВ

И. Д. Сизяков¹, В. Г. Соловьев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹SizyakovID@mgsu.ru

²s_vadim_g@mail.ru

Аннотация

Устройство защитных покрытий трубопровода требует тщательно исследовать метод торкретирования бетона на поверхности труб. В данной статье подробно рассматриваются методы торкретирования и их разновидности, пределы возможностей нанесения токрет-бетона и его рациональные границы. Так же рассматриваются особенности современных технологий производства бетонной смеси, состав её компонентов, торкретирования и ухода за бетоном, описание разновидности машин и механизмов участвующих в процессе набрызга бетона. Делаются выводы по определению методов торкретирования, составу компонентов бетонной смеси, её реологическим и технологическим характеристикам, требований к качеству бетона для защитного слоя труб. Поиск недостатков и проблем в подборе составов бетона, в выборе оборудования, технологии для последующего решения.

ВВЕДЕНИЕ

Основная масса несущих конструкций сооружений состоит из бетона и железобетона. К данному моменту появилось огромное число различных способов бетонирования для получения высокой прочности и плотности бетона при разных условиях и на разных сооружениях, такие как: метод вертикально перемещаемой трубы, восходящего раствора, инъекционный, вибронагнетательный, укладка бетона бункерами, втрамбовывание бетонной смеси, напорное бетонирование, укатка бетонной смеси, цементирование бурсмесительным способом. Одним из таких способов является торкретирование.

Торкретирование – это вид бетонирования, при котором распыляется ровным слоем бетонная смесь, штукатурка, глина на поверхность изделия или конструкции. Данный вид бетонирования позволяет получить более плотный слой нанесенного раствора, так как наносится раствор под высоким давлением сжатого воздуха.

Для достижения лучшего результата есть возможность изменять свойства наносимого бетона с помощью различных добавок, пластификаторов, наполнителей. Например, так можно получать бетонную смесь с большей вязкостью, повышенной плотностью и получить бетон стойкий к агрессивной среде. Свойства бетона зависят от требований проектной документации. Рассматриваемая технология имеет отличительную особенность – возможность осуществлять бетонирование в местах с ограниченным доступом из-за использования специальных шлангов, предназначенных для подачи бетонной смеси. Также торкретирование позволяет осуществлять нанесение раствора на криволинейные поверхности и основания, расположенные в любых плоскостях, что особенно важно для бетонирования труднодоступных мест. Наносимый слой уплотняется самостоятельно и при данной технологии нет необходимости в устройстве опалубки, так как к бетонам предъявляются особые требования по жесткости смеси и вязкости, поэтому это упрощает производство работ по торкретированию конструкции.

К торкрет-бетону предъявляются те же требования, что и для обычного бетона.

Изучение нормативной и технической литературы позволило установить рамки использования торкрет-бетона, а так же позволило определиться с его составом. Требования, предъявляемые к торкрет-бетону, установлены в ГОСТ 26633–2015 [1], МГСН 2.09-03 в отношении мелкозернистых бетонов [2] и ТУ 5745-001- 16216892–06, изготавливать его необходимо в соответствии с техническим регламентом. Поскольку

данный материал является конструкционным, для него установлены классы прочности на сжатие от В30 до В60. Водонепроницаемость характеризуется марками от W4 до W12 [3].

Метод торкретирования используют при возведении сооружения для получения воспринимающей нагрузку конструкции и защитного покрытия от нежелательного воздействия, так и для предупредительного и восстановительного ремонта. В первую очередь такое метод нанесения бетона придают ему такие свойства, как [4]: улучшенная гидроизоляционная способность, хорошая проникающая способность в трещины и пустоты, химическая защита, высокая плотность и скорость схватывания бетона. Соответственно, использовать данный метод рационально при гидроизоляции гидротехнических сооружений, реконструкции и ремонте бетонных покрытий таких сооружений.

Для нанесения бетонного слоя существует сухой и мокрый способ [5]. Сухой метод связан с затворением сухой смеси водой не за долго до того как будет произведен выпуск бетонной смеси из торкрет-установки, при этом водоцементное соотношение не должно выходить за пределы 0,4-0,5. При сухом способе частицы цемента лучше распределяются по поверхности, плотно прилегая друг к другу, также скорость нанесения выше, чем у второго метода. Легкая очистка оборудования, возможность изменения расстояния подачи из-за высокой скорости выхода смеси, толщина получаемого слоя может достигать 60 мм. Данный способ не лишен минусов: появляется сложность работы в замкнутом пространстве из-за повышенного пылеобразования, требуется высокая квалификация рабочего для контроля укладки и водоцементного отношения бетонной смеси.

Мокрый способ использует уже приготовленную смесь для подачи на торкретируемую поверхность, здесь В/Ц не должна превышать 0,55. Мокрый способ отличается своей легкостью нанесения, качеством раствора, так как смесь имеет хорошую однородность. Метод является более дешевым, в том числе, потому что не требует высокой квалификации бетонщика. Недостаток способа меньшая скорость подачи, а следовательно, и ограниченная маневренность для укладки бетона [6].

Температура компонентов торкрет-бетонной смеси должна быть не ниже 5°C и не выше 35°C [3]. Зерновой состав заполнителя варьируется от 0,125 до 16 мм.

Минимальное содержание цемента должно быть 300 кг/м³.

Для торкрет-бетона важным параметром являются потери при отскоке и брызг. Для уменьшения отскока и брызг торкрет-бетона, требуется повысить его «прилипаемость» к поверхности и к самому бетону, первоначально предполагается повысить его вязкость. Для решения данной задачи используют добавки, такие как: ускорители твердения бетона, минеральные и полимерные добавки [7].

Сырьем для торкрет-бетона является: вяжущее вещество (портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий цемент или белый портландцемент); заполнители, представляющие собой горные породы различных фракций (песок, легкий заполнитель, щебень, гравий); добавки, используемые для придания бетону пластичности, вязкости, ускорения твердения, стабилизации и достижения других эффектов, могут быть химическими или минеральными (например: кальмафлекс, микрокремнезем, зола) фибра, является армирующим наполнителем со такими параметрами, как: из какого сырья состоит; должна быть определенной формы, для увеличения сцепления в торкретбетоне; имеют определенную форму и размеры [8].

Для мокрого метода торкретирования есть ряд технологических показателей качества и проектных характеристик бетона, подлежащих проверке: удобоукладываемость, плотность, потери в результате отскока.

Для сухого же фиксируется только потери при отскоке.

Эксплуатационные параметры, свежесделанного бетона мокрым или сухим вариантом, контролируются с помощью ряда испытаний. Предел прочности при сжатии на 7-й и 28-й день после укладки по месту; предел прочности на изгиб; адгезионная прочность; плотность; водопоглощение.

Следует различать понятия набрызгбетон и торкрет-бетон. Торкрет-бетон считается при наличии заполнителя размером зерен не более 8 мм, когда как при набрызгбетоне размеры частиц могут достигать 20 мм [9]. Ниже приведена методика определения отскока набрызгбетона. Отскок фиксируется испытанием непосредственно на месте работ на участке поверхности конструкции размером 1x1 м, материал отскочивший от бетонируемой конструкции высушивается и взвешивается. Предварительно, замеряется влажность и масса сухой смеси, загружаемая для нанесения бетона на поверхность, толщина слоя не должна быть меньше 5 см. Массу высушенной отскочившей смеси домножают на поправочный коэффициент 1,1.

Современные ученые изучают такие явления для торкрет-бетона как: внутренние усадочные напряжения в бетоне [7], декоративное оформление торкрет бетона [10], уменьшение отскока смеси с помощью ускорителей твердения увеличение вязкости с помощью НМПЭ. Использование набрызга бетона для устройства тоннелей [4], ремонт трубопровода методом центробежного набрызга [11]. Появляются патенты на торкрет-растворы [12] и торкрет-масс для получения материалов для теплоизоляции [13].

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАБРЫЗГА БЕТОНА

Разновидности торкрет-машин зависят от метода торкретирования, а также от метода подачи сухого материала [14]. Существует два типа установок сухого торкретирования: одно- или двухкамерные пневматические установки роторные установки постоянной подачи (Рис. 1 - Рис. 3).

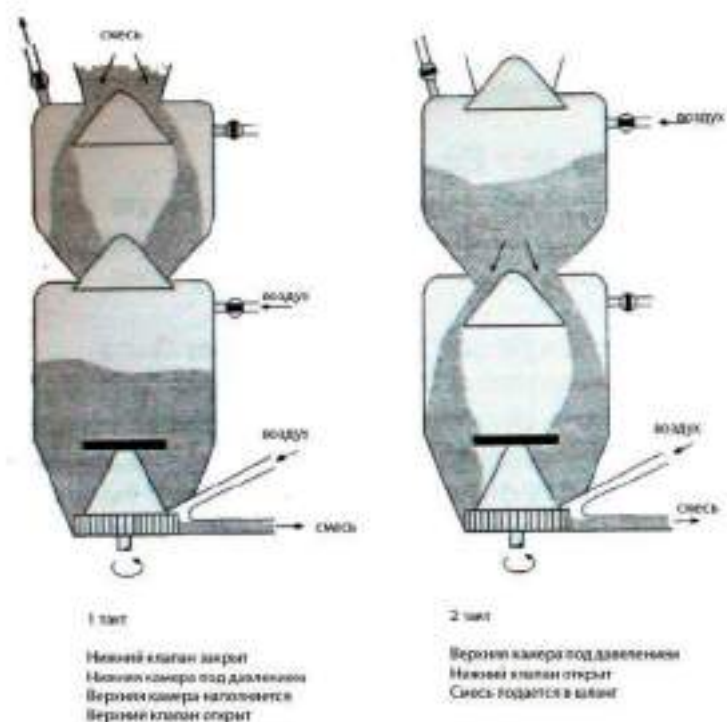


Рис. 1. Последовательность операций в двухкамерной установке сухого торкретирования

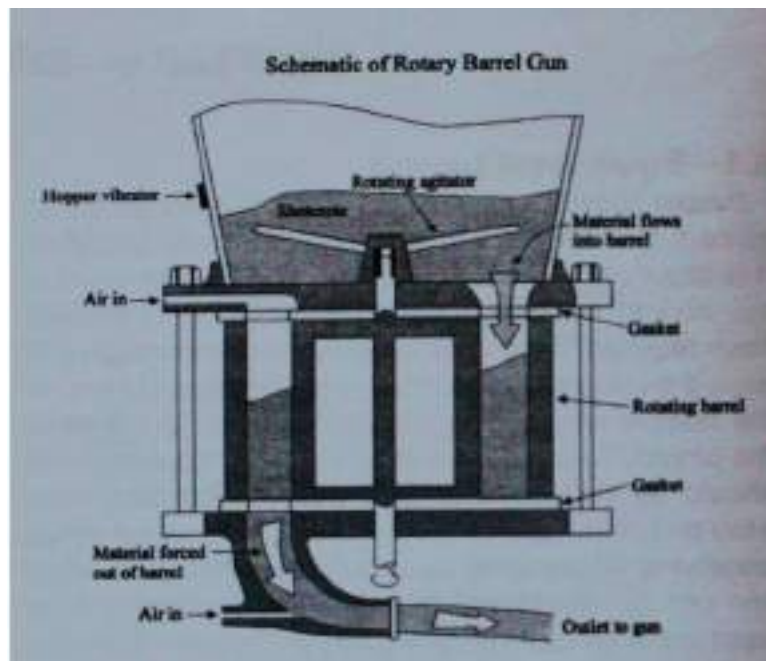


Рис. 2. Принципиальная схема установки сухого торкретирования барабанного типа

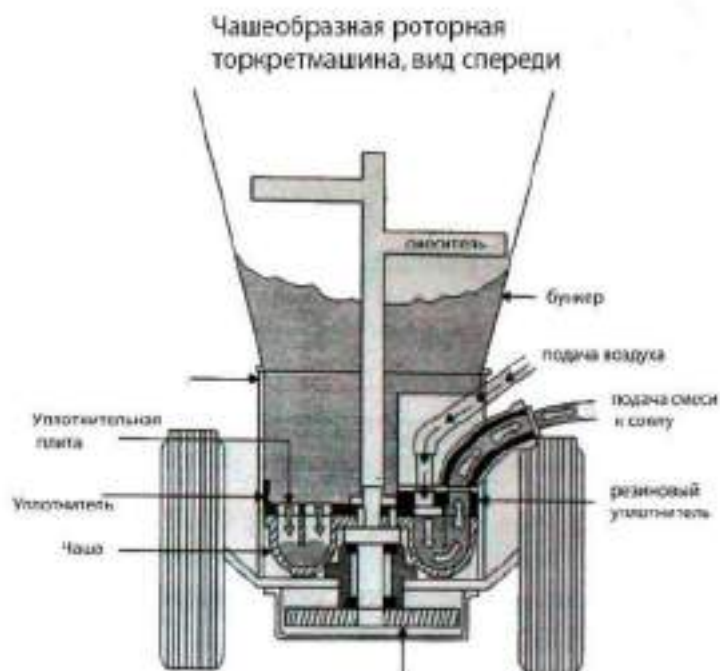


Рис. 3. Принципиальная схема установки чашеобразного типа [15]

ВЫВОДЫ

Проведя анализ темы торкрет-бетона, можно сделать вывод о том, что подбор состава бетонной смеси похож на бетонную смесь для обычного омоноличивания, но предъявляются дополнительные требования связанные с особенностями технологии устройства защитных слоев и нанесения бетонной смеси на поверхности, находящиеся под любым уклоном.

Торкретирование является относительно дешевым способом бетонирования, но не лишенным недостатков. Отсутствует универсальный способ набрызга бетона, поэтому все виды оборудования и методы торкретирования подбирается исходя из эффективности этого метода в каждом конкретном случае.

Дальнейшие исследования будут связаны с изучением реологических, технологических и эксплуатационных свойств свойств токрет- и набрызгбетонов. В частности, для набрызгбетона для трубопроводов должен разрабатываться свой комплекс мер – подбор оборудования, расчет и подбор составов, оптимизация технологии и пр.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия // Техэксперт. 2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133282> (дата обращения: 15.11.2021).
2. МГСН 2.09-03 Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений // elima.ru. 2003. URL: <http://elima.ru/docs/?id=1241> (дата обращения: 15.11.2021).
3. ТУ 5745-001-16216892-06 // elima.ru. 2006. URL: <http://elima.ru/docs/?id=2266> (дата обращения: 15.11.2021).
4. Голицынский Д.М. Еще раз о применении набрызг-бетона и Новоавстрийского метода (НАТМ) в отечественном тоннелестроении // Метро и тоннели, № 3, 2011. С. 20-22.
5. РУ 07-2010 // <https://refdb.ru>. 2010. URL: <https://refdb.ru/look/2189860.html> (дата обращения: 15.11.2021).
6. Юхнина А.А. Применение торкрет-бетона в современном строительстве // материалы Пятой Международной научно-практической конференции «Фотинские чтения – 2018». Ижевск. 2018. С. 278-279.
7. Павлова И.П., Беломесова К.Ю. Экспериментальные исследования влияния расширяющейся добавки сульфоалюминатного типа на свойства торкрет - бетона // Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы их развития : Материалы Международной научно-технической конференции. Минск. 2017. С. 32-35.
8. Что такое торкретирование или набрызг-бетон [Электронный ресурс] // <http://stroitel-list.ru>: [сайт]. [2015]. URL: <http://stroitel-list.ru/beton/chto-takoe-torkretirovanie-ili-nabryzg-beton.html> (дата обращения: 15.11.2021).
9. Технологические правила применения набрызг бетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений // aquagroup.ru. 1977. URL: <http://aquagroup.ru/normdocs/1446#i341791> (дата обращения: 15.11.2021).
10. Shaybadullina A. Multifunctional decorative coatings based on cement // MATEC Web of Conferences 8. Ser. MATBUD 2018 – 8th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering. 2018.
11. Максименко В.И., Селиверстов В.И. Ремонт водоводов способом цетробежного набрызга // Трибуна ученого, Jul 2021. С. 17-20.
12. Ефимов П.А., Гагулаев А.В., Полещиков. Сухая строительная смесь для приготовления торкрет-раствора, патент на изобретение RU 2681153 C1, Jan 29, 2018.
13. Щепочкина Ю.А. Торкрет-масса, патент на изобретение R U 2586655 C 1, May 27, 2015.
14. Шепелев А.М. Штукатурные работы (Учебник для проф.-техн. училищ). 10-е изд., перераб. и доп.-е изд. Москва: Высшая школа, 1983. 144 с.
15. Торкрет установки и оборудование для торкретирования [Электронный ресурс] // <https://ksgidro.ru>: [сайт]. URL: <https://ksgidro.ru/technicheskie-resheniya/torkret-ustanovki-i-oborudovanie-dlya-torkretirovaniya.html> (дата обращения: 15.11.2021).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЦИКЛИНГОВЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЁТ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ШЛАМОВОЙ ВОДЫ

Е. С. Егоров¹, С. В. Самченко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹egoroves_ystu@mail.ru

²SamchenkoSV@mgsu.ru

Аннотация

В статье рассматривается возможность повышения эффективности рециклинговых установок за счёт активации шламовой воды. Для оценки эффективности исследовались цементные суспензии и образцы как на основе активированной шламовой воды, так и без её активации. Исследования проводились методами оптической микроскопии, измерения тепловыделения и физико-механических и реологических характеристик образцов. Экспериментальным путём получены результаты, свидетельствующие о возможности применения активированной шламовой воды в качестве добавки – ускорителя твердения. Полученные на основе этой добавки материалы обладают более ранними сроками схватывания, более быстрым течением гидратации и твердения, а также более высокой прочностью. Образцы без активации так же показали ускорения сроков схватывания, однако прочность образцов уменьшалась с повышением концентрации добавки ввиду повышенной водопотребности.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство современных технологий рециклинга [1] предполагают извлечение мелкого и крупного заполнителя из отходов бетонных смесей. Это извлечение осуществляется путём смывания с рабочих органов и емкостей смесителя отходов в систему просеивания и промывания. В результате отделившийся мелкий и крупный заполнитель повторно подаётся в бетоносмесительный узел, а шламовая вода с мельчайшими цементными частицами перекачивается в специальный узел для отстаивания. Далее воду откачивают для промывания смесителей, а цемент после полной потери активности используют в качестве подстилающего слоя [2]. Т.е. в таких технологиях не предполагается эффективная утилизация шламовой воды, т.к. затрачивается время на потерю активности цементом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения экспериментального исследования использовался портландцемент ПЦ 500-Д0 по ГОСТ 10178-85.

Прочность цементных композиций оценивали на гидравлическом прессе ПСУ-10 по средней прочности при сжатии серии из трёх малых образцов в виде кубов 2х2х2 см, полученных из теста нормальной плотности. Продолжительность твердения составляла 7 и 28 суток.

Для лабораторного моделирования шламовой воды, получаемой в результате сепарации бетонных смывок, приготавливалась цементная суспензия при водоцементном отношении 0.7. Суспензия перед применением гидратировалась в течение 6 часов при периодическом принудительном перемешивании в магнитной мешалке. Проведёнными ранее экспериментальными исследованиями установлено, что после 6 часов происходило изменение фракционного состава суспензии в сторону увеличения количества фракции более 20 мкм, что объясняется началом процесса коагуляции продуктов гидратации, в дальнейшем приводящий к формированию первичного каркаса цементного камня [3]. Предполагается, что шламовая вода, полученная из системы рециклинга состоит

преимущественно из цементных частиц, находящихся на этом или более позднем этапе гидратации.

Активация предварительно гидратированной цементной суспензии проводилась в роторно-пульсационном аппарате (РПА) марки РПА-0,33-5-0,75кВт (мощность электродвигателя 0,75кВт и производительность на воде 0,33 м³/час). Объём суспензии, загружаемой в РПА, составлял 500...600 мл. Для снижения нагрузки на аппарат и повышения эффективности, активация проводилась в присутствии суперпластификатора на основе поликарбоксилатных эфиров (DKG-604). Продолжительность активации составляла 3 минуты.

Исследовались следующие составы: контрольный состав – цемент без добавления суспензий; ПГДб – в состав идентичный контрольному вместе с водой затворения вводилась предварительно гидратированная цементная суспензия; ПГДб (А) – в состав идентичный контрольному при затворении вводилась активированная предварительно гидратированная цементная суспензия

Определение среднего размера частиц проводилась методом оптической микроскопии на микроскопе Levenhuk D740T. Микрофотографии в градации серого создавались с помощью цифровой камеры 5.1 Мп. Для каждого микропрепарата создавалось по 6 снимков в случайно выбранных местах. Обработка проводилась в программе с открытым исходным кодом Fiji. В Обработку было включено: регулирование порогового значения («Threshold»), заполнение границ прозрачных частиц с помощью процедуры «Fill Holes» разделение слипшихся частиц с помощью процедуры «Watershed». После обработки программа рассчитывала диаметр Фере частиц, принадлежащих полю снимка. На основе результатов по следующей формуле рассчитывался средний диаметр:

$$\bar{d} = \sum_{i=1} \frac{n_i \cdot d_i}{\sum_{i=1} n_i}$$

где d_i – Размер i -частицы, мкм,

n_i – количество частиц размером d_i .

Помимо определения среднего диаметра частиц суспензий, проводился их визуальный осмотр.

Исследования экзотермических процессов осуществлялось на простом калориметре. Простой калориметр состоял из ёмкости объёмом 40мл, помещённой в теплоизоляционный контур из пенопласта плотностью 9,55 кг/м³ толщиной 22 мм и с внутренней стороны покрытого фольгой, USB термометра многоканального RODOS-5Z, подключаемого к компьютеру, и герметичного водонепроницаемого датчика температуры DS18B20, встроенного в крышку ёмкости. Для измерения приготавливалось тесто нормальной густоты, помещалось в ёмкость для измерения и закрывалось крышкой на 24 часа. Данные по температуре передавались на компьютер в автоматическом режиме. Обработка результатов представляла собой поиск момента времени с максимальной температурой смеси. Этот момент времени свидетельствовал об окончании третьей стадии гидратации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ряд снимков, полученных в результате оптической микроскопии представлены на рис. 1. Контрольный состав (рис. 1.а)) на представленном снимке состоит как из мелких частиц (<10 мкм), так и более крупных (30...70 мкм). Частицы разнесены друг от друга, что позволяет наиболее точно определить размеры отдельных частиц. Суспензия ПГДб (рис. 1.б)) представляет из себя более агрегированную структуру, в которой затруднён подсчёт отдельных частиц. Это подтверждает теорию о том, что по прошествии 6 часов гидратации начинают активно протекать коагуляционные процессы – слипание частиц друг с другом. Для качественного анализа методом оптической микроскопии перед изготовлением микропрепарата в суспензию был добавлен суперпластификатор. Согласно

механизму его действия [4] возникает совокупность электростатического и стерического эффектов, что вызывает их взаимное отталкивание. В результате становится возможным рассмотреть и определить размеры каждой отдельной частицы (рис. 1.в)). Размерность этих частиц меньше, чем у контрольной суспензии, что говорит о протекании реакции диссоциации. Частицы, активированной суспензии визуально гораздо меньше как контрольного, так и ПГД6 составов.

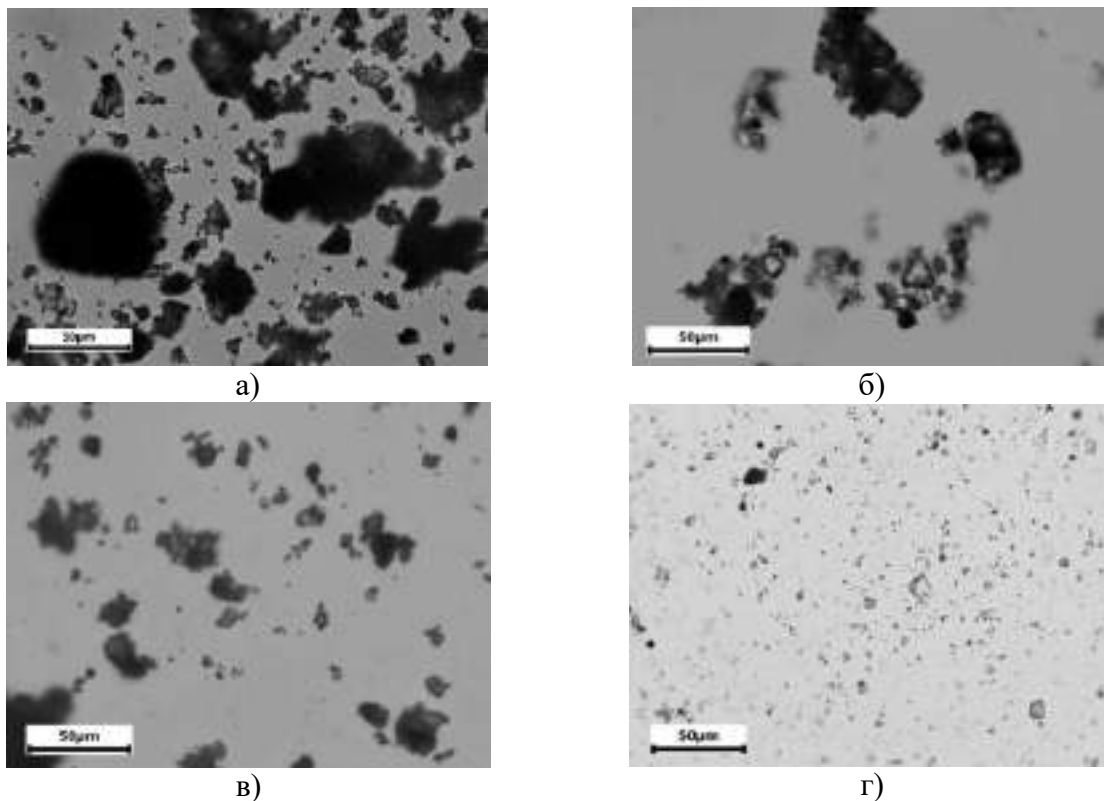


Рис. 1. Микрофотографии цементной суспензии
а) Контроль; б) ПГД6; в) ПГД6 + суперпластификатор; г) ПГД6 (А)

Средний диаметр частиц суспензий (табл. 1.) по результатам оптической микроскопии снижается примерно в 2,3 раза после 6 часов гидратации (ПГД6), что говорит об активно протекающем процессе диссциации. После активации средний диаметр частиц снизился ещё в 2,9 раз (ПГД6 (А)). Гидродинамическая активация совмещает в себе комбинацию нескольких типов воздействий на обрабатываемый материал: механический, кавитационный, акустический и др. [164]. Результатом комбинации воздействий является получение высокоактивных добавок повышающих прочность бетонов на их основе [5–7].

При исследовании нормальной густоты цементного теста на основе полученных суспензий установлено, что введение ПГД6 приводит к повышению водопотребности, что выражается в повышении нормальной густоты на 11,5% и 49,2% при концентрации добавки 5% и 30% соответственно. Увеличение водопотребности является характерным явлением при использовании тонкодисперсных минеральных добавок [8]. Активированная добавка показала не значительный, по сравнению с ПГД6 рост водопотребности. Нормальная густота увеличилась на 3,1% и 5,8% при концентрации ПГД6 (А) 5% и 30% соответственно. Это явления можно объяснить как действием минеральной и химической добавки (суперпластификатора) активированных совместно [9,10], так и характерным для пульсационных аппаратов воздухововлечением в суспензию [11].

Исследования сроков схватывания показали ускорение этого процесса. Начало (НС) и конец (КС) схватывания для образца ПГД6 с концентрацией добавки 5% сместились незначительно. При увеличении концентрации до 30% сроки схватывания

сдвинулись более ощутимо – НС на 41 минуту, КС на 32 минуты. Сокращение сроков схватывания можно объяснить введением в смесь кристаллов-зародышей новой фазы [11], в результате чего формирование достаточного их количества для прочного срастания кристаллов друг с другом [19,20] наступает раньше. При использовании ПГД6 (А) эффект ускорения схватывания усилился ещё и за счёт повышенной реакционной способности частиц (высокой удельной поверхности). НС наступало на 78 мин и 125 мин, а КС – на 94 мин и 149 мин соответственно для концентраций 5% и 30%.

Табл. 1. Сравнительный анализ характеристик суспензий и цементного теста на их основе

| Свойство | ПГД6 | ПГД6 (А) | Контроль |
|---------------------------------------|---------|----------|----------|
| Средний диаметр частиц суспензии, мкм | 15,40 | 5,29 | 34,90 |
| Нормальная густота: | | | |
| 5% | 29,0 | 26,8 | 26,0 |
| 30% | 38,8 | 27,5 | |
| Начало/конец схватывания: | | | |
| 5% | 168/253 | 102/162 | 180/256 |
| 30% | 139/224 | 55/107 | |
| Окончание III стадии гидратации: | | | |
| 5% | 11,6 | 8,9 | 11,4 |
| 30% | 10,4 | 5,4 | |
| Прочность при сжатии на 7 сут: | | | |
| 5% | 52,62 | 49,84 | 50,1 |
| 30% | 40,79 | 66,08 | |
| Прочность при сжатии на 28 сут: | | | |
| 5% | 70,8 | 73,6 | 70,3 |
| 30% | 60,01 | 85,61 | |

Примечание: расход предварительно гидратированной и активированной предварительно гидратированной суспензий представлен в пересчёте на сухое вещество.

Изменение сроков схватывания свидетельствуют и об изменении протекания процесса гидратации. Аналогичным образом сместилось пиковое значение выделяемой образцами температуры, полученное при измерении теловыделения цементного теста. Интенсификация тепловыделения говорит об ускорении протекающих реакций гидратации [12,13].

В свою очередь более быстрая гидратация способствует раннему набору прочности [14,15]. Однако для образца на основе ПГД6 выявлено падение прочности на 7 и на 28 сутки при концентрации добавки в 30%. Снижение как ранней, так и конечной прочности обусловлено высокой водопотребностью смеси. Излишки воды в таком образце в процессе испарения образуют пористую структуру [16], которая негативно сказывается на прочности. Образец с концентрацией 5% показал аналогичную контрольному образцу прочность как на 7, так и на 28 сутки. Использование ПГД6 (А) в количестве 5% так же не оказало значительного эффекта на прочность, видимо из-за малой концентрации активированного вещества. При увеличении до 30% наблюдается ускоренный рост прочности – на 7 сутки прочность возросла на 31,9%; конечная прочность увеличилась на 21,7%.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на основе отхода (шламовой воды) возможно получить добавку – ускоритель твердения. Что возможно достичь модернизацией технологии рециклинга за счёт внедрение установок активации шламовой воды

ВЫВОДЫ

В результате исследования установлено, после 6 часов предварительной гидратации в результате диссциации средний диаметр частиц цемента снижается примерно с 34,90 до 15,40 мкм. Активация такой суспензии позволяет снизить дисперсность частиц до 5,29 мкм

Полученные суспензии можно использовать как добавку – ускоритель схватывания.

Активация суспензии необходима во избежание увеличения водопотребности, приводящей к снижению прочности.

Добавка на основе активированных частиц можно использовать в качестве ускорителя твердения, а также для повышения прочности цементного камня.

Таким образом повысить эффективность технологии рециклинга можно за счёт внедрения установок активации шламовой воды

ЛИТЕРАТУРА

1. Остроух А.В., Суркова Н.Е. Система рециклинга товарного бетона // Лучшая научная статья. 2017. С. 21–24.
2. Касторных Л.И., Гикало М.А. Эффективность системы рециклинга на заводах товарного бетона и сборного железобетона // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 36–39.
3. Самченко С.В., Егоров Е.С. Влияние ультрадисперсной добавки из предварительно гидратированного цемента на свойства цементной пасты // Техника и технология силикатов. 2019. Т. 26, № 2. С. 52–57.
4. Юхневский П.И. О механизме пластификации цементных композиций добавками // Строительная науки и техника научно-технический журнал. 2010. № 1–2. С. 64–69.
5. Усов Б.А. и др. Эффект предварительного активирования добавок в транспортном строительстве // Бетон и железобетон. 1989. № 4. С. 15–17.
6. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика [Монография] / М.А. Промтов. Москва: Издательство Машиностроение-1, 2001. 260 с.
7. Балабышко А.М., Зимин А.И., Ружицкий В.П. Гидромеханическое диспергирование. Москва: Наука, 1998. 331 с.
8. Соколова Е.Ю., Матвеева О.И. Влияние тонкодисперсных компонентов на реологические и технические свойства цементных бетонов и растворов // Евразийский Союз Ученых. 2015. Т. 6, № 15. С. 160–164.
9. Тараканов О.В., Калашников В.И. Перспективы применения комплексных добавок в бетонах нового поколения // Известия КГАСУ. 2017. Т. 1, № 39. С. 223–229.
10. Хилажев Д.Р., Горбунов С.П. Исследование влияния активных минеральных добавок и поверхностно-активных веществ на особенности формирования структуры мелкозернистого бетона // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2013. № 1. С. 38–40.
11. Гуринович Л.С., Усов Б.А. Механохимическая обработка строительных материалов // Экология и строительство. Scientific Research Center Of Environmental Engineering And Construction, 2015. Т. 3, № 3. С. 22.
12. Хузин А.Ф. Кинетика тепловыделения при гидратации цемента, модифицированного комплексной наномодифицированной добавкой // Известия КГАСУ. 2016. Т. 1, № 35. С. 216–220.
13. Фомина Н.Н., Кебедов М.Б. Применение методов калориметрии в исследовании процессов гидратации портландцемента // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2016. Т. 1, № 15. С. 26–28.
14. Рахимбаев И.Ш. Зависимость прочности цементной матрицы бетонов от теплоты гидратации: дис. канд. техн. наук: 05.23.05.: защищена 21.12.2012: Белгород: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова, 2012. Т. 66. 131 с.
15. Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Тепловыделение при гидратации и предел прочности цементного камня // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. № 3. С. 1–5.
16. Самченко С.В. Формирование и генезис структуры цементного камня: монография / С. В. Самченко. Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. 284 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ФАСАДНЫХ РАБОТ

М. А. Фахратов¹, И. Ф. Ибрагим¹

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, eng.civil2004@gmail.com

Аннотация

В представленном исследовании выполнен анализ вопросов связанных с анализом условий организации фасадных работ. Основными вопросами при этом являются вопросы анализа исходных данных, вопросы выбора средств подмащивания и подбора численно-квалификационного состава рабочих. Кроме того, важное значение имеет анализ факторов, влияющих на технико-экономические показатели. В последние годы начали появляться новые нормативные документы, которые будут регламентировать технические характеристики фасадных систем с целью всероссийской стандартизации навесных вентилируемых фасадов. По результатам разработки данных документов, коммерческие организации могут отказаться от получения технических свидетельств на свою продукцию в государственных структурах. Специалисты утверждают, что работа по разработке нормативно-технической базы устройства фасадных систем, а также нормативов, регламентирующих характеристики материалов, конструкций и изделий, будет завершена в 2022 году, что безусловно приведет улучшению показателей готовой строительной продукции в целом. Организационно-технологические решения должны быть направлены на задачи связанные с уменьшением продолжительности выполнения строительно-монтажных работ; увеличением производительности строительно-монтажных работ; повышением социально-экономических аспектов выполнения работ.

ВВЕДЕНИЕ

Каждый вид фасадной системы имеет ряд своих особенностей и свойств. Данные свойства следует учитывать как инвестору, так и производителю работ. Подробное изучение всех конструктивных особенностей различных фасадных систем необходимо для эффективного и рационального выбора определенного вида при производстве строительно-монтажных работ. Литературный обзор имеющейся информации по теме устройства фасадных систем нацелен на определение основных направлений развития в строительной отрасли, в части применения ограждающих конструкций зданий и степень исследования в данной сфере. Важно отметить, что подавляющее большинство организаций, поставляющие на рынок сухие строительные смеси, также предлагают свои решения в области устройства штукатурных фасадов. Навесной вентилируемый фасад также активно используется в гражданском строительстве Российской Федерации. Основные применяемые материалы в данных конструктивных решениях: керамогранитные плиты, стеклофибробетонные панели, композитные и наборные элементы. Фасадные системы стали активно применяться в гражданском строительстве. В настоящее время американский рынок фасадных систем растет очень стремительно, частично является передовым в области применения новых видов фасадных систем. Что касается Европы, по причине наличия обширного количества исторического жилого фонда, применение фасадных систем осуществляется в основном при реконструкции зданий. Широкое применение получили штукатурные фасады. Хотя появление технологии штукатурных фасадов в Европе и России случилось в одно время, применение вентилируемых фасадных систем получило большее развитие в отечественном гражданском строительстве. Рынок Северной Америки движется в направлении применения стеклянных фасадных систем, а также адаптивных фасадных систем. Если в России фасадная система поступает на объект в элементном исполнении и требует сборки квалифицированными бригадами рабочих, в других странах фасад поступает на объект в

заводском исполнении, в виде крупных готовых панелей, которые навешиваются непосредственно на подсистему. В Российской Федерации также применяются подобные решения, но как пилотные проекты, которые не имеют широкого распространения на строительном рынке. На отечественном рынке применение вентилируемых фасадных систем занимает более половины всего рынка, что не скажешь о зарубежном рынке. В настоящее время эта тенденция также поддерживается крупными российскими застройщиками, что будет только способствовать увеличению развития и совершенствованию применяемых фасадных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения представленной темы были выделены следующие этапы:

- описание документации по разным объектам;
- использованные материалы с точными техническими характеристиками;
- сделанные предположения и их обоснование;
- статистические и математические процедуры, используемые для анализа и обобщения данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы начали появляться новые нормативные документы, которые будут регламентировать технические характеристики фасадных систем с целью всероссийской стандартизации навесных вентилируемых фасадов. По результатам разработки данных документов, коммерческие организации могут отказаться от получения технических свидетельств на свою продукцию в государственных структурах. Специалисты утверждают, что работа по разработке нормативно-технической базы устройства фасадных систем, а также нормативов, регламентирующих характеристики материалов, конструкций и изделий, будет завершена в 2022 году, что безусловно приведет к улучшению показателей готовой строительной продукции в целом. Организационно-технологические решения должны быть направлены на следующие задачи:

- уменьшение продолжительности выполнения строительно-монтажных работ;
- увеличение производительности строительно-монтажных работ;
- повышение социально-экономических аспектов выполнения работ.

С течением времени технологии устройства фасадных систем активно модернизируются, из-за чего возникает необходимость в получении способа оперативного определения наиболее эффективной системы формирования организационно-технологических решений фасадных систем. Процесс предпроектного выбора фасадной системы жилого многоэтажного дома начинается с определения архитектурного облика будущего здания. Силами инвестора разрабатывается концепция будущего объекта, в целях повышения его рыночной стоимости и узнаваемости, также соответствия облику города и района.

Современный строительный опыт реализации проектов жилищного строительства дает понять, что принимаемые конструктивные решения, решения в части организации строительного производства и строительной площадки, в том числе складирование материалов, размещение средств подмащивания, в рамках разработки проекта производства работ освещается лишь поверхностно. Как правило ограничиваются разработкой технологической карты. Но при отсутствии внимания к детальной проработке организации и технологии работ по устройству фасада может привести к снижению качества работ, срыву сроков и повышенной опасности при производстве работ. Пренебрежение проработкой применяемых организационно технологических решений приводит к быстрому возникновению дефектов в ходе эксплуатации, физическому износу, сокращению сроков эксплуатации и ухудшению архитектурного облика многоэтажного жилого здания.

Оценка применяемых организационно-технологических решений производится на основе их влияния на технико-экономических показатели фасадной системы. Наиболее подходящие решения могут быть выбраны на основе опыта и результатов применения фасадных систем в прошлом. Основная сложность эффективного выбора заключается в анализе основных влияющих факторов, которые могут иметь различные единицы измерения, свойства и показатели. Для упрощения сравнения все влияющие факторы можно объединить в три основные группы:

1) исходные факторы. Данная группа факторов заложена в исходных данных объекта строительства. К ним можно отнести: требования нормативно-технической документации, материально-техническое обеспечение строительной организации, требования технического задания заказчика, перечень применяемых материалов и особенности их производства и поставки, конструктивные особенности применяемой фасадной системы, финансирование строительства, геометрические характеристики объекта.

2) прямые факторы. Данная группа факторов оказывает непосредственное влияние на производство строительно-монтажных работ, определяет основные организационно-технологические решения, применяемые при устройстве фасадных систем.

3) косвенные факторы. Данная группа факторов оказывает косвенное влияние на производство работ и технико-экономические показатели. К ним можно отнести: климатические особенности, территориальное расположение строительной площадки, наличие стесненных условий в плотной городской застройке.

Выбор правильных организационно-технологических решений напрямую зависит от влияния факторов производства строительно-монтажных работ. Для принятия обоснованного и рационального решения необходимо произвести совокупный анализ факторов устройства фасадных систем.

Недостаточно полный анализ влияющих факторов может привести к увеличению сроков производства работ, уменьшению качества, увеличению сметной стоимости, а в будущем привести к быстрому возникновению дефектов в ходе эксплуатации, физическому износу, сокращению сроков эксплуатации и ухудшению архитектурного облика многоэтажного жилого здания. К геометрическим характеристикам, влияющим на устройство фасадных систем, в большей мере относится высота здания и сложность поверхности фасада, в том числе криволинейность и неровность. При производстве работ на разных высотных интервалах следует применять к нормативной трудоемкости увеличивающие коэффициенты, которые показывают степень осложнения работы и позволяют более точно. Профессионализм рабочих кадров субподрядной и генподрядной организации является залогом успеха при устройстве фасадных систем, поскольку данный вид работ является довольно сложным и трудоемким. Зачастую генподрядные организации нанимают специализированные монтажные организации, которые имеют опыт в выполнении работ с фасадной системой, указанной в проектной документации. Но некоторые генподрядные организации для экономии средств пренебрегают использованием сторонних бригад, что в дальнейшем приводит к низкому качеству готовой строительной продукции. Контроль за профессионализмом привлекаемой силы необходимо осуществлять со стороны строительного контроля заказчика, в том числе наличие всех необходимых документов для производства фасадных работ. Стесненность строительной площадки оказывает прямое влияние на размеры бытового городка и площадок складирования материалов.

Стесненные условия строительной площадки влияют также на трудоемкость и сроки производства работ, причем влияние это может быть довольно внушительным. В условиях плотной городской застройки и ограниченного размера площадок для складирования строительного материала, поставка материалов осуществляется партиями в объеме, необходимом для непрерывного производства работ на захватке. Бытовой городок состоит из компактных бытовых комплексов, позволяющих максимально

эффективно использовать территорию. Трудоемкость производства работ по устройству фасадных систем также существенно зависит от принимаемых конструктивных решений. В нормативно-технической документации зачастую приводится трудоемкость одного вида фасадной системы. Существующие фасадные системы имеют большое множество различных отличий, например облицовочный материал, система крепления, вид подсистемы, материал подсистемы, металлоемкость и геометрические характеристики. Также существенное влияние оказывает контроль качества производимых работ. Своевременный производственный контроль генерального подрядчика, авторский надзор проектной организации и строительный контроль со стороны заказчика является важной частью производства работ по устройству фасадных систем, так как это оказывает прямое влияние на качество готовой строительной продукции, срок службы фасадной системы и безопасная эксплуатация.

Правильная организация строительного производства и взаимодействие участников строительства, а именно своевременное финансирование, плановая поставка строительных материалов на объект, и качественная работа подрядной организации обеспечивает выполнение работ в срок и в рассчитываемую стоимость. Выбор правильных организационно-технологических решений напрямую зависит от влияния факторов производства строительно-монтажных работ. Для принятия обоснованного и рационального решения необходимо произвести совокупный анализ факторов устройства фасадных систем. В данном случае анализ производится по показателю эффективности, учитывающий все влияющие факторы, и стоимости производства строительно-монтажных работ. На основании минимального перечня исходных данных выполняется расчет показателя эффективности и стоимости для разных типов фасадных систем. Затем они сравниваются между собой методом анализа иерархий для определения оптимального сочетания стоимости и продолжительности работ, основываясь на процентном предпочтении одного показателя над другим. С помощью данного алгоритма возможно соотнести различные виды фасадных систем при абсолютно различных исходных данных, и выбрать наиболее рациональный и эффективный вариант для данного уникального случая. Однако стоит отметить, пренебрежение анализом влияющих факторов может привести к увеличению сроков производства работ, уменьшению качества, увеличению сметной стоимости, а в будущем привести к быстрому возникновению дефектов в ходе эксплуатации, физическому износу, сокращению сроков эксплуатации и ухудшению архитектурного облика многоэтажного жилого здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кужин М.Ф. Анализ использования площади территории строительной площадки Научное обозрение. 2017. № 13. С. 68-70.
2. Мероприятия по ограничению опасных зон на строительной площадке Вильман Ю.А., Кужин М.Ф. Научное обозрение. 2015. № 17. С. 341-344
3. Рациональные организационно-технологические схемы производства строительно-монтажных работ в условиях реконструкции действующего предприятия Жадановский Б.В., Синенко С.А., Кужин М.Ф. Технология и организация строительного производства. 2014. № 1. С. 38-40.
4. Анализ данных, необходимых для организационно-технологического проектирования работ по реконструкции зданий и сооружений Жадановский Б.В., Синенко С.А., Кужин М.Ф. Технология и организация строительного производства. 2014. № 3. С. 43-45.
5. Организация строительного производства в условиях реконструкции зданий и сооружений Жадановский Б.В., Кужин М.Ф. Москва, 2010.
6. Рекомендации по установке и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, строительных подъемников, грузоподъемных кранов-манипуляторов и подъемников (вышек) при разработке проектов организации строительства и проектов производства работ (ОАО «ПКТИпромстрой», 2004г.).
7. Разумовский Ф. Специфика реконструкции исторически сложившихся районов в городах Подмосковья. — Архитектура и строительство Подмосковья, 1980, № 2. — С. 1А—15.
8. Якубович Е. М. Реконструкция жилой застройки крупных городов с учетом ее историко-градостроительной ценности. — М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, ж. «Архитектура, районная планировка, градостроительство», 1988, вып. 3. — 37 с.

9. Копотилова А. С. Особенности строительства в условиях плотной городской застройки // Молодой ученый. — 2017. — №49. — С. 59-61.
10. Цай Т.Н., Грабовый П.Г. Организация строительного производства – М.: Ассоциация строит.вузов, 1999.
11. Самарин О.Д. Вопросы энергосбережения при реконструкции зданий // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник трудов в 2 т. / Московский государственный строительный университет. - М.: МГСУ, 2011. - Т. 1. - с. 624-626.
12. Семенов А.С. Организация технического обследования зданий жилищного фонда для выполнения работ по капитальному ремонту, модернизации и реконструкции: дисс. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2011. - 224с.
13. Матвеев Е.П. Реконструкция жилых зданий. В 2-х частях. Часть II. Индустриальные технологии реконструкции жилых зданий различных периодов постройки. – М.: ГУП ЦПП, 1999. – 364 с.
14. Михайлин М.В. Выбор энергоэффективных технологий при реконструкции зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. -2010. - №8. -с.44-46.
15. Ландиловская В.С. Новые направления развития панельно-блочного индустриального строительства. – М.: ПГС, 2006, №4, с.10-12.
16. Магай А.А. [и др.] Применение навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для фасадной отделки крупнопанельных жилых домов. – М.: Жилищное строительство, 2011, №3, с.60-62.

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ПЕРЕКРЫТИЙ

П. В. Гайдуков, Е. М. Пугач

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
gaidukov.p.v@yandex.ru

Аннотация

На основе понятия технологичности в статье рассмотрена эффективность применения несъемной опалубки перекрытий. Для ее оценки определены основные факторы и выделены показатели производственной, транспортной, монтажной и эксплуатационной технологичности. В качестве объектов рассмотрено шесть типов конструкций несъемной опалубки. В выборку вошли два варианта из профилированного настила, две конструкции из стали и легкого бетона для ребристых перекрытий, подвесная и блочная несъемная опалубка из газобетона и арматурных стержней. Для проведения оценки были отобраны основные факторы, влияющие на показатели технологичности: материалоемкость и потребность в специализированном оборудовании (производственная технологичность); габариты и масса элементов несъемной опалубки, определяющие средства доставки опалубочного комплекта (транспортная технологичность). Представлены количественные показатели технологичности, характеризующие основные особенности применения типов несъемной опалубки.

ВВЕДЕНИЕ

В современном монолитном домостроении наряду с обычной опалубкой для перекрытий активно применяют различные системы несъемной опалубки. Основной функцией всех существующих типов опалубок является создание формы для производства железобетонного монолитного перекрытия надлежащего качества, расположенного непосредственно в проектом положении [1]. В соответствии с принятой отраслевой терминологией [2] несъемная опалубка перекрытий представляет собой конструкцию из щитов, не требующих демонтажа после набора прочности бетоном. Развитие монолитного домостроения в реалиях современной строительной отрасли с постоянно изменяющимися условиями строительных площадок, разными средствами производства материалов и оборудования при постоянной потребности в снижении издержек требует точного определения эффективности использования и оценки технологичности существующих решений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка эффективности существующих решений несъемной опалубки перекрытий производилась на основе показателей технологичности. Оценивались:

- производственная – материалоемкость и потребность в специализированном оборудовании
- транспортная технологичность включает в себя требования к массе и габаритам конструкций,
- монтажная – затраты труда на подготовительные работы и устройство плиты перекрытия.

Для проведения оценки были отобраны основные факторы, влияющие на показатели технологичности. Для производственной технологичности такими факторами являются: материалоемкость и потребность в специализированном оборудовании. Транспортная технологичность характеризуется габаритами и массой элементов несъемной опалубки, определяющими тип средства доставки опалубочного комплекта.

Монтажная технологичность определяется затратами на производство работ.

Факторы, определяющие технологичность, сгруппированы и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Факторы технологичности

| № | Факторы технологичности | Возможность влияния | Значимость | Оценка |
|-----|-------------------------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1 | Производственная | | | |
| 1.1 | Материалоемкость | Управляемый | Главный | Количественная |
| 1.1 | Спец. оборудование для производства | Управляемый | Дополнительный | Количественная |
| 2 | Транспортная | | | |
| 2.1 | Размер элемента | Управляемый | Главный | Количественная |
| 2.2 | Масса элемента | Управляемый | Главный | Количественная |
| 3 | Монтажная | | | |
| 3.1 | Трудозатраты на производство работ | Управляемый | Главный | Количественная |

В качестве объектов для оценки уровня технологичности несъемной опалубки предлагается рассмотреть шесть вариантов. В выборку вошли две конструкции несъемной опалубки из профилированного настила, две конструкции несъемной опалубки из стали и легкого бетона для ребристых плит перекрытий, подвесная и блочная несъемная опалубка из газобетона и арматурных стержней. Изделия Гордилова О.Г. «Несъемная панельная опалубка монолитного перекрытия» (рис. 1, 1) представляет собой листы профилированного настила с измененным профилем, что обеспечивает лучшее сцепление с бетонной смесью [3]. Конструкция Шестопалова Е.Г. «Монолитное перекрытие» (рис. 1, 2) так же выполнена из профилированного настила и предполагает применение преднапряженной арматуры [4]. Несъемная опалубка ребристых перекрытий представлена конструкциями Анпилова С.М. [5] и «Марко» [6]. Опалубка Анпилова С.М. представляет собой стационарную балочную систему с жестким армированием (рис. 1, 1) [7]. Потолочные элементы в данной системе представляют собой трапециевидные формы из тонкого листового металла с полками на нижних гранях. Опалубка «Марко» имеет два основных элемента: стальную балку и блок заполнителя из газобетона (рис. 1, 4). Несъемная подвесная опалубка Павлова В.В. представляет собой щиты, вывешиваемые на пространственные арматурные фермы (рис. 1, 5) [8]. Опалубка Рахманова В.А. «Сборно-монолитное перекрытие» представляет собой блочную конструкцию (рис. 1, 6). Блоки выполнены из легкого бетона и имеют продольные полукруглые в сечении углубления и поперечные сквозные отверстия [9].

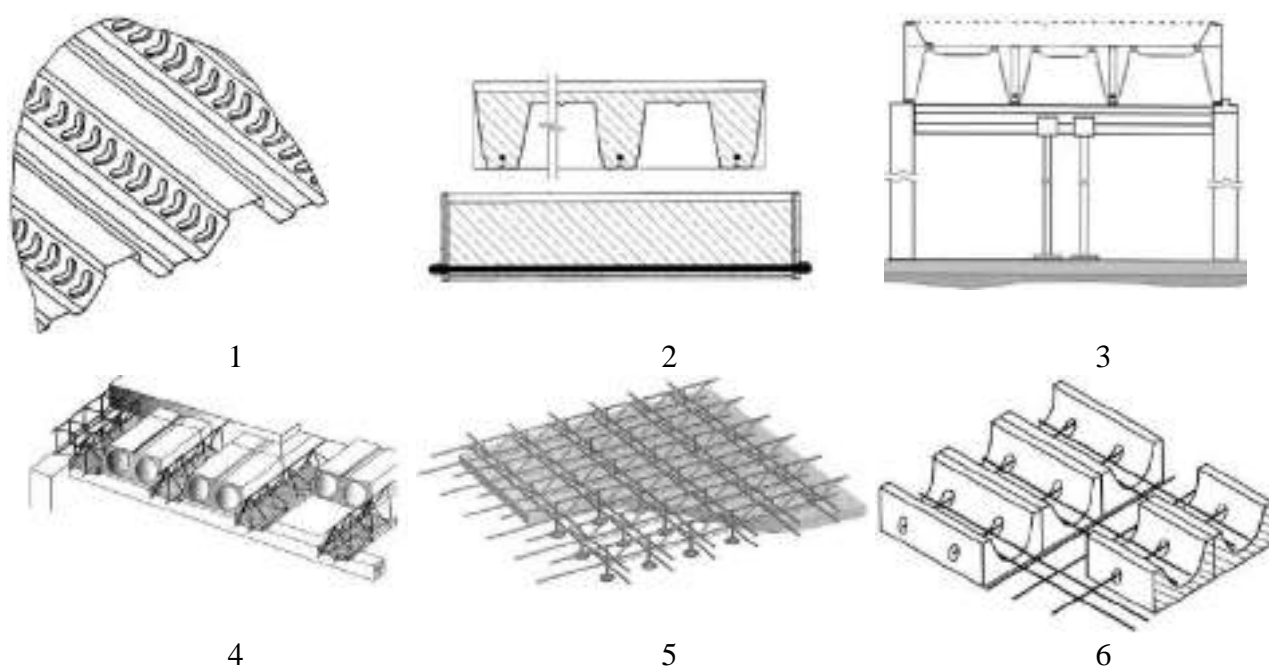


Рис. 1. Несъемная опалубка перекрытий: №1 Гордилов О.Г. «Несъемная панельная опалубка монолитного перекрытия», №2 Шестопалов Е.Г. «Монолитное перекрытие», №3 Анпилов С.М. Несъемная опалубка, №4 Опалубка «Марко», №5 Павлов В.В. Подвесная несъемная опалубка, №6 Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие.

Производственная технологичность

При проектировании несъемной опалубки необходимо стремиться к типизации элементов, исключая широкую номенклатуру изделий. Применение одних и тех же элементов опалубки для перекрытий помещений различных размеров и с различной несущей способностью позволяет избежать: перерасчета конструкции для каждого здания в отдельности, изготовления элементов опалубки под конкретный объект, замены производственной линии, необходимости подбора средств доставки и механизации.

Фактор материалоемкости объединяет в себе объем и тип используемых материалов, их стоимость и затраты на производство 1 элемента и 1м² готовой продукции - перекрытия. В таблице 2 представлен анализ стоимости материалов необходимых для возведения 1м² конструкции перекрытия для каждой из рассматриваемых несъемных опалубок.

Для оценки скорости развертывания производства и затрат на изготовление комплекта опалубки необходимо учитывать потребность в специализированном оборудовании. Возможность изготавливать несъемную опалубку из легкодоступных материалов без применения специальных станков позволяет в кратчайшие сроки развернуть производство в отдалении от промышленных центров или непосредственно на строительной площадке [10]. Для оценки данного фактора в таблице 2 рассмотрена стоимость специального производственного оборудования.

Таблица 2. Специальное оборудование для производства

| № | Наименование | Основной материал | Итого руб./м ² опалубки | Оборудование, стоимость | Итого, т. руб. |
|---|--------------|---|------------------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Опалубка №1 | Профилированный настил С0.45мм=356 р., арматура Ø12мм × бшт. – 330 р. | 686 | - | - |

| | | | | | |
|---|-------------|---|------|--|-----|
| 2 | Опалубка №2 | Профилированный настил С0.45мм=356 р., арматура Ø12мм × 6шт. – 330 р., стальная полоса 5×50мм - 2м - 338р | 1024 | Станок для нарезания резьбы на арматуре Ferrum JBG-40Ki (или аналог) – 270 тыс. руб., вертикально-сверлильный станок JET JDP-17FT-66 тыс. руб., Домкрат-натяжитель для натяжения арматурных стержней винтового профиля – 125 тыс. руб. | 461 |
| 3 | Опалубка №3 | Стальной прокат (квадрат труба 40×40мм) 6м – 267 р., форма из стали - 1,4м ² - 5458 р. | 5725 | Листогибочный станок – 370 тыс. руб. | 370 |
| 4 | Опалубка №4 | Газобетонный блок 3 шт. – 459 р.; балка – 661 р. | 1120 | Листогибочный станок – 370 тыс. руб. Станок для гибки арматуры г-40 (впк) – 135 тыс. руб. Станок для резки арматуры TeaM GQ-40 – 127 тыс. руб. | 632 |
| 5 | Опалубка №5 | Арматура Ø16 6м – 105 р., плиты пенополистирола h100мм – 425 р. | 530 | Станок для гибки арматуры г-40 (впк) – 135 тыс. руб., Станок для резки арматуры TeaM GQ-40 – 127 тыс. руб. | 262 |
| 6 | Опалубка №6 | Легкий бетон 0,06 – 168 р., арматура Ø16 - 6м – 630 р. | 798 | - | - |

Транспортная технологичность

Транспортная технологичность определяет средства погрузки и выгрузки материалов несъемной опалубки и способ ее транспортировки. Для выбора типа транспортного средства и определения комплекта грузоподъемных механизмов необходимо знать следующие основные показатели перемещаемого груза: вес комплекта опалубки для возведения объекта, габариты и массу самого тяжелого элемента из комплекта опалубки (табл. 3). Так как все рассматриваемые типы опалубки нуждаются в устройстве арматурного каркаса, то при подборе средств доставки исключаются механизированные способы подачи арматуры, кроме той несъемной опалубки, где арматурные стержни входят в конструкцию ее отдельных элементов [11].

Согласно таблице 3 для погрузки и выгрузки элементов опалубки №1 и 2 ввиду их габаритов требуется применение грузоподъемных механизмов. Остальные типы опалубки могут быть выгружены ручным способом.

Средства перевозки могут быть комбинированы со средствами для погрузки и разгрузки [12]. В силу габаритов несъемной опалубки №1, 2, 4, 5 для их перевозки требуется бортовой автомобиль. Так как для выгрузки опалубки №1, 2 требуются также подъемные устройства, то оптимально рассмотреть в качестве средства перевозки бортовой автомобиль с кран-манипуляторной установкой (бортовой с КМУ).

Таблица 3. Средства доставки

| № | Наименование | Масса на объект (48м ²), т | Габарит, мм | Средства доставки | |
|---|--------------|--|---------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Опалубка №1 | 0,52 | 1046×8000×120 | Бортовой с КМУ | |
| 2 | Опалубка №2 | 0,71 | 1046×8000×120 | Бортовой с КМУ | |
| 3 | Опалубка №3 | 1,34 | 1000×600×300 | Бортовой с КМУ | |
| 4 | Опалубка №4 | Балка | 0,37 | 8000×120×150 | Бортовой |
| | | Заполнитель | 8,22 | 625×0,25×0,15 | Европоддон автомобиль 3.5т |
| 5 | Опалубка №5 | 0,36 | 8000 | Бортовой | |
| 6 | Опалубка №6 | 4,76 | 300×250×300 | Европоддон автомобиль 3.5т | |

Монтажная технологичность

Оценку монтажной технологичности необходимо начинать с подготовительных работ, предшествующих сборке несъемной опалубки [13]. В качестве примера рассмотрена модель объекта реконструкции существующей плиты перекрытия с размерами 6 × 8 м в здании без стесненных условий. Основными видами подготовительных работ при устройстве перекрытий в несъемной опалубке являются: перевязка арматуры и подготовка опорных поверхностей контура перекрытия [14]. При рассмотрении данного фактора технологичности выполнено сравнение затрат труда на проведение комплекса подготовительных работ для каждого типа рассматриваемой опалубки [15]. (табл. 4).

Таблица 4. Подготовительные работы

| № | Наименование | Вид подготовительных работ | Ед. изм. | Объем работ | Н _{вр.} , чел.-ч. | Затраты труда, чел.-ч. |
|---|--------------|---|----------------|-------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | Опалубка №1 | Анкеровка арматуры | 100шт. | 0,7 | 7,54 | 9,62 |
| | | Устройство опорного пояса и распределяющих стальных балок | т | 0,238 | 18,25 | |
| 2 | Опалубка №2 | Анкеровка арматуры | 100шт. | 0,7 | 7,54 | 9,62 |
| | | Устройство опорного пояса и распределяющих стальных балок | т | 0,238 | 18,25 | |
| 3 | Опалубка №3 | Устройство штрабы | м ³ | 1,2 | 8,24 | 14,25 |
| | | Устройство арматурного каркаса | т | 0,198 | 22,03 | |
| 4 | Опалубка №4 | Устройство анкеров | 100шт. | 0,7 | 7,54 | 5,28 |
| 5 | Опалубка №5 | Устройство штрабы | м ³ | 1,2 | 8,24 | 15,17 |
| | | Устройство анкеров | 100шт. | 0,7 | 7,54 | |
| 6 | Опалубка №6 | Устройство штрабы | м ³ | 1,2 | 8,24 | 15,70 |
| | | Устройство анкеров | 100шт. | 0,7 | 7,54 | |

Трудоемкость выполнения процессов по устройству перекрытия представлена в таблице 5.

Таблица 5. Затраты труда на устройство перекрытия

| Наименование работ | Опалубка №1 | | Опалубка №2 | | Опалубка №3 | | Опалубка №4 | | Опалубка №5 | | Опалубка №6 | |
|---|------------------|-------------|------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|-------------|
| | Объем работ | ч.-час | Объем работ | ч.-час | Объем работ | ч.-час | Объем работ | ч.-час | Объем работ | ч.-час | Объем работ | ч.-час |
| Разгрузка материалов манипулятором | 0,49 т | 0,08 | 1,44 т | 0,23 | 0,45 т | 0,07 | 0,45 т | 0,07 | 54 т | 8,64 | 4,22 т | 0,68 |
| Монтаж поддерживающих стоек | 4 м | 0,24 | 4 м | 0,24 | 4 м | 0,24 | 4 м | 0,24 | - | - | - | - |
| Устройство анкерного крепления | 0 шт. | 0,28 | 0 шт. | 0,28 | 0 шт. | 0,28 | 0 шт. | 0,28 | 0 шт. | 0,28 | 0 шт. | 0,28 |
| Устройство поддерживающего контура из швеллера 16 | 0,24 т | 0,65 | 0,24 т | 0,65 | 0,24 т | 0,65 | - | - | - | - | - | - |
| Монтаж профнастила | 8 м ² | 7,04 | 8 м ² | 7,04 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Монтаж арматуры | 0,24 т | 0,95 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,24 т | 0,95 |
| Приварка стальных пластин | - | - | 2 м | 0,84 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Преднапряжение арматуры | - | - | 0,28 т | 9,07 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Устройство штрабы | - | - | - | - | 0,12 м ³ | 0,23 | 0,12 м ³ | 0,23 | - | - | 0,12 м ³ | 0,23 |
| Монтаж несъемной опалубки | - | - | - | - | 0,76 м ³ | 6,16 | 0,76 м ³ | 6,16 | 0,76 м ³ | 6,16 | 4 м ² | 3,48 |
| Подрезка арматуры | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 т | 0,24 | - | - |
| Монтаж стальных конструкций | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,08 т | 0,40 | - | - |
| Монтаж блоков | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,28 м ³ | 2,67 |
| Суммарные затраты труда | | 6,16 | | 3,12 | | 8,63 | | 3,98 | | 5,72 | | 1,33 |

Показатели технологичности представлены в таблице 6. Цветом выделены оптимальные значения.

Таблица 6. Значения показателей технологичности несъемной опалубки

| № | Показатели технологичности | Опалубка №1 | Опалубка №2 | Опалубка №3 | Опалубка №4 | Опалубка №5 | Опалубка №6 |
|-----|--|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 1 | Производственная | | | | | | |
| 1.1 | Материалоемкость, руб. | 686 | 1024 | 5725 | 1120 | 530 | 798 |
| 1.2 | Спец. оборудование для производства, т. руб. | 0 | 461 | 370 | 632 | 262 | 0 |
| 2 | Транспортная | | | | | | |
| 2.1 | Размер элемента, мм | 1046×8000×120 | 1046×8000×120 | 1000×600×300 | 8000×120×150 | 8000 | 300×250×300 |
| 2.2 | Масса элемента, кг | 44,8 | 44,8 | 7,84 | 37,6 | 10 | 36 |
| 3 | Монтажная | | | | | | |
| 3.1 | Подготовительные работы, ч.-час | 9,62 | 9,62 | 14,25 | 5,28 | 9,44 | 15,7 |
| 3.2 | Трудозатраты на производство работ, ч.-час | 36,16 | 53,12 | 58,63 | 53,98 | 55,72 | 61,33 |

Основываясь на анализе показателей технологичности (табл. 6), можно утверждать, что опалубки из профилированного настила требуют меньше затрат на производство работ и не нуждаются в специальном оборудовании для изготовления, что предполагает быстрое развертывание производственной линии. Однако потребность в применении кранового оборудования для выгрузки и монтажа требуют применения грузоподъемных механизмов. Несъемные опалубки ребристых перекрытий, а также блочная опалубка позволяют осуществлять ручной монтаж, что определяет широкие возможности применения для реконструкции. Подвесная опалубка является самым доступным вариантом, однако в монтаже она более трудоемка.

ВЫВОДЫ

Результаты сравнительного анализа показывают, что ни одна из рассмотренных систем несъемной опалубки перекрытий не может оптимизировать издержки по всем представленным показателям. Однако приведенные значения могут указать направление использования опалубки, повысить эффективность ее применения. Для более точного определения качеств и их влияния необходимо провести оценку качественных показателей факторов технологичности опалубки. Что обеспечит возможность управлять ими и разработать новые более рациональные для конкретных условий решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монолитные перекрытия зданий и сооружений / И.В. Санников, В.А. Величко, С.В. Соломонов, Г.Е. Бимбад, М.Г. Томильцев. - К. Будівельник, 1991 - 152с ISBN 5-7705-0351-3
2. Гайдуков П.В. Перспективы применения несъемной опалубки для устройства перекрытий малоэтажных зданий в стесненных условиях / П. В. Гайдуков, Е. М. Пугач // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 1. – С. 5.
3. Гордилов О.Г. Несъемная панельная опалубка монолитного перекрытия / Свидетельство о государственной регистрации RU 47023 U1 от 27.12.2004
4. Шестопалов Е.Г. Монолитное перекрытие / Свидетельство о государственной регистрации RU 112919 U1 от 27.01.2012
5. Анпилов С.М. Несъемная опалубка монолитного перекрытия / Свидетельство о государственной регистрации RU 2561127 C1 от 26.03.2014.
6. “Марко” Ребристое монолитное перекрытие, Свидетельство о государственной регистрации RU 138832 U1
7. Колесников В.А. Часторебристые сборно-монолитные перекрытия системы Марко / В.А. Колесников // Международный студенческий строительный форум - 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова): Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 26 ноября 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 250-255.
8. Павлов В.В. Несъемная подвесная опалубка / свидетельство о государственной регистрации RU 66386 U1 от 10.09.2007г.
9. Рахманов В.А. Сборно-монолитное перекрытие / свидетельство о государственной регистрации RU 2097 C1 от 21.11.1997
10. Монолитные перекрытия зданий и сооружений. / И.В. Санников, В.А. Величко, С.В. Соломонов, Г.Е. Бимбад, М.Г. Томильцев. - К. Будівельник, 1991 - 152с ISBN 5-7705-0351-3
11. Селяев В.П. Комбинированные сборно-монолитные перекрытия на основе предварительно напряженных железобетонных балок безопалубочного формования / В.П. Селяев, В.В. Цыганов, И.Ю. Уткин // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 3. – С. 5-11.
12. Абакумов Р.Г. Виды сборно-монолитных перекрытий и возможности их использования при воспроизводстве зданий / Р.Г. Абакумов, М.Я. А. Аль Киари // Инновационная наука. – 2017. – № 2-1. – С. 25-27.
13. Лобода Д.В. Анализ эффективности несъемных опалубок для возведения ограждающих конструкций многоэтажных каркасных зданий с безбалочными перекрытиями / Д.В. Лобода // Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 543-549.
14. Reema Goyal, Abhijit Mukherjee, Shweta Goyal/ An investigation on bond between FRP stay-in-place formwork and concrete/ Construction and Building Materials 113:741-751/ DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.124
15. Kinga Brózda, Jacek Selejda, Peter Koteš / The GFRP profiles as stay-in-place formwork / E3S Web of Conferences 49(3)/ E3S Web of Conferences 49(3)

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ БЕТОНАХ

О. А. Ларсен¹, С. В. Самченко², Д. С. Бочкарёв³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*larsen.oksana@mail.ru*

²*samchenko@list.ru*

³*dim.boch57@gmail.com*

Аннотация

Современное гидротехническое строительство требует новых технологических решений, оптимизирующих процессы производства работ и повышающих физико-механические и эксплуатационные характеристики сооружений. Одним из таких решений является использование укатанных бетонов для устройства внутренней зоны плотин. Отличительной чертой, присущей данному материалу, является интенсивность укладки бетонной смеси в тело конструкции, за счет ее характеристик. Укатанный бетон обладает высокой жесткостью, которой достаточно для механизированной укладки и уплотнения специальными машинами. В процессе набора прочности, при строительстве гидротехнических сооружений, особое внимание уделяется тепловыделением бетона. За счет использования цементов с пониженным содержанием алюминатов и использования вулканического шлака в качестве активной минеральной добавки, можно повлиять на данный параметр в сторону его уменьшения. Была исследована пуццолановая активность вулканического шлака, пылевидной фракции отсевов дробления базальта, золы-уноса и вулканического туфа. Анализ результатов доказал пригодность использования данных материалов для использования в составе укатанных бетонов. Таким образом, уменьшая тепловыделения, заметно уменьшаются температурные деформации, которые напрямую связаны с образованием трещин в теле бетона.

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения обычно представляют собой огромные сооружения, для строительства которых требуется огромное количество бетона, что, конечно, приводит к высокой стоимости. По этой причине необходимо рассмотреть альтернативные экономически эффективные решения для минимизации затрат на строительство этих плотин. Одним из хорошо зарекомендовавших себя вариантов является использование укатанных или роликоуплотненных бетонов (далее – УБ).

Методы строительства из укатанных бетонов экономически конкурентоспособны обычным бетонам благодаря ряду факторов. Первый заключается в почти непрерывной укладке смеси, обеспечивающей очень высокие темпы производства, что может значительно сокращать сроки строительства плотин нескольких месяцев и, в некоторых случаях, даже лет. В зависимости от стоимости заполнителя и сопутствующих материалов, сложности укладки и общего объема, затраты на строительство из УБ могут сокращаться на 20-50%, за счет снижения затрат на формование, укладку и уплотнение смеси, а также из-за сокращения сроков строительства.

Использование УБ при строительстве гидротехнических сооружений позволяет обеспечить ряд преимуществ. На практике плотины из данного материала обладают высокой надежностью и безопасностью, возрастает интенсивность бетонных работ (сроки строительства сокращаются в 1,5-2 раза). Полная механизация технологических операций резко сокращает объемы жилых поселков и производственной базы, в связи с низкими трудозатратами.

Применение УБ открывает определенные особенности конструктивно-технологических решений:

- плотины разрезаются на секции-массивы, и укладка бетона ведется блоками очень большой площади слоями до 0,75 м;
- опалубочные и подготовительные работы сокращаются на 50-80%;
- возможность применения ступенчатых водосбросов, которые препятствуют возникновению кавитации при сбросе паводковых вод;
- простое и эффективное регулирование температурного режима бетонной кладки и напряженного состояния бетонных плотин [3].

Укатанный бетон отличается от традиционного некоторыми физико-механическими свойствами и технологиями укладки и уплотнения. Главным образом, отличительная черта заключается в его консистенции, она должна быть настолько жесткой, чтобы выдержать вес виброкатков, используемых при уплотнении, и в то же время иметь достаточное количество воды и вяжущего для равномерного распределения цементного раствора по объему бетонной смеси и протекания процесса гидратации цемента [2].

На рисунке 1 показан процесс строительства плотины с использованием укатанного бетона.



Рис. 1. Строительство плотины с использованием укатанного бетона

Физико-механические свойства УБ по сравнению с обычным бетоном аналогичных классов:

- уменьшенный на 30-80 кг/м³ расход вяжущего;
- высокая прочность сразу после укладки и уплотнения, подходящая для передвижения по нему машин и механизмов большой массы;
- малая усадка $(1-5) \times 10^{-4}$;
- низкое тепловыделение (адиабатический подъем температуры при содержании вяжущего 100-130 кг/м³ не более 12-14°C);
- плотность на 1-5% ниже;
- модуль деформации меньше на 10-20%.

Для массивного гидротехнического бетона при толщине конструкций более 2м необходимо тщательно подходить к выбору цемента, в отношении тепловыделения. Минералогический состав клинкера оказывает большое влияние на данный показатель, а именно на содержание трехкалиевого алюмината ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) и в меньшей степени трехкальцевого силиката ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) [4].

Одна из особенностей укатанных бетонов, связанная с низким содержанием воды, также влияет на тепловыделение в сторону его уменьшения. Экспериментальным путем доказано, что чем ниже водоцементное отношение, тем меньше выделений тепла происходит в бетоне. Связано это с тем, что при уменьшении В/Ц замедляется скорость

гидратации цемента, которая напрямую связана с тепловыделением. На рисунке 1 показана данная зависимость [12].

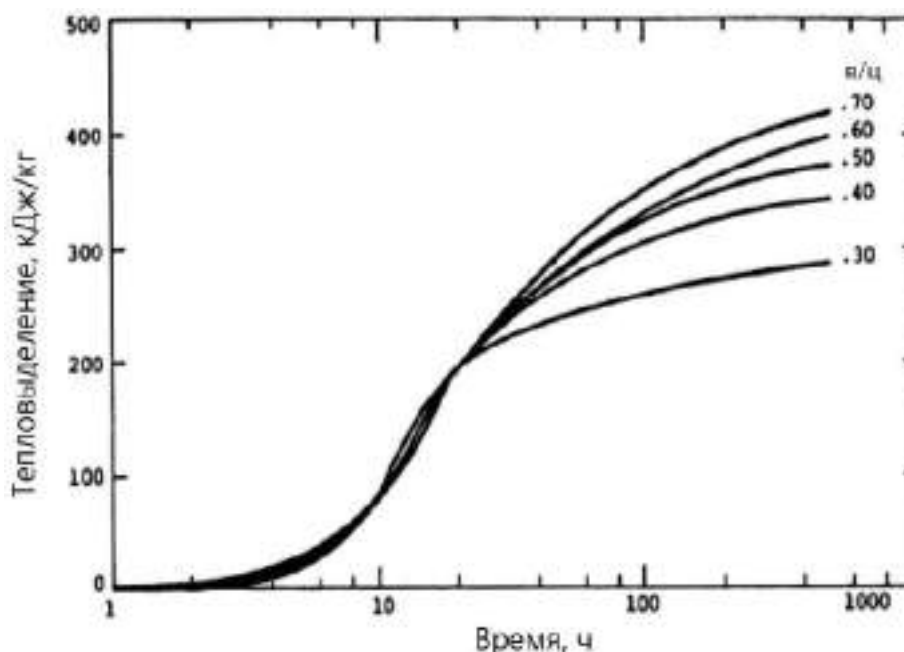


Рис. 1. Влияние соотношения В/Ц на тепловыделение

Работа гидротехнических сооружений в условиях воздействия воды обуславливает использование вяжущего с повышенной коррозионной стойкостью. Одним из методов повышения данной характеристики, а также для снижения тепловыделений и стоимости строительства и улучшения физико-механических и эксплуатационных характеристик, является применение активных минеральных добавок природного и искусственного происхождения обладающий пуццолановыми свойствами [15]. Их роль заключается в том, чтобы связать выделяющийся в процессе гидратации цемента легкорастворимый гидроксид. Добавка и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ растворяются в жидкой фазе, и в результате химической реакции в растворе выделяются труднорастворимые продукты [5].

В качестве альтернативы цемента, составы могут модифицироваться золой-уноса, которой можно заменять до 50% вяжущего, при стоимости вдвое дешевле. Такая добавка содержит в своем составе кальций (до 30% CaO) и обычно проявляет цементные и пуццолановые свойства [9].

Общая теплота гидратации золы-уноса в основном зависит от содержания извести (CaO). Ионы алюминия на поверхности золы-уноса снижают концентрацию ионов кальция Ca^{2+} в растворе, что замедляет образование C_3H и C_3SH геля, с которыми связаны процессы тепловыделения, таким образом уменьшают их [11]. На рисунке 2 показано влияние золы-уноса на скорость тепловыделений раствора. По мере увеличения концентрации добавки максимальная выработка тепла уменьшается, а пик гидратации задерживается. Прочность бетона при сжатии на 28 суток уменьшится, но в долгосрочной перспективе будет достаточной. Это показывает, что золу-уноса можно использовать для массивных конструкций, где не требуется высокая первоначальная прочность [10].

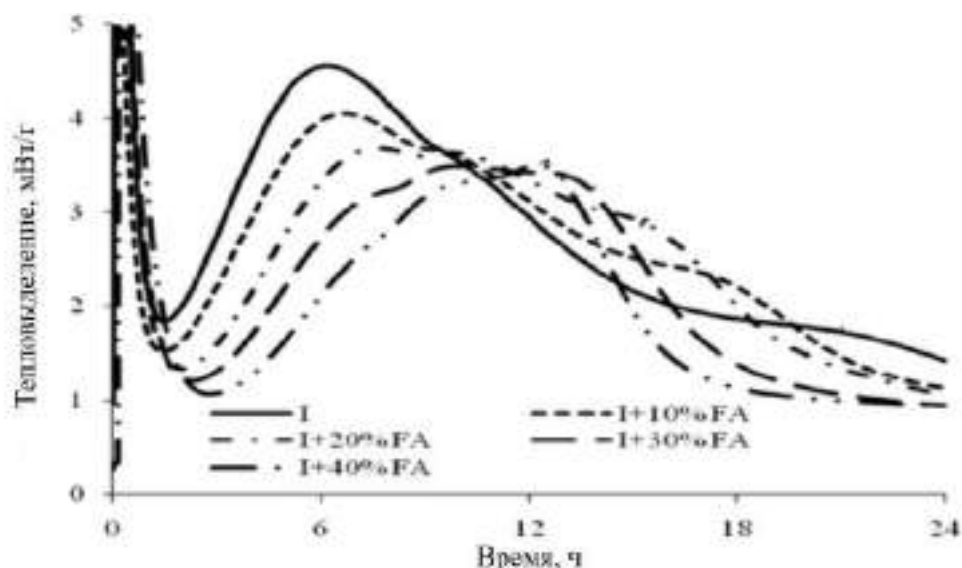


Рис. 2. Влияние концентрации золы-уноса на тепловыделение

Одними из представителей пуццолановых добавок являются вулканический шлак и вулканический туф, которые встречаются на территории нашей страны. Одни из самых огромных месторождений обнаружены на Камчатке, позволяющие обеспечить как этот район, так и другие регионы нашей страны высококачественным строительным материалом [6,13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе по исследованию свойств вулканического шлака использовались материалы:

1. Негашенная известь молотая 2 сорта производителя АО «Эльдако», с содержанием активных $\text{CaO} + \text{MgO} = 80,44\%$.
2. Вулканические породы: вулканический шлак (Камчатский край), Бдераканский вулканический туф и пылевидная фракция отсева дробления базальта.
3. Зола-унос Черепетской ГРЭС, с содержанием $\text{SiO}_2 = 61,59\%$, $\text{CaO} = 2,91\%$.

Пуццолановую активность определяли в соответствии с ГОСТ 6269-63, по поглощению извести из водного раствора. В качестве растворов использовались насыщенный раствор извести с концентрацией CaO 1,05-1,15 г/л (50 г негашеной извести и 20-25 мл дистиллированной воды) и 0,05н раствор соляной кислоты (4,0 – 4,5 мл HCl с истинной плотностью 1,19 г/см³ и 1 л воды) [14].

Раствор титровался кислотнo-щелочным индикатором метиловым оранжевым, по 2-3 капли на 50 мл раствора извести до изменения цвета на желтый. Затем оттитрованный раствор титруется с помощью раствора соляной кислоты до появления красного цвета, количество объема HCl регистрируется.

От исследуемых добавок, заранее измельченных до кусков величиной около 1 см, отбирается средняя проба массой 50-100 г и высушивается при температуре 105-110°C, затем измельчается в порошок. После этого в агатовой ступке истираются навески каждой добавки по 10 г до того, как порошок будет проходить через сито № 008. Проба высушивается до постоянной массы и хранится в герметичных сосудах. Далее бюреткой в цилиндр заливается 100 мл насыщенного известкового раствора и взбалтывается для предотвращения выпадения осадка. Операция с перемешивание повторяется один раз в сутки.

Спустя два дня измеряется объем осадков, затем 50 мл раствора из цилиндра заливается в колбу объемом 250 см³ и титруется раствором соляной кислоты с добавлением 2-3 капель метилоранжа. Затем цилиндры взбалтываются один раз в сутки, а объем осадка и титрование проводится раз в двое суток на протяжении месяца [8].

Превращение негашеной извести в гидроксид кальция проходит по следующему химическому уравнению:



Химическое уравнение в процессе титрования соответствует следующей реакции:



Концентрация (C_2) остаточного CaO в 50 мл раствора цилиндра рассчитывается по закону эквивалентности:

$$C_2 = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot a \cdot b}{c}, \quad (3)$$

где C_2 – концентрация остатка в 50 мл раствора [мг];

V_1 – потребляемый объем раствора HCl во время титрования [мл];

C_1 – концентрация раствора HCl ($C_1 = 0,05\text{н}$);

a – эквивалентная молярная масса Ca(OH)_2 ($a = \frac{72}{2} = \frac{37 \text{ г}}{\text{эquiv.моль}}$);

b – молярная масса CaO ($b = \frac{56 \text{ г}}{\text{моль}}$);

c – молярная масса Ca(OH)_2 ($c = \frac{74 \text{ г}}{\text{моль}}$);

Количество B , поглощенного CaO на 1 г добавки в течение двух дней, рассчитывается по следующему уравнению:

$$B = C_0 - C_2, \quad (4)$$

где C_0 – начальная концентрация извести в цилиндре после добавления 50 мл раствора извести:

$$C_0 = \frac{C_2 + A}{2}, \quad (5)$$

где A – концентрация CaO в 50 мл насыщенного раствора извести в начале эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При титровании насыщенного раствора извести в объеме 50 мл израсходовалось 63 мл раствора соляной кислоты. Соответственно, концентрация CaO в данном растворе в начале эксперимента равняется $A=88,2$ мг.

Определение показателя пуццолановой активности позволили сделать вывод о том, что все добавки проявляют пуццолановые свойства. Активность в начальном сроке и в возрасте 30 суток отличаются, вулканический шлак – 56,5 мг и 218,2 мг, зола-уноса 28,0 мг и 230,7 мг, отсев дробления базальта 30,8 мг и 212,1 мг, вулканический туф 33,6 мг и 217,6 мг, соответственно. Самый большой показатель активности в возрасте 30 суток у золы-уноса (230,7 мг). Так как все добавки показали результат поглощения извести более 200 мг за время эксперимента, то их можно отнести к высокоактивным.

На рисунке 4 представлены данные по объему образовавшегося осадка вулканического шлака, золы-уноса, пылевидной фракции отсева дробления базальта и вулканического туфа в течение 30 дней.

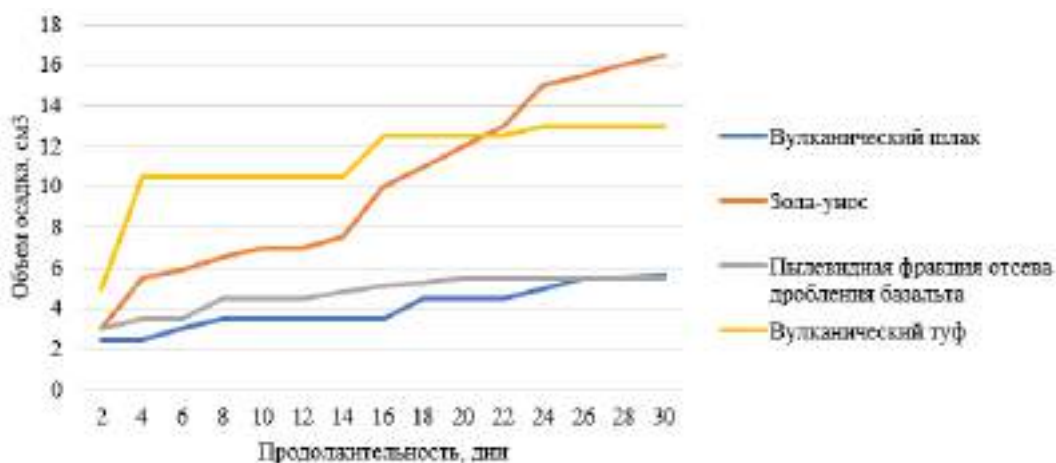


Рис. 3. Объемы образующихся осадков исследуемых добавок в течение 30 дней

Проанализировав график, можно сделать вывод о том, что вулканический шлак и отсева дробления базальта являются наиболее пригодными для использования в производстве укатанных бетонов, так как величина образуемого осадка в возрасте 30 суток для них $5,7 \text{ см}^3$ и $5,5 \text{ см}^3$, соответственно, что значительно меньше, чем у вулканического туфа (13 см^3) и золы-уноса ($16,5 \text{ см}^3$).

ВЫВОДЫ

Установлено, что вулканический шлак с месторождений Камчатки может быть пригоден при разработке состава укатанного бетона. Благодаря анализу пуццолановой активности и испытаниям добавки в известковом растворе получены результаты, свидетельствующие о снижении расхода вяжущего, уменьшению тепловыделений, повышению водостойкости, сульфатостойкости и водонепроницаемости УБ при использовании вулканического шлака в качестве активной минеральной добавки [7].

Планируется дальнейшее изучение влияния вулканического шлака на физико-механические и эксплуатационные свойства укатанных бетонов, с целью дальнейшего развития данной технологии при возведении гидротехнических сооружений, а также внедрения УБ в другие области строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров В. М. Применение укатанных бетонов в водохозяйственном строительстве // Научный журнал КубГАУ. 2011. №65.
2. Ляпичев Ю.П. Проектирование и строительство современных высоких плотин. М.: РУДН. 2009, 343 с.
3. Судаков В.Б. Строительство плотин из укатанного бетона. Обзорная информация. М., Информэнерго, 1988.
4. Булаевский В. Ф. Подбор состава гидротехнического бетона: Метод. Записка/ Сост. проф. В. Ф. Булаевский; М-во сельского хозяйства СССР. Ташк. ин-т инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. Кафедра организации и механизации гидромелиорат. работ. - Ташкент: [б. и.], 1957. - 65 с.
5. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат. 1984, 255 с.
6. Наседкин В.В., Соловьева Т.Н., Гараев А.М., Магер А.В. Вулканический шлак и пемза, их месторождения и генезис. М.: Наука. 1987, 126 с.
7. Ларсен О.А., Александрова О.В., Наруть В.В., Полозов А.А., Бахрах А.М. Исследование свойств активных минеральных добавок для применения в гидротехническом строительстве // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2020. №8.
8. Бутт Ю. М. Практикум по технологии вяжущих веществ и изделий из них. М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам. 1953, 470 с.
9. С. М. Ицкович, Л. Д. Чумаков, Ю. М. Баженов. Технология заполнителей бетона. Учебник для студентов вузов. М.: Высшая школа. 1991г, 272 с.
10. Урханова Л.А., Заяханов М.Е. Вяжущие и бетоны на основе вулканических шлаков // Строительные материалы. 2006. № 7. С. 22-24.

11. Velázquez S., Monzó J., Borrachero M. V., Soriano L., Payá J. Evaluation of the pozzolanic activity of spent FCC catalyst/fly ash mixtures in Portland cement pastes // *Thermochimica Acta*. 2016. № 632. Pp. 29-36.
12. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат. 1979, 476 с
13. Наседкин В. В., Соловьева Т. Н., Гараев А. М., Магер А. В. Вулканический шлак и пемза, их месторождения и генезис. М.: Наука. 1987, 126 с.
14. Потапова Е.Н., Манушина А.С., Зырянов М.С., Урбанов А. В. Методы определения пуццолановой активности минеральных добавок // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2017. № 7-8. С. 29-33.
15. Dobiszewska M., Schindler A. K., Pichor W. Mechanical properties and interfacial transition zone microstructure of concrete with waste basalt powder addition // *Construction and Building Materials*. 2018. № 177. Pp. 222-229.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БЕТОНОВ ДЛЯ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ TiO₂

О. А. Ларсен¹, В. В. Наруть², И. О. Наумчик³

^{1,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

² ООО «Строймонтаж»

¹ larsen.oksana@mail.ru

³ inaumchik@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования: загрязнение воздуха, вызванное дорожным движением и выбросами промышленных предприятий, является одной из основных проблем в современных мегаполисах и городах. В данной работе приведены исследования влияния добавки диоксида титана на основные свойства бетонной смеси и бетона, применяемого в качестве лицевого слоя трехслойной стеновой панели заводского изготовления.

Цели: разработка состава фотокаталитического тяжёлого бетона, подбор оптимального количества наночастиц TiO₂ и исследование влияния на характеристики бетонной смеси и бетона.

Материалы и методы: портландцемент, щебень из гравия, песок, суперпластификатор, вода водопроводная, диоксид титана. Испытания бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014 и бетона по ГОСТ 10180 2012 и ГОСТ 13015-2012.

Результаты: установлено, что повышенное количество добавки TiO₂ в составе бетона приводит к повышению подвижности, связности и плотности бетонной смеси, увеличению плотности бетона и одновременному снижению его прочности, приданию декоративных свойств бетона.

Выводы: разработанный состав с добавкой TiO₂ может явиться альтернативным решением для получения фотокаталитического тяжелого бетона, а также оказывать положительное влияние на экологическое состояние атмосферы и очистке воздуха от оксида азота. Целесообразно использовать в надземных железобетонных конструкциях с большой площадью поверхности для использования его фотокаталитических и декоративных свойств. Формование изделий следует осуществлять в заводских условиях с использованием необходимого оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение воздуха, вызванное дорожным движением и выбросами промышленных предприятий, является одной из основных проблем в современных мегаполисах и городах. Несмотря на ужесточение требований к контролю выбросов и увеличение объёмов установки систем сокращения выбросов, загрязнение воздуха и в особенности загрязнение оксидами азота (NO, NO₂) от дизельных двигателей автомобилей остаётся серьёзной проблемой в ближайшем будущем. Оксид азота подавляет рост некоторых растений, играет большую роль в образовании фотохимического смога в городах, способствует загрязнению фасадов зданий, а также негативно влияет на лёгкие человека, вызывая респираторные заболевания. Безусловно, самые большие выбросы генерируются местным транспортом и газами промышленных отходов [1]. За последние годы в таких крупных городах, как Лос-Анджелес, Токио, Сидней концентрация двуокиси азота превышала 1 мг/м³. В городах России также отмечено увеличение среднего уровня загрязнения атмосферы двуокисью азота на целых 60%.

Фотокатализ – изменение скорости или возбуждения химических реакций под действием света в присутствии веществ, называемых фотокатализаторами, которые поглощают кванты света и участвуют в химических превращениях реагентов, многократно вступая с ними в промежуточные взаимодействия и регенерируя свой

химический состав после каждого цикла [2]. Фотокатализ бывает гомогенным и гетерогенным. Гомогенный процесс широко используется для очистки промышленных и бытовых стоков от пестицидов, фенолов, эфиров, аминов и других токсичных и опасных веществ. Гетерогенный процесс происходит в присутствии света на поверхности оксидов титана, цинка.

Наличие фотокаталитических свойств материалов обусловлены особенностями их электронной структуры – существованием в них валентной зоны проводимости. Фотокатализаторами являются полупроводники и диэлектрики, ширина запрещенной зоны которых составляет 1-3,5 эВ, а также ряд композитных материалов. В настоящее время изучается большое количество полупроводниковых материалов, пригодных для использования в качестве фотокаталитических материалов. Фотокаталитические свойства полупроводников зависят от ширины запрещенной зоны и относительного положения краёв запрещенной зоны и зоны проводимости. Электрон в результате светового возбуждения переходит из заполненной электронной зоны в зону проводимости и может участвовать в протекании фотокаталитической реакции. А в электронной зоне вместо ушедшего электрона появляется пазон, пустое место. Пазоны в свою очередь участвуют в фотокаталитическом процессе, и возникает эстафетная передача электронов, какой-либо электрон занимает освободившееся место, его место занимает другой электрон и т.д. Ширина запрещенной зоны определяет минимальную энергию, необходимую для возбуждения электронов из валентной зоны в зону проводимости. Фотокаталитический процесс включает в себя как реакции окисления, так и реакции восстановления, которые идут параллельно. Чем выше располагается потенциал проводимости, тем более сильным восстановителем будет фотокатализатор [3].

Фотокаталитический бетон - бетон, в который, или на поверхность которого, внесен фотокатализатор путем перемешивания при приготовлении бетонной смеси, пропитки, нанесения покрытия и другим аналогичным образом [4]. На фасад здания из фотокаталитического бетона попадают органические загрязнители и частички грязи, которые из-за воздействия оксида титана подвергаются окислению, а остающиеся неорганические соединения легко смываются водой [5]. Данный эффект, помимо очевидной очистки атмосферы от загрязнения, имеет и другие плюсы: высокие эстетические качества поверхности, что позволяет фотокаталитическому бетону соревноваться в эффективности с декоративным; экономия на фасадной отделке; отсутствие необходимости постоянной очистки фасадов; замедленное «старение» фасадов [6].

Диоксид титана (TiO_2) в низкой концентрации применяется в качестве фотокатализатора в процессе фотокаталитического окисления. Этот фотокатализатор является наиболее подходящим полупроводниковым материалом и использует часть УФ-А солнечного света для химического преобразование NO_x . $A+K+h\nu\rightarrow B+K$, где А-исходные реагенты, К-катализатор, $h\nu$ -энергия фотона, падающего на поверхность, В-продукты реакции. В твердом состоянии, TiO_2 может существовать в трех различных кристаллических модификациях, а именно: рутил (тетрагональный), анатаз (тетрагональный) и реже брукит (орторомбический). Множество органических и неорганических молекул могут окисляться в присутствии TiO_2 и УФ-света. Это также относится к молекулам с низкой окисляемостью. Помимо высокой фотокаталитической эффективности, TiO_2 подходит для фотокаталитического разложения, потому что он химически стабилен, безвреден и, по сравнению с другими оксидами металлов полупроводников, относительно дешевый [7, 8].

Как фотокатализатор диоксид титана выделяется тем, что обладает высокой стойкостью к процессам фотокоррозии и не является токсичным, что обуславливает его широкое применение в качестве наполнителя, пигмента при производстве красок и пищевых продуктов, компонента самоочищающихся покрытий, а также при бытовой очистке воды и воздуха [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Так как проблема загрязнения атмосферы оксидами азота наиболее актуальна для городской среды, в качестве модельного изделия для расчёта состава тяжёлого фотокаталитического бетона была выбрана двухслойная наружная стеновая несущая панель 2НСН для сборного железобетонного строительства. Данное железобетонное изделие имеет большую площадь поверхности и является частью надземной конструкции жилого здания, что даёт ей доступ к молекулам воды и квантам солнечного света, - к тому, без чего невозможны эффективный процесс фотокатализа и смывание продуктов реакции с поверхности.

В работе применялись следующие виды материалов:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5Б (Ц), ООО «Холсим (Рус) СМ»;
- щебень из гравия фракции 5-20 (Щ), ЗАО «Мансуровское

карьероуправление»;

- песок 1-го класса с $M_k=2,55$ (П), ЗАО «Мансуровское карьероуправление»;
- суперпластификатор SikaPlastiment BV-3-M (СП), ООО «Зика»;
- диоксид титана марки R-996 с рутильным типом кристаллической решётки,

компании «LOMON»;

- вода водопроводная.

В работе производился расчёт четырех составов фотокаталитического тяжёлого бетона класса прочности на сжатие В15, марки по подвижности ПЗ по методике [10] с добавкой TiO_2 в количестве 0%, 1%, 2% и 4% от расчётной плотности бетонной смеси. В таблице 1 представлено количество компонентов в составах бетона.

Табл.1. Составы бетона

| № сост. | Компоненты бетонной смеси | | | | | |
|-------------|---------------------------|-----|-----|------|---------|------|
| | Ц | В | П | Щ | TiO_2 | СП |
| Контрольный | 240 | 190 | 930 | 1015 | 0 | 1,92 |
| 1 | 240 | 190 | 920 | 1000 | 24 | 1,92 |
| 2 | 240 | 190 | 910 | 995 | 48 | 1,92 |
| 3 | 240 | 190 | 890 | 985 | 96 | 1,92 |

Введение добавки TiO_2 в бетонную смесь предусматривало предварительное смешение с крупным и мелким заполнителями в смесителе, затем введение цементного вяжущего, и после повторного перемешивания – вода и пластифицирующая добавка. Далее определялась подвижность бетонной смеси всех трех составов по осадке конуса, после чего из них были изготовлены контрольные образцы по ГОСТ 10181-2014. Далее образцы были помещены в камеру нормального твердения, где происходило их дальнейшее твердение в возрасте 28 суток в соответствии с ГОСТ 10180-2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По истечению 7 и 28 суток нормального твердения образцы бетона были испытаны на сжатие на гидравлическом прессе по ГОСТ 10180-2012. Результаты этих испытаний и испытаний, произведённых с бетонной смесью из разработанных составов представлены в таблице 2.

Табл.2. Результаты испытаний бетонной смеси и бетона

| № сост. | Характеристики бетонной смеси и бетона | | | | |
|-------------|--|---|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| | ОК | Плотность бетонной смеси, кг/м ³ | Плотность бетона, кг/м ³ | Рсж ₇ , МПа | Рсж ₂₈ , МПа |
| Контрольный | 11 | 2333 | 2289 | 16,1 | 22,1 |
| 1 | 11 | 2340 | 2293 | 15,9 | 21,3 |
| 2 | 14 | 2362 | 2315 | 14,1 | 20,1 |
| 3 | 15 | 2390 | 2344 | 13,4 | 19,3 |

Также после распалубливания образцов была произведена оценка качества их поверхности согласно ГОСТ 13015-2012 Приложение В «Характеристика бетонных поверхностей и способы их получения». Поверхность образцов из состава №1 относятся к категории А4, а образцов составов №2 и №3 – к категории А3. Внешний вид образцов приведён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Контрольные образцы составов №1, №2, №3 (слева направо)

ВЫВОДЫ

На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

1. Добавка TiO_2 способствует повышению связности и подвижности бетонной смеси, что объясняется ее высокой удельной поверхностью и водоудерживающей способностью [11, 12];
2. Добавка TiO_2 повышает плотность бетонной смеси и бетона;
3. Введение добавки TiO_2 в больших количествах снижает прочность бетона пропорционально ее содержанию в составе бетона;
4. С увеличением количества добавки TiO_2 более 2% от плотности бетонной смеси качество поверхности не подвергается значительному улучшению. Вместе с тем повышение ее содержания способствует изменению цвета поверхности бетона;
5. Бетон, содержащий в своем составе добавку TiO_2 из-за ее высокой удельной поверхности требует применять более тщательное интенсивное перемешивание при приготовлении для получения однородной консистенции бетонной смеси и обеспечения распределения добавки по объёму бетонной смеси. Рекомендуется применять также

высокочастотное вибрирование формы для удаления вовлеченного воздуха и получения высокого качества поверхности изделия.

Производство изделий из таких бетонов в заводских условиях представляется возможным ввиду невысокой стоимости и требуемых эстетических свойств. Установлено, что для получения качественной поверхности изделия и достижения проектной прочности бетона оптимальное количество добавки TiO_2 составит 3% от плотности бетонной смеси. Помимо этого, для снижения прочности бетона при введении в состав добавки TiO_2 более 2% от плотности бетонной смеси, необходимо применять высокоэффективные разжижжители на основе эфиров поликарбоксилатов [13, 14, 15], позволяющих снизить водоцементное отношение до 40%. Также очевидна экономическая эффективность применения фотокаталитических бетонов, не требующих фасадной отделки, перед дорогостоящими декоративными бетонами, не имеющими свойств самоочистки и не несущими никакого положительного экологического эффекта для окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумчик И.О., Полозов А.А., Ларсен О.А. Разработка составов бетонов для городского строительства, содержащих наночастицы TiO_2 . В сборнике: Строительство - формирование среды жизнедеятельности. Сборник материалов семинара молодых учёных XXIV Международной научной конференции. Москва, 2021. С. 46-49.
2. Fujishima A. Nanotechnology and Photo- catalysis: Important Science and Technology for Comfortable Atmosphere, Shanghai International Nanotechnology Cooperation Symposium (SINCS 2002), Shanghai, China, July 30–Aug 1, 2002.
3. Murata Y, Obata H, Tawara H, Murata K. NO_x -cleaning Paving block. US Patent Office. Patent No.5861205, 1999.
4. Hüsken G, Hunger M, Brouwers HJH. Experimental study of photocatalytic concrete products for air purification // Building Environment. 2009. Vol. 44. Pp. 2463-2474.
5. Савинов Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 11. С. 52-56.
6. Oliveria Bica B., Staub de Melo J. V. Concrete blocks nano-modified with zinc oxide for photocatalytic paving: Performance comparison with titanium dioxide // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 252. P. 119120.
7. Dell'Edera M., Lo Porto Ch., De Pasquale I., Petronella F., M. Lucia Curria, Agostiano A., Comparelli R. Photocatalytic TiO_2 -based coatings for environmental applications // Catalysis Today. 2021. Vol. 380, Pp. 62-83.
8. Yang L., Hakki A. L. Zheng, Roderick Jones M., Wang F., Macphee D. E. Photocatalytic concrete for NO_x abatement: Supported TiO_2 efficiencies and impacts // Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 116. Pp. 57-64.
9. Боргарелло Э., Капоне К., Гверрини Д.Л. Разработка фотокаталитических материалов на основе цемента: ситуация и перспективы // Цемент и его применение. 2017. № 6. С. 74-77.
10. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов Федеральное автономное учреждение НИИЖБ им. Гвоздева. 2016. Москва.
11. Козлова И.В., Земскова О.В., Дударева М.О. Перовскитоподобные оксиды как структурирующие нанодобавки к цементным системам // Перспективы науки. 2020. № 12 (135). С. 121-123.
12. Дударева М.О., Полянский В.А. Получение перовскитоподобной добавки для цементных систем. В сборнике: Химия и химическая технология в XXI веке. Материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. В 2-х томах. Томск, 2021. С. 52-53.
13. Антоненко М.В., Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., Губарева Е.Н. Фотокаталитически активные самоочищающиеся материалы на основе цемента. Составы, свойства, применение.
14. Samchenko S., Kozlova I., Zemskova O., Potaev D., Tsakhilova D. Efficiency of stabilization of slag suspensions by polycarboxylate В сборнике: E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. 2019. С. 02039.
15. Samchenko S., Kozlova I., Zemskova O. Model and mechanism of carbon nanotube stabilization with plasticizer. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 03050.

Секция 3. Градостроительство. Архитектура

КРИТЕРИИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОБЪЕКТАМИ СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОГО, ТОРГОВОГО И КУЛЬТУРНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Е. В. Щербина¹, А. А. Кормина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*ev.scherbina@yandex.ru*

²*a_kormina92@mail.ru*

Аннотация

Рассматривается вопрос о необходимости развития методологических подходов в области оценки состояния жилой среды и оценки соответствия планировочных и проектных решений жилых территориальных образований нормативам градостроительного проектирования. Методология оценки основывается на современной модели развития человека в городской среде и функционально-планировочной организации территорий городов, построенной на принципах нового подхода – биосферосовместимого города, дополняющего положения действующих нормативных документов, не нарушая их требования. Применение предлагаемого подхода даст проектировщику алгоритм и критерии оценки социальной, экономической и другой эффективности планировочных и проектных решений, сравнения их вариантов при проектировании, а также позволит повысить качество и эффективность выполняемых проектно-планировочных работ за счёт использования научно обоснованных оценочных характеристик жилой среды, в частности, обеспеченности жилых территорий функциями города. Такой подход направлен на принятие квалифицированных управленческих решений в области существующего и проектного использования территории жилых образований.

ВВЕДЕНИЕ

Жилые территории являются элементами планировочной структуры городов и поселений, в которых протекает практически 65% жизни населения и реализуются основные процессы жизнедеятельности [1]. Жилая среда города – это искусственно созданная градостроительными средствами среда, образованная архитектурно-планировочной структурой города, системой объектов жизнеобеспечения и социально-бытового назначения, а также культурными и социальными связями общества [2]. Изменения в градостроительной деятельности последних десятилетий, произошедшие в Российской Федерации, требуют пересмотра концепции формирования жилой среды города. В современных условиях основной функцией жилой среды города является возможность удовлетворения функционально-утилитарных потребностей населения, живущего в нем [3].

Экспоненциальный характер развития технологий в XX веке изменил не только понимание роли человека в окружающей его среде и сформировал новую модель взаимодействия человека и Природы, но и определил новую структуру социально-бытовых, образовательных и культурных потребностей [4]. Для постиндустриального общества вопросы понимания всех аспектов человеческой деятельности, взаимодействия и обмена со средовым окружением – коэволюции природы и человека выходят на первый план [5]. Актуальным становится применение концепции, когда среда приобретает свойства в зависимости от человека [6]. Особенностью современного этапа является потребность в развитии человека, а благоприятные условия для развития человека в

жилых районах создаются соблюдением ряда нормативных требований градостроительного проектирования, которые должны соответствовать современным требованиям [7].

Согласно нормативам градостроительного проектирования федерального, регионального и местного значения проектирование жилых районов (кварталов/микрорайонов) осуществляется путем соблюдения минимально допустимого уровня обеспеченности объектами социально-бытового, торгового и культурного обслуживания и реализуемости максимального уровня доступности таких объектов для населения. Под *обеспеченностью* здесь понимаем насколько предоставленный ресурс достаточен для потребителя – населения жилых районов. Жилые территории предназначены для размещения жилых домов, общественных учреждений повседневного пользования, объектов образования, медицинских учреждений, спортивных площадок и других объектов социальной инфраструктуры. Обязательными в плане жизнедеятельности частями жилых районов являются также все виды благоустройства и озелененные территории. Согласно нормативам градостроительного проектирования жилого застройки должна быть защищена от неблагоприятного воздействия массового городского транспортного движения, и в ней создаются условия защиты от неблагоприятных факторов среды: загрязнения атмосферного воздуха, шума, электромагнитного излучения и др.

Однако как показывает современная практика проектирования жилых районов, не всегда жилую среду в них можно считать благоприятной, даже при строгом соблюдении нормативов проектирования. Такое утверждение базируется на анализе возникающих факторов, прежде всего, факторов социальной напряженности и девиантного поведения жителей современных жилых кварталов [8]. Там, где застройка выполнена с нарушением норм градостроительного регулирования, т.е. переуплотнена и не обеспечена должной социальной инфраструктурой может возникнуть настоящее «гетто спальных районов» с присущей им социальной апатией и отчуждением. Жилые кварталы с деградирующим населением формируют жилую среду приводящую к маргинализации населения [9]. Эти проблемы могут приобрести угрожающий характер, перерастая не только в уличную преступность, но и в межэтнические конфликты, распространение экстремистских идей, терроризм, поскольку пространство социальных трущоб и мигрантских анклавов характеризуется повышенным уровнем агрессии к окружающей городской среде и горожанам. Эта агрессия замешана не только на культурных, но и на социальных факторах, таких как неустроенность и неудовлетворённость условиями жизни, бедность и нищета, безработица и т.п. Ситуация усугубляется неблагоприятной экологической обстановкой в жилых районах [10].

Одной из первых попыток количественной оценки планировочных решений жилых микрорайонов на основе функций города был расчетный алгоритм определения значения показателя их реализуемости при исследовании мест приложения труда и востребованности жителями социальных объектов (на примере г. Орла) [11].

На базе разработанного алгоритма в исследовании Н.В. Бакаевой и И.В. Черняевой [12] приводится методика оценки вклада составляющих транспортной инфраструктуры в реализацию функций биосферосовместимого города. Авторами расчетным путем получены коэффициенты реализации функций города исходя из анализа состояния производственной среды автотранспортной системы города.

В работе [13] показан расчет показателя реализации отдельно взятой функции «Знания», базирующегося на качественной и количественной оценке параметров, характеризующих степень безопасности и комфортабельности образовательной среды.

Развитие технологий обеспечения безопасной и доступной городской среды на основе создания системы количественных показателей оценки функций жизнеобеспечения города для маломобильной группы населения, как наименее социально

защищенной категории городского населения, явилось целью исследований Е.В. Брума [14].

Актуальность исследования связана с развитием методологии градостроительного проектирования среды жилых районов. Основная гипотеза исследования заключается в следующем: благоприятная жилая среда – среда, основанная на удовлетворении рациональных (ограниченных во времени и объеме) потребностей населения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ключевым фактором, определяющим развитие жилой среды, является человек. Возможность создания благоприятной для развития человека жилой среды, основанной на удовлетворении его рациональных потребностей, может быть рассмотрена в рамках концепции биосферосовместимого города. Удовлетворение потребностей человека в биосферосовместимом городе происходит через его функции согласно системе, предложенной академиком РААСН В.А. Ильичевым [15]: обеспечение первоочередных жизненных потребностей в жилье и в отдыхе, создание условий для работы власти, милосердие, наличие объектов для получения знаний, реализация творческих потребностей, укрепление связи с природой.

Реализация всех без исключения функций города на уровне планировочной структуры и функциональных связей создаст условия удовлетворения потребности человека и его развития в процессе проектирования жилой среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В развитие выполненных исследований рассмотрим теоретические предпосылки создания *благоприятной для развития человека среды жизнедеятельности*, используя следующую систему функций биосферосовместимого города [16]:

Φ_1 : «Жизнеобеспечение»;

Φ_2 : Развлечения и отдых;

Φ_3 : Власть;

Φ_4 : Милосердие;

Φ_5 : Знания;

Φ_6 : Творчество;

Φ_7 : Связь с природой.

На примере функции города «Жизнеобеспечение» выявим составляющие (подсистемы), необходимые для обслуживания населения жилого района. Исходя из требований градостроительного проектирования¹ функция города Φ_1 : «Жизнеобеспечение» будет включать восемь составляющих:

$$C_1^{\Phi_1}, C_2^{\Phi_1}, \dots, C_8^{\Phi_1}, \quad (1)$$

где $C_1^{\Phi_1}$ – Жилые здания;

$C_2^{\Phi_1}$ – Учреждения, организации и предприятия обслуживания;

$C_3^{\Phi_1}$ – Инженерная подготовка и защита территории;

$C_4^{\Phi_1}$ – Транспорт и улично-дорожная сеть. Сооружения и устройства для хранения и обслуживания транспортных средств;

$C_5^{\Phi_1}$ – Инженерное оборудование;

$C_6^{\Phi_1}$ – Благоустройство;

$C_7^{\Phi_1}$ – Охрана окружающей среды. Обращение с отходами;

$C_8^{\Phi_1}$ – Минипроизводства.

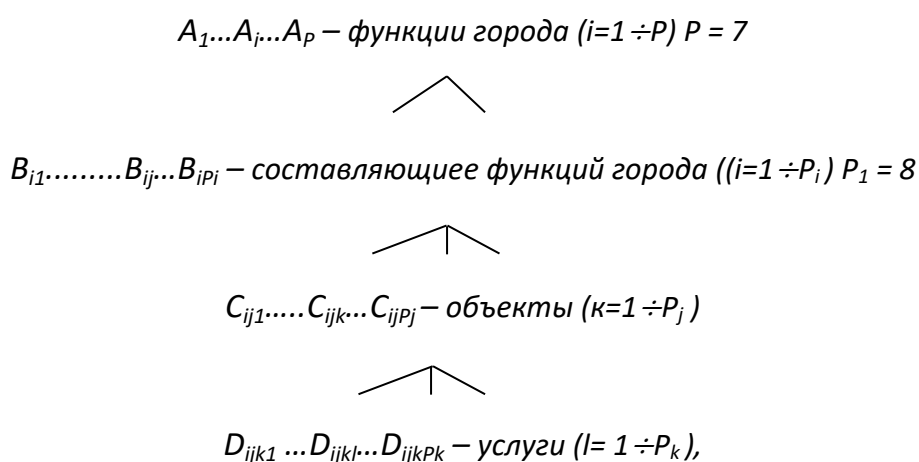
¹ СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализированная редакция [СНиП 2.07.01-89*](#)

Таким образом, рассматриваемая подсистема состоит из восьми групп однородных элементов, $i = 1, \dots, 8$.

Критерием оценки соответствия нормативным требованиям градостроительного проектирования планировочных и проектных решений современных жилых районов (микрорайонов/кварталов) может служить коэффициент обеспеченности объектами социально-бытового, торгового и культурного назначения повседневного, периодического или эпизодического спроса по факту их наличия.

Для количественной оценки степени удовлетворения потребностей населения жилого района (микрорайона/квартала) в услугах, предоставляемыми объектами при реализации функций города, вводится многоуровневая система комплексных показателей, характеризующих обеспеченность данной территории всей требуемой номенклатурой услуг и доступность их жителям.

Схематично представлена иерархия, поясняющая, каким образом набор необходимых услуг, предоставляемых соответствующими территориальными объектами, образуют функции города, обеспечивающие благоприятную для развития человека жилую среду.



где P – количество функций города;

P_i – количество составляющих функции города;

P_j – количество объектов, находящихся в составляющей функции города;

P_k – количество услуг, предоставляемых объектом, находящимся в составляющей функции города.

Алгоритм оценки обеспеченности населения жилого района (микрорайона/квартала) объектами социально-бытового, торгового и культурного обслуживания и предоставления ими услуг следующий.

1. Определяется вид услуги и ее объем.

D_{ijkl} – это услуга, которая будет предоставляться k -тым объектом, который входит в j -тую составляющую i -той функции города. Например, l -тая услуга – лечение поликлиническое – D_{ijkl} .

Рассчитывается потребная (нормативная) мощность объектов, оказывающих эту услугу: $^H D_{ijkl}$.

Мощность объекта – количество единиц услуг, приходящихся на единицу населения в единицу времени.

Возможны два подхода оценки обеспеченности:

1) при проектировании жилого района рассчитывается количество объектов k -того типа (например, поликлиник), которые могут реализовать потребную мощность, и их расположение на территории;

2) при мониторинге эксплуатируемых объектов сравнивается их суммарная фактическая мощность с потребной (нормативной). В этом случае, располагая

нормативными требованиями оказания l -услуги ${}^H D_{ijkl}$ и фактической, полученной в ходе мониторинга, мощностью ${}^{\varphi} D_{ijkl}$ можно с помощью показателя

$$\lambda_{ijkl} = \frac{{}^{\varphi} D_{ijkl}}{{}^H D_{ijkl}} \quad (2)$$

оценивать обеспеченность территории микрорайона объектами k -того типа, предоставляющих l -услугу.

Так, в случае $\lambda_{ijkl} = 0$, l -услуга в жилом районе (микрорайоне/квартале) не предоставляется.

При $0 < \lambda_{ijkl} < 1$, l -услуга предоставляется, но не в полной мере, требуются дополнительные k -объекты.

При $\lambda_{ijkl} = 1$, l -услуга оказывается полностью, и количество k -объектов достаточно и оптимально;

При $\lambda_{ijkl} > 1$, l -услуга оказывается полностью, но часть объектов недогружена;

При $\lambda_{ijkl} \gg 1$, l -услуга оказывается полностью, но часть объектов, возможно, требуется перепрофилировать (при этом под понятием k -тый объект понимается либо единственный объект, предоставляющий l -услугу, либо совокупность объектов, в сумме предоставляющих ту же услугу).

2. Полагая, что все услуги, предоставляемые k -тым объектом равнозначимы, показатель:

$$\lambda_{ijk} = \frac{\sum_{l=1}^{P_k} \lambda_{ijkl}}{P_k} \quad (3)$$

характеризует уровень оказания k -тым объектом всего перечня P_k услуг, «порученных» этому объекту. (Мы говорим k -тым объектом, при этом понимаем, что это действительно, один объект, либо понимаем, что l -услуга распределяется каким-то рациональным образом между несколькими объектами, способными оказать l -услугу).

Так, если $\lambda_{ijk} = 0$, то это означает, что k -тый объект не предоставляет никаких порученных ему l -услуг.

При $0 < \lambda_{ijk} < 1$ означает, что k -тый объект предоставляет l -услугу, но не в полной мере и не все услуги;

При $\lambda_{ijk} \geq 1$ означает, что k -тый объект предоставляет все услуги с избытком.

В этом случае возможно перераспределение нагрузки по оказанию l -услуги между объектами, входящими в понятие k -тый объект. Например, k_1 – объект оказывает l -услугу с избытком, k_5 – объект оказывает l -услугу с недостатком

$$\lambda_{ij1} + \lambda_{ij5} \text{ приведут к } \lambda_{ijk} = 1.$$

Если услуги, предоставляемые k -тым объектом неравнозначимы, то необходимо ввести векторное представление показателя λ_{ijk} с применением векторов весов и видов услуг и их скалярного произведения:

$$\lambda_{ijk} = a_1 \lambda_{ijk1} + a_2 \lambda_{ijk2} + \dots + a_{P_k} \lambda_{ijkP_k}.$$

3. Полагая далее, что все объекты, входящие в j -тую составляющую равнозначимы, вводим показатель

$$\lambda_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{P_j} \lambda_{ijk}}{P_j} \quad (4)$$

характеризующий уровень выполнения услуг, оказываемых P_j – объектами, входящими в j -тую составляющую i -той функции города.

При этом, $\lambda_{ij} = 0$ означает, что объектами, входящими в j -тую составляющие i -той функции никакие услуги не предоставляются;

Если $0 < \lambda_{ij} < 1$, то это означает, что услуги объектами, входящими в j -тую составляющую i -той функции, оказываются не полностью. Иерархическая схема

позволяет выявлять на каком уровне, вплоть до конкретного предприятия (учреждения) и конкретной услуги, имеется недоработка.

Если $\lambda_{ij} \geq 1$, то следует что услуги совокупностью объектов, входящих в j -тую составляющую i -той функции оказывается полностью ($\lambda_{ij}=1$) и при этом имеются определённые резервы ($\lambda > 1$).

4. Полагая, что все составляющие i -той функции города равнозначимы, показатель

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^{P_i} \lambda_{ij}}{P_i} \quad (5)$$

характеризует степень выполнения i -той функции.

При этом, если $\lambda_i=0$, то это означает, что i -той функцией население территории жилого района не обеспечено.

Если $0 < \lambda_i < 1$, то i -тая функция частично реализуется, при этом есть возможность выявить слабое звено - отсутствующие составляющие и объекты, предоставляемые услуг.

Если $\lambda_i \geq 1$, то i -тая функция в полной мере реализуется, т.е. на территории достаточно объектов, которые в полной мере исполняют порученные им услуги.

В качестве **примера** рассмотрим алгоритм расчета коэффициента обеспеченности населения города объектами здравоохранения – поликлиниками. Поликлиники относятся к составляющей функции города Φ_1 : «Жизнеобеспечение» $C_2^{\phi 1}$ – «Учреждения, организации и предприятия обслуживания» и характеризуют медицинское обслуживание населения.

Пусть средняя мощность поликлиник (с учетом всех кабинетов и помещений) на данной территории:

$$D_{ijkl} \frac{\text{посещений}}{\text{смена}}.$$

Количество рабочих смен в году рассчитывается как количество рабочих дней (за вычетом выходных, праздничных дней) с учетом того, что в рабочие дни поликлиника работает в две смены, т.е. рабочих смен в году получается 604.

Учитывая, что примерно четверть нагрузки врача приходится на вызовы на дом, количество рабочих смен уменьшается на величину $\frac{604}{4} = 151$.

Следовательно, фактическое число рабочих смен равно $604 - 151 \approx 450$. Таким образом, число посещений, которые за год могут осуществить поликлиники $450 D_{ijkl}$.

Среди городского населения следует отдельно выделить категорию маломобильной группы (МГН) ввиду более частой востребованности этой услуги и сложностями ее доступности. Если обозначить через x - количество посещений поликлиники средней мощности представителями МГН, численность которых на данной территории составляет - N_u , а через y - количество посещений поликлиники остальными жителями территории, численность которых - N_H , то очевидно

$$x + y = 450 D_{ijkl}. \quad (6)$$

Врачебная практика показывает, что длительность приема людей с ограниченными возможностями в два раза превышает длительность приема людей мобильной группы. Отсюда следует:

$$\frac{y}{N_H} = \frac{1}{2} \frac{x}{N_{МГН}}. \quad (7)$$

Решая систему уравнений (6) – (7) относительно неизвестных x и y , получим

$$x = \frac{450 D_{ijk1}}{1 + \frac{N_H}{N_{MГH}}}, \quad y = \frac{450 D_{ijk1}}{1 + \frac{2N_{MГH}}{N_H}}. \quad (8)$$

Например, если МГН и инвалиды составляют четверть населения территории, т.е. при $\frac{N_H}{N_{MГH}} = 3$, $x = 180 D_{ijk1}$, $y = 270 D_{ijk1}$.

Количество посещений в год на одного представителя МГН и одного прочего посетителя соответственно следующее:

$$\frac{x}{N_{MГH}} = \frac{180 D_{ijk1}}{N_{MГH}} \quad \text{и} \quad \frac{y}{N_{MГH}} = \frac{270 D_{ijk1}}{N_H}.$$

Исходя из требования, чтобы каждый житель региона мог посетить поликлинику минимум один раз в полгода (диспансеризация, профилактика, консультации, лечение и т.д.), можно получить требуемую среднюю мощность поликлиники из системы неравенств:

$$\begin{cases} \frac{180 D_{ijk1}}{N_{MГH}} \geq 2, \\ \frac{270 D_{ijk1}}{N_H} \geq 2. \end{cases} \quad (9)$$

Население г. Орла в 2020 г. составило 308 838 человек, из них 32 995 человек МГН и инвалиды, т.е. $N_{MГH} = 32995$, $N_H = 275843$. Из системы (9) следует:

$$\begin{cases} D_{ijk1} \geq \frac{N_{MГH} \cdot 2}{180} \geq 366, \\ D_{ijk1} \geq \frac{N_H \cdot 2}{270} \geq 2120. \end{cases}'$$

т.е. требуемая средняя мощность поликлиник региона должна соответствовать неравенству:

$${}^H D_{ijk1} \geq 2120.$$

Фактическая мощность восьми поликлиник г. Орла, среди которых приняты к расчету и детские, и стоматологические, и частные, составляет 1010.

Исходя из вышеизложенного, показатель обеспеченности населения поликлиниками (реализуемости поликлинического обслуживания) составляет:

$$\lambda_{ijkl} = \frac{{}^\Phi D_{ijk1}}{{}^H D_{ijk1}} = \frac{1010}{2120} = 0,47.$$

Таким образом, полученное значение коэффициента свидетельствует о неполной обеспеченности городского населения, включая такую наименее защищенную категорию населения - МГН, поликлиниками. В этом случае следует определить дополнительную потребность в объектах здравоохранения для полного удовлетворения потребностей всех категорий населения города.

ВЫВОДЫ.

Предложено развитие концептуального подхода к градостроительному проектированию жилой среды на основе иерархии функций биосферосовместимого города. Показана сложность реализации такого подхода, заключающаяся в том, что в настоящее время в действующих нормативных документах не все функции города и, тем более, составляющие этих функций присутствуют при принятии и оценке градостроительных решений. На примере объектов поликлинического обслуживания рассчитан коэффициент обеспеченности для жителей г. Орла, который показал дополнительную потребность в таких объектах для полного удовлетворения существующих потребностей в медицинском обслуживании.

Соответствие проектных решений жилых территорий нормативным требованиям в рамках иерархии функций города может устанавливаться с использованием критериев оценки обеспеченности населения объектами социально-бытового, торгового и культурного назначения, обеспечивающих формирование многофункциональной жилой среды биосферосовместимого города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин А.В., Юсин Г.С. Качество жизни и качество пространственной среды - социальные стандарты и нормативы в градостроительстве, архитектуре, строительстве // Градостроительство, 2011. №4(14). С. 16-20.
2. Крашениников А.В. Видимый спектр градостроительных проблем // Градостроительное искусство. Новые материалы исследований РААСН, НИИТАГ. Отв. ред. И.А. Бондаренко. КомКнига. Вып. 1. 2007. С. 461-463.
3. Митягин С. Д. Теоретико-методологические задачи совершенствования проектно-градостроительной деятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 43-47
4. Теличенко В.И., Щербина Е.В. Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5-12.
5. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. Современная урбанизация: перспективы развития // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 2(34). С. 3-14.
6. Прядко И.П., Иванова З.И. Биосферные и социальные процессы в аспекте формирования дизайна городской среды // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 10. С. 12-17.
7. Алексеев Ю.В. Совершенствование системы образовательной и научно-проектной деятельности на базе методологии пространственной организации поселений // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 4. С. 23-29.
8. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Скобелева Е.В. Исследование взаимосвязи показателей уровней реализации функций поселения «Жизнеобеспечение» и «Связь с природой» // Строительство и техногенная безопасность. 2013. Выпуск 48. С. 5-10.
9. Акимкин Е.М. Конфликтная социально-градостроительная ситуация // В книге: Социология управления: теоретико-прикладной толковый словарь. Институт социологии РАН, Центр социологии управления и социальных технологий, Российское общество социологов, Научно-исследовательский комитет "Социологи организации и управления", Научно-исследовательский комитет "Социология городского и регионального развития". Москва. 2015. С. 135-136.
10. Чистякова С.Б. Современные градозэкологические подходы к созданию благоприятных и безопасных условий жизнедеятельности и развития человека на территориях опережающего социально-экономического развития // Градостроительство. 2015. № 5 (39). С. 81-82.
11. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Берсенев А.В., Поздняков А.Л. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции концепции биосферной совместимости // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №1. С. 50-57.
12. Бакаева Н.В., Шишкина И.В. Критерий экологической безопасности автотранспортной инфраструктуры городского хозяйства на основе биосферосовместимых технологий // Строительство и реконструкция. 2013. № 1 (45). С. 37-46.
13. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Ключева Н.В. Методика расчета показателя уровня реализации функций биосферосовместимого поселения для удовлетворения рациональных потребностей человека // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. №2. С. 40-45.
14. Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Брума Е.В. Методика расчета показателя доступности общественных зданий и сооружений маломобильным группам населения // Строительство и реконструкция. 2013. №4 (48). С. 60-68.
15. Ильичев В.А., Каримов А.М., Колчунов В.И., Алексашина В.В., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. Предложения к проекту доктрины градоустройства и расселения (стратегического планирования городов – city-planning) // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 2-11.

16. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Птичникова Г.А., Кормина А.А. Проектирование городской среды: новые методологические подходы на основе парадигмы биосферной совместимости (часть 1) // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. № 2 (58). С. 121-134.

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ АРХИТЕКТУРЫ

В. Н. Ткачев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, valentintn@mail.ru

Аннотация

Гистология — аналитический инструмент изначально медико-биологических исследований, вычлняющий и формализующий данные отдельных органических структур в общей системе изучаемого организма [1]. Обычно гистологический материал представлен в виде абстрагированных схем в статическом или динамическом изображении, которые играют не только иллюстративную и когнитивную роль в профессиональной информации, но нередко и креативную, поясняющую метаморфозы объекта, определяющую и стимулирующую направления его морфогенеза.

Гистология удачно прижилась и в технической сфере, где есть необходимость представить формализованные признаки объекта в виде графиков с применением координатных схем, разделенных на сектора окружностей, рядов разновысоких и разноцветных столбцов, а также таблиц с цифровыми данными и вербальными оппозициями.

Плодотворным оказалось применение изобразительной аргументации гистологии в архитектурном анализе, причем не только в ортодоксальном смысле предметно-цифровых сопоставлений и конструктивных расшифровок, но и в трансцендентальных замыслах формирования эмоционально-психологического воздействия, приобретающих в последнее время актуальное значение в организации среды обитания [2].

Гистологические схемы эксплуатируются здесь в качестве ментальных карт, определяющих и ориентирующих стратегических документов в реализации ИСП (инвестиционно-строительного проекта) [3; 4].

Ключевые слова: гистология, квинтэссенция содержания, мем, «снятый» признак, информационная адекватность, наведенный аргумент, виртуальный мир.

ВВЕДЕНИЕ

В 19 веке французский астроном и физик П.С.Лаплас высказал мысль о мире, «выраженном одной математической формулой» [5]. Подсознательно идея всеобщей формообразующей закономерности выражалась в фанатичном поиске «философского камня» алхимиками средневековья.

Сегодня эти идеи уже в ортодоксальной редакции реализуются обобщением методологии исследований в дисциплинах, даже не смежных по научным направлениям.

Перенос и использование концепций, приемов и методов научных работ на «соседнюю» почву дает удивительно плодотворные результаты, освежает устоявшиеся представления и дает новый импульс экспериментам, уточняющим и углубляющим знания о предмете [6].

Теории фракталов, хаоса, системности значительно расширили диапазон и глубину выявленных новых свойств материального мира вычлнением сюжетного каркаса исследуемого объекта, дающего возможность временного отвлечения от его конкретности, получить «антракт» в исследовании, переосмыслить планы, обогатить инструментальные ресурсы, обновить терминологию [7].

В систему методологического обмена включилась и архитектура, предложившая коллегам идеологию системной целостности, тектонической логики, структурных взаимосвязей, динамики морфогенеза...

В свою очередь, архитектура заимствовала математический аппарат, опыт естественнонаучного, социального, психологического анализа, укрепивший ее профессиональный потенциал как сферы общественного труда, решающего наряду с тривиальными задачами физической организации среды специфические вопросы метафизики общественного мировоззрения и эстетики в быстро меняющемся мире цивилизации [8].

Одним из полезных методических приобретений архитектурной науки стала гистология, представляющая в снятом виде способ выведения за пределы конкретной специфики предмета исследования его наиболее общих признаков (паттернов), присущих и другим объектам окружающей среды.

В качестве моста переноса понятий и рабочей методологии от отправителя к адресату используются изобразительные символы, ассоциированные с реальными признаками исследуемых объектов.

В историческом ракурсе динамика уровней достоверности гистологического медиатора начинается с псевдонатуралистических изображений (в том числе пещерные рисунки и иероглифы) с переходом к абстрактно-вербальным, образно-символическим, ориентированным на общность делового ассоциативного мышления и, наконец, к возвращению если не реальных, ощущаемых признаков, то хотя бы имитирующих клонов, что сегодня легко достигается электронными системами визуализации еще и с достижением тактильных признаков.

И параллельно развивается система опознания, абсолютно отчужденная от контроля человеком, гистологический черный ящик.

Как рабочий инструмент гистологический медиатор может демонстрировать точную информацию о предмете изучения, иметь креативный характер, акцентирующий более яркие, заслуживающие внимания качества объекта, даже становиться плацдармом для подготовки конструктивных действий, а нередко и дезориентирующим (сознательно или без злого умысла: например, в средневековых китайских руководствах по построению метательных орудий в чертежи намеренно вводили ошибки, чтобы враги не смогли ими воспользоваться [9]).

Есть примеры выявления стадий постижения реальности от случайных сведений до конкретного «касания» природы, формализованные в единой вербальной гистологической последовательности. Это краткое эссе Б.Спинозы «Трактат об усовершенствовании разума» [10]. Подобным образом строятся ментальные карты, документирующие стратегию наступления, строительных работ, размещения капитала, поисков преступников.

Функции опосредования гистограммами исходных и результирующих сведений таят в себе опасность неадекватности их стыковки, формирования ложных сведений о достоверности представлений, отображенных в разработанных визуальных моделях, как бы закрепляющих доверие к предмету суждений. И только накопление сведений об истинном положении дел (на какой-то определенный период) в состоянии опровергнуть существование каналов на Марсе по картинкам Скиапарелли, снисходительно отнестись к изображенным Платоном небесным сферам [11]. В любом случае это были шаги познания, подтверждавшие подвиг их воображения и проницательности.

Визуальные отображения их идей, фактически концептуальные гистограммы (иконы, например) подвергались остракизму, если не укладывались в господствующую идеологию.

Церковь столетиями успешно вела смертельную борьбу против адептов гелиоцентризма, хотя ее собственные догматы строились на профессионально скроенных библейских мифах, истинность которых подтверждалась только талантом художников и скульпторов.

Пожалуй, это было первое проявление симулякров — псевдореальностей, не имевших прототипов в действительности, но обладавших не меньшим вотумом доверия [12].

Гистологические «вытяжки», квинтэссенции наиболее глубинных морфологических признаков позволили выявить причины разных траекторий формирования современной архитектуры Японии и Китая, несмотря на, казалось бы, позитивную суггестию (взаимоприемлемость) цивилизационного опыта обеих культур.

Безболезненный переход традиционных форм деревянного зодчества Японии «в бетон» современных сооружений обусловлен устойчивым мемом (или, если угодно, архетипом) лаконичности, простоты, ориентированности на сакральное почитание пустоты как естественного содержания организованного пространства, не оскверненного предметным наполнением. Тому есть основания в традиционных верованиях, близости к природе, обусловленных крайней ограниченностью территориальных ресурсов; это исторически отложилось в этике и эстетике японского этноса. И выражено в творчестве молодых японских архитекторов Т.Андо и И.Тойо, проектирующих свои сооружения в виде систем пересекающихся плоскостей, отделяющих внутреннее пространство от окружающего пейзажа [13].

Современная китайская архитектура не нашла промежуточных форм выхода из концепции предельной завершенности архитектурного пространства в конструктивной и декоративной детализировке системы доу-гунов и сразу перешла к европейской стилистике.

Такой ход событий был инициирован активным участием европейских архитекторов в становлении архитектуры оффшорных зон. Такие параллели неслучайны, архитектура Китая близка принципам европейского барокко. Не случайно и реверсивное воздействие японской архитектуры на лаконично-ортогональные проекты Райта, Макинтоша, Лооса, Ритвельда, Майяра, немецких конструктивистов школы «Миса».

Наши представления о Вселенной, яркости ее объектов, устрашающих вихрях галактик основаны исключительно на визуализации художниками гипотез о ее строении, придуманных астрофизиками. Что делать, ведь общественное мнение вряд ли удастся убедить невзрачными фото и эскизами о величии и беспредельном многообразии Универсума для оправдания немалых затрат на удовлетворение любопытства о тайнах дальнего космоса!

Даже для изображения гипотетически скомпонованного планетного семейства Солнца нужно свести все планеты в единый, визуально воспринимаемый ряд, хотя на самом деле расстояния между ними невообразимо огромны (рис.1.).



Рис.1.Солнечная система. «Парад планет». Учебный плакат.

Знак заинтересованности исследователя в позитивном результате исследования есть роковая особенность гистограмм, закрепляемая стабильными условиями лаборатории, втрадициях которой отметать любые противоречащие ожидаемым итоги; их полагают расходным материалом, игнорируемыми погрешностями. И только частая повторяемость «ошибок» заставила осмыслить случайные явления, построить на их анализе теорию хаоса, позволившую выйти из тупика беспомощности перед аperiodическими явлениями вроде аритмии сердца, неустойчивости в урожайности разных лет, спадов и подъемов в биржевой деятельности, ритмов в нашествиях саранчи и даже закономерностях выигрышей в казино...[14].

Мистическая вера в удачный расклад гистограммы («три карты, три карты...») исторически не постоянна. Традиционное доверие к социологическим опросам для корректировки, например, градостроительных мероприятий или других социальных действий сегодня подвергается сомнению, поскольку уже трудно поручиться за стабильность предпочтений населения (их изменить недорого стоит).

Тенденции современной жизни — извлечение из успехов технической цивилизации максимальной потребительской выгоды, в соматическом и психологическом аспектах.

Стремление к повышению комфорта, яркости, выразительности реального мира постепенно ведет к опережению желаемых достижений виртуальными манипуляциями, созданию искусственного, гиперреального мира, чему во многом способствует безответственная деятельность СМИ. Процесс погружения в эйфорию благ не был неожиданным, его предпосылки складывались давно, а ускорились благодаря прогрессу электронной цивилизации, деятельности daydreammaker'ов — делателей волшебства.

Усилилась «выпуклость» ирреального мира, декаданс стал заметен на фоне беспримерного потока нейропсихологических успехов шоу-бизнеса в сопровождении наркотиков и агрессивной рекламы. Сила гистологии — в ее желанной убедительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ортодоксально информативных гистологических схемах используются относительно постоянные символы и знаки; это своеобразная грамматика.

В архитектуре традиционны условные изображения элементов сооружения, а также материалов: металла, стекла, дерева, бетона.

Со ссылкой на ассоциативные параллели в схемы вводятся различные символы и знаки: кроме комбинаций столбцов различного цвета, разделенных на сектора кругов, координатных линий используют формализованные срезы органов, конструкций, эпюр напряжений и температурных спектров, таблицы, календарные графики, рентгеноснимки, МРТ, результаты лабораторных анализов (рис.2.).



Рис.2.Карта Сталинградской битвы.

Вообще говоря, материалы архитектурных проектов также вполне укладываются в гистологическую предметную сферу, представляя собой ментальные карты для рекогносцировки программных работ реализации.

Замечательный пример гистологических изображений представляют рисунки Леонардо да Винчи по анатомии и техническим изобретениям (рис. 3.).



Рис.3.Гистограмма технических разработок Леонардо да Винчи.
Из сохранившихся архивов Леонардо. Фото автора.

Кроме тривиальных функций медиатора в соединении трехчастных стадий деятельности: исток—осмысление и принятие решения — осуществление, — гистологическая фаза может стать узлом бифуркации двух направлений генезиса человечества — самозомбированного погружения в ирреальный мир грез и наслаждений и, с другой стороны, стабильного физического и духовного развития общества ортодоксального технического прогресса.

Вновь становится актуальным основной вопрос философии — отношение реальности и ее отражения в сознании, притом в весьма угрожающем самому существованию человечества ракурсе. Тем более, что ментальный ресурс человечества активно заполняется образами вымышленного мира, созданного фантазией талантливых сценаристов и режиссеров, осуществляемых (фильм «Аватар») художниками и операторами, владеющими технологией создания виртуальной реальности, значительно более яркой и впечатляющей, чем действительность. Этот мир легальный, в отличие от вызванного действием наркотиков, он санкционируется обществом и вкладывается в концепции изобразительного искусства и архитектуры, эстетически ущербные.

Гистограммы мемов нерукотворного искусства уже давно обосновались в творениях художников-«авангардистов» и, конечно, не могли не отразиться на творчестве архитекторов, не желающих оставаться в арьергарде мировой культуры, новой философии бытия, связанной с именами Ж.Бодрийара и Ж.Деррида. Это они освятили и узаконили движение человеческого разума к ритуальной цели суицида.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ж.Бодрийар определил феномен современного философского мышления как господство симулякров, психических видений, создающихся наведенным воображением при отсутствии образных и сюжетных предпосылок, предметных источников. Он ушел далеко от осмысления симулякра как копии, клона, полагая его более реалистичным в воздействии на сознание. Еще раз — по Бодрийару мы живем в мире симулякров, в среде гиперреальности.

В архитектуре внимательно реагируют на движение общественного сознания, не упуская возможности опередить его выводы. Архитекторы теперь озадачены тем, как следовать предметной материальной формой этому фантомному состоянию сознания. До сих пор архетипом мышления зодчего оставалась тривиальная гистограмма фасад-план-разрез в ортогональном изложении проектных материалов статичного объекта.

Попытки в свое время (начало 20 века) выразить в архитектуре 4-е измерение (находка математика Минковского) была реализована в архитектурных шаржах, имитирующих динамику движения вполне ортодоксальными формами.

Сегодня трансцендентные идеи философии декаданса так просто не выразишь.

Прежние естественные образы истоков, на которые могла быть адресована архитектурная композиция (а ведь речь шла только о фасадах) уже были исчерпаны, в том числе зооморфные и технические аллюзии, и даже космические.

Оставались только имманентные самой архитектуре образы или просто формы вне традиционной тектоники и функциональной определенности. Главное — создать неожиданный и впечатляющий эффект висящими, наклонными, витыми, текучими формами, силуэтами, рожденными в недрах компьютеров, пораженных вирусом (рис.4.), [15]. Образ города стали дополнять иллюзорные картины граффити, добавившие гуманистичности среде, но, с другой стороны, апокалиптический колорит трущобам.



Рис.4.Архитектура современного авангарда. Арх. С.Калатрава.

Рабочие абстракции гистологических упражнений стали дополняться фасадами, композиции которых строятся на раскладке плоских щитов рекламы, где собственно архитектуры уже и нет, кроме разве что грамотно экспонированной рекламы. Компьютерное проектирование берет верх в деятельности, которой недавно ведали только архитекторы; в терминологии их сейчас паразитируют слова «устойчивое развитие», «безбарьерность», «инновации», «цифровизация»...

По Ж.Деррида фиксированные словом (письмом) реальные понятия, адекватные предметному миру, и являются, собственно, самой цивилизацией — «все есть текст», то есть гистологический медиатор. Самоценность медиатора не нуждается в установлении его контактов за пределами самонаведенной гипотезы о создании, например, Вселенной в результате Большого взрыва 13.6 млрд.лет тому назад (!), или идее-фикс Т.Лысенко об изменении наследственности зерновых культур.

В научных исследованиях гистология восходит от простого иллюстрирования идеи до значения стратегического инструмента, концепции, управляющей судьбами социума. При этом она становится неприкасаемым жупелом собственной реальности, сакральным фантомом, каким была, например, арийская идеология фашизма, оснащенная специальной символикой, пронизавшей сознание и быт Третьего рейха.

Сколько ошибок было заложено в практику мировой и российской архитектуры именно благодаря тому, что гистологическими мемами закреплялись и утверждались архитектурные формы объектов на плоских изображениях чертежей, утрачивающих свою импозантность при объемной реализации даже при наличии макетов, которые, казалось бы, обеспечивали адекватность объемного видения! Ошибки состоялись возведением собора Св.Петра в Риме и собора Св.Павла в Лондоне, «потерявших» монументальность образа своих куполов, уведенных вглубь сооружения.

Похвальную оперативность проявили московские архитекторы, приведшие в пристойный вид фасады многочисленных торговых центров, изначально представлявших собой глухие амбары гигантских размеров. Гистологическая интерпретация фасадных плоскостей как поля рекламной экспозиции придала амбарам вид вполне зрелых архитектурных объектов (рис.5.).



Рис.5.Фасад-гистограмма торгового центра, подготовленный для размещения рекламы.

В прошлом промежуточные архитектурные решения, выполнявшие предметно перспективные задачи освоения пространства, осуществлялись в виде временных макетов: обетные деревянные церкви, «потемкинские» деревни, фасады зданий, окружавших Вандомскую площадь.

Практически каждое сооружение имело оригинальную гистограмму замысла, даже если им повторяли некий эталон или воссоздавали значительный объект.

Станковые исторические картины тоже представляют собой чаще всего симулякр, ибо изображенные на них сюжеты никогда не имели прообраза, оставаясь предметом творческого воображения автора: сцена убийства сына Иваном Грозным или боярыня Морозова в снях...

Архитектура как одна из сфер формирования материального мира человека, визуально удостоверяемая, складывается стихийно, в формах и последовательности, определяемых локальными условиями. Человек, заинтересованный в создании комфортной среды обитания, осваивает подсказки природы и придает им нужные материальные формы, совершенствуя приемы и конструкции. Переходный этап от замысла к действиям при достаточно зрелом уровне практичности фиксируется в изображениях, и это очень важный шаг в осознании достигнутого успеха и его закрепления в последующей практике, рождающей архитектуру как ремесло и искусство.

На этот ход рассуждений и наводит гистология как методологическая система, сублимирующая опыт в схемах, словах, чертежах, моделях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От рутинной функции изобразительной демонстрации гистологический аппарат в междисциплинарном масштабе преобразуется в прием акцентирования признаков, выявления новых ракурсов исследования, просто психологического обновления режима изучения объекта.

В принципе гистология — все же как медицинский термин — только дает толчок смене деловой стратегии, и о ней можно забыть. Но вот погружение в трансцендентные дебри общественного сознания, «рассекреченные» французскими философами, дает красный сигнал о зомбировании человеческой психики гиперреальностью вымышленного рая, фантомами счастья, которыми выгодно торгуют опытные *daydreammaker*'ы: увлекательными взрослыми игрушками, яркими картинками архитектуры будущего, утопающей в зелени, соблазнительными новинками иллюзорного комфорта (рис.6.).



Рис.6.Город грез. Видения архитектуры будущего.

Последствия могут быть устрашающими.

Возможно ли остановить этот самопроизвольно развивающийся процесс?

Или следует дождаться завершения цикла падения?

Если вернуться к тривиальной теме роли гистологии в запуске цивилизационных действий, то можно убедиться, насколько важна всесторонне осмысленная деятельность — на примерах провальных акций осушения болот, поворота рек, распашки целинных земель, вырубки лесов.

Человек никак не научится слышать голос планеты, ощущать ее пульс, и главным доводом оправдания своей деятельности полагает аргументированные доказательства правильности амбициозного решения, запечатленные в гистограммах-постановлениях.

О подобном шаблоне смысловой последовательности в науке известный английский физик Р.Пенроуз писал: «...основным критерием научной теории является не убедительность доводов, а соответствие фактам» [16].

Проецируя эту мысль на тему нашего изложения, поймем, как важно преодолеть аберрацию между действительностью и вымышленным миром, которая, к сожалению, углубляется. И как важна роль гистологического индикатора в программировании рациональной среды обитания.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает глубокую признательность доктору медицинских наук И.Е.Трубицыной и доктору архитектуры М.Ю.Лимонаду за рассмотрение статьи и сделанные замечания по ее содержанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлопонин Н.Г. Общебиологические и экспериментальные основы гистологии. М.: 1946.
2. Добрицына И.А., Коптева Т.В. Нейронаука как методологическая трансгрессия в пространство архитектурного мышления // Архитектура и строительство России №1 [237] 2021, — с.10-15.
3. Нельке М. Техника креативности. М.: ОМЕГА-Л, 2009.— 144 с.
4. Заренков В.А. Управление проектами. 2 изд. М.-СПб.: АСВ — 2010.
5. Опыт философии теории вероятностей.— М.: тип. Товарищества И.Н. Кушнерев и к0, 1908.— 207 с.
6. Куракин А.Л. Фундаментальная наука и проблема выживаемости человека // Energy fresh N 1 (7), апрель 2014.
7. Ткачев В.Н. Архитектура всего. М.: изд. МИСИ-МГСУ, 2021.— 260 с.
8. Метленков Н.Ф. Парадигмальная динамика архитектурного метода. М.: АСРОС. 2018.—428 с.
9. Згура В.В. Китайская архитектура и ее отражение в Западной Европе. М.: РАНИОН, 1929.— 45 с.
10. Спиноза М. Трактат об усовершенствовании разума. Л.: ОГИЗ, 1934.
11. Лосев А.Ф. История античной эстетики. М.: Искусство. 1969.— 715 с.
12. Печенкина О.А. Этика симулякров Жана Бодрийара (анализ постмодернистской рецепции и этического). Тула, 2006.
13. Ткачев В.Н. Формула Леонардо. 2- изд. М.: изд. МИСИ-МГСУ. 2018.— 416 с.
14. Глейк Дж. Хаос. Создание новой науки. М.: АМФОРА. 2001.— 416 с.
15. Сипкин П.А. Творческая концепция Рэма Кулхааса: представления, модели, воплощение. Автореф. дис.канд.арх. М.: 2015.— 18 с.
16. Хокинг С. и др. Большое, малое и человеческий разум. СПб.: АМФОРА, 2014.—191 с.

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЕШЕХОДНОЙ УЛИЦЫ В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА УФЫ

Д. Ш. Асманова¹, С. В. Ильвицкая²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹Asmandiana@mail.ru

²ilvitskaya@mail.ru

Аннотация

Город Уфа является единственным городом-миллионером в России, который не имеет своей пешеходной улицы. Вопрос создания пешеходной улицы многие годы обсуждается в городском совете и на архитектурных конференциях региона. Однако проектирование такого общественного места без учета интересов всех сторон жизни города будет бессмысленным. В проекте предлагается решение по расположению пешеходной улицы, решение транспортных и пешеходных проблем, концептуальное, экологическое и социальное решения. При этом учитывается исторический контекст места и месторасположение улицы в университетско-развлекательной части города. Концепция пешеходной улицы отсылает на техногенные катастрофы, которые происходили в нефтяной республике и предлагает методы решения, на основе тренда об устойчивом развитии и образовании.

ВВЕДЕНИЕ

Город создается человеком для человека. Когда в градостроительной ткани отсутствуют общественные пространства, свободные от машин, то город становится непригодным для жизни. Но если такие пространства существуют и имеют на редкость концепцию и ментальное осмысление, то они становятся катализатором развития людей.

Градостроительное решение не всегда предоставляет такое пространство. Его можно создавать из обычных улиц, тем самым изменяя транспортное и пешеходное движение в данном районе. На примере пешеходных улиц можно проследить развитие казалось бы депрессивных мест, убирая проезжую часть, либо сокращая её, увеличивается возможность экономического роста места, повышается стоимость земли, безопасность возрастает в разы.

К сожалению, даже на пешеходных улицах не всегда есть смысл находиться. Если перспектива по которой идёшь не заполнена торговлей, образованием и развлечениями, человек больше не возвращается, так как вопрос «Что я там забыл?» будет первоочередным.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В городе Уфе жителями и депутатами уже много лет поднимается вопрос о необходимости создания пешеходной улицы. В центре города отсутствуют крупные площадки для времяпрепровождения, кроме Гостиного двора, который наполовину занят парковкой и сквером Ленина.

Перегрузка транспортом и хаотичные парковки в несколько рядов вдоль улиц забивают места наибольшего скопления людей. Корпуса университетов практически не имеют собственных скверов и парков, что является помехой для отдыха студентов и преподавателей. Соединение пешеходной зоной всех основных студенческих пространств также необходимо для развития связей между разными направлениями подготовки будущих кадров.

В центре города Уфа наибольшее скопление главных корпусов университетов и колледжей, основными пользователями являются люди с 17 до 25 лет. То есть пешеходная улица должна быть расположена не просто в центре города, но и ориентирована на основных её пользователей.

Следующим критерием для определения расположения пешеходной улицы было пересечение крупных и малых улиц, проходящих через несколько районов. Такие транзиты не подойдут, так как отсутствует необходимость в длинной пешеходной зоне.

После проведенного анализа всех транзитов в центре города, оптимальным вариантом стала улица Мустая Карима, так как она начинается своё движение от Гостиного двора и заканчивается на пересечении улицы Революционная [1][2]. При этом на протяжении всего пути пересекается с достаточно спокойными по трафику улицами и с наиболее притягательными общественными пространствами: новый творческий кластер Арт-квадрат, рестораны и кафе быстрого питания, торговый центр Галерея Арт и кинотеатр, магазины и салоны разного ценового сегмента. Так же здесь расположены две мечети и скверы, административные здания и школы [3][4]. Конечно не на всем протяжении пешеходная улица может быть использована только пешеходом. Также необходимы велосипедные полосы, возможности подъезда личного транспорта местных жителей, торговых предприятий и специальной техники. (Рис.1)



Рис. 1. – Улица Мустая Карима

После определения места проектирования были проведены исследования существования человека на уличном пространстве. Помимо экскурсий и социальных опросов местных жителей и её гостей, была составлена ментальная карта (Рис.2), по которой формировалось понимание мироощущения будущих пользователей в данном месте. Например, особый интерес людей был проявлен к месту на пересечении с улицей Коммунистическая, где основным визуальным экраном была историческая застройка и зеленый сквер. Самой серой зоной на всей улице был участок пересечения с улицей Достоевского, так как на ней нет точек притяжения.

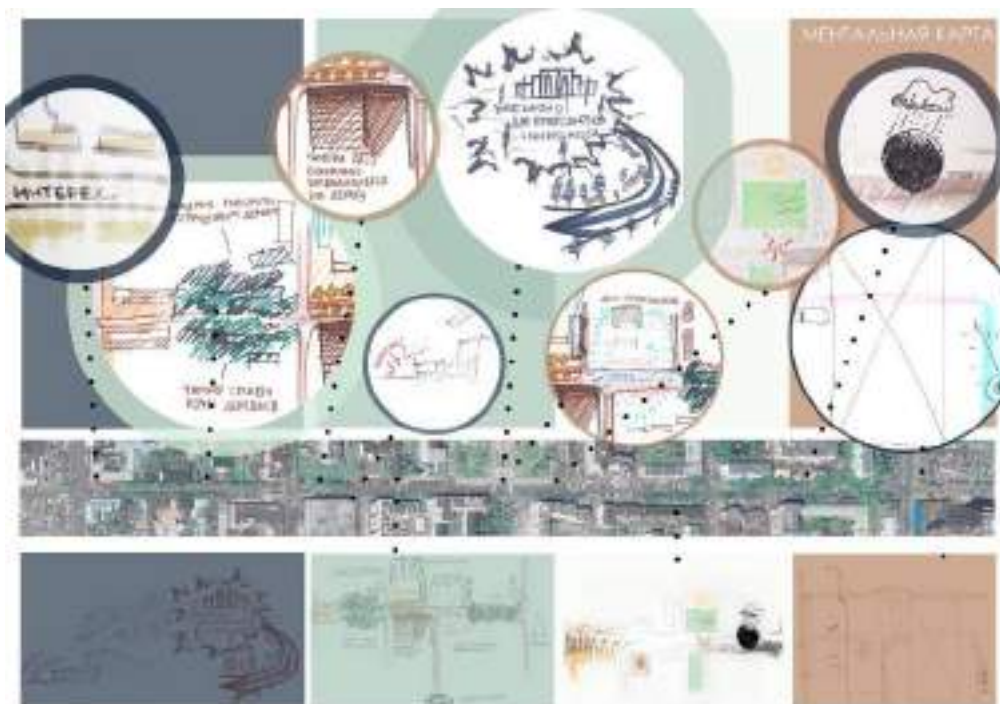


Рис. 2. – Ментальная карта улицы Мустая Карима

Исследования по методу ментального картографирования и социально-архитектурного анализа улицы была собрана модель, которая показала градостроительную застройку, озеленение, объемно- пространственную конфигурацию застроенных и пустующих мест. (Рис.3)



Рис. 3. – Модель улицы Мустая Карима и прилегающих кварталов

Результаты исследования

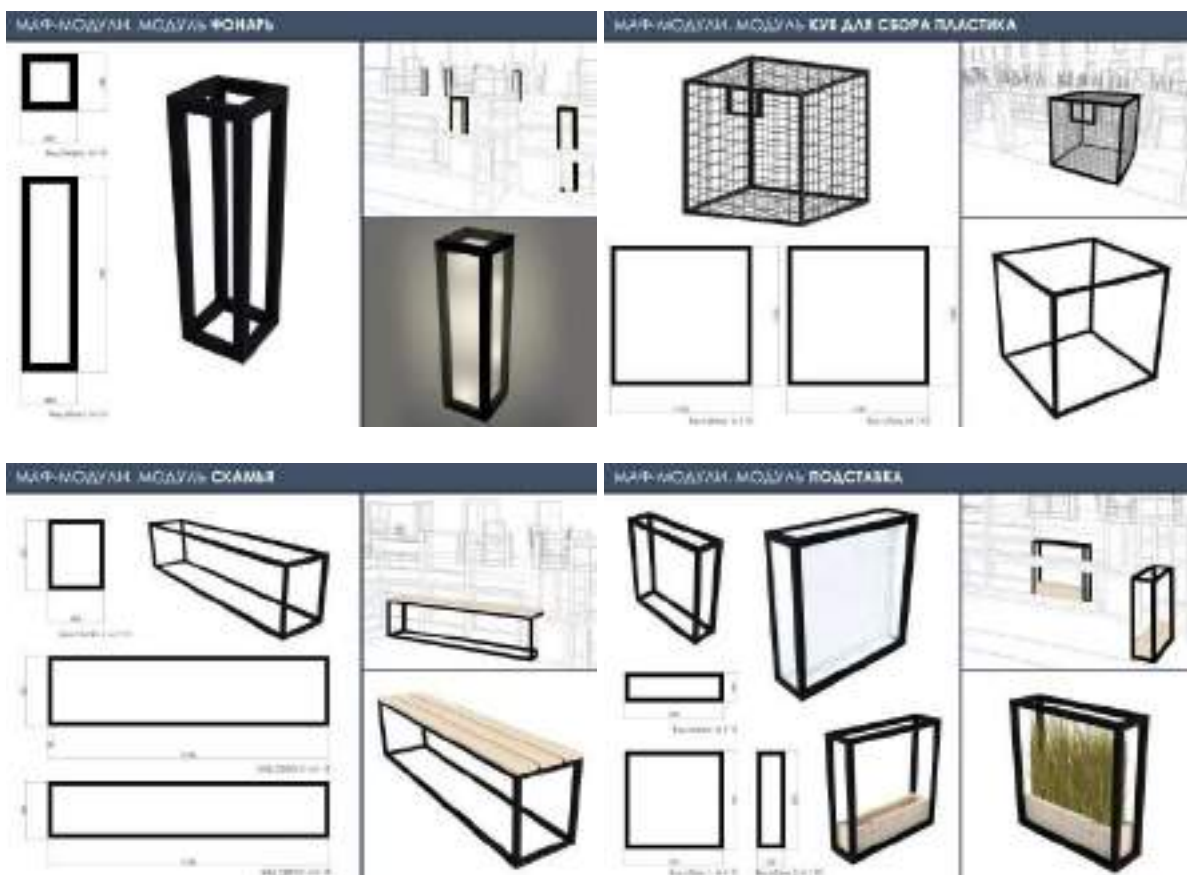
На основе проведенного анализа была определена концепция, направленная на создание лучших условий жителей прилегающих домов и их спокойного взаимодействия с посетителями из других районов. Так как улица вобрала в себя основные виды деятельности людей, сочетает развлекательную и трудовую деятельность, то одним из важнейших аспектов стало донесение важной социально-экологической повестки.

Город Уфа является столицей нефтяной республики и экологический вопрос стоит очень резко, особенно после разлива фенола в реки и крупной нефтедобывающей деятельности, то пешеходная улица может стать местом привлечения и обсуждения вопросов экологии среди студентов и городских жителей. Такое пространство действительно будет очагом для начала вопросов к самим себе.

Экологический вопрос на общественных началах осложнен бюрократическими вопросами. Решение проблем упирается в возможность сортировки отходов и их переработки. Общественное пространство рассказывает и показывает для людей любого поколения их возможности и влияние на природу. Сама улица становится музеем переустановки ценностей, образует, дает представление всего процесса обновления системы потребления.

Концепцию нового правильного потребления можно назвать 5R и состоит она из пяти постулатов: Refuse- отказаться от потребления лишнего, Reduce- уменьшить количество «необходимых» вещей, Reuse- окружение себя многоразовыми вещами, Recycle- переработка ненужного, Rot- вещи, которые невозможно применить заново уходят в мусор, либо в компост.

Улица Мустая Карима становится дружелюбной к жителям и экологически просвещающей за счет планирования и применения в экстерьере материалов и малых архитектурных форм переработанных из использованных предметов (Рис.4). На протяжении улицы в точках скопления людей по проекту располагаются модули, функционирующие на основе постулатов концепции. В модули можно сдать для сортировки и переработки отходы из пластика, бумаги, батареек и проводов, для нуждающихся одежду и обувь. Органические отходы будут собираться в отдельной точке и увозиться намного чаще, так как имеют сильный запах и испарения при разложении. Конечно современные методы сортировки требуют намного больше затрат, но только до полного привыкания к новой системе.



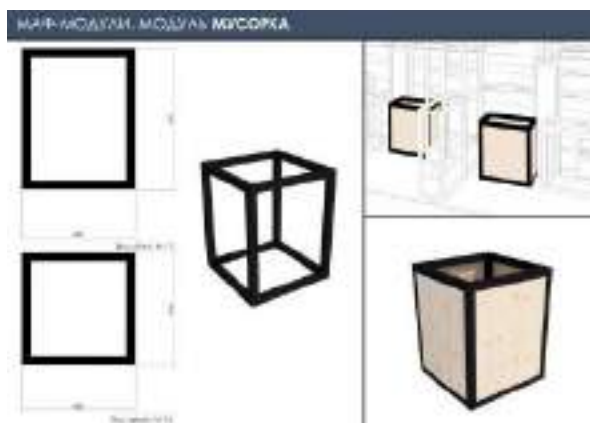


Рис. 4. – Модули многофункциональные

«Улица является местом для накопления воспоминаний, а не вещей!» - такой девиз действительно становится описывающим предложение в проекте. В республике Башкортостан проживают эко-активисты, а жители выражают готовность к разумному потреблению и переработке отходов, что подтверждает актуальность нововведений и применения на главной пешеходной улицы концепции 5R[6].

На уличном пространстве необходимо предусмотреть игровые и спортивные площадки. Сквер перед домом Профсоюзов достаточно однообразен, требует обновления функциональных возможностей, таким образом именно он станет одним из центров спортивных и детских развлечений. Также детские площадки разумно предусмотреть в зоне жилых домов и перед школьной территорией.

Спортивные площадки необходимы для любого возраста, поэтому их следует распределить на основных общественных пространствах, конечно это могут быть и тренажеры, но также и баскетбольные кольца со столами для пин-понга.

Ландшафт на протяжении всей улицы достаточно однообразен, после кронирования отсутствуют здоровые крупномерные деревья. Из-за малого количества кустов и деревьев средняя температура в летнее время года нагревается в среднем на 4 градуса в сравнении с более зелеными улицами, что создает дискомфортное пребывание [7] (Рис.5, 6, 7, 8).

Так как концепция улицы обращает внимание на экологическую ситуацию, то озеленение как один из компонентов является ключевым.

ВВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования и модели был сделан вывод, что пешеходные улицы в любом городе могут обучать и приучать жителей к экологическому методу сосуществования с природой. Образовательные пространства таким образом вклиниваются в городскую среду не только как отдельные учреждения, но и как прогулочные зоны и развлекательные площадки. Образовательные пешеходные улицы вносят смысл в нахождение там людей, чем увеличивают трафик посетителей для развития бизнеса. Экологический городской променад становится буферной зоной и примером о новых современных стандартах жизни в мегаполисе.



Рис. 5. – Вид после реконструкции



Рис. 6. – Вид после реконструкции



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЛИЦЫ МУСТАЯ КАРИМА
после реконструкции

Рис. 7. – Вид после реконструкции



ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЛИЦЫ МУСТАЯ КАРИМА
после реконструкции

Рис. 8. – Вид после реконструкции

ЛИТЕРАТУРА

1. Улица Мустая Карима в Уфе. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.columbista.com/ru/showplace/ulitca-mustaia-karima-v-ufe>
2. Красин Н. Какая пешеходная улица нужна Уфе? [Электронный ресурс] / Красин Н. // Электрогазета. РФ. - 2021. - URL: <https://i-gazeta.com/news/obshchestvo/2019-08-16/kakaya-peshehodnaya-ulitsa-nuzhna-ufe-754862> (дата обращения: 28.08.2021)
3. Арт-объекты. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.art-kvadrat.com/> (дата обращения: 24.08.2021)
4. Городской центр «Арт-квадрат» в Уфе. – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://prorus.ru/projects/gorodskoj-centr-art-kvadrat-v-ufe/> (дата обращения: 01.10.2021)
5. Нераскрытый зеленый Петербург. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mlaplus.com/wp-content/uploads/2021/04/Green_Book.pdf (дата обращения: 01.10.2021)
6. Ноль отходов назвали самой популярной экологической концепцией среди россиян. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://greenpeace.ru/blogs/2019/07/08/5r-kak-zhit-po-principu-nol-othodov/> (дата обращения: 24.08.2021)
7. Форма 5Р. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/law/podborki/forma_5r/ (дата обращения: 24.08.2021)
8. Сквер Мустая Карима. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tripplanet.ru/dostoprimechatelnosti-ufy/#Skver_Mustaa_Karima (дата обращения: 10.10.21)
9. Нужны ли в России пешеходные улицы? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://varlamov.ru/2258487.html> (дата обращения: 10.10.21)
10. «Пример Казани перед глазами»: журналист — о том, почему Уфе нужна пешеходная улица. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ufa1.ru/text/gorod/2020/12/03/69597066/> (дата обращения: 10.10.21)
11. 50 причин делать улицы удобными для пешеходов. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://letsbikeit.ru/2016/10/50-reasons-walkable-streets/> (дата обращения: 15.10.21)
12. Джекобс Дж. Смерть и жизнь больших американских городов / Пер. с англ.; 3-е изд., испр. – М.: Новое издательство, 2019. – 512 с.
13. Белов М. И., Михайлов С.М., Михайлова А.С. Дизайн пешеходной улицы. / Белов М.И. – Казань: «Дизайн квартал», 2015. – 188 с.
14. Топ- 27 самых красивых улиц Мира. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ratatum.com/samye-krasivye-ulicy/> (дата обращения: 15.10.21)
15. Растения фильтры. Какие деревья лучше всего очищают воздух? – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chelvtv.ru/rasteniya-filtry-kakie-derevyu-luchshe-vsego-ochishhayut-vozduh/> (дата обращения: 15.10.21)

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ГОРОДОВ

Н. В. Данилина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, grado@mgsu.ru

Аннотация

В статье рассмотрен актуальный вопрос по проблеме охраны культурно-исторических ландшафтов городов и поселений. Представлен разработанный подход к реконструкции культурно-исторических комплексов с учетом современных эффектов цифровизации, учет которых на стадии принятия градостроительных решений позволят обеспечить достижение цели устойчивого развития города. Переход к цифровой политике умного города определяет такие современные тенденции, как высокая изменчивость действительности, необходимость формирования гибких многофункциональных пространств, необходимость принятия во внимание особенностей восприятия мира новым Z-поколением, а также такое явление «мир без границ», в котором стираются границы между культурами. Представленный подход включает три этапа принятия решений: «оценка ресурса – назначение функций – интеграция в городскую инфраструктуру» с учетом обозначенных тенденций. Разработанный подход является концептуальным и открывает широкую область вопросов для дальнейшего исследования. Ключевые слова: устойчивое развитие городов, культурно-исторический ландшафт, цифровизация, методологический подход.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема охраны культурно-исторического наследия городов является общемировой проблемой. Каждый город имеет свою историю и культуру, которые придают ему уникальный облик и статус. Несмотря на то, что все – специалисты и неспециалисты, понимают необходимость его охраны, повсеместными являются случаи его уничтожения, разрушения, неэффективного использования [1,14].

Кроме того, на исчезновение исторического и культурного наследия оказывают влияние и естественные факторы, такие как климат, геологические процессы ветер, влажность и многие другие, которые под действием времени медленно, но неотвратимо приводят к разрушению [3,11].

Другим немаловажным аспектом является влияние современных тенденций развития общества. Особенно интересным является вопрос влияния современного вывоза цифровизации общества и городских процессов, последствия которого напрямую отражаются на будущем объектов культурно-исторического наследия [2,6,9].

Объектом исследования являлись культурно-исторические ландшафты городов, которые представляют собой территориальные комплексы зданий, сооружений и прилегающих территории. Актуальным исследовательским вопросом стало, как обеспечить устойчивое развитие историко-культурного ландшафта городов и поселений в условиях глобального вызова современности – цифровизации и ее последствий.

Если рассматривать последствия процесса цифровизации в обществе, то в мировой практике выделяют несколько основных эффектов:

1. Цифровой мир способствует продвижению «VUCA – мира», в котором процессы жизнедеятельности в городах подвержены растущей неопределенности и постоянному изменению картины нашего мира [12,15]. Ситуация с Ковид-19, которая внезапно изменила жизнь городов, волны локдаунов 2020, 2021 годов, мутации вируса не позволяют долгосрочные прогнозы социально-экономического развития городов и рушат населения на стабильность. В таких условиях вопрос охраны культурно-

исторического наследия обретает особый смысл: с одной стороны, подобные объекты являются «якорем» из известного прошлого, с другой - становится проблемой прогнозировать их будущее рациональное и эффективное использование [13].

2. Цифровизация создала новое поколение молодежи «Z», ориентированной на использование различных гаджетов и поверхностное потребление информации в виде картинок, иконографии, видео. Если учесть то, что культурно-историческое наследие сохраняется для того, чтобы передать информацию будущему поколению, то необходимо принимать во внимание особенности этого поколения и адаптировать использование этих объектов под современные потребности [4,5].
3. Цифровизация способствовала стиранию мировых границ: свободный доступ в интернет, технологии связи, переход на дистанционную работу и общение делают мир мультикультурным. Необходимость обеспечения мирного сосуществования различных культур в городах, на одних городских территориях является одной из актуальных задач охраны культурно-исторических ландшафтов [7,8,10].

Таким образом, глобальный вызов цифровизации создает угрозу устойчивому развитию городов, оказывая влияние на социальные, экономические и экологические аспекты их жизни.

Особенностью обеспечения устойчивого развития культурно-исторических ландшафтов является то, что их надо сохранить для будущих поколений. Таким образом, возникает необходимость разработки методологического подхода к устойчивому развитию культурно-исторических ландшафтов с учетом сформулированных особенностей.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

В качестве методов исследования были использованы системный анализ существующего опыта по градостроительному развитию культурно-исторических ландшафтов.

Материалами для исследования являлись:

- исторические города и поселения;
- исторические районы и зоны в городах и поселениях;
- исторические и культурные комплексы.

На рисунке 2 представлен методологический подход к реновации культурно-исторических ландшафтов городов, разработанный с учетом последствий цифровизации.

Подход включает в себя три этапа принятия решения о градостроительном развитии культурно-исторического ландшафта и входящих в него элементов на этапе разработки концептуальных решений.

1 этап - этап оценки культурно-исторического ландшафта с позиции существующего ресурса, как:

- материального ресурса, который заключается в наличии земли, зданий, сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, бизнесов, туристической инфраструктуры и других различных активностей. Они будут определять инвестиционную привлекательность проекта реновации и привлечения потенциальных девелоперов;
- духовного ресурса, который заключается в истории, культурном значении, памяти о событиях, наличии духа города. В случае, когда речь идет о реновации культурно-исторических ландшафтов духовность места будет влиять на выбор проектных решений, исходя из необходимости его сохранения, возобновления и вовлечения в процесс культурного развития общества.



Рис. 2 Методологический подход к реновации культурно-исторических ландшафтов городов, разработанный с учетом эффектов цифровизации использования имеющегося ресурса и, при возможности, его капитализации в случае реализации проекта.

2 этап - наполнение ландшафта различными функциями, которые будут определяться потребностями всех заинтересованных стейкхолдеров:

- интересы города / поселения в формировании комфортной, безопасной городской среды и ее устойчивом развитии, а также в организации источника дохода в бюджет города;
- интересы девелоперов в реализации эффективных инвестиционных проектов
- интересы различных групп жителей - детей, молодежи, старшего поколения в необходимых видах активности ежедневной жизни
- интересы гостей города / поселения в качественной инфраструктуре, достопримечательностей, туристических маршрутов.

Составление списка Результатом этапа понимание путей наиболее рационального и эффективного востребованных функций направлено на определение плана реализации проекта и необходимых реконструктивных мероприятий. Однако, необходимо учитывать тот факт, что часть функций может устареть во времени, также, как часть новых функций может появиться в будущем. Таким образом, функции можно разделить на 3 группы:

- долгосрочные функции, на которые существует постоянный спрос и которые не подвержены изменениям во времени или требуют постоянного наличия инфраструктурного ресурса, такие как музеи, театры, школы, университеты, больницы, административные здания, концертные залы и др.
- среднесрочные функции, которые могут изменяться, но на них есть постоянный спрос: рестораны, торговые центры, спортивные центры и многие другие;
- кратковременные функции, которые могут возникать и исчезать в зависимости от ситуации - сезона, дня недели, погоды и т.п.. как правило, они требуют наличия трансформируемых свободных пространств, и минимума оборудования: выставки, конференции, флешмобы, мастер классы, катки, места для праздников и концертов и т.п.

На данном этапе появляется необходимость разработки таких планировочных, конструктивных, дизайнерских решений, которые заложат гибкие решения по трансформации культурно-исторического ландшафта с учетом возможных изменений.

3 – этап - планирование городской инфраструктуры, необходимой для реализации функций в виде проекта комплексного развития культурно-исторического ландшафта. Возможными вариантами могут быть формирование на базе культурно-исторического ландшафта кластера, инфраструктура которого интегрирована в городскую ткань, но сохраняет свою идентичность, например, формирование:

- туристического кластера;
- рекреационного кластера;
- общественного центра;
- многофункциональной зоны;
- природно-рекреационного каркаса и т.п.

В ответ на вызов цифровизации, условием для устойчивого развития города или будет являться необходимость его включения в цифровое информационное пространство города, что позволит обеспечить его прозрачность для всех стейкхолдеров.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для апробации представленного методического подхода были выбраны территории двух монастырей в России:



- Борисоглебский монастырь, расположенный в городе Торжок Тверской области
- Свияжский Богородице – Успенский мужской монастырь, расположенный в Республике Татарстан.

В таблице 1 представлено краткое описание территорий монастырей.

Таблица 1

Описание территорий монастырей

| Монастырь | Год основания | Год реконструкции | Описание | Текущее состояние (фото с сайта ru.wikipedia.org) |
|--|---------------|-------------------|--|---|
| Свияжский Богородице – Успенский мужской монастырь | 1555 | 1997 | Монастырь является духовным центром успешного туристического кластера на острове Свияжск. Восстановление монастыря способствовала возрождению экономической и социальной жизни поселка на острове. |  |

| | | | | |
|--------------------------|------|---|---|---|
| Борисоглебский монастырь | 1038 | - | <p>Монастырь расположен недалеко от центра города Торжок, который входит в число исторических городов России. Территория монастыря находится в плачевном состоянии. Физический износ зданий, строений составляет более 50%, территория неблагоустроенная.</p> |  |
| | | | |  |

Анализ существующего состояния показывает, что при том, что оба монастыря являются объектами культурного наследия и безусловно требуют охраны, один из них - Свяжский Богородице – Успенский мужской монастырь - существует и процветает, а другой - Борисоглебский монастырь – находится на грани разрушения.

В таблице 2 представлены результаты апробации подхода к каждому из монастырей - существующего для Свяжского Богородице – Успенского мужского монастыря и проектного для Борисоглебского монастыря.

Таблица 2

Апробация подхода к к реновации культурно-исторических ландшафтов городов, разработанный с учетом последствий цифровизации

| Монастырь | Этап 1: Ресурсы | Этап 2: Функции | Этап 3: Городская инфраструктура | Учет эффектов цифровизации |
|--|--|--|---|---|
| Свяжский Богородице – Успенский мужской монастырь (существующее состояние) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Духовный (действующий монастырь); ✓ Исторический (память о взятии Казани Иваном Грозным); ✓ Культурный (место проведения мероприятий); ✓ Земельный ресурс; ✓ Природный ресурс; ✓ Транспортный ресурс (судоходная река); ✓ Бизнес | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Монастырь ✓ Туристический экскурсионный объект ✓ Парк ✓ Проживание (постоянное и временное) ✓ Малый бизнес ✓ Пристань для теплоходов. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Туристическая инфраструктура: гостиница, кафе, торговые ряды; ✓ Природно-рекреационная инфраструктура; ✓ Инфраструктура жилой малоэтажной зоны (частное строительство); ✓ Транспортная (автомобильный и водный виды транспорта); ✓ Инженерная | <p>Монастырь представляет собой постоянную функцию точки притяжения. Реализацию среднесрочных и кратковременных функций представляет прилегающая территория острова Свяжска. Объект входит в туристические маршруты и является одной из визитных карточек Республики Татарстан, популярной и среди молодежи и иностранных гостей.</p> |

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| | ресурс (туризм, строительство). | | ая инфраструктура. | |
| Борисоглебский монастырь (проектный подход) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Духовный (собор); ✓ Исторический (один из наиболее древних объектов истории Древней Руси) ✓ Культурный (место проведения мероприятий); ✓ Земельный ресурс; ✓ Транспортная доступность (близость от центра города); ✓ Ландшафтный ресурс; ✓ Бизнес ресурс (туризм). | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Собор ✓ Церковная школа ✓ Туристический экскурсионный объект ✓ Малый бизнес. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Туристический маршрут города Торжок; ✓ Культурно - образовательная инфраструктура города; ✓ Природно-рекреационная инфраструктура города; ✓ Инфраструктура общественных пространств города; ✓ Транспортная и инженерная инфраструктура города. | Собор представляет собой постоянную функцию точки притяжения. На территории монастыря возможно проведение культурно-исторических мероприятий, концертов, выставок, в среднесрочной перспективе - школы, центра духовного образования и т.п. Интеграция территории монастыря в информационное пространство города и его городскую общественную и туристическую жизнь повысит его узнаваемость и потребительскую лояльность. |

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Современные эффекты цифровизации влияют на устойчивое развитие городов по каждому из аспектов - социальному, экономическому, экологическому. В том числе, они определяют тенденции градостроительного развития культурно-исторических ландшафтов. Эффективность проектов будет во многом определяться степенью их вовлечения в информационную среду города, наличием функций, востребованных у современных поколений с учетом особенностей их восприятия мира, а также необходимость формирования мультикультурного мира «без границ» и без дискриминаций.

2. Разработанный подход основан на идее включения культурно-исторических ландшафтов в систему расселения городов и поселений как неотъемлемого элемента городской среды с обеспечением рационального и эффективного использования духовного и материального ресурса.

Проблема охраны культурно-исторических ландшафтов распространена по всему миру и объединяет страны и народы в поисках эффективных проектных решений. В статье сделан первый шаг к разработке подхода, учитывающего особенности современного мира, которые диктует процесс цифровизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веденин Ю.А. Культурный ландшафт как хранитель исторической памяти Земли // Региональные проблемы. 2018. №3.
2. Киселева А.А. Исследование особенностей применения цифровых технологий в современной культуре. Ученый совет. 2021. № 1. С. 70-79.
3. Ливинская, О. А. Оценка аттрактивности культурно-исторического наследия как компонента культурных ландшафтов Псковской области. Псковский регионологический журнал, 2013, (16), 127-132.
4. Лизунов, В. В. Историческая роль культурного ландшафта в социокультурной жизни и социальном управлении. Власть, 2011. (6), 85-88.
5. Пашина М.Г. Особенности брендинга объектов архитектурного наследия. В сборнике: Модернизация научной инфраструктуры и цифровизация образования. Материалы XI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Ростов-на-Дону, 2021. С. 43-47.
6. Степанов А.В. Роль цифровизации в сохранении исторического наследия: возможности и угрозы. В сборнике: Проблемы национальной безопасности России: уроки истории и вызовы современности. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. К 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Сер. "Адлерские чтения" Краснодар, 2021. С. 316-321.
7. Шевченко Э.А. Что фактически фиксируется в качестве исторического поселения // Academia. Архитектура и строительство. 2020. №2.
8. Щербина Е. В., Белал Али Значение объектов исторического и культурного наследия при реконструкции и восстановлении городов. Вестник МГСУ, 2019.14 (4 (127)), 417-426.
9. Aikaterini Gkoltsiou, Angeliki Paraskevopoulou, Landscape character assessment, perception surveys of stakeholders and SWOT analysis: A holistic approach to historical public park management, Journal of Outdoor Recreation and Tourism, Volume 35, 2021, 100418,
10. Catharina J.E. Schulp, Christian Levers, Tobias Kuemmerle, Koen F. Tieskens, Peter H. Verburg Mapping and modelling past and future land use change in Europe's cultural landscapes. Land Use Policy. Volume 80. 2019. Pages 332-344.
11. Jerry Brotton Maps online: digital historical geographies, Journal of Historical Geography, Volume 43, 2014, Pages 169-174,
12. M. Torres-González, A.J. Prieto, F.J. Alejandro, F.J. Blasco-López Digital management focused on the preventive maintenance of World Heritage Sites, Automation in Construction, Volume 129, 2021, 103813,
13. Pinheiro R.O., Triest L., Lopes P.F.M. Cultural ecosystem services: Linking landscape and social attributes to ecotourism in protected areas, Ecosystem Services. Volume 50. 2021.101340.
14. Shevchenko E., Danilina N. Historical settlement systems as strategic vector of Russian federation development. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. С. 012152.
15. Yoonjo Choi, Yun-Jung Yang, Hong-Gyoo Sohn Resilient cultural heritage through digital cultural heritage cube: Two cases in South Korea, Journal of Cultural Heritage, Volume 48, 2021, Pages 36-44.

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В. Карягина

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, vlada.a.karyagina@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы пространственного развития городов в условиях притока мигрантов, а также сопутствующих факторов. Даже в современном мире наблюдается интенсивное формирование мегаполисов, коммун, агломераций, локальных урбанистических образований в системе переселения на уже освоенные территории. При анализе различных причин этого активного процесса акцент сделан на проблеме передвижения людских масс городов и миллионников в мире. Выявляется роль миграции на структурные изменения общества, а также обстоятельства регулирования миграции и ограничения, которые её сдерживают. Цель статьи — выявление причин движения мигрантов и задач, которые следует решать для сохранения социального комфорта, при учёте семейных и традиционных ценностей мигрантов. Материалы данной статьи могут стать основанием для рассмотрения людских проблем и оптимального решения данной проблемы, актуальной для многих городов.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектура — средство и результат пространственной организации жизни общества. Архитектурные сооружения выполняют роль не только убежища, хранителя и источника жизни в качестве второй природы, искусственного мира человека, но и служат средством коммуникации в обществе, пространственной и временной, особенно между разными поколениями людей. Практически вся жизнь, деятельность современного человека и взаимодействия разных людей проходят на фоне или внутри архитектурных сооружений. Архитектура служит для нас источником вдохновения, средством социализации, самоидентификации и развития личности [1].

Казалось бы, скрытые значимые факторы городской жизни от наблюдателя со стороны обнаруживаются в критические, переломные этапы истории. Разговор о городе не ставит акцент только на архитектуре, он также затрагивает общие проблемы городского пространства. Город, который некогда был признаком прогресса, развития, постепенно движется к деградации, само удушению; рост населения ведёт к новому антигуманному высотному строительству, экономика даёт серьезные сбои, а климат.

Перемещение людских масс внутри города становится особенно заметным, поскольку люди стремятся улучшить свою жизнь. Постоянное движение мигрантов на определённой территории обусловливается естественным приростом или убыванием человечества вследствие экономических, политических, социальных и других причин.

Многие из миграционных потоков, сложившихся в истории, характеризуются как долговременные, они реализуются перемещением населения в значительном промежутке времени. Факторы, которые объективно влияют на интермиграцию, такие как климат, экономика, политика, культурные традиции и религия, несут в себе стимул «великих переселений народов».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой статьи стало изучение истории становления городов как формы концентрации населения по принципу взаимной выгоды и удобства товарообмена, а также выявление современных проблем развивающихся крупных городов, страдающих

от перенаселенности, усугубленной потоками мигрантов, несущих с собой другую культуру, ориентацию на другие ценности и нередко пренебрежение к сложившимся традициям «принимающей стороны». Эта информация и связанная с миграционными событиями проблематика этнокультурных контактов излагается в многочисленных публикациях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Импульс технической революции XVI в. Европы внес кардинальные изменения в ткань города за счет динамической индустриализации, которая породила такое явление, как массовая урбанизация и миграция рабочей силы с периферии в города. Технический прогресс давал новые возможности в освоении ранее малопригодных территорий, увеличились сети коммуникация, усилился транзит с прилегающих территорий и зарубежья. С растущим спросом на рабочую силу, квалифицированные кадры, а также развитием образования в городах, их культурной притягательности все более актуальным становился вопрос расселения жителей в уплотненной структуре города. В разные периоды истории складывались различные формы расселения в городе. Наиболее характерные сегодня подходы заключаются в дифференциации жилья для отдельных социальных, этнических, религиозных категорий населения или дисперсном подходе к вопросу расселения обитателей, его сегрегации [7].

Ежегодно миллионы мужчин, женщин и детей повсюду в мире перемещаются, упреждая наступление экологического стресса или реагируя на него. Такие катаклизмы, как циклоны, наводнения и природные пожары, уничтожают дома и имущество, вызывают перемещение людей. Медленно наступающие процессы – в частности, повышение уровня вод океана, изменения в характере осадков, угрозы засухи – возлагают все большую нагрузку на источники средств к существованию и ухудшают доступ к продовольствию и воде, что может способствовать принятию решений о переселении в поисках более надежных условий жизни [2].

В большинстве районов земного шара летом и зимой погодные условия различаются, практически невозможно найти архитектурно-строительное решение, одинаково эффективно приспособленное для зимних и летних погодных условий. В связи с этим возникает еще одна практическая задача - создание адаптивной архитектурной формы и среды, по-разному, но одинаково эффективно «работающих» при различных типах погоды. Способность зданий адаптироваться к изменяющимся погодным условиям определяется наличием неизменяемых, «пассивных» в отношении противостояния климату архитектурных приемов, которые в большинстве случаев дополняются трансформируемыми, «активными» климатозащитными архитектурными деталями и элементами [3].

Большинство мигрантов стремится улучшить условия жизни при возможном сохранении их привычного качества. Люди ищут новые возможности для развития, а также желают обеспечить перспективы своим детям, воссоединение с близкими людьми, желание получить зарубежное образование. В этом случае миграционные потоки фокусируются на страны с более развитой экономикой и культурой [4]. Но не только бедность является главной причиной миграции. Во многих странах, откуда приезжают мигранты, существует развитая экономика, которая успешно интегрируется в мировую систему. Наряду со значительными изменениями в структуре трудовых ресурсов в развитых странах

мигранты сегодня также играют значительную роль в удовлетворении спроса на рынке труда [5]. В условиях современной глобализации, трудовая миграция является ее неотъемлемой частью, она вовлекает огромное количество людских масс, что, соответственно, влечет за собой существенные изменения на рынках труда [15].

Миграционные процессы проявляются сегодня в стихийном распределении мигрантов по городу. Это способствует иногда созданию гетто, что неприемлемо как для

коренных жителей, так и для переселенцев, оскорбляя их фактом насильственной сегрегации. В таких гетто созревают условия криминальных норм и образа жизни, которые влиятельные мафиози пытаются сохранить как этнически сложившуюся особенность.

Сегрегация – это не только стихийная проблема, но и возможность позитивного *решение*, которое находят для себя различные социальные слои для того, чтобы отделиться от других городских обитателей. Здесь же можно наблюдать образование санкционированных гетто в городском пространстве.

Прежде всего, надо понять, что такое гетто. Это и территориальная городская зона, и форма социальной организации, которая подразумевает привязку обособленных групп населения к некоторой местности, району. Здесь существуют некие противоречия с окружающей средой, безусловно, но это не обязательно изолированная территория, это, скорее, форма организации, группирования людей [12].

Стремление жить в больших городах имеет естественное социально – экономическое обоснование: уровень трудовой занятости населения, развитие и качество различных форм социальной защиты, жилищных условий в них выше, чем в сельской местности. На сегодня крупный город, в частности, и в России, предоставляет молодежи большие возможности социальной реализации [6].

Архитектура городского жилища, подчиняясь изменениям социальных, политических и экономических условий, также подвергается трансформации. Изменились требования к функциональным, планировочным и объемно-пространственным характеристикам жилища, объектам социального обслуживания. Актуальными стали модели с правилами организации, основанными на условиях социального договора о совместной деятельности, бытовании, проживании [8]. Появились новые формы рекреации комплексного характера, перемещающиеся с уличных развлечений в интерьеры просторных общественных центров.

Поиск рациональных решений «компактного современного города» ведется в различных градостроительных и объемно-планировочных направлениях. При этом рассматриваются такие подходы, как уплотнение существующей застройки, освоение новых территорий. В качестве примеров создания уникальных современных «компактных городов» можно привести «Masdar City» (Масдар Сити) в ОАЭ, «Songdo International Business District» (Songdo IBD) в Южной Корее, «King Abdullah Economic City» (Экономический город короля Абдаллы) в Саудовской Аравии и др (Рис. 1). Их квалифицируют не только как «компактные города», это прекрасный образец «умных городов», которые открывают новые направления в создании удобной комфортной городской среды, нового стандарта жизни людей. Цель создания «умного города» заключается в том, чтобы обеспечить жителей высоким качеством жизни за счет повышения эффективности обслуживания, полного удовлетворения нужд с использованием инновационных технологий, позволяющих обеспечивать экологичное и экономичное использование систем жизнеобеспечения, эффективную организацию городской жизни, реализацию концепции метаболизма [9].



Рис. 1. «Masdar City» (Масдар Сити) в ОАЭ, «King Abdullah Economic City» (Экономический город короля Абдаллы) в Саудовской Аравии

Планируя город будущего, необходимо учитывать и современные технологии, которые только появляются и патентуются, например, технологию по горизонтальному и вертикальному перемещению людей в зданиях. В немецком городе Ротвайль была презентована система вертикального транспорта на основе магнитной левитации — лифт Multi без тросов. Лифт этот, перемещающийся как горизонтально, так и вертикально, был представлен в 246-метровом небоскребе Tower of Light. И эта новая система является прогрессивной для высотного строительства, так как позволяет не проектировать в центре небоскреба объемное ядро под лифты. Кроме того, эта система позволяет связывать между собой разные здания. В конечном итоге она может связать по верхним этажам зданий весь город. Возможно, не каждый сегодня представляет, зачем это нам нужно, но эта технология однозначно изменит городскую жизнь. И это не единственная технология, которая будет реализована в городах будущего, что кардинально изменит наше представление о структуре мегаполисов [13].

Мировой опыт решения проблем, связанных с массовой маятниковой трудовой миграцией в крупных городах и агломерациях, также подтверждает, что единственно правильным при решении таких проблем является комплексный градостроительный подход [10].

Примером грамотного подхода к решению миграционных проблем в расселении, связанных с маятниковыми перемещениями трудящихся, является опыт Франции по созданию в противовес Парижу так называемых «Метрополий равновесия» с последующим дополнением их новыми центрами в сельской местности, а также опыт Германии, где к 1970 году на 13% территории было сконцентрировано более 51% рабочих мест в зоне промышленного производства. Правительство Германии приняло решение о выделении нескольких десятков так называемых «зон быстрого роста». Аналогично в странах Скандинавии, решая проблемы деконцентрации (дезурбанизации), пришли к необходимости формирования рассредоточенной структуры агломераций: с расселением до 30% населения в пригородных подцентрах при сосредоточении в них до 25% мест приложения труда [11].

ВЫВОДЫ

Миграционные потоки сегодня имеют глобальные масштабы и оказывают сильное влияние на самые различные стороны жизни планеты: экономические, политические, социальные, культурные и др.

Основной задачей является создание гармоничного альянса в обитании различных жителей города, как по социальной, так и национальной и религиозной составляющей, делая упор на их всестороннее объединение в общество. Хотя при таком подходе мигрант испытывает значительную психологическую нагрузку в момент, когда он попадает в новую и малоизвестную ему среду и рядом с ним не оказывается людей в похожей

жизненной ситуации. В то же время мигрант, который не связан определенными этническими, социальными или религиозными корнями с подобными себе, быстрее и легче воспринимает новую среду и интегрируется в общество. Такое явление противоположно происходящему в группах со скоплением родственных мигрантов. Ведь при наличии себе подобных, потребность и желание в полной интеграции в новое общество пропадает, так как формируются «диаспоры», «общины» [14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильковский М.Б. Социология Архитектуры // 2010. С. 17.
2. ИОМ UN MIGRATION Международная организация по миграции Доклад о миграции в мире 2020 Мобильность людей и адаптация к изменению окружающей среды // 2020. С. 285.
3. Природно-климатические факторы, влияющие на принятие архитектурно-дизайнерских решений. Климат России и его влияние на архитектуру зданий. Как климат определяет архитектуру строения // Режим доступа: <https://kp-tts.ru/prirodno-klimaticheskie-factory-vliyayushchie-na-prinyatie-arhitekturno-dizainerskih-reshenii-klimat-rossi.html> Дата обращения 22.1.2021
4. Главные причины и факторы миграции населения в 2020 году // Режим доступа: <https://www.business-gazeta.ru/article/494188> Дата обращения 18.10.2021
5. Международная организация по миграции (МОМ) // Режим доступа: <http://migrantscontribute.com> Дата обращения 10.10.2021
6. Карева С.В. Центр региональных социологических исследований СГУ. ИЗ ДЕРЕВНИ В ГОРОД: ЭКСПЛИКАЦИЯ МОЛОДЕЖНЫХ ОРИЕНТИРОВ. Режим доступа : http://www.comk.ru/project/open_map/HTML/kareva_doc.htm Дата обращения 10.10.2021
7. Гнесь И.П. Принципы формирования социально - интегрированного жилья: сборник научных трудов «Опыт и перспективы развития городов Украины» // Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/ujrn/natural/dprmu/2008_15/15_Gnes.pdf Дата обращения 26.10.2021
8. Камалова К.В. Социальная основа формообразования современного городского жилища / Камалова К.В. // Современная архитектура мира: Вып.12 / Отв. Ред. Н.А. Коновалова. – М.; Спб.: Нестор-История, 2019.-С. 99.
9. Генералов В.П., Генералова, Е.М. Выявление отличительных особенностей понятий «комфорт проживания» и «комфортная жилая среда» // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. Вып. №2 (21). С. 85-90.
10. Сушков Ю.С. Миграция населения: закономерности, проблемы и пути их решения // М.; 2018. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsiya-naseleniya-zakonomernosti-problemy-i-puti-ih-resheniya> Дата обращения 28.10.2021
11. Каракова Т.В. Миграции населения и градостроительство: монография / Каракова Т.В. М-во образования Рос. Федерации. Самар. Гос. Архитектур.-строит. Акад. Самара: гос. Архитектур.-строит. Акад., 2002. С. 120.
12. Из публичной дискуссии Социальная сегрегация в городском пространстве Дидье Ла Пейрони 2013. // Режим доступа: <https://polit.ru/article/2013/06/23/segregation/> Дата обращения 28.10.2021
13. Электронное сетевое издание «Строительство.RU» Небоскребы в России: чего больше — плюсов или минусов ООО «Строймедиа» // Режим доступа: <https://rcmm.ru/arhitektura-i-proektirovanie/40342-neboskreby-v-rossii-chego-bolshe-plyusov-ili-minusov.html>
14. Филиппова Е. И. Компактные поселения мигрантов в России: «за» и «против», Федеральный образовательный портал. // Режим доступа: <http://ecsocman.hse.ru/data/783/692/1219/007.FILIPPOVA.pdf>
15. Камолов С.Г. Государственное управление в условиях глобализации, кризисной ситуации и зарубежных санкционных ограничений. Рецензия на учебник для бакалавриата и магистратуры «Государственное антикризисное управление» под редакцией доктора социологических наук, профессора Е.В. Охотского. Журнал «Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России» // 2017. т. 6. № 1. С. 74

ЦВЕТ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А. В. Налбандян¹, О. О. Смолина²

*Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет
(Сибстрин),*

¹*nastena.nalbandyan@mail.ru*

²*zelenoest-vo@mail.ru*

Аннотация

На сегодняшний день, проблема повышения эффективности труда является одной из важнейших. Быстрая и качественная работа на производстве – это то, к чему стремится любой руководитель, одним из методов является цветовое оформление интерьера и гармонизация рабочей среды. Данный метод, часто недооцененный, можно использовать в качестве здоровьесберегающей технологии на производстве. Эффективными исполнителями на производстве могут быть только психологически и физически здоровые люди, из чего можно сделать вывод, что колористика помещений при грамотном ее использовании создавать необходимую обстановку в помещении способствующую эффективной работе. В статье рассмотрены 3 варианта создания комфортных условий работы по средствам колористики, с целью повышения эффективности труда работников.

ВВЕДЕНИЕ

Французским врачом Марсело Ферре доказано, что цвет, который окружает работника на протяжении всего рабочего дня, напрямую связан с его эмоциональным и психофизиологическим состоянием, а также влияет на самочувствие. Проблема колористического оформления интерьера для различных сфер деятельности изучается довольно давно. Но, к сожалению, при строительстве, реконструкции и дизайне помещений цвет не всегда подбирается исходя из того, какое воздействие он будет оказывать на работника, какой производственный процесс происходит в данном помещении, какое количество времени работник будет находиться в нем, с каким материалом он будет работать. Чаще всего, цвет помещения не учитывается как фактор, влияющий на эффективность труда [1]. Ученым - психологам, эргономистам и физиологам удалось условно выделить «благоприятные» и «неблагоприятные» цвета для использования их в интерьерах на производстве [2]. Но, если производство имеет свою специфику, усложненные условия труда, такие как: высокая (или низкая) температура, сильное магнитное поле, стесненные условия труда, то все «стандартные» методики применения цвета в промышленном дизайне, становятся не применимыми. Усложненные условия труда вносят свои коррективы в самоощущение человека в пространстве, могут создавать излишнее напряжение или вызывать дезориентацию.

Для такого типа производств, в настоящее время, нет конкретных, структурированных рекомендаций или методик по колористическому решению, что негативно сказывается на работниках и их здоровье. Таким образом, **целью исследования** является, изучение влияние цвета на работников промышленного комплекса в усложненных условиях труда,(в условиях сильного магнитного поля), и предложение по колористическому решению интерьеров по следующим группам помещения: помещения с зоной активной зрительной работы; помещений с зоной обслуживания промышленного оборудования без ограничений по времени нахождения человека и с ограничениями. Изучение структуры применения цвета на производстве и его характеристик влияющих на психофизиологическое состояние работников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа, в данной статье, был выбран термоядерный комплекс «ТРИНИТИ» в городе Троицк, Россия. Комплекс является экспериментальной и научно-исследовательской площадкой по работе с термоядерными установками. Работники этого комплекса сталкиваются с работой в сильном магнитном поле, что сказывается на их состоянии здоровья. Для вариативного моделирования колористики помещений и анализа результата были выбраны следующие группы помещения находящиеся в испытательном корпусе:

1. *Помещение с зоной активной зрительной работы (1 тип)* – помещение, в котором происходит работа с документацией, в течении всего рабочего дня (8 часов).

2. *Помещение с зоной обслуживания промышленного оборудования (2 тип)* – помещение, в котором происходит запуск термоядерной установки из нерабочего положения, т.е. сильное магнитное поле, нарастает постепенно. Нет ограничений по количеству времени, которое сотрудник проводит на рабочем месте.

3. *Помещение с зоной обслуживания промышленного оборудования (3 тип)* – помещение, в котором, происходит обслуживание термоядерной установки в процессе работы, т.е. сильное магнитное поле действует непрерывно на протяжении всего рабочего процесса. Работу необходимо выполнить с минимально затраченным временем. Данные модели проанализированы по наилучшему сочетанию колористического решения стен, пола и потолка. Таблицы с характеристиками восприятия цвета представлены ниже (Табл.1-3). Анализ проведен с учетом того, что работа происходит в дневное время суток с естественным дневным светом.

Табл.1 Анализ цвета в помещениях 1 типа

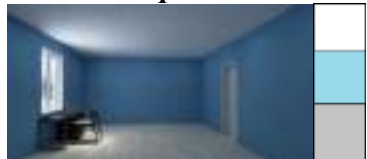




| Цвет | Требования к работнику | Положение цвета | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант |
|---|--|--|-----------|---|-----------|
| 1 вариант: | | 2 вариант: | | 3 вариант: | |
|  | |  | |  | |
| Красный | Происходит работа с документами, в течение всего рабочего дня (8 часов). Необходимо не отвлекаться, меньше уставать. | Стены | - | - | - |
| Оранжевый | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | - | - | - |
| Желтый | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | - | - | - |
| Голубой | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | - | - | - |
| Синий | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | + | - | - |
| Зеленый | | Пол | - | - | + |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | - | + | - |
| Фиолетовый | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| | | Стены | - | - | - |
| Розовый | | Пол | - | - | - |
| | Потолок | - | - | - | |
| | Стены | - | - | - | |
| Коричневый | Пол | - | + | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| | Стены | - | - | - | |
| Черный | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| | Стены | - | - | - | |
| Серый | Пол | + | - | - | |
| | Потолок | - | + | + | |
| | Стены | - | - | + | |
| Белый | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | + | - | - | |

Табл.2 Анализ цвета в помещениях 2 типа

| Цвет | Требования к работнику | Положение цвета | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант |
|-------------------|---|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| 1 вариант: | | 2 вариант: | | 3 вариант: | |
| | | | | | |
| Красный | Происходит запуск и обслуживание оборудования. Необходимо выполнять операции точно, меньше уставать | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Оранжевый | | Стены | - | + | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Желтый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | + | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Голубой | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Синий | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | + |
| | | Потолок | - | - | - |
| Зеленый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Фиолетовый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Розовый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| Коричневый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| Черный | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | + | - | |
| Серый | Стены | + | - | + | |
| | Пол | - | + | - | |
| | Потолок | + | - | + | |
| Белый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |

Табл.3 Анализ цвета в помещениях 3 типа

| Цвет | Требования к работнику | Положение цвета | 1 вариант | 2 вариант | 3 вариант |
|---|---|--|-----------|---|-----------|
| 1 вариант: | | 2 вариант: | | 3 вариант: | |
|  | |  | |  | |
| Красный | Происходит запуск и обслуживание оборудования. Необходимо выполнять операции быстро, точно, меньше уставать | Стены | - | - | - |
| | | Пол | + | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Оранжевый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Желтый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Голубой | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Синий | | Стены | - | + | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Зеленый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | + |
| | | Потолок | - | - | - |
| Фиолетовый | | Стены | - | - | - |
| | | Пол | - | - | - |
| | | Потолок | - | - | - |
| Розовый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| Коричневый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| Черный | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | - | - | |
| Серый | Стены | - | - | + | |
| | Пол | + | + | - | |
| | Потолок | + | - | + | |
| Белый | Стены | - | - | - | |
| | Пол | - | - | - | |
| | Потолок | - | + | - | |

Условные обозначения: «+» – цвет подходит для применения на данной поверхности. «-» – цвет не подходит для применения на данной поверхности или удовлетворяет не всем критериям гармоничного сочетания цвета в интерьере рабочего пространства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Огромное значение в эффективности труда работников играет цветовой климат. Понятие цветового климата можно трактовать так: рационально подобранное с учетом психофизиологических требований сочетание цветов в помещении [3].

Главными определяющими свойствами цвета являются характеристики: цветовой тон, насыщенность, яркость. *Цветовой фон* – указывает на группу, к которой принадлежит цветовой оттенок. *Насыщенность* – это доля в цвете чистого спектрального цвета. Со временем все окрашенные поверхности, находящиеся в зоне прямого воздействия солнечного цвета, уменьшают свою насыщенность, что тоже необходимо учитывать при выборе цвета для интерьера промышленного здания. *Яркость* – это величина коэффициента отражения. Глаз человека различает в солнечном спектре более 120 градаций по цветовому тону, более 70 - по насыщенности каждого тона и более 25 - по яркости, что в сумме дает свыше 25 тысяч различных цветов и оттенков. С точки зрения психофизиологии, *наиболее стимулирующее действие на организм человека имеют цвета средневолновой части спектра (590-495нм)*. В этом диапазоне находятся цвета: оранжево-желтый, желтый, желто-зеленый, зеленый, зелено-голубой, а также белый [4;5]

Исследователи в области колористики и цветопсихологии Г. Фрилинг и К. Ауэр [6], другие исследователи [7-11], классифицируют цвета по их психологическому воздействию на человека, выделяют следующие группы цветов:

Стимулирующие (теплые): красный, кармин, оранжевый, желтый;
Дезинтегрирующие (холодные): фиолетовый, синий, светло-синий, сине-зеленый;
Пастельные цвета: розовый, лиловый, пастельно-зеленый, серовато-голубой;
Статичные-чисто зеленый, оливковый, желто-зеленый, пурпурный; *Цвета глухих тонов*-серые

Каждый цвет имеет свою психофизиологическую характеристику (Табл.4), исходя из этого, можно сделать вывод о его воздействии на человека, а также можно проследить его взаимосвязь с остальными компонентами среды.

Табл. 4. Психофизиологическая характеристика цвета

| Цвет | Психологическое воздействие | Физиологическое влияние | | |
|------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | Давление | Пuls, дыхание | Мышечное напряжение |
| Красный | Повышает агрессию | Увеличивает | Ускоряет | Увеличивает |
| Оранжевый | Бодрит | Слегка увеличивает | Слегка увеличивает | Увеличивает |
| Желтый | Помогает сосредоточиться | Не меняет | Не меняет | Не меняет |
| Голубой | Успокаивает | Уменьшает | Успокаивает | Уменьшает |
| Синий | Снимает напряжение | Значительно уменьшает | Значительно уменьшает | Уменьшает |
| Зеленый | Снимает напряжение | Незначительно уменьшает | Незначительно уменьшает | Незначительно уменьшает |
| Фиолетовый | Угнетает | Сильно уменьшает | Сильно уменьшает | Сильно уменьшает |
| Розовый | Стимулирует | Слегка увеличивает | Слегка ускоряет | Слегка увеличивает |
| Коричневый | Устойчивый | Незначительно влияет | Незначительно влияет | Незначительно влияет |
| Черный | Строгий | Незначительно влияет | Незначительно влияет | Незначительно влияет |

| | | | | |
|-------|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Серый | Успокаивает | Незначительно влияет | Незначительно влияет | Незначительно влияет |
| Белый | Просторный | Незначительно влияет | Незначительно влияет | Незначительно влияет |

Учитывая все представленные характеристики цвета и проанализированные модели можно сделать вывод о том, что цвет на различных поверхностях в помещениях воспринимается по-разному, что влияет на самоощущение в пространстве [12].

В помещениях всех групп был использованы цвета:

Серый – серый цвет при использовании в интерьере становится фоновым, нейтральным цветом, что позволяет сосредоточиться на работе, не перетягивает внимание на себя. Лучше использовать его светлые вариации, т.к. темные оттенки цвета сужают пространство и могут создавать ощущение «давления». **Голубой** – создает ощущение легкости, способствует релаксации, помогает долгое время не уставать, снижает зрительную усталость, способствует продолжительной работе. **Белый** – визуально расширяет пространство и служит прекрасным фоном для любых акцентов. В интерьере создает ощущение прохлады, простора и чистоты, что благоприятно сказывается на работоспособности человека. **Коричневый** – применяя в покрытии пола, этот цвет создает ощущение «земли под ногами», создает тепло в помещении и кажется наиболее устойчивым, что в свою очередь помогает направить внимание на работу. **Зеленый** – этот цвет снимает визуальное напряжение. Создает ощущение гармонии, баланса, придает интеллектуальных и физических сил, повышает способность генерировать новые идеи. Подходит для помещений где изобретается или тестируется что-то новое. **Синий** – этот цвет действует на центральную нервную систему человека успокаивающе. Повышает продуктивность совместной работы, понижает артериальное давление, сердцебиение, облегчает дыхание. Создает ощущение простора. **Оранжевый и красный** – воздействуют на человека подобным образом. Стимулирует центральную нервную систему, что приводит к появлению энергии. Повышает аппетит. Рекомендуется применять в отдельных помещениях, более светлые вариации цвета. **Черный** – в промышленных зданиях при использовании в качестве цвета потолка, зрительно нормализует высоту помещения, (опускает высокий потолок промышленных зданий), а также маскирует находящиеся на нем коммуникации. Не рекомендуется применять его на стенах [13].

ВЫВОДЫ

Таким образом, в помещении 1 типа (Табл.1) из трех вариантов, наиболее рациональным был выбран 1 вариант (белый потолок, голубые стены, серый пол), как наиболее удовлетворяющий всем требованиям к работе в помещении данного типа. В помещении 2 типа (серый потолок, серые стены, синий пол), (Табл.2) из трех вариантов, наиболее комфортным для работы был выбран 3 вариант (серый потолок, серые стены, красный пол). Цветовое решение покрытия пола синего цвета успокаивает и повышает продуктивность умственной деятельности. В помещении 3 типа (Табл.3) из предложенных вариантов, наиболее комфортным выбран 1 вариант. Красный цвет покрытия пола как бы подводит работника к экспериментальной установке, (находящейся в центре зала), и одновременно указывает на опасность долгого нахождения в помещении. Так же, красный цвет приводит к появлению энергии, что положительно сказывается на работоспособности. Нейтральный цвет стен создает фон и не отвлекает от работы [14;15].

При подборе колористического решения помещения необходимо учитывать не только влияние цвета на человека, но и фактуру поверхности на которую он наносится. На гладкой фактуре любой цвет выглядит более интенсивным и его воздействие увеличивается. Наиболее благоприятным сочетанием будет однотонный, нейтральный фон в сочетании с более яркими акцентами.

Проанализировав предложенные колористические модели, можно сделать вывод о том, что с помощью колористики помещений, возможно, решить проблему эффективности труда на производстве. Модели позволяют понять, что при проектировании и реконструкции промышленных комплексов, вариативное моделирование поможет визуально оценить возможный результат и уже на этапе проектирования оценить комфортность среды и свести к минимуму понижающие эффективность труда факторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошкин Д. Ф. Принципы колористической организации объектов дизайна архитектурной среды: автореф. дис. соиск. учен. степ. к.арх. арх. наук: 18.00.01. - Казань, 2000. - 20 с.
2. Кухта М.С., Куманин В.И., Соколова М.Л., Гольдшмидт М.Г. Промышленный дизайн . - Томск: издательство Томского политехнического университета, 2013. - 312 с.
3. Повилейко Р.П. Человек. Машина. Красота: Техн. эстетика : Проблемы и практика - Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1969. - 176 с
4. Е. С. Агранович-Пономарева, А.А. Литвинова. Архитектурная колористика: Практикум. Уч. пособие / - Мн.: УП «Технопринт», 2002. - 37 с.
5. Панксенов Г.И. Живопись. Форма, цвет, изображение. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 184с.
6. Генрих Ф.; Ксавер А. Человек — цвет — пространство : Прикладная цветопсихология /; Сокращенный перевод с немецкого О. В. Гавалова. — Москва : Стройиздат, 1973. — 36 с.
7. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. Пер. с англ. – М. : «Архитектура-С», 2007. – 392 с.
8. Браэм Г. Психология цвета / Гарольд Браэм ; пер. с нем. М. В. Крапивкиной. – М. :Астрель, 2009. – 158.
9. Измайлов Ч. А. Психофизиология цветового зрения – М.: МГУ,1989. – 195 с.
10. Кувватов А. С. Искусство цвета Изд-е 2-е. – М. : 2007. – 258 с.
11. Цойгнер Г. Учение о цвете /– М. : Стройиздат, 1971. – 160 с.
12. Лапин Ю., Шехов Б. О комплексной эстетизации действующего предприятия, «Техническая эстетика», 1968, № 11; Эстетическая организация производственной среды. Вопросы производственной эстетики, М., 1972 (Тр. ВНИИТЭ, в. 3).
13. Нестеренко О.И. Краткая энциклопедия дизайнера – М.: Молодая гвардия,1994. – 312 с.
14. Брызгов, Н.В. Колористика. Цветовая композиция. Практикум. Учебно-методическое пособие / Н.В. Брызгов, А.В. Пахомова.–М.: Изд-во В.Шевчук, 2011.–230 с.
- 15.Иттен И. Искусство цвета / И. Иттен; пер. с нем. и предисл. Л.Мо-наховой.–М.: Аронов Д., 2007.–95 с.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРЫ МОДЕРНИЗМА

И. Б. Мельникова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
irinport@gmail.com*

Аннотация

Статья исследует тенденции развития одного из самых распространенных стилей в мировой архитектуре. Зародившийся в начале XX века, модернизм уже на первом этапе своего развития стал неординарным и ярким явлением, обратив на себя внимание наиболее передовой части архитектурного сообщества. После Второй Мировой войны его архитектура была реализована в колоссальных масштабах почти по всему миру за счет высокой степени индустриальности и стандартизации ее элементов. Однако столь широкое распространение модернизма привело к «выхолащиванию» его архитектуры, растворению стиля в бесконечном потоке бездумного копирования. Профессиональная аудитория стала терять к нему интерес, переключившись на поиски других стилевых направлений. Однако с 1990-х гг. модернизм снова выходит на мировую арену, обогатившись новой палитрой художественных приемов, базирующихся на развитии строительных технологий. Исследование произведений современного модернизма с анализом характерных для него принципов, трансформаций и привнесенных в последние десятилетия дополнительных черт помогут сориентироваться архитекторам в современном профессиональном пространстве и избежать слепого подражания и копирования популярных проектных приемов, случающихся при отсутствии серьезного понимания процессов развития стиля. Понимание основных тенденций развития стиля способно сформировать определенные прогнозы его дальнейшего развития.

ВВЕДЕНИЕ

Модернизм – стиль, наиболее распространенный в архитектуре XX-XXI вв. Сформировавшийся в начале XX века с вполне определенными принципами и постулатами, он подвергся некоторым трансформациям уже к началу 1960-х гг. Эти трансформации были связаны не только с развитием соответствующей своему времени технологической базы, но и с развитием общества в целом. Массовое распространение архитектуры модернизма в середине XX века привело к его «выхолащиванию», к размытости композиционных приемов, свойственных этому стилю и ярко декларированных на предыдущем этапе его развития в 1920-е гг. Он превратился просто в повсеместную индустриальную архитектуру, которую уже трудно было идентифицировать с каким-то определенным стилем. Казалось, так теперь будет всегда, и то, что в начале XX века так громогласно декларировали Ле Корбюзье, В.Гропиус, Л.Мис ван дер Роэ, М.Гинзбург и другие известные в архитектуре личности, уже стерлось и растворилось в процессе бесконечного поиска форм и приемов.

Практика преподавания основных направлений современной архитектуры показывает, что студенты легко ориентируются среди таких ярко выраженных стилей, как хай-тек, деконструктивизм, бионическое направление и т.д. Основные принципы модернизма 1920-х гг. у них тоже не вызывают затруднений. Но когда дело доходит до второй волны модернизма, начавшейся с конца 1950-х гг., - тут начинается «ступор». Вычленить, увидеть развитие тех принципов, что были заложены в 1920-е гг. уже практически никто не может. У студентов, да и не только у них, с этого момента в истории человечества все, что не хай-тек и не деконструктивизм – просто современная архитектура.

Если не понимать глубинные процессы развития современной архитектуры, то начинается слепое подражание и копирование наиболее популярных проектных приемов –

там, где надо и не надо, что приводит иногда к очень плачевным результатам в архитектурной практике. Изучение и вдумчивый анализ развития современных тенденций в архитектуре модернизма в целом способны сформировать достаточно точные прогнозы на будущее, сэкономить значительные ментальные и материальные ресурсы, расходуемые на поиск правильных направлений развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архитектура модернизма в первой фазе своего формирования и развития отталкивалась от повсеместного применения классицистических архитектурных форм и приемов как уже не отвечавших «правде жизни». Старые методы, также, как и старые стереотипы жизни, уже были тесны для нового уровня развития производительных сил и отношений. Общество настойчиво искало новый архитектурный язык, который отразил бы дух свободы, царивший в обществе начала XX века, желание организации простой и при этом функционально удобной жизни. Это отразилось в основных принципах новой эстетики: свобода компоновки пространства как отдельных объемов, так и застройки в целом; четкость функциональной организации здания с обязательным выявлением ее во внешней композиции здания; ориентация на новую технологическую строительную базу, выражавшуюся в использовании железобетонных каркасных конструкций. Революционный дух развития общества в целом отвергал все старые стереотипы жизни, что, естественно, отразилось в принципах новой архитектурной эстетики: геометризм, антидекоративизм, любование эстетическими возможностями новой бетонной техники, вплоть до того, что здания, построенные из кирпича, отделялись снаружи с имитацией бетона. Цвет, если и присутствовал, то вводился тоже «кардинально»: использовались открытые тона со сплошным покрытием отдельных поверхностей. Никаких «размытых» красок, растительных цветов, орнаментов не применялось – это все считалось отголоском старой, якобы изжившей себя эстетики. «Весь мир насилия мы разрушим до основания, а затем мы свой, мы новый мир построим – кто был ничем, тот станет всем» - эти хорошо известные старшему поколению слова гимна Интернационала очень точно отражают суть жизни начала прошлого века и один из принципов только сформировавшейся новой эстетики.

К характеристике стиля модернизм на первом этапе его развития следует добавить основные принципы проектирования зданий, сформулированные Ле Корбюзье в его книге «Лучезарный город» (1923г.) и получившие в то время абсолютно рецептурный характер [1]:

- здание должно быть на открытых столбах;
- иметь плоскую железобетонную кровлю-сад;
- свободная планировка внутреннего пространства здания за счет колонн каркаса;
- ленточное остекление;
- свободная композиция фасадов.

На первом этапе своего развития произведения модернизма не получили особо широкого распространения. Прежде всего – из-за слабого развития соответствовавшей на тот период индустрии бетонной техники. Однако после войны, когда экономика большинства европейских государств начала вставать на ноги, модернизм был реализован в колоссальных масштабах, прежде всего, за счет стандартизации заводских элементов, позволяя строить быстро и дешево при восстановлении жилых фондов стран, разрушенных войной.

Анализируя наиболее значимые произведения архитектуры модернизма на втором этапе его развития, можно обратить внимание на смягчение некоторых ранних догматичных принципов и появление новых приемов в композиционной организации объектов. Во-первых, архитектура модернизма теперь уже не столь рьяно отвергает исторический контекст с присущим ему масштабом и характером застройки. Во-вторых, жесткая геометричность элементов фасадных композиций также утрачивается, заменяясь

плавными изгибами крупных объемов и формами отдельных бетонных элементов. Примером может служить здание Секретариата ЮНЕСКО в Париже (1955-1958гг.), (рис.1).



а

б

Рис. 1. Здание Секретариата ЮНЕСКО в Париже (1955-58гг.) Арх. Б.Зерфюсс, М.Брейер, инж.П.Л.Нерви. а) Общий вид; б) козырек входа.

В архитектурной композиции этого сугубо модернистского здания можно видеть плавные изгибы объемов самого здания, сложно «вылепленный», почти скульптурный бетонный козырек входа в здание, демонстрирующий новые выразительные возможности бетонной технологии в конце 1950-х гг. Тот факт, что здание ЮНЕСКО считается с высотой и масштабом окружающей исторической застройки, говорит уже о внимании к историческому наследию.

Все вышеуказанное применимо к большинству общественных зданий этого периода, реализованных по проектам архитекторов-модернистов.

В конце 1970 – начале 1980-х гг. модернизм становится уже не интересен как ведущий архитектурный стиль. В-основном это произошло из-за сильной дискредитации его талантливых произведений распространением дешевой стандартизированной архитектуры. На смену ему приходит постмодернизм, который впоследствии распадется на отдельные школы, и далее сменится активным поиском нового архитектурного языка с появлением таких стилевых направлений, как хай-тек, деконструктивизм, различные биоморфические и органические течения. Тем не менее модернизм не сошел с архитектурной сцены совсем: он продолжал развиваться в менее «ответственных» зданиях, «наблюдая» за развитием разных стилей и стройиндустрии в целом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Итак, третья, современная волна модернизма условно начинается с 1990-х гг. и возвращается в архитектурную практику многочисленными яркими произведениями и именами, обогатившись палитрой новых архитектурных новаций, «подсмотренных» в других стилевых направлениях, развивавшихся в архитектуре, пока модернизм был «не в чести». Причем другие стилевые направления развивались параллельно с модернизмом. Уже к концу 1990-х гг. в западной архитектуре объекты разных стилей могли строиться одновременно на соседних площадках и мирно «уживаться» в одном квартале.

Модернизм – теперь уже неомодернизм – при сохранении основных постулатов стиля, подается несколько иначе. Во-первых, новые проекты модернизма не просто считаются с окружающей застройкой, а соотносятся с ней со всем тщанием. Если проектирование ведется на открытой местности – архитектура модернизма старательно вписывается в природный ландшафт, что раньше считалось приоритетом органической архитектуры, о чем неоднократно писал Ф.Л.Райт, считающийся основоположником

органической архитектуры [2]. Ярким представителем архитектуры неомодернизма 1990-х гг. является известный американский архитектор Р.Мейер. В его знаменитой многоплановой работе комплекса зданий по развитию науки и искусства «Getty Center» в Лос-Анджелесе (1984-1997гг.) присутствует абсолютно органическое вхождение комплекса в ландшафт, свойственное, скорее, Ф.Райту и А.Аалто (рис.2). Архитектура комплекса монохромна, выполнена в белом цвете, как и заложено в основных постулатах модернизма, но присутствие отделок натуральным камнем роднит его архитектуру с историческими стилями. Отдельные металлические элементы, выкрашенные в белый цвет, напоминают нам о знакомстве автора с хай-теком.



Рис. 2. Панорама Гетти-центра в Калифорнии (1984-1997гг.). Арх.Р.Мейер

Эмоциональная выразительность неомодернизма по-прежнему зиждется на геометризме форм и плоскостей, четкой функциональности внутреннего пространства зданий, при этом используя отдельные элементы, свойственные другим стилям. Архитектура модернизма теперь уже активно использует достижения стекольной промышленности, сильно шагнувшей вперед за два десятилетия. Неомодернизм теперь уже использует не просто ленточное остекление, а может выражать себя целыми стеклянными поверхностями и объемами, имеющими самые разнообразные оттенки напыления, зеркальности и даже цвета.

Еще одна новая черта неомодернизма – желание удивлять зрителя за счет высокой технологичности его архитектуры. «...В сегодняшнем модернизме приоритет принадлежит эстетике чуда...Функция зачастую реализует себя вне формы...», - заявляет знаменитый французский архитектор Ж.Нувель, которого можно также считать ярким представителем архитектуры неомодернизма [3]. Его здание Фонда Картье в Париже (1991-1994гг.) – это целая «фабрика» спецэффектов. Новейшие современные технологии, примененные Ж.Нувелем в здании Института арабского мира в Париже (1982-1987гг.) также используются для создания спец.эффекта во внутреннем пространстве (рис.3).



а



б

Рис. 3. Работы арх.Ж.Нувеля: а) здание Фонда Картье в Париже; б) интерьер Института арабского мира в Париже.

Желание удивлять, сохраняя при этом рационализм и экономичность в общем планировочном замысле, присутствует в работах молодого, но уже известного во всем мире голландского бюро MVRDV. Все «спецэффекты», эпатазирующие зрителя в жилом комплексе ВоЦоКо в пригороде Амстердама (1994-1997гг.) основаны на необходимости размещения заданного количества квартир определенных площадей. То, что жители квартир имели возможность выбора цветового решения своих балконов, соответствует принципам социализации проектных решений, заложенных в идеологию модернизма еще в 1920-е гг.

Эмоциональная выразительность неомодернистского жилого комплекса Мирадор в Мадриде (MVRDV, 2001-2005гг) основана на применении ярких и контрастных цветов в фасадной композиции. Неомодернизм в данном случае сохраняет свои принципы в использовании цвета, но делает это более смело, используя цвет не просто как дополнение к элементам фасада, а как средство формирования объемов здания (рис.4).



а



б

Рис. 4. Работы бюро MVRDV: а) Жилой комплекс ВоЦоКо. Амстердам; б) жилой комплекс Мирадор. Мадрид.

В жилом комплексе Силодум в Амстердаме (2002г) архитекторы бюро MVRDV применили принцип социализации пространства, предложенный еще Ле Корбюзье и М.Гинзбургом в начале XX века. В комплексе предусмотрены квартиры различных планировочных параметров, как говорится, на любой вкус и кошелек. При этом в комплексе предлагается организовать проживание людей разного уровня достатка под

одной крышей, с общим коммуникативным пространством [4]. Безусловно, это новая черта модернизма; получит ли она широкое распространение в современном мире – покажет история.

В последнее время в архитектуре модернизма наблюдается еще одна интересная черта: четкий геометризм фасадов и простое метрическое чередование плоскостных фасадных элементов дополняется введением декоративных орнаментов и рисунков. Особенно интересны в этом плане работы немецко-российского архитектора С.Чобана. Например, в здании бизнес-центра «Лангензипен» (2004-2006гг.) в Санкт-Петербурге простенки между проемами декорированы орнаментами, подражающими фрагментам лепнины старых исторических зданий. Фасады бизнес-центра «Бенуа» (2006-2008гг.) в Санкт-Петербурге имеют четкую геометрическую сетку окон со вставленными в простенки изображениями цветных фигур людей (рис.5).



а



б

Рис. 5. Работы арх.С Чобана в Санкт-Петербурге: а) бизнес-центр «Лангензипен»; б) бизнес-центр «Бенуа».

Этот прием декоративной орнаментальтики простых линейных поверхностей уже набирает большую популярность при проектировании крупных многоэтажных жилых комплексов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрев три этапа развития архитектуры модернизма в мировой практике, можно констатировать следующее. В произведениях модернизма на протяжении его развития преобладают рационализм и функциональность планировочного решения в целом. Удобство и комфорт внутреннего пространства по-прежнему на первом месте. Тектоника и логичность построения форм и пространства также в приоритете. Однако за время развития стиль обогатился новыми чертами: органичность вхождения в природный ландшафт, внимание к окружающему городскому контексту; композиции модернизма обогащаются яркими насыщенными цветами, возможно применение декоративных орнаментов и рисунков на плоскостях простых по геометрии объемов. Если вспомнить, что изначально модернизм категорически отвергал применение орнаментов, то теперь его произведения заботятся о своей эмоциональной насыщенности иногда исключительно таким образом. Социализация пространства в произведениях современного европейского модернизма – новая и при этом «хорошо забытая» черта стиля, которая, вероятно, будет иметь дальнейшее распространение. Бурное развитие различных стилевых направлений, заимствующих друг у друга художественные приемы, позволяет предположить, что модернизм способен вобрать в себя наиболее существенные из этих приемов и стать, наконец, общемировым стилем, о котором так давно грезил архитекторы. Если человеческое сознание кардинально изменится и выйдет за рамки существующего

привычного мышления, тогда, конечно, это повлечет за собой создание принципиально иной архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маклакова Т.Г. История архитектуры и строительной техники. Том 2. Современная архитектура: Научное издание, -М.: Издательство АСВ, 2009, с.31.
2. Гольдштейн А.Ф. Франк Ллойд Райт, М.: Стройиздат, 1973.
3. Рябушин А.В. Архитекторы рубежа тысячелетий. Книга первая: Лидеры профессии и новые имена. – М.: Издательство «Искусство –XXI век», 2010, с.370.
4. Рябушин А.В. Архитекторы рубежа тысячелетий. Книга первая: Лидеры профессии и новые имена. – М.: Издательство «Искусство –XXI век», 2010, с.87.
5. Архитектура Запада -4: Модернизм и постмодернизм. Критика концепций. ЦНИИТИА, М.: Стройиздат, 1986.
6. Гении современной архитектуры. Пер.с англ.Е.Кручины. М.: Издательство «Э», 2018.
7. Гутнов А.Э. Мир архитектуры: Язык архитектуры. – М.: Мол.гвардия, 1985.
8. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Т 2. – М.: Прогресс-Традиция, 2002.
9. Словесные конструкции: 35 великих архитекторов мира: Сборник статей /Под ред.Е.Микулиной. – М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2014.
10. Ткачев В.Н. Формула Леонардо. – М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2018.
11. Фремpton К. Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития / Пер.с англ.Е.А.Дубченко. – М.: Стройиздат, 1990.
- 12.Мельникова И.Б., Попов А.В. Модернизм как стиль в архитектуре. Основные этапы развития: учеб.пособие. / М.: Изд.АСВ, 2020.
13. Alan Powers. 100 Years of Architecture. Laurence King Publishing Ltd. 2016.
14. P.Gossel, G.Leuthauser. Architecture in the 20th Century. – Taschen, USA, 2012.
15. Richard Meier Architect. 1992/1999. Rizzoli International Publication, New York.
16. Сергей Чобан / 1997-2009. –ж. ТАТЛИН_МОНО, №2(15)71, 2009.

ЗДАНИЯ-МОСТЫ СО СПОРТИВНЫМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ НАПОЛНЕНИЕМ КАК РЕШЕНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Т. Р. Забалуева¹, А. В. Захаров²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*trzabalueva@yandex.ru*

²*zakharov.arkady@yandex.ru*

Аннотация

Рассматриваются здания-мосты над протяженными препятствиями в виде рек, оврагов, транспортных магистралей и территорий промышленных зон. Такие сооружения включают в себя автомобильную проезжую часть, соединяющую в единую городскую улично-дорожную сеть территории районов, разделенных указанными протяженными препятствиями, и этажи, предназначенные для размещения в них различных объектов инфраструктуры города. Одними из таких объектов являются объекты спорта. Размещение таких объектов требует проектной проработки архитектурных и конструктивных решений, от которых зависит их размещение в объеме здания-моста. Рассмотрению специфики этих сооружений со спортивной функцией посвящена настоящая статья. В статье представлена эволюция перекрытий больших пролетов и возникшая на этой основе типология зданий-мостов в зависимости от пролетов, которые ими перекрываются. Проведен выбор типов зданий –мостов, в которых есть возможность размещения спортивных объектов. Также предлагаются примеры проектных решений зданий-мостов, включающих спортивные объекты.

ВВЕДЕНИЕ

В МГСУ на кафедре Архитектуры много лет ведется работа по исследованию принципов проектирования зданий –мостов в структуре крупных городов. Эти сооружения выделяются не только своими габаритами, но функциональным назначением[1,2,3,4]. Важным фактором в градостроительном отношении является также роль зданий -мостов, как элементов повышающих устойчивость архитектурной среды. Эти сооружения меняют городскую ткань в сторону улучшения состояния тех территорий, которые в настоящее время представляют собой зоны с испорченной экологией[5] и низким уровнем качества застройки[6]. Такими территориями являются железнодорожные пути, часто рассекающие город от центра до его периферии, сортировочные станции, трамвайные и железнодорожные депо [7], промышленные зоны [4] и т.п. Убрать из городской ткани в настоящее время все эти техногенные факторы невозможно. Преобразовать их во многом можно с помощью зданий-мостов.

Здания- мосты относятся к надземным большепролетным зданиям (НБЗ) [1]. Эти сооружения подняты над землей и вторично используют уже занятые на земле территории (Рис.1).



Рис.1 Здание-мост с использованием вантовой конструкции в районе железнодорожной станции Лось. Арх. А.Демьяненко

Здания –мосты выполняют две принципиально важные для городов функции. Как уже отмечалось, первая – это транспортная связь районов и микрорайонов, разобщенных различными протяженными препятствиями техногенного или природного характера такими, как автомагистрали или железнодорожные пути[8,9,10,11], а также овраги и реки. Вторая функция – это возможность получения для города больших арендных площадей. Известно, что в крупных городах под новую застройку в настоящее время почти не осталось свободных территорий[12]. Таким образом, здания –мосты помогают решить эту проблему, позволяя разместить в своем объеме большое количество самых разнообразных по функциональному назначению объектов. Это может быть жилье, общежития, гостиницы, объекты торговли и сферы обслуживания, административные и офисные организации, объекты развлечений и отдыха населения и т.д. Исключение составляют некоторые объекты медицины и детские учреждения.

Наиболее востребованными населением остаются спортивные объекты, которых часто не хватает, особенно рядом с жилой застройкой. В данной статье автор представляет краткое изложение исследования возможностей размещения в зданиях-мостах спортивных объектов. С целью выявления типов зданий-мостов, пригодных для размещения спортивных объектов, авторами был проведен анализ эволюция конструкций большепролетных перекрытий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно, величины пролетов конструкций перекрытий связаны с их строительной высотой[13]. Теория и практика показывают, что для балочных перекрытий, то есть опирающихся по двум сторонам, их надежность обеспечивается при отношении строительной высоты к пролету, как $<1/20$, а для плит опертых по контуру, как $<1/40$. Так комната шириной 3 метра должна иметь толщину плиты перекрытия 0,15 метра, что составляет 5% от высоты помещения или, приблизительно, этажа жилого здания. Нагрузка от собственного веса такого перекрытия составляет около 3500кг/м^3 . При ширине помещения, например, в общественном здании в 20 метров, толщина перекрытия должна составить 1 метр, вес 2500 кг/м^3 , т.е. одну треть от высоты этажа в 3 метра и четверть от высоты этажа в 4 м. Естественно, вес такого перекрытия не приемлем и часть объема здания, занимаемая перекрытиями, равная 25% от высоты этажа, также вызывает возражения. Железобетонные перекрытия помещений шириной в 20 метров делают ребристыми, сокращая их вес до $500\div 700\text{ кг/м}^3$. В башнях –близнецах Нью-Йоркского Всемирного торгового центра, разрушенных терактами 11 сентября 2001 года, вместо сплошных железобетонных ребер плит перекрытий были применены сквозные, в виде стальных ферм, верхние пояса которых вбетонены в плиту. В результате, вес перекрытий снизился до 250 кг/м^3 , а объем межреберного пространства стал использоваться для

прокладки инженерных и санитарно-технических коммуникаций, что существенно повысило возможности свободы планировки на этажах. В таком виде строительная высота перекрытий стала приемлемой для мирового сообщества архитекторов и строителей. Перекрытия такого типа называли сталежелезобетонными. Однако, дальнейший рост строительной высоты перекрытий описанным способом оставался все таки неудобным.

Вторым способом увеличения пролетов стали, так называемые, конструкции «несущих этажей», высота «ребер» которых выросла до высоты этажа, что сделало их ограждающими конструкциями помещений. Таким образом, несущий этаж представляет собой коробчатую конструкцию из скрепленных плит перекрытий и стен. Строительная высота такой конструкции равна высоте этажа, что позволяет осуществлять пролеты в десятки метров, однако экономически целесообразными пролеты бывают в 3÷ 10 строительных высот, то есть в 30÷ 70 метров.

Для достижения больших пролетов необходимо в их строительной высоте разместить возможно большее количество этажей. Такие конструкции собственно называются зданиями-мостами.

Таким образом, в арсенале архитектора имеется ряд из трех принципиальных конструктивных решений большепролетных зданий: малопролетные до 20 метров, среднепролетные 30÷ 70 метров, и большепролетные – 100 и более метров.

При рассмотрении возможностей использования объектов спортивного назначения в зданиях-мостах необходимо обратиться к конструктивным системам этих сооружений[13], т.к. их параметры существенно влияют на выбор объектов спорта. По конструктивным особенностям здания-мосты можно подразделить на три типа: малопролетные с пролетом до 25 м, среднепролетные с пролетом до 50 м и большепролетные с пролетом в 100 и более метров. У всех конструктивных решений опоры располагаются по двум сторонам от препятствия, которое они перекрывают. В малопролетных мостах применяются в качестве несущих конструктивных элементов металложелезобетонные перекрытия пролетами 20-25 м. Наиболее приемлемыми по функциональным конструктивным и технологическим соображениям в настоящее время являются габариты по длине, ширине и высоте 20x2x1 метр. Набирать эти конструктивные элементы перекрытий можно в любом количестве, создавая при необходимости из моста платформу.

В среднепролетных зданиях- мостах используется конструктивное решение «несущего» этажа, которое является жесткой пространственной коробкой с поперечными стенками, располагаемыми на расстоянии от 3-х до 4.5 м. Под каждым «несущим» этажом образуется этаж, свободный от промежуточных опор, что позволяет разместить в его объеме крупногабаритные помещения.

Большепролетные здания-мосты представляют собой многорешетчатые фермы, в поперечном направлении между которыми размещаются «несущие» этажи. Однако необходимо отметить, что большепролетные здания –мосты достаточно дорогостоящи и могут быть применены там, где градостроительные и финансовые условия требуют и позволяют возвести подобное сооружение.

В нашем случае мы остановимся на малопролетных и среднепролетных зданиях-мостах, которые возможно возводить в условиях жилой застройки, прилегающей к препятствию, и которые позволяют инвесторам совместно с администрацией города осуществить строительство таких сооружений. Возможности именно этих типов зданий-мостов будут рассмотрены для размещения в них спортивных объектов.

Спортивные сооружения делятся на две группы в зависимости от их размещения в городской среде: открытые или закрытые[14]. В связи с климатическими условиями почти на всей территории страны за исключением совсем южных районов, находящихся в 3 и 4 климатических зонах, эксплуатация открытых спортивных объектов затруднена в холодный период года. В основном наиболее распространены в стране закрытые спортивные объекты, причем даже большие спортивные арены пытаются обеспечить

козырьками или раздвижными покрытиями, чтобы продлить период эксплуатации. Таким образом, для анализа возможностей использования спортивных объектов в зданиях – мостах будут рассматриваться только закрытые.

Общегородские спортивные сооружения не рассматриваются по причине их больших габаритов. Межрайонные и районные спортивные сооружения обеспечивают население в радиусе 700-1200 м. Микрорайонные спортивные сооружения обеспечивают население повседневными потребностями в спорте и размещаются в жилых группах и микрорайонах. Их радиус доступности не более 500 м. Таким образом, это именно те группы спортивных объектов, которые могут рассматриваться в нашем случае.

Остается выяснить, какие из предлагаемых видов спорта могут быть размещены в объемах зданий- мостов, исходя из конструктивных ограничений этих сооружений[15]. Поля для футбола, гандбола и хоккея на траве можно сразу исключить из рассмотрения, т.к. их габариты по длине превышают 50 м, что не соответствует конструктивным возможностям по размерам перекрываемого пролета малопролетных и среднепролетных зданий- мостов. Исключить можно также беговые прямые, круговые дорожки и дорожки для бега с препятствиями на дистанцию; места для прыжков и для метания снарядов, диска, молота и копья; сооружения для лодочного спорта, искусственные лыжные трассы и спортивные стрельбища.

Площадки для групповых игр (волейбол, баскетбол), а также для тенниса и бадминтона могут быть включены в здание-мост в том случае, если обеспечивается высота помещения в 6-7 м. Для размещения в зданиях-мостах площадок для бокса, различных видов борьбы, площадок для фехтования нет ограничений и они могут быть вписаны в конструкцию здания-моста. Обыкновенный каток или малый каток для фигурного катания 43 x 26 x 6 также могут быть вписаны в объем здания-моста, а вот полноценное хоккейное поле разместить не удастся, т.к. его габарит 60x30 м.

Что касается водных видов спорта, то любой детский бассейн, бассейн с 25 метровой дорожкой и даже небольшой аквапарк могут быть размещены в объеме здания-моста. Очень хорошо расположить в объеме здания-моста любые помещения для занятий фитнесом или для детских спортивных школ, за исключением уже упомянутого футбола и лыжных видов спорта. Естественно, что для занятий акробатикой или ЛФК вполне достаточны размеры помещений, предоставляемых зданием-мостом.

В результате можно привести несколько примеров планировочных решений с использованием в качестве функционального наполнения здания- моста спортивными объектами.

Так для малопролетных мостов представлены планировочные решения с помещениями для занятий боевыми искусствами, борьбой, тяжелой атлетикой и волейболом. Каждый из представленных вариантов учитывает возможные габариты помещений, которые можно получить в конструкции малопролетного здания-моста и необходимое функциональное обеспечение соответствующего вида спорта (Рис.2).

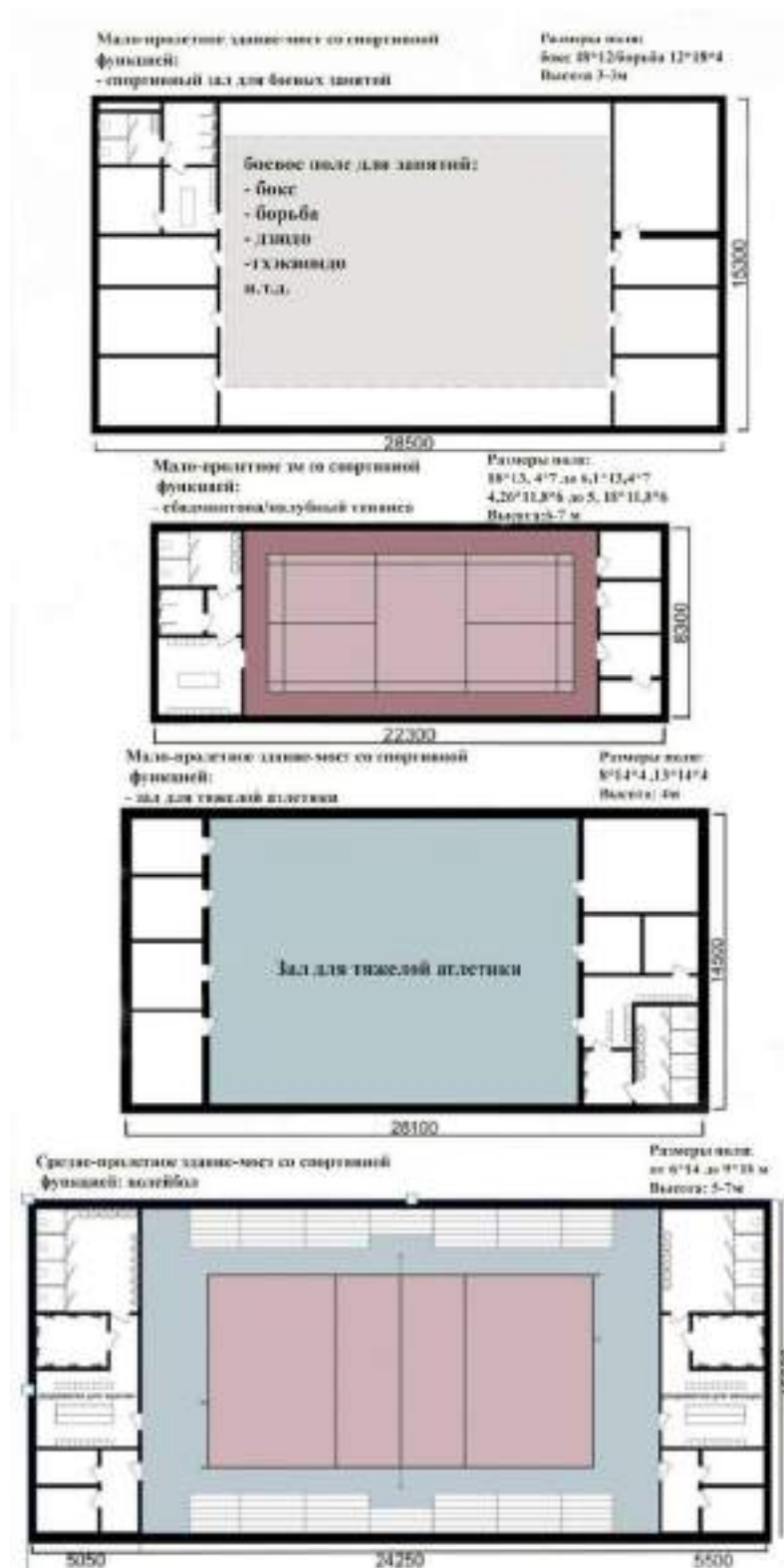


Рис. 2 Возможные варианты планировочных решений для малопролетных зданий - мостов со спортивными объектами. Арх. Кайсарова Л.Х.

Для среднепролетных зданий –мостов предлагаются варианты с другими видами спорта: различные виды тренажерных залов, баскетбол, каток и бассейн.

Примеры пространственных решений зданий –мостов иллюстрируют композиционную значимость этих объектов в городской среде. Сравнительно большие объемы этих сооружений являются доминантами в окружающей застройке. Здание-мост через железнодорожные пути, представленный на рис. 3, транспортно соединяет Большую

Бутовскую и Мценскую улицы в Москве. Здание –мост дает возможность сквозного проезда между двумя районами Южного Бутова, разделенных железной дорогой, что позволяет разгрузить Варшавское шоссе от большого количества автомобилей стремящихся попасть в жилой массив Южного Бутова. Одновременно городская среда, застроенная однообразным жильем, получает композиционную доминанту, формирующую привокзальную площадь, расположенную со стороны Большой Бутовской улицы. Здание –мост включает систему борцовских залов, дающих возможность пополнить спортивными объектами большой жилой район.



Рис.3 Здание- мост через железнодорожные пути, соединяющее Большую Бутовскую и Мценскую улицы , с системой борцовских залов

ВЫВОДЫ

В заключение можно отметить, что исследования, проводимые в области создания зданий-мостов служат решению проблем урбанизированных территорий городов: снижению транспортных проблем и снижению связанных с этим экологических загрязнений, обеспечению городов дополнительными площадями для социально-общественных нужд и повышению комфортности среды обитания населения. Здания- мосты со спортивной функцией занимают в плеяде этих сооружений достаточно большое место. Во-первых, в стране существенно не хватает спортивных объектов для занятий спортом населения, во-вторых, здания-мосты могут предложить возможность размещения в своих объемах множества помещений для самых разнообразных видов спорта, которые востребованы населением именно с возможностью ближайшей доступности для повседневного использования.

Таким образом, возведение зданий-мостов со спортивной функцией является актуальной задачей. Возможность привлечения к этому строительству не только государственных ресурсов, но и инвесторов, заинтересованных в получении арендных площадей в собственное пользование на длительные сроки или на постоянной основе, повышает реальность возведения подобных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочешкова Е.И., Забалуева Т.Р. Исследование возможностей применения новых типов зданий, использующих пространство над занятыми территориями в городской застройке. //Вестник МГСУ 2009 №3, С.66-70
2. Забалуева Т.Р., Захаров А.В., Демина А.С. Отели почасового пребывания пассажиров в зданиях-мостах // Промышленное и гражданское Строительство 2014, №9, С.51-53
3. Флейшман С.Л., Забалуева Т.Р. Малопроектные здания-мосты с парковочной функцией как альтернатива индивидуальным гаражам. //Промышленное и гражданское строительство. М., 2018. № 4. С. 50-55.Режим доступа: <http://www.pgs1923.ru/russian/rindex.htm>
4. Плотникова Н.И. «Обитаемые» мосты. Роль и место в историческом формировании городского контекста // Architecture and Modern Information Technologies. – 2009. – № 2.– С. 7-18. – Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2009/2kvart09/Plotnikova/Article.php>
5. Экология на железнодорожном транспорте. Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/4701286/>

6. Кочешкова В.И., Забалуева Т.Р., Захаров А.В. Возможности освоения нерационально используемых городских пространств// Жилищное строительство, 2011, №1 С.10-13.
7. Ларина Н.А. Железнодорожные территории – перспективы для развития города Москвы // Architecture and Modern Information Technologies. – 2014. – №3(28). – С. 6-21.– Режим доступа: https://marhi.ru/AMIT/2014/3kvart14/PDF/AMIT_28_larina_PDF.pdf
8. Забалуева Т.Р., Захаров А.В., Кочешкова. Здания-мосты -решение проблемы автомобильных пробок в крупнейших городах// Промышленное и гражданское Строительство 2013, №9, С 32-35
9. Захаров А.В., Флейшман С.Л. Совершенствование улично-дорожных сетей посредством зданий-мостов. // Промышленное и гражданское Строительство №6, 2016 г С.52-55
10. Бахирев И.А. Развитие планировочной и функциональной улично-дорожной сети в Москве / И.А. Бахирев, Т.В. Сигаева, С.С. Кракович // Genplanmos.ru. – Режим доступа: https://genplanmos.ru/scienceArticle/razvitie_planirovочноy_i_funkcionalnoy_ulichnodorozhnoy_seti_v_moskve/
11. Кузьмич С.И., Федина Т.О.Транспортные проблемы современных городов и моделирование загрузки улично-дорожной сети//»Известия Тульского государственного университета. Технические науки» 2008, №3
- 12.Сергеева К.Л. Варианты решения проблемы нехватки территорий под застройку. С.1.Режим доступа:<http://elib.sfu-kras.ru/> <http://readera.org/>
13. Захаров А.В. Конструктивная основа НБЗ и их экономическое обоснование.// Инновации и инвестиции.2020 С 251-256.
14. СП 332.1325800.2017 Спортивные сооружения [электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/556793895>
15. Виршилло Р., Бжуховский Ю., Вейхерт К. Спортивные сооружения//. Проектирование и строительство, 1968

БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ БИОСФЕРНОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. МОСКВА)

Н. В. Бакаева¹, Д. Б. Терешенко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*natbak@mail.ru*

²*tereshenkodiana@gmail.com*

Аннотация

Крупные города растут экспоненциально, в численных показателях, создавая все условия для увеличения жилого фонда и количества городского населения. Данный фактор становится одной из основных причин нарушения баланса биотехносферы на территориях субъектов Федерации, городских и сельских поселений и их образований, и впоследствии на всей планете. Экологический дисбаланс возникает, прежде всего, из-за неразумного потребления и распределения ресурсов урбозкосистем, и как следствие - нарушения гуманитарного баланса на территории поселения. В данной работе, опираясь на принципы концепции биосферосовместимого города, произведен анализ устойчивости развития территории города Москвы посредством определения необходимого и предоставляемого окружающими экосистемами количества природных ресурсов, необходимых для удовлетворения потребностей населения. Полученные данные показали, что для достижения гуманитарного баланса биотехносферы необходимо, чтобы соотношения между его составляющими сопровождалось прогрессивным развитием Биосферы региона, а также необходимыми пропорциями (в идеале золотыми пропорциями) природных и искусственных систем.

ВВЕДЕНИЕ

В истории человечества известны балансы производительных сил, балансы рабочих мест и др. Поскольку человек – это элемент Биосферы, он, воздействуя на нее через свою жизнедеятельность, может сокращать или увеличивать размеры Биосферы региона. С этих позиций для каждого города принципиально важно закрепить объемы изымаемых природных ресурсов, чтобы в будущем их не превышать и по-возможности сократить, а также зафиксировать уровень развития человеческого потенциала, чтобы оценивать эффективность управления городскими территориями. Стратегия бесконтрольного роста жилого фонда увеличивает не только площадь урбанизированных территорий, но и спрос на природные ресурсы окружающих экосистем. В условиях, где численность людей и объемы техносферы превышают способность Биосферы региона к их симбиозу невозможно говорить о биосферосовместимом городе. Напротив, в таких обстоятельствах возрастает риск возникновения чрезвычайных происшествий, как: загрязнение воды, почвы и воздуха; болезни людей, растений и животных; техногенные и природные катастрофы; борьба людей за плодородную землю, продукты питания и жилище в форме революций и войн.

Советский эколог Николай Фёдорович Реймерс подчёркивал, что «урбозкосистема – это неустойчивая природно-антропогенная система, состоящая из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем». Из определения видно, что с одной стороны урбозкосистема создает условия для жизни человека, а с другой – уничтожает природные ресурсы, которые необходимы для людей [1].

Данную проблему впервые в 1972 году вынесли на большую аудиторию в докладе Римскому клубу. Результатом работы стала компьютерная модель World3, с помощью которой удалось сформировать 12 основных сценариев развития человеческой жизни на планете Земля. Итог у каждого варианта был различен, но смысл один – если люди не придут к рациональному потреблению и ограничению потребностей, ресурсы планеты кончатся [2].

Если в 1972 году заявление о наличии определенных «пределов роста» приняли со скептицизмом, то на сегодняшний день тема нарушения баланса биотехносферы очень актуальна [3].

Прогрессивное гармоничное развитие биотехносферы возможно в условиях четко выстроенных алгоритмов удовлетворения потребностей людей, где нет лишних ресурсов и нуждающихся жителей. Разумная интеграция деятельности человека в окружающую среду и выстраивание гармоничных отношений между обществом, личностью каждого человека и природой позволит добиться удовлетворения потребностей каждого человека без ущерба для экологии планеты [4].

Упомянутая Ильичёвым В.А. в работе [5] система мест удовлетворения потребностей населения подразумевает механизм, позволяющий удовлетворять потребности жителей в жилище, питании, лечении, воспитании, обучении, работе, спорте, отдыхе, безопасности и др. Представленная система выстраивается городским управлением, и качество ее будет зависеть от возможностей самого города. Например, система мест проживания будет зависеть от объемов и расположения жилого фонда в городской среде, а система мест образования – наличия доступных школ, детских садов и других общеобразовательных учреждений.

Для выстраивания системы мест удовлетворения потребностей и поддержания жизнедеятельности своих жителей городу нужны природные ресурсы, которые он изымает у окружающих экосистем. В докладе концептуальной рабочей группы по «Оценке экосистем на пороге тысячелетия» такие процессы называются экосистемными услугами, т.е. услугами, которые природа дает населению планеты [6].

Если процесс по взаимодействию города и природных экосистем выстроить рационально с точки зрения потребления и возмещения ресурсов, то биотехносфера будет находиться в состоянии баланса ее составляющих [7]. Наиболее удачные отношения между урбоэкосистемой города и составляющими её экосистемами, позволяющие достигать баланса биотехносферы, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема баланса биотехносферы

Взаимодействие между двумя системами подразумевает следующее. Если природная экосистема отдает часть ресурсов, то город должен постараться их возместить или поддержать в прежнем состоянии.

Очевидно, что баланс будет нарушен, если взаимодействие между системами отсутствует (рисунок 2).

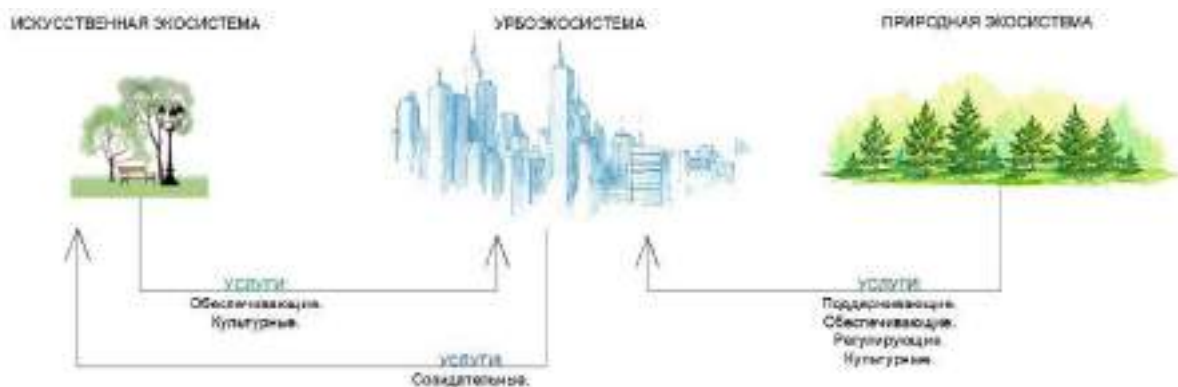


Рисунок 2. Схема дисбаланса биотехносферы

Из схем рисунков 1 и 2 видно, что неправильно выстроенные отношения между природными и урбанизированными системами приводят к нарушению баланса. Дисбаланс может происходить из-за количества потребителей, превышающего возможности биотехносферы. Установить взаимосвязь ресурсов биосферы, потребностей человека и мест удовлетворения этих потребностей позволяет гуманитарный баланс, разработанный в рамках концепции биосферосовместимого поселения [8]. Гуманитарный баланс Биотехносферы – это система уравнений, устанавливающая количественные нормативные соотношения [8]:

а) между потенциалом Жизни Биосферы, численностью населения и числом мест удовлетворения потребностей населения в регионах;

б) между потребностями людей и техносферы в ресурсах Биосферы и возможностью Биосферы регионов удовлетворять эти потребности.

Город может полноценно развиваться только при достижении баланса биотехносферы. Если не хватает мест удовлетворения потребностей, то наступает неразумное потребление ресурсов экосистем, если мест удовлетворения потребностей больше, чем потенциальных потребителей, то наступает перерасход ресурсов [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск модели биосферного сбалансированного сосуществования урбанизированных территорий и их природного окружения может быть рассмотрен в рамках концепции биосферосовместимого города и ее принципа – гуманитарного баланса Биотехносферы. В качестве составляющих баланса принимаются не только природные ресурсы, но и городские, которые представляют собой систему мест удовлетворения потребностей. Количество природных ресурсов в виде воды, природного газа, воздуха и количество городских ресурсов определены расчетным методом на основе статистических данных для отдельно взятого региона – Московской агломерации. Также на примере города Москва выполнен расчет необходимого количества ресурсов для сбалансированного сосуществования населения в течение одного года.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В городе Москва по данным Росстата за 2021 год проживает 12 655 тыс. человек, обладающих определенными потребностями.

В первую очередь, нами произведен расчет количества мест удовлетворения потребностей исходя из количества жителей [10]. Примем, что в г. Москва проживает 10 268 тыс. человек в возрасте от 19 до 99 лет и 2 387 тыс человек в возрасте от 0 до 19 лет. Для данных категорий жителей необходимы такие места удовлетворения жизненных потребностей, как: наличие жилья, мест обучения, рабочих мест, больничных мест и мест общественного питания. Все расчетные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Требуемое и существующее количество мест удовлетворения потребностей [10,11,12].

| № п/п | Тип места | Существующее количество | Требуемое количество | Примечание |
|-------|--|-------------------------|----------------------|--|
| 1 | Жилой фонд города, м ² | 282 216 917 | 227 790 000 | Из учета 18 м ² на 1 человека |
| 2 | Места в школах | 1 369 000 | 1 074 150 | 45% от всего кол-ва детей |
| 3 | Места в детских садах | 454 779 | 1 312 850 | 55% от всего кол-ва детей |
| 4 | Места в больницах | 1 173 100 | 1 265 500 | 10% от всего населения |
| 5 | Места общественного питания, чел в год | 481 800 000 | 50 620 000 | Из учета 2 похода в кафе в месяц на 2 час для 1 чел. |
| 6 | Рабочие места | 7 921 000 | 8 145 000 | Для жителей в возрасте от 18 до 65 лет |

Из полученных данных видно, что на территории города Москва наблюдается недостаток городских ресурсов в виде количества мест удовлетворения потребностей. Нехватка общеобразовательных и здравоохранительных учреждений сказывается на ухудшении качества городской среды за счет снижения обеспеченности объектами образования, увеличения безработных, повышении смертности и увеличении количества людей, находящихся за порогом бедности. Жилой фонд, наоборот, превышает потребности, что создает условия для коммерциализации жилья, создавая тем самым приток новых горожан. Таким образом, число потребителей в городе может увеличиться, но уровень качества жизни станет ниже за счет нехватки городских ресурсов и нарастания конкуренции в борьбе за ними [13].

Далее по системе уравнений гуманитарного баланса [5] произведен расчет необходимого количества природных ресурсов, участвующих в жизнедеятельности людей: воздух, вода, природный газ. Стоит отметить, что в системе уравнений Биосфера региона разделена на три части. При этом первая и вторая части не являются природным ресурсом для человека. Эти части направлены только на удовлетворение потребностей экосистем Земли. Третья часть биосферы региона полностью связана с удовлетворением потребностей людей. Она, как и две другие, состоит из основного запаса ресурсов и резервного. Основной запас ресурсов третьей части включает в себя:

- ресурсы для удовлетворения потребностей людей – $B_{3ол}$;
- ресурсы для удовлетворения потребностей техносферы – $B_{3от}$;
- количество ввозимого ресурса в район – $B_{3ов}$;
- количество вывозимого ресурса из района – $B_{3ои}$;
- количество уничтожаемого ресурса посредством загрязнения окружающей среды – $B_{3од}$.

Количество ресурсов, необходимых для удовлетворения потребностей людей определяется по формуле:

$$B_{3ол} = P_{л} \times L, \quad (1)$$

где $P_{л}$ (ед. на 1 чел. в год) – средняя потребность одного человека в год в рассчитываемом природном ресурсе;

L (чел.) – среднегодовая численность людей в рассматриваемом районе, тогда общая потребность всех людей в рассчитываемом природном ресурсе.

Потребность техносферы в рассчитываемом природном ресурсе:

$$B_{3от} = P_{т} \times T, \quad (2)$$

где P_T (ед. на ед. тех. в год) – средняя потребность единицы техносферы в год в рассчитываемом природном ресурсе;

T (ед.) – среднегодовое количество единиц техносферы (мест удовлетворения потребностей людей).

Расчетные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Количество материальных ресурсов, необходимых для жителей г. Москва [14,15].

| Вид ресурса | Ед. изм. | $B_{3ол}$ | $B_{3от}$ |
|---------------|----------|--------------------|--------------------|
| Воздух | m^3 | $55,43 \cdot 10^9$ | $42,68 \cdot 10^9$ |
| Природный газ | m^3 | $9,24 \cdot 10^8$ | $7,11 \cdot 10^8$ |
| Вода | m^3 | $90,07 \cdot 10^7$ | $69,36 \cdot 10^7$ |

Стоит отметить, что город Москва является полностью зависимой урбозкосистемой, поэтому все ресурсы, потребляемые жителями, являются ввозимыми. С помощью статистических и расчетных данных удалось определить:

- ежегодно Москва потребляет 23 млрд. кубометров природного газа;
- станции водоподготовки ежегодно производят $2,32$ млрд. m^3 воды;
- ежегодно жителям Москвы требуется $98,11$ млрд. кубометров кислорода, который берется из прилегающих районов.

Количество ресурсов, уничтожаемых за счет загрязнения окружающей среды, выявить сложно в связи с бесконечным количеством факторов, но учитывая некоторые из них:

- примем, что 5% от всего количества природного газа ввозимого в Москву приходится на утечки и промышленные потери;
- ежегодно в реки Москвы сливается $1,1$ млрд. m^3 сточной воды (бытовая, промышленная и ливневая канализации);
- весь кислород, попадающий на территорию г. Москвы, поддается воздействию вредных веществ, поэтому $98,11$ млрд. кубометров деградирует за счет загрязнений [14,15].

Так как г. Москва является полностью зависимой урбозкосистемой, ни один из рассматриваемых ресурсов не будет вывозиться из района.

Расчетные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Количество ввозимых, вывозимых и деградирующих материальных ресурсов.

| Вид ресурса | Ед. изм. | Количество ввозимого ресурса в район $B_{3ов}$ | Количество вывозимого ресурса из района $B_{3ои}$ | Количество деградируемого ресурса посредством загрязнения окружающей среды $B_{3од}$ |
|---------------|----------|--|---|--|
| Воздух | m^3 | $98,11 \cdot 10^9$ | 0,00 | $98,11 \cdot 10^9$ |
| Природный газ | m^3 | $230,00 \cdot 10^8$ | 0,00 | $11,50 \cdot 10^8$ |
| Вода | m^3 | $232 \cdot 10^7$ | 0,00 | $110 \cdot 10^7$ |

Из расчетных данных видно, что количество природного газа и воды, попадающее в г. Москва намного превышает потребности людей. Это связано с хозяйственной деятельностью города, которая направлена на создание комфортных условий проживания.

Так как ресурсы первой и второй частей биосферы использовать невозможно, то в настоящем исследовании они определены некой константой и в расчете учитываться не

будут. Тогда сумма рассчитываемого природного ресурса основного сектора третьей части биосферы района:

$$B_{30} = B_{30л} + B_{30т} + B_{30и} + B_{30д} + B_{30в}, \quad (3)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Количество ресурсов, входящих в третью часть биосферы.

| Вид ресурса | Ед. изм. | B_{30} основная часть | $B_{3р}$ резервная часть | Итого |
|---------------|----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Воздух | м ³ | 294,33*10 ⁹ | 98,11*10 ⁹ | 392,44*10 ⁹ |
| Природный газ | м ³ | 257,85*10 ⁸ | 85,95*10 ⁸ | 343,80*10 ⁸ |
| Вода | м ³ | 501,4*10 ⁷ | 167,1*10 ⁷ | 668,5*10 ⁷ |

Таким образом, для поддержания достойного уровня жизни в городе его урбозкосистеме необходимо получить следующее количество ресурсов:

- 392,44 млрд. м³ воздуха;
- 34,38 млрд. м³ природного газа;
- 6,68 млрд. м³ воды.

На первый взгляд, цифры небольшие, но не стоит забывать, что на Земле больше 2,5 миллионов городов и в Москве проживает всего 0,15% жителей от всего населения планеты. Если жизнь продлится в растущем бесконтрольно темпе урбанизации и территориальной экспансии еще хотя бы 100 лет, то только город Москва и его жители используют почти 4% всей воды озера Байкал и 3 438 млрд. м³ газа. При этом в 2021 году на территории России запасы природного газа составляют всего 33 574 млрд м³. Также стоит помнить, что загрязнение даже 400 млрд. м³ кислорода в год одним городом ведет к изменению климата на планете [15].

ВЫВОД

В настоящем исследовании расчетным способом выявлено, что количество жителей, проживающих на урбанизированной территории – в г. Москве, критически превышает потенциал Биосферы Московской агломерации по обеспеченности населения природными ресурсами: атмосферным воздухом и водой. Природный газ, используемый в качестве энергоносителя, также поставляется из другого региона нашей страны. Таким образом, снабжение природными ресурсами, необходимыми для поддержания жизнедеятельности горожан, происходит за счет запасов окружающих город экосистем и экосистем других регионов, что создает повышенную нагрузку на экологическую обстановку г. Москвы.

Расчет составляющих гуманитарного баланса биотехносферы на примере г. Москвы также показал, что городских ресурсов в виде количества мест удовлетворения потребностей недостаточно для удовлетворения всех социальных потребностей жителей, что провоцирует рост неравенства, бедности, преступности, смертности и высокой заболеваемости, в т.ч и в период пандемии коронавируса. В таких условиях говорить о биосферосовместимом городе просто невозможно.

В целом, можно прийти к выводу, что пропорции гуманитарного баланса биотехносферы должны рассчитываться и учитываться при разработке планировочных и проектных решений урбанизированных территорий, а также – в составе мероприятий программ развития регионов. Баланс биотехносферы должен быть основополагающим расчетным механизмом в системе экономических, экологических и технических балансов, т.к. устанавливает приоритет здоровья и жизни над ростом техносферы. Может быть использован в системе расселения и при комплексном стратегическом планировании и социально-экономическом развитии территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник // Мысль. 1990. С. 531.
2. Медоуз Д. Пределы роста. Пер. с англ. Г.А. Ягодина // Изд-во МГУ, 1991 г.

3. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста: 30 лет спустя. Пер. с англ. Е.С. Оганесян. // БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014 г.
4. Шубенков М.В., Шубенкова М.Ю. Новые подходы к описанию биотехносферных взаимодействий урбанизированных и природных сред // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. Вып. 3 (31). С. 3-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44281127> Дата обращения: 2.11.2021 г.
5. Ильичёв В.А. Расчет гуманитарных балансов биотехносферы // Всесоюзный научно-исследовательский журнал проблем научно-технического прогресса информации в строительстве «Градостроительство». 2011. Вып. 4 (14). С. 38. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20310109> Дата обращения: 13.10.2021 г.
6. Алькамо Д., Эш Н., Колин Д. и др. Экосистемы и благосостояние людей: рамки оценки // World Resources Institute. 2005. С. 3-7.
7. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В., Хазиахметова Ю.А. Москва как урбогеосистема: исследование комфортности и безопасности городской среды. // Экология урбанизированных территорий. Вып. 2. С. 35-41. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35511407> Дата обращения: 16.10.2021 г.
8. Ильичёв В.А. Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационные технологии в строительстве городов. Биосферная совместимость и человеческий потенциал // Издательство АСВ. Москва. 2019. С. 42-47.
9. Иванова З.И. Расчет гуманитарных балансов биотехносферы – путь решения экологических проблем России // Экономика и предпринимательство. 2016. Вып. 2-2 (67). С. 830-832. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25821211> Дата обращения: 13.10.2021 г.
10. Федеральная служба государственной статистики. Москва в цифрах. Краткий статистический сборник. // Москва. 2021. С. 4-5.
11. Здравоохранение. Медицинские учреждения. // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721?print=1> Дата обращения: 25.10.2021 г.
12. Образование. Дошкольное образование. // Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/13398> Дата обращения: 25.10.2021 г.
13. Прядко И.П., Иванова З.И. Биосферные и социальные процессы в аспекте формирования дизайна городской среды // Промышленное и гражданское строительство. 2017. Вып. 10. С.12-17. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30548523> Дата обращения: 30.10.2021 г.
14. Московская водопроводная. Как Москва обеспечивает себя чистой водой и улучшает экологию. // Lenta.ru Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2021/04/30/vod/> Дата обращения: 22.10.2021 г.
15. Запасы газа и нефти // Gazprom.ru Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/about/production/reserves/> Дата обращения: 22.10.2021 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТПУ НА ОСНОВЕ ПОРТА

И. В. Сакало¹, С. В. Ильвицкая²

ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству,

¹sakaloira97@gmail.com

²ilvitskaya@mail.ru

Аннотация

С XX века по настоящее время идет активный процесс урбанизации, который влечет за собой улучшение качества транспортной системы и создание доступной среды для всех групп населения. Экстенсивный путь развития не является перспективным, так как с увеличением числа жителей, на каждого приходится все меньшая площадь земли. Поэтому все чаще задается вопрос: как улучшить транспортную систему без ее постоянного расширения? Ответом на этот вопрос является предложение об активном развитии транспортно-пересадочных узлов. Проведен сравнительный анализ ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ на основе порта, в котором рассматривается отечественный и зарубежный опыт. На его основе было выяснено, что в России на данный момент не существует комплексной городской структуры вокруг портов, но позитивный зарубежный опыт способен показать пути разрешения данной проблемы.

ВВЕДЕНИЕ

С XX века по настоящее время идет активный процесс урбанизации, который влечет за собой улучшение качества транспортной системы и создание доступной среды для всех групп населения. Экстенсивный путь развития не является перспективным, так как с увеличением числа жителей, на каждого приходится все меньшая площадь земли. Поэтому все чаще задается вопрос: как улучшить транспортную систему без ее постоянного расширения? Ответом на этот вопрос является предложение об активном развитии транспортно-пересадочных узлов.

Транспортно-пересадочный узел - комплекс объектов недвижимого имущества, включающий в себя земельный участок либо несколько земельных участков с расположенными на них, над или под ними объектами транспортной инфраструктуры, а также другими объектами, предназначенными для обеспечения безопасного и комфортного обслуживания пассажиров в местах их пересадок с одного вида транспорта на другой [1, [статья 1](#), пункт 25].

Грамотно спроектированный ТПУ позволяет сократить время пересадки с одного вида транспорта на другой до минимума, при этом обслуживает большее количество пассажиров, чем личный транспорт. Однако комфортным данный пассажирский комплекс может быть только в случае специально созданной инфраструктуры.

На данный момент обычный ТПУ в России представляет собой несформировавшееся пространство, куда вносятся постоянные корректировки, которые, в большинстве своем, меняют обстановку в худшую сторону. Чаще всего вместо основной – транспортной функции они исполняют роль торговых центров, при этом, не обладают требующимися рекреационными пространствами и местами перехватывающих парковок [2]. Жители прилегающих домов получают некоторые плюсы, а именно: повышенная транспортная доступность и использование торгово-развлекательной инфраструктуры. Однако количество недостатков существенно превышает количество достоинств. Так, дома, находящиеся близ ТПУ теряют приватность, количество стихийных парковок возрастает в разы, воздух загрязняется, повышенный транспортный поток становится угрозой безопасности детей. При строительстве не создается среда для МГН, не производится надлежащий уход за территорией, увеличивается численность мигрантов и

люмпенов. Из-за низкого доверия жителей к застройщикам и отсутствие хороших примеров реализации пересадочных узлов возникает все больше протестов против строительства ТПУ.

Создание и развитие портов неразделимо с историей человечества. Древние места стоянок и поселения людей находились на побережьях водоемов. Во все времена порты являлись, зачастую единственными, узловыми пунктами мировой экономики, способствовали глобализации. Можно предположить, что ТПУ именно на основе порта являлись одним из первых видов транспортно-пересадочных узлов.

Пассажир в среднем проводит на территории транспортно-пересадочного узла четверть времени своей поездки, поэтому ландшафтная организация рекреационной территории является важной составляющей в проектировании современного ТПУ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для того чтобы выявить закономерности в ландшафтной организации рекреационных территорий ТПУ на основе порта, был проведен сравнительный анализ рекреационных территорий ТПУ на основе порта, находящихся в разных климатических зонах. Отдельно сравним отечественный и зарубежный опыт создания рекреационной территории ТПУ. Как было сказано ранее, в России на данный момент нет правильно спроектированных ТПУ, поэтому в качестве отечественного опыта рассмотрим порты, расположенные близ железных дорог и автостанций, которые в перспективе могут быть преобразованы в современный транспортно-пересадочный узел. В процессе исследования был собран проектный и аналоговый материал из отечественных городов: Туапсе и Владивосток и зарубежных городов: Сидней (Австралия) и Амстердам (Нидерланды). Рассмотрим и сравним следующие категории выбранных городов:

- Климатические и экологические характеристики территории;
- Ситуационный план ТПУ;
- Функциональное зонирование ТПУ;
- Основные материалы, используемые в ландшафтной организации;
- Качество и характер озеленения;
- Качество и характер малых архитектурных форм, используемых при ландшафтной организации ТПУ.

Начнем сравнительный анализ с транспортно-пересадочных узлов, расположенных в России, в городах Туапсе и Владивосток.

Туапсе – город в Краснодарском крае Российской Федерации, расположенный в междуречье рек Туапсе и Паук, является крупным портом на побережье Черного моря. Климат города – влажный субтропический, со средней температурой зимой, в самый холодный месяц – январь, +5 °С, летом, в самый теплый месяц – август, +23,8 °С. В июле вода прогревается до +28 °С, купальный сезон продолжается до октября. Благодаря горам, защищающим регион от холодных ветров, зимы мягкие и зачастую бесснежные. Промышленные предприятия, которые находятся в черте города, негативно влияют на экологию. Также отрицательно влияет соседство зоны отдыха с морским портом, нефтезаводом и химическим терминалом [3].

Порт Туапсе является торговым, однако, удачное расположение: незамерзающее море, близость железной дороги, развитая инфраструктура, наличие множества торговых точек способствуют созданию современного ТПУ с пассажирским портом. Озеленение представлено в виде разных пород деревьев, расположенных вдоль железнодорожных путей. Основной материал ландшафтной организации порта – асфальт и тротуарная плитка (Рис. 1). Зона рекреации представлена небольшим сквером, что недостаточно для комфортного нахождения пассажиров и жителей близлежащих домов.



Рис. 1 – Вид на порт Туапсе

Владивосток – город на Дальнем Востоке Российской Федерации, конечный пункт Транссибирской магистрали. Порт Владивосток является одним из крупнейших морских портов Дальневосточного бассейна, базой Тихоокеанского флота [4]. Климат – умеренный муссонный с чётко выраженной контрастной сменой сезонных воздушных масс. Самый тёплый месяц — август, с температурой $+19,8^{\circ}\text{C}$, самый холодный — январь $-12,3^{\circ}\text{C}$. Во Владивостоке «повышенный» уровень загрязнения воздуха, содержание диоксида азота примерно вдвое превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Плохая экологическая ситуация обусловлена большим количеством автомобилей, производственных объектов и мусоросжигательных заводов [5].

Железнодорожная станция Владивосток расположена в непосредственной близости к морскому вокзалу, автобусной станции и привокзальной площади. Это способствует созданию единого общественного пространства ТПУ, которое представляет собой комплексную городскую структуру. Озеленение на территории порта отсутствует. Основные материалы: асфальт и тротуарная плитка (Рис. 2).



Рис. 2 – Вид на порт Владивосток

Перейдем к сравнительному анализу транспортно-пересадочных узлов на основе порта зарубежных городов: Сидней и Амстердам.

Сидней – самый большой и старый город Австралии. Он расположен в зоне субтропического океанического климата, для которого характерно умеренно жаркое лето и умеренно тёплая зима. Самый тёплый месяц — январь, с температурой $+22,3^{\circ}\text{C}$, самый холодный — июль $-12,2^{\circ}\text{C}$. Сидней считается городом с одним из самых высоких показателей по качеству жизни.

Circular Quay или круговая набережная – это международный пассажирский порт, туристический район и транспортный узел. Это комплексная городская структура, включающая в себя железнодорожную станцию, морской порт, стоянки общественного транспорта, пешеходные дорожки, объекты торговли и общественного питания (Рис. 3). Озеленение представлено несколькими парками и Королевским ботаническим садом. Материалы, используемые в ландшафтной организации разнообразны: натуральный камень, асфальт, бетон. Грунт закрытый, малые архитектурные формы подчинены единому дизайн-коду [6].



Рис. 3 – Вид на Circular Quay, Сидней, Австралия

Амстердам – столица Нидерландов, находится в зоне умеренного климата с большим влиянием моря. Самый тёплый месяц — июль, с температурой $+18,8^{\circ}\text{C}$, самый холодный — январь $-3,3^{\circ}\text{C}$. Амстердам занимает второе место в рейтинге самых экологических городов мира (Рис. 4).



Рис. 4 – Вид на Amsterdam Centraal Station, Амстердам, Нидерланды

Amsterdam Centraal является главным ТПУ Амстердама. Он объединяет морской вокзал, железнодорожный вокзал, велопарковку, станцию метро, остановки электричек, автобусов и аэроэкспресса в единую городскую структуру. Данный ТПУ формирует центр активности Амстердама. Материалы: бетон, асфальт, мягкое покрытие беговых дорожек и велодорожек, тротуарная плитка. Зеленые насаждения представлены точечным расположением разных видов деревьев, озеленением вдоль автомобильных путей. Малые архитектурные формы деликатно вписываются в архитектурный образ ТПУ [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные, полученные в результате сравнительного анализа ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ на основе порта, отражены в таблице 1. В ней обобщены данные по рассматриваемым характеристикам ТПУ отечественных и зарубежных городов, а именно климатическим и экологическим, расположение ТПУ относительно центра города и станций городского транспорта (ситуационный план), функциональные зоны, которые входят в рекреационную территорию ТПУ, основные материалы дорожного покрытия, характер озеленения, материалы и качество малых архитектурных форм.

Табл. 1. Сравнительный анализ ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ на основе порта

| | Туапсе | Сидней | Владивосток | Амстердам |
|----------------------------|---|--|---|--|
| Климат и экология | Влажный субтропический, Среднее качество воздуха | Субтропический океанический Среднее качество воздуха | Умеренно-муссонный Плохое качество воздуха | Умеренный Хорошее качество воздуха |
| Ситуационный план | Центр города, рядом с ж/д станцией | Центр города, рядом с ж/д и автобусной станцией | Окраина города, рядом с ж/д станцией | Центр города, рядом с ж/д и автобусной станцией, велопарковкой |
| Функциональное зонирование | Зона тихого и активного отдыха | Зона тихого отдыха, детские площадки | Отсутствует | Зона активного отдыха |
| Материалы | Асфальт, тротуарная плитка | Различные виды плитки, резиновое покрытие, натуральные материалы | Асфальт, тротуарная плитка | Тротуарная плитка, асфальт, резиновое покрытие велодорожек |
| Озеленение | Газон, сквер, хвойные породы деревьев, кустарники | Лужайки, парки, скверы, ботанический сад, клумбы, закрытый грунт | Отсутствует | Деревья вдоль дорог, клумбы |
| МАФ | В едином стиле, низкое качество | В едином стиле, натуральные материалы, высокое качество | Отсутствует | Скамьи и урны из натуральных материалов в едином стиле, высокое качество |

Табл. 1. Сравнительный анализ ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ на основе порта

В результате сравнительного анализа отечественного и зарубежного опыта ландшафтной организации ТПУ на основе порта, можно сделать следующие выводы. В России на данный момент не существует комплексной городской структуры вокруг портов, но существуют предпосылки к созданию транспортно-пересадочных узлов. Порты в большинстве своем торговые, но непосредственная близость железнодорожных и автобусных станций позволяет организовать комфортную городскую среду с качественным озеленением. Притом территории рекреации, необходимые для жителей близлежащих домов, также позитивно скажутся на экологической ситуации территории.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что необходимо выявить закономерности ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ с дальнейшим применением на практике на территории России.

Зарубежный опыт показывает позитивный опыт создания комфортного и современного транспортно-пересадочного узла на основе порта. Это ТПУ, которые не только выполняют свою основную функцию – транспортную, но и становятся точками социального притяжения за счет ландшафтной организации рекреационно территории ТПУ, качественному озеленению, правильно подобранным малым архитектурным формам. Ландшафтная организация в большинстве своем выполнена в одном уровне для создания доступной среды для МГН. Рассмотренные примеры зарубежных стран показывают, как ТПУ может стать визитной карточкой города и страны.

Из-за все более быстрых изменений в мире, постоянных инноваций, растущем количестве населения и его потребностей, сценарный подход является подходящим для современной архитектуры. Он помогает рассмотреть альтернативные варианты использования объектов, их трансформацию, учесть множество индивидуальных

сценариев. Поэтому внимание стоит уделить сценарному подходу ландшафтной организации рекреационной территории ТПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/
2. СП 395.1325800.2018 Транспортно-пересадочные узлы. Правила проектирования – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/552304869>
3. Климат городов мира: ежемесячные данные– Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/climatcities>
4. Якименко Л. В., Иваненко Н. В. Природно-ресурсный потенциал и охрана окружающей среды Владивостокского городского округа // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — Владивосток: Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, 2016. — Т. 8, № 1. — С. 256—265.
5. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2014 году. — Владивосток: Администрация Приморского края, 2015. — С. 17.
6. Круговая набережная - Circular Quay – Режим доступа: https://wikichi.ru/wiki/Circular_Quay
7. Центральный вокзал Амстердама – Режим доступа: <https://travelask.ru/netherlands/amsterdam/vokzal-amsterdama-amsterdam-centraal>
8. Безверхая Е.П. Функционально-типологические модели в архитектуре интермодальных транспортно-пересадочных узлов / Е.П. Безверхая, А.В. Скопинцев // Architecture and Modern Information Technologies . – 2019. – №3(48). –С. 135–147
9. ТПУ: грандиозные планы, хорошие перспективы – Режим доступа: <https://rfg.ru/news/13491>
10. Центральный вокзал Берлина - Режим доступа: <https://berlin-transfers.ru/transport-gid/centralnyj-vokzal-berlina>
11. Круглый стол «ТПУ-территория притяжения» – Режим доступа: https://genplanmos.ru/publication/2017_11_10_tpu/
12. Планерная – Режим доступа: <http://tpu-planer.ru/>
13. Вакуленко С.П., Евреенова Н.Ю. Техническое оснащение и технология работы транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта: Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2015. – 195 с.
14. ТПУ «Солнечная» открылся на западе столицы – Режим доступа: <https://stroj.mos.ru/news/tpu-solniechnaia-otkrylsia-na-zapadie-stolitsy>
15. Стройки Москвы – Режим доступа: <https://stroj.mos.ru/construction/2143>
16. Пассажирский порт Санкт-Петербург. Морской фасад– Режим доступа: <https://www.portspb.ru/>
17. Круговая набережная - Circular Quay– Режим доступа: https://wikichi.ru/wiki/Circular_Quay
18. Центральный вокзал Амстердама– Режим доступа: <https://travelask.ru/netherlands/amsterdam/vokzal-amsterdama-amsterdam-centraal>

СЦЕНАРНЫЙ ПОДХОД В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НАБЕРЕЖНЫХ МАЛЫХ ГОРОДОВ

Е. М. Маловичко¹, С. В. Ильвицкая²

*ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству,
info@guz.ru*

Аннотация

Обоснована актуальность благоустройства набережных, с помощью сценарного подхода в ландшафте - обеспечение культурно-исторической значимости места, большой поток посетителей, развитие туристического потенциала, бережное отношение к ландшафту и растительности и повышение качества жизни горожан. На примере зарубежного и отечественного опыта сделаны выводы о перспективах развития сценарного подхода с целью совершенствования и облагораживания антропогенных пространств.

ВВЕДЕНИЕ

Сценарный подход в ландшафте — это создание пространственно-временной структуры, состоящей из объектов показа, связанных определенной последовательностью. Связи формируют маршрут набережной, создают эпизоды, сценарии и события.

Сценарное моделирование — построение пространственно-поведенческого сценария использования среды человеком [1].

Формирование общественно-рекреационных пространств с применением сценарного подхода усиливает идентичность места, что делает его более выразительным и запоминающимся [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Спроектированные маршруты ориентированы на постоянную смену впечатлений, восприятие городской среды происходит в движении, предметы, малые архитектурные формы рассматриваются со всех сторон и во всех плоскостях, так создается образ среды как гармонично целого. Такие маршруты состоят из трех стадий: восприятие парка визуально- созерцание; познание объектов малой архитектурной формы; развлечения.

При проектировании набережных, используя сценарный подход, необходимо полагаться на нормативный документ СП 398.1325800.2018 Набережные. Правила градостроительного проектирования [3].

Актуальность сценарного подхода в ландшафтном проектировании заключается в комплексном продуманном проекте: потоки людей и их маршруты, функциональное зонирование по возрастным группам и интересам, бережном отношении к ландшафту и истории места. Сценарный подход в проектировании набережных повысит качество жизни горожан, интерес туристов и экономическую эффективность в малых городах.

Архитектор учитывает размеры места проектирования, ландшафтные характеристики градостроительное окружение, существующие традиции, память места и т.д. После этого создает сценарный подход набережной, разрабатывает пути движения людей, создает ракурсы и обзорные точки, придумывает сценарий, соединяющий прошлое, настоящие и будущие. Так же использует три составляющих: комбинирование сцен, выразительных средств и эпох, наблюдательность их уникальность. Человек же выступает тут как зритель. Особенностью сценарного подхода в ландшафте является сохранение существующего ландшафта, малых архитектурных форм, исторических объектов, озеленения, архитектуры, создавая среду вокруг них и демонстрируя наблюдателю их уникальность.

Существует четыре основные типу сценарного подхода ландшафта набережных: историческая и археологическая: демонстрирует, воссоздает или интерпретирует определенные периоды истории; культурно-этническая: воспроизводит традиции, обычаи,

особенности какой-либо культуры; сказочно-мифологическая: воплощает мир сказок и мифов в реальности; научно-техническая: демонстрирует достижения науки, высоких технологий.[4] Так же в настоящее время существуют комбинированные сценарные подходы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

К сожалению, многие набережные в России и за рубежом не благоустроены и имеют неблагоприятный вид.

Понятие «сценарный ландшафт» появилось относительно недавно, но его методы и принципы применялись много лет. К примеру, в малом городе Стэмфорд (Великобритания), парк и набережная Милл Ривер были спроектированы в 2005 г. Относится к культурно-историческо-этническому типу. В сценарном подходе используется проектирование в существующем ландшафте с сохранением всех зеленых зон; принцип зонирования- разделение на активный и пассивный отдых; принцип экологичности- используются современные экологичные материалы; особое отношение к озеленению, сохранению и выведению уникальных растений- для ежегодного фестиваля цветения. Сохранились исторические каменные стены, а местные каменные валуны были извлечены из близлежащего сооружения и включены в проект в качестве празднования местной истории и региональной геологии- сохранение исторической значимости. (Рисунок 1, 2.)



Рисунок 1. Генплан парка и набережной Милл Ривер.

[Источник: <http://www.groundcontrol.design/mill-river/>]



Рисунок 2. Набережная и парк Милл Ривер.

[Источник: <https://www.pinterest.ru/pin/408349891193115174/>]

Отечественным современным примером сценарного подхода в ландшафте малого города, является набережная и парк в городе Богородицк. Смысловым центром маршрута,

согласно проекту, становится территория плотины, непосредственно примыкающая к усадьбе и парку. Она соединит Привокзальную площадь с усадьбой удобным пешеходным маршрутом.

Исторический аспект города: променад имеет бельэтаж, партер у воды, ложи бенуара с качелями. Здесь же располагается оранжерея с болотовскими сортами яблонь и театральное кафе, в меню которого – любимые блюда Болотова. На входе променада, у автовокзала, возводится интерпретация одного из утраченных интерактивных элементов парка Болотова, «Улитка», – арт-объекта для маленьких горожан и гостей «города-театра».

Сценарный подход заключается в культурно-историческом типе, сохранении и проектировании в существующем ландшафте, принципе зонирования. (Рисунок 3,4)



Рисунок 4. Набережная Богородска до благоустройства.

[Источник: <https://zen.yandex.ee/media/vadimrazumov/v-bogorodicke-vosstanavlivaiut-ogradu-naberejnoi-gorodskogo-sada-5de8ecea5eb26811c78caac2>]



Рисунок 4. Набережная Богородска после благоустройства.

[Источник: https://tularegion.ru/presscenter/press-release/?ELEMENT_ID=269547&sphrase_id=12333374]

Анализируя отечественный опыт создания многофункциональных общественных пространств, можно сказать, что российские реалии таковы: разница инвестиций, вовлеченность в процесс и человеческий ресурс являются решающими факторами при реализации масштабных проектов реконструкции и создания рекреационных зон в мегаполисах, что отличает их от малых городов и исторических поселений. Однако, малые города с богатой историей также нуждаются в благоустройстве и создании

общественных пространств, чтобы наделить место может и не новой, но хорошо забытой идентичностью, способной стать магнитом для туристов и драйверов развития для бизнеса.

По итогам анализа всех составляющих сформулирована система принципов сценарного подхода: создание сценарных элементов: “маркер“, “мизансцена“, “тематическая зона“, “интегральный сценарий“.[6]; развитие культурно-исторического аспекта; сохранение уникальности каждого города; сохранение исторического наследия; формирование экскурсионных маршрутов с учетом сценографии; рациональное использование существующего ландшафта; принцип зонирования; принцип развития инфраструктуры города; создание безбарьерной среды; применение современных технологий озеленения; использование экоархитектуры.

Для обеспечения комфортной среды необходимо четкое разделение общественного пространства набережных на функциональные зоны. К примеру, в транзитной зоне необходимо размещать прогулочную, велосипедную и экскурсионную зоны, для удобства перемещения граждан, а также для проезда обслуживающего транспорта. [5].

ВЫВОДЫ

Несмотря на то, что понятие «сценарный подход в ландшафте» появилось не так давно, его принципами пользовались много лет назад и они будут развиваться и становиться актуальнее с каждым днем, как в России, так и за рубежом. Уже сейчас есть конкретные примеры, демонстрирующие значимость сценарного подхода в ландшафте - обеспечивает культурно-историческую значимость места, большой поток посетителей, развитие туристического потенциала, бережное отношение к ландшафту и растительности и повышение качества жизни горожан. Данный метод проектирования активно может реализовываться и уже реализован в проектах «Формирование комфортной городской среды» и на основе Всероссийского Конкурса «Исторические поселения и малые города» при поддержке Правительства Российской Федерации, Минстроя России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарева Н.А. Креативные задачи в обучении ландшафтному проектированию [Текст] // 2010. № 29. С. 13.
2. Малышева С.Г., Сергеева П.А. Ревитализация овражных систем в городской среде. [Текст]// 2014. № 2 (15). С. 37–41. DOI: 10.17673/ Vestnik.2014.02.7
3. СП 398.1325800.2018 Набережные. Правила градостроительного проектирования.
4. Воробьева М.О. Приемы сценарного подхода в организации общественно-рекреационных пространств / СГАСУ. Самара. [Текст] // 2015. С. 248–255.
5. Ильвицкая С.В., Савченко В.В. Проблемные территории в структуре современного города // «Архитектура и строительство России» - 2019. - №1. - с. 118-120.
6. Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды. [Электронный ресурс] // URL: <https://konkurs.gorodsreda.ru/>
7. Сайт конкурса «Исторические поселения и малые города» // [электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://gorodsreda.centeragency.org/>
8. Большаков, А. Г. Проектирование городской набережной [Текст] : учебное пособие / А. Г. Большаков. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2009. – 120 с.
9. Горохов В. А. Городское зелёное строительство [Текст] / В. А. Горохов. М. : Стройиздат, 1991. – 416с.: илл.
10. Грибкова С.И. Проблемы создания устойчивой системы зеленых насаждений с учетом экологических условий города [Текст] // Новые приемы озеленения / С.И. Грибкова, С.В. Кильдишева// М.: 2016. – 246 с.
11. В.Н. Денисов, И.Н. Половцев, Т.В. Евдокимов. Благоустройство жилых территорий [Текст] // В.Н. Денисов, И.Н. Половцев, Т.В. Евдокимов //СПб.: МАНЕБ, 2004. – 98 с. 41.
12. Егоров В. Озеленение и благоустройство города [Электронный ресурс] / В. Егоров. – Режим доступа: <http://www.mpress.ru/actual.aspx> (дата обращения 03.02.2019)
13. Елисеев Н.Ю. Охрана окружающей среды, как предмет муниципальной собственности [Текст] // Государственное и местное самоуправление. – 2004. – № 6. – С. 32.

14. В. Ефимов, Ю. Честнов. Социально-экономическая привлекательность российских городов: сравнительный анализ [Текст] // В. Ефимов, Ю. Честнов. // Городское управление. – 2003. – № 11. – С. 32. 44.
15. Экологическая оценка состояния древесный растений и загрязнения окружающей среды промышленного города [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.nauka-shop.com>, свободный.

АНАЛИЗ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ Г. КСТОВО

А. Е. Малышева¹, М. И. Афонина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*annya.maly@gmail.com*

²*marinamgsu@yandex.ru*

Аннотация

В работе рассмотрены перспективы развития небольшого промышленного г. Кстово Нижегородской области для выявления взаимосвязи между особенностями существующей застройки, демографической ситуацией и изменениями на рынке недвижимости. Представлено краткое описание и характеристики города, проанализирована демографическая ситуация, выделена зависимость численности населения от градообразующих предприятий. Проанализировано состояние жилого фонда и его состав - «жизненный цикл» большинства зданий уже завершился, требуется снос или капитальный ремонт. В работе рассмотрены изменения активности на рынке недвижимости, определены потенциальные покупатели жилья, а также причины повышенного спроса на малоквартирное жилье. Проведенная работа позволила сделать вывод о востребованности одно- и двухкомнатных квартир и определить предпосылки развития Кстово. Работа иллюстрирована таблицей, рисунками, графиками и диаграммами.

ВВЕДЕНИЕ

Малые и средние города являются каркасом России и составляют 86% (949 шт.) от всего числа городов (1100 шт.) [1, 2, 7]. Каждый небольшой город имеет свой облик и стиль жизни, а также направление деятельности. Эти города традиционно получают недостаточно внимания от государства, некоторые не включены в программы развития, что влечет за собой социальные, экологические и градостроительные проблемы. В настоящее время, как сообщается департаментом жилищной политики Минстроя, в городах с численностью менее 500 тыс. чел. существует необходимость в обновлении жилищного фонда [1-6].

Жители небольших городов отмечают следующие проблемы:

- наличие старых районов, обособленных от новых развивающихся территорий города, имеющих малоразвитую, морально устаревшую инфраструктуру и некомфортные условия для жизни;
- экологические, связанные с выбросами промышленных предприятий и превышением ПДК в воде, воздухе и почве;
- скудность рынка труда;
- отсутствие современных рекреационных зон и общественных территорий [1].

Цель работы – выявить взаимосвязь между особенностями существующей застройки, демографической ситуацией и активностью рынка недвижимости для определения перспектив развития города Кстово.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения работы используются электронные статьи, научные сборники трудов, собственные исследования [8,9]. Подробно рассматривается застройка промышленного г. Кстово, демографическая ситуация, жилищный фонд, рынок недвижимости, анализируются существующие программы муниципальной поддержки города [8, 10-14].

Город Кстово (образован в 1957г.) находится в Нижегородской области на правом берегу р. Волга и считается одной из важнейших промышленных территорий региона (рис. 1А). Численность населения – 67 тыс. чел., площадь города – 122,5 тыс. га [2]. Автор

приводит сравнение плотности населения трех городов (г. Кстово – 1200 чел./км²) (Рис. 1Б).

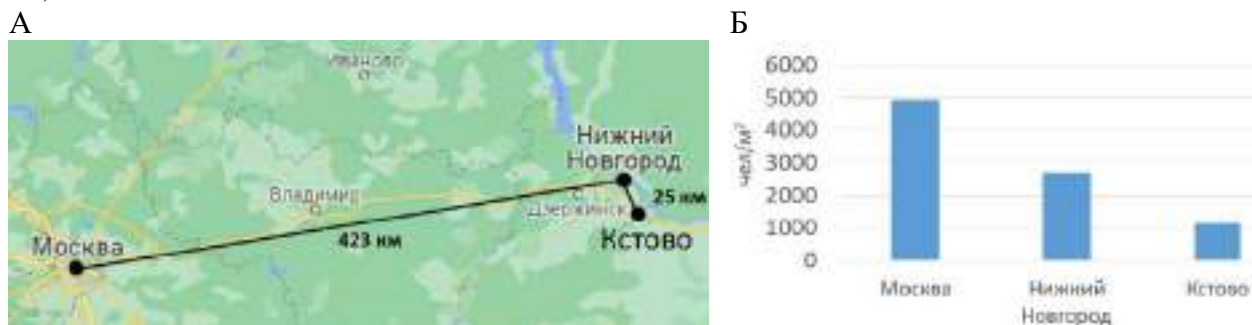


Рис.1. Общая информация г. Кстово [рис. автора]. А – Расположение. Б - Плотность населения на км².

Градообразующее предприятие г. Кстово: ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» - одно из крупнейших российских предприятий по переработке нефти и газа. К юго-западу от города (5км) находятся три крупных завода и нижегородская ТЭЦ (Табл.1).

Табл.1. Градообразующие предприятия г. Кстово [8].

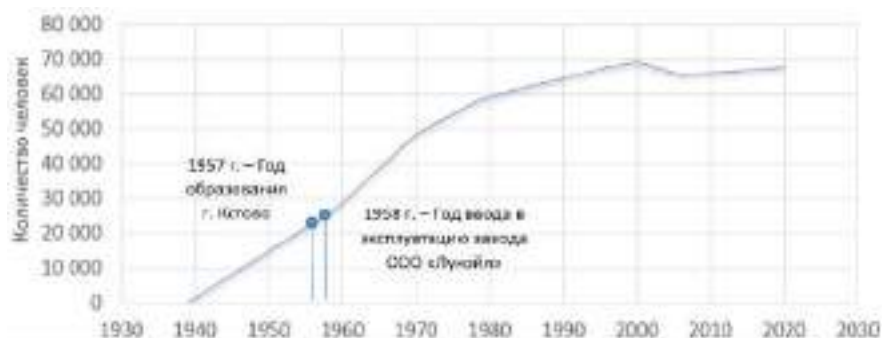
| | Название предприятия | Размер территории, га | Количество сотрудников | Ввода в эксплуатацию, год |
|---|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| 1 | ООО «РусВинил» | 39 | 700 | 2007 |
| 2 | ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» | 553 | 9 000 | 1958 |
| 3 | ООО «Сибур-Кстово» | 70 | 24 000 | 2011 |
| 4 | Новогорьковская ТЭЦ | 20 | 395 | 1956 |

Все сотрудники предприятий и их семьи должны быть обеспечены жильем в округе Кстово.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ демографической ситуации показывает, что в городе наблюдался резкий прирост населения до 1980г., связанный с введением в эксплуатацию нового нефтегазоперерабатывающего завода и поиском работы молодыми людьми, которые приезжали в небольшой г. Кстово. После 2000-х гг. наблюдался спад численности населения, который в настоящее время стабилизировался (Рис. 2А), что связано с тем, что следующее поколение не видит преимуществ в проживании в этих местах. На рисунке 2Б представлен баланс населения, показывающий, что трудоспособное население составляет больше половины, и большая доля жителей старшего возраста.

А



Б



Рис.2. Демографические данные [рис. автора]. А - Население г. Кстово. Б - Баланс населения 2019 г.

При переводе Кстовского поселения в статус города начинается активное развитие городских территорий. Массовое строительство жилья совпадает с моментом ввода в эксплуатацию нефтеперерабатывающего завода «Лукойл» [8]. Квартиры предназначались для семей работников нового завода.

В городе преобладает территория среднеэтажной и многоэтажной жилой застройки, и наблюдается тенденция «вытягивания» территории города вдоль р. Волга с юга-востока на северо-запад, вдоль федеральной трассы М7 в сторону г. Нижний Новгород (Рис. 3).

А



Б

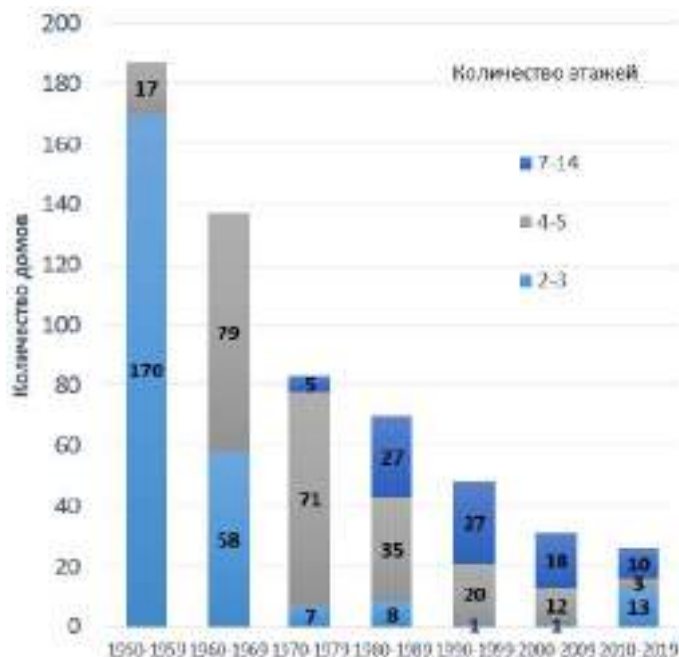


Рис. 3. Жилой фонд. А - Фрагмент генерального плана [11]. Б – Этажность застройки [рис. автора].

Расчетный срок эксплуатации городского фонда – 50 лет (редко – 70), по факту «жизненный цикл» большинства зданий уже завершился (Рис. 4), признано аварийными 36 домов, поэтому требуется их снос или капитальный ремонт. В связи со сложившейся ситуацией в сложных жилищных условиях проживает более 900 чел., при этом отсутствует база данных об обеспеченности жильем населения [11].

А



Б



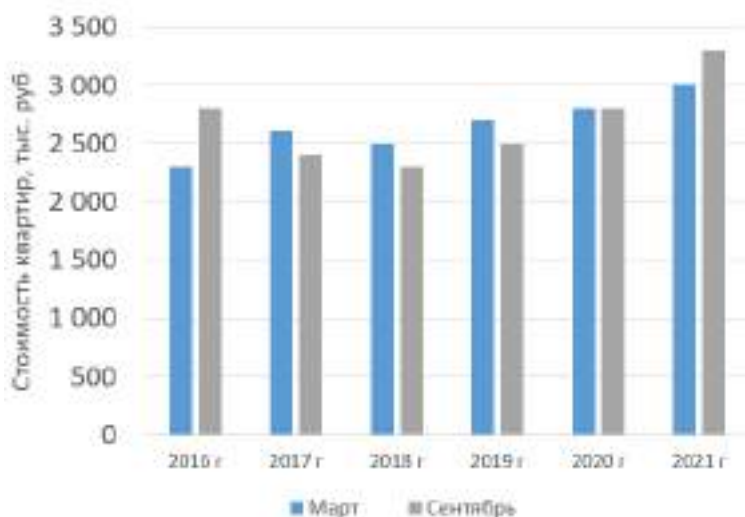
Рис. 4. Аварийное жилье [фото автора, 5.11.2021]. А – ул. Комсомольская, 3. Б – ул. Полевая, 15.

Территория индивидуальной застройки в черте города составляет около 20% (информация о количестве зарегистрированных индивидуальных жилых зданий отсутствует). Частный сектор представлен малоэтажными домами, которые преимущественно располагаются на юге и северо-западе города. В городском округе г. Кстово находятся коттеджные поселки, цена частного дома в этом секторе рынка колеблется от 1 до 15 млн руб. и более [13].

В городе с 2018г. реализуется программа «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда на территории Кстовского муниципального района Нижегородской области» [12]. По программе начался снос ветхого жилья и переселение жителей в новые дома, которые строятся на месте снесенных. В 2021г. планируется завершить строительство двух муниципальных многоквартирных домов (47 квартир) на ул. Новая для переселения семей из аварийного жилья за счет муниципальных средств.

При работе над статьей, были проанализированы данные по продаже квартир [13]. Выяснилось, что осенью 2021г. было выставлено на продажу около 900 квартир, предложение превышает спрос. Средняя стоимость 1 м² – 67 тыс. руб., рыночная цена однокомнатной квартиры составляет около 2 млн руб. (Рис. 4А). Покупаются в основном 1- и 2-х комнатные квартиры, которые составляют более 80% фонда продаж (Рис. 4Б).

А



Б



Рис.4. Данные «Циан» [13]. А – Динамика цен 2016-2021 гг., Б – Баланс квартир.

Несмотря на заметную миграцию и отток населения, застройщики заинтересованы в инвестировании в строительство. В городе ведется строительство четырех многоквартирных жилых комплексов (класса «эконом») (Рис. 5), однако строительство

двух приостановлено, так как компании-застройщики по разным причинам не могут продолжать проведение работ [10].



Рис.5. Новые жилые комплексы муниципального района Кстово. А – Локация [рис. автора]. Б – ЖК «Добрый» («эконом»). В – ЖК «Волжский берег» («комфорт») [10].

Выяснилось, что квартиры в новостройках приобретают:

- семьи, проживающие в городе и желающие улучшить свои условия (не получившие квартиры по муниципальной программе расселения);
- жители Нижнего Новгорода;
- молодые сотрудники предприятий.

Привлекательность недвижимости в г. Кстово можно объяснить значительной разницей в стоимости жилья с ближайшим Нижним Новгородом (107 тыс. руб./м²), а также желанием людей приобретать квартиры максимально близко к городу-миллионнику, имеющему развитую инфраструктуру [7].

Правительством Нижегородского региона планируется объединить транспортную систему семи городов, входящих в Нижегородскую агломерацию [11]. Это позволит жителям г. Кстово, работающим в центре агломерации, быстро и беспрепятственно добираться до места приложения своего труда в крупном городе.

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы предлагаются следующие выводы:

- существует взаимосвязь между демографической ситуацией, движением рынка недвижимости и областью приложения трудовых сил;
- определен сектор активного спроса (1- и 2-х комнатные квартиры) на рынке недвижимости г. Кстово в настоящее время;
- имеются предпосылки развития города в сторону Н. Новгорода, связанные с объединением транспортной системы городов и облегчением перемещений внутри агломерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булдакова Н. Б., Проблемы и перспективы малых городов России // Вестник Шадринского государственного педагогического института, Шадринск, 2011, Вып. 1, С. 166–169
2. Савина О. В., Социально-экономические аспекты формирования застройки малых и средних городов Волгоградской области // Научный вестник Волгоградской академии государственной службы, Волгоград, 2014, С. 25-27
3. Щенков А. С., Малый русский город. Типология застройки // Architecture and Modern. Information Technologies. Москва, 2017, С. 281-290
4. Абалина Е. М., Малый город сегодня или реальные проблемы малых городов // Молодые ученые – развитию национальной технической инициативы, Иваново, 2019, №1-2, С. 145-146
5. Лаврова Т. Г., Роль и потенциал малых городов в развитии региона (на примере Краснодарского края) // Вестник Томского государственного университета, Томск, 2015, №399, С. 204-211

6. Римшин В. И., Иванов В. В., Перспективы развития малых городов России // Строительство и реконструкция, Москва, №6, 2013, С. 65-72
7. Мкртчян Н. В., Флоринская Ю. Ф., Жители малых и средних городов России: трудовая миграция как альтернатива безвозвратному отъезду // Журнал новой экономической ассоциации, Москва, №3, 2019, С. 78-94
8. Малышева А. Е., Афонина М. И., Перспективы развития нефтегазоперерабатывающих моногородов (экологический аспект), Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная, Брянск, 2021, С. 259-263
9. Пузеева А. А., Пути гармонизации архитектурного пространства и поиска индивидуальных черт городской застройки при проведении реконструкции планировочных элементов малых городов // Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов, Новополоцк, 2018, С. 156-162
10. Нижегородские Новостройки: [Электронный ресурс], URL: <https://www.domostroy.nn.ru/analitika>
11. Кстовский муниципальный район: [Электронный ресурс], Кстово, URL: <http://www.kstovo-adm.ru/>
12. Общественный проект «Дом.МинЖКХ.РУ»: [Электронный ресурс], URL: <https://dom.mingkh.ru/>
13. Циан: [Электронный ресурс], URL: <https://nn.cian.ru/novostroyki-nizhegorodskaya-oblast-kstovo/>
14. Петрова З. К., Долгова В. О., малоэтажная застройка и ландшафтный урбанизм – постиндустриальный этап градостроительства // Сборник научных трудов РААСН: в 2 томах. Российская академия архитектуры и строительных наук. Москва, 2021, С. 321-330
15. Лаврова Т. Г., Роль и потенциал малых городов в развитии региона (на примере Краснодарского края) // Вестник Томского государственного университета, Томск, 2015, №399, С. 204-211

ДВОР КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЕДИНИЦА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

С. А. Малахов¹, Ю. К. Бусел²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹s_a_malahov@mail.ru

²yuliya.busel@yandex.ru

Аннотация

Сегодня становится все более ясно, что ряд социокультурных проблем современных городов, включая, расслоение общества, утрату традиций и ритуалов, падение доходов, рост преступности, сокращение продолжительности жизни, не могут рассматриваться в отрыве от архитектурно-градостроительной практики и той среды, которая формируется в городах на основе доктрин экспансивного развития территорий.

В данной статье рассматривается необходимость ревизии модернистской модели жилой застройки, восходящей к концепции микрорайона и высотного секционного строительства. Выявляется проблематика кризиса этой модели в связи с отчужденностью человека и места его проживания, а также с дефицитом коммуникаций между жителями из-за отсутствия условий для образования компактных соседств. Предлагается рассмотреть возможность возвращения в практику архитектурного проектирования города внутриквартальную застройку, основанную на анализе среды исторических городов, в частности - на примере Одессы и Самары. Новая жилищная типология может возникнуть как переосмысление исторически сложившегося двора, - места настоящих соседских контактов, - в виде современной архитектурной модели, достаточно универсальной, с тем, чтобы выполнить роль единицы устойчивой городской среды постиндустриального типа, включающей в проекты принципы саморазвития и саморегулирования.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день доля городского населения России составляет более 75% [1] от населения страны. Благополучие преобладающей части населения, таким образом, связано напрямую с качеством городской среды.

Исследования, проводимые в городах в последнее время, убедительно доказывают, что доминирующие градостроительные доктрины не приводят к повышению качества жилой среды города, а наоборот – являются деструктивным фактором.

По опросам проведенным ООО КБ Стрелка в 2017г более 82% [1] российских городов с населением свыше 100 тыс человек имеет неблагоприятную жилую среду. Более 64% жителей России сталкиваются с дефицитом объектов общественно-деловой инфраструктуры в пешей доступности от дома. Более 60% [2] жителей крупных и средних городов России сталкиваются с проблемой низкой транспортной доступности. Во многом это обусловлено нехваткой альтернативных маршрутов из-за низкой проницаемости улично-дорожной сети микрорайонов. 77 % жилищного фонда страны составляют дома типовых серий советского периода, а также новая массовая жилищная застройка периферийных районов городов. Их маловыразительная, эстетически однообразная архитектура обладает примитивной пространственной морфологией и языком, обуславливающими дистанцирование от горожанина и утрату культурного контекста.

Анализ мнений жителей «новых районов», проведенный на основе социо-опроса экспертами ООО КБ Стрелка в 2017 г показывает, что более 75% жителей спальных районов советского периода считают свои районы однообразными и малообеспеченными функционально[3]. В спальных районах (микрорайонах) практически отсутствуют места приложения труда. Доля таких объектов в микрорайонах периферий составляет чуть более 1%. На улицах и открытых пространствах не чувствует себя в безопасности до 80%

жителей России. Понятно, что районы с т.н. «хрущевской» застройкой со временем обживались, но на достигнутые параметры относительной сомасштабности и озелененности, эти районы не «выходили», все равно оставались «спальными», и в этом смысле – не формирующими настоящую городскую среду с ее событийной интригой.

Процесс поиска «человеческого формата» и идентичности городской застройки, недолго продолжавшийся в эпоху взлета индивидуального проектирования в 90-е, сейчас фактически остановлен, или переориентирован исключительно на элитные немногочисленные проекты.

При этом современные новостройки массового жилья вызывают ощущение дежавю: по сути, это те же спальные анклавы из многоэтажек, что строили 50 лет назад. За полвека изменились лишь некоторая функционально-планировочная структура, отделка и этажность зданий, но при этом значительно увеличена плотность застройки и подвергнута забвению пресловутая «трехступенчатая система обслуживания»².

Общие принципы модернистской стратегии замены среды исторического типа на анклавы спальных районов с высотной застройкой характеризуются следующими итогами: 1) уничтожение квартала и дворов - традиционных типологических единиц городской среды; 2) предельное повышение плотности; дефицит плотности предлагается регулировать повышением этажности 3) современная «девелоперская версия» модернистской концепции «спального района» предложила преобразовать квартал в жилую башню на расчищенной от прежней застройки территории; 4) в результате - потеряны улица, непрерывный уличный многофункциональный и разнообразный по стилистике фасад (общественный первый этаж с объектами стрит-ритейла), двор с полуприватным пространством для небольшого соседства и, - в конечном счете, - город. Сложная морфология города преобразовалась в вертикальные взаимно несвязанные дома-башни, дома-параллелепипеды, ничейные пустыри и дорожки между ними.

Главная проблема, возникшая в результате подобных преобразований заключается в утрате физических условий для воплощения социальной коммуникации: в таких домах-башнях не формируется сообщество жителей, не сохраняется городская образ жизни, не приживаются предприятия малого бизнеса, потому что нет непрерывного «уличного фасада» и соответствующего потока людей в окружающем здании пространстве. Исчезновение двора как исходной модели городского образа жизни несправедливо игнорируется в распространенных стратегиях современного города. Результатом данного методологического и практического тренда явились ошибочные представления о действительных источниках устойчивого развития городской среды.

Исходя из вышесказанного, а также выявленные в ходе аналитически-статистических исследований, данные показывают необходимость смены концептуальной

² Модернистская градостроительная парадигма микрорайона пришла в Советский Союз из Европы: в 1950-е и 1960-е. С одной стороны, таким образом отстраивались города, пострадавшие от войны. С другой - формообразование микрорайона хорошо сочеталось с идеей массового индустриального домостроения, что позволяло строить много и быстро.

Процессы дальнейшей индустриализации и возросшего перенаселения городов подвергли критике привычную жилую структуру характерную для крупных городов начала XXв. как переставшую отвечать требованиям целесообразности. Наступило время новых концепций города, в частности идей, изложенных Ле Корбюзье в манифесте «Афинская хартия». Со временем, однако, стало понятно, что микрорайонная типовая застройка не соразмерна человеку. Объёмы жилых домов подавляют своими размерами, огромные пустые пространства трудно освоить визуально и функционально - они начинают восприниматься людьми отчужденно и как не вполне безопасное пространство. Большие придомовые территории затратно и безрезультатно пытаются насытить элементами, повышающими комфорт проживающих, но на практике они оказываются просто огромными и неблагоустроенными пустырями. Микрорайон, зажатый между двумя крупными магистралями, оказывается в транспортном и экономическом смысле малоэффективным. Разделение города на монофункциональные жилые микрорайоны и «деловые» районы резко увеличивает транспортную нагрузку, в виду увеличения маятниковой миграции горожан. Наконец, в микрорайоне не возникает социальных связей между людьми - жильцы отчуждены по отношению к друг другу и среде своего проживания. Все вместе это способствует геттоизации и росту криминала на таких территориях. Во Франции связь преступности и негуманной жилой среды микрорайонов массовой застройки является сегодня в работе урбанистов общим звеном. [4]

парадигмы расселения людей, с тем, чтобы не только повышать качество жилой среды постиндустриальных городов, и решать проблемы проектирования новых районов периферии, но и найти действенные механизмы ревитализации существующей проблемной застройки.

Таким образом, целью и задачей исследования является переоценка путей развития естественной модели городской ткани и поиск архитектурных типологий, отражающих сомасштабную и морфологическую пространственную структуру, наиболее гармоничную человеку и эффективную в социальном и экономическом смысле.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Исторически сложившийся морфотип двора, как жилищной парцеллы, может рассматриваться в качестве гипотетической модели в процессе поиска архитектурных характеристик новой типологии, альтернативной существующей практике многоэтажной микрорайонной застройки. Органически сложившееся пространство двора, как придомовой территории, на ограниченном участке в структуре застройки квартала может стать экспериментальной моделью и прототипом новой типологической единицы устойчивой городской среды. [5], [14] В поиске альтернатив развития существующей ситуации, предлагается обратиться к анализу исторической ткани городов Одессы и Самары, а также опыту инициатив по ревитализации и самоорганизации таких территорий, за счет возникновения благоприятных социальных паттернов поведения горожан, в частности, опыт возрождения усадьбы мещан Поташиных в г. Самаре под инициативой жителей, а также проект «Двор-сцена» в г. Одессе, и инициативное движение за возрождение одесских дворов, в последствии преобразованное в «Школу культуры соседства в Одессе» совместно с ОО «Фонд развития города Одесса» и ОО Pixelated Realities (Пикселейтид реалитиз) при поддержке Агентства США по международному развитию (USAID).

- Анализ районов исторически сложившейся квартальной застройки центральных районов целого ряда городов, показывает, что уровень обеспечения населения предприятиями обслуживания, здравоохранения, образования, культуры и отдыха, является здесь наиболее оптимальным. Восприятие среды оценивается населением преимущественно как комфортное и достопримечательное. Однако, такой тип расселения на данный момент представлен лишь 8% городской территории, и лишь 5% жилищного фонда страны. «Новое пространство города», соответствующее критериям эффективной исторической среды, не обязательно должно возникать на незастроенных периферийных или ценных природных участках города. Интеграция паттернов эффективной, сомасштабной человеку типологии, может происходить на уже застроенных, но переживающих кризис площадках. Разрабатывая концепцию этого «нового пространства для жизни», важно сосредоточиться на лежащий в основе общемировой жилой архитектуры идее последних лет, а именно - идее создания и поддержания небольших соседских сообществ .

- Квартал и двор – два ключевых элемента, находящиеся в основе стратегии «нового городского пространства», являются опорными элементами для данного исследования. Модель жилища в данном контексте можно представить как трёхчастную систему: дом - двор - жилая ячейка. Термин «дом-двор» может служить для этой системы обоснованным названием исследуемой типологии.

В данной структуре каждый из этих элементов можно представить посредством следующих характеристик: объёмно-пространственные характеристики дома, линейные параметры придомового пространства, планировочная структура квартиры и т. п. [6] Согласно данной условной системы исторические дворы Одессы стоит классифицировать как: симметричные, асимметричные и произвольные. Анализ типоразмеров земельных

участков выявляет различную протяженность таких элементов в зависимости от района города: для центральных улиц линейная длина уличного фасада колеблется в среднем в пределах 30-32 м /реже 36-48м/, в группе кварталов с преобладанием жилых функций (возможны отдельные предприятия обслуживания) длина - 21, 25, 32 м, в зоне регулируемой застройки и в жилой застройке в буферной зоне заповедника - 17-22, реже — 25м. Придомовая территория (собственно замкнутый двор) находится в жесткой корреляции с типоразмерами фасадного дома и этажностью прилегающей застройки. «Функциональное» развитие одесского двора аналогично развитию дворовых систем многих европейских городов. Дворы т.н. «Европейского квартала» изначально были хозяйственной периферией города - складами для дров и угля, местом палисадников и подсобных строений. Под влиянием «городских дворцов» вкупе с удорожанием земельных участков, произошла трансформация функций, возросла рекреационная и общественно-социальная функциональная нагрузка двора [7]. Те же изменения наблюдаются и в функциональном профиле одесского двора, что не могло не повлиять на его объемно-пространственную композицию в целом и на благоустройство свободных от строений территорий.

Для сравнения текущей ситуации необходимо рассмотреть к чему сводится объемно-пространственная проработка придомовой территории на примере микрорайонной ковровой застройки последних десятилетий. В современных условиях, проектирование благоустройства двора сводится к размещению на прилегающей к дому территории набора стандартных элементов. В условиях плотной многоэтажной застройки не элитного типа- это весьма ограниченное пространство, в основном используемое для автопарковок. По факту распространенной практики проектирования и строительства двор современного города становится средой, не достаточно компенсирующей нехватку личного пространства в типовых квартирах и не отвечает всем требованиям психологического комфорта.

- К аспектам, требующим компенсации, можно отнести, в первую очередь, общение между жителями. Дворовая среда традиционных кварталов обеспечивает компенсацию недостатка общения у людей, а в ходе совместных занятий и общения формируется своего



Рис.1 Усадьба Поташиных, общий вид, город Самара



Рис.2 Инициативная группа соседей, восстанавливающих усадьбу Поташиных, г. Самара

рода «дворовая семья», разрушается миф о «чужих и своих», каждый человек получает возможность проявить свою индивидуальность, устанавливаются социальные связи, а в итоге возникает сообщество, обладающее креативным потенциалом и идентичностью [5]. На примере частной инициативы жителя г. Самары Вячеслава Вершинина [5] мы видим, как под влиянием сформированных соседских связей и возникшей заинтересованности собственников в сохранении исторической ткани квартала, произошло восстановление и реорганизация пространства двора на месте бывшей городской усадьбы мещан Поташиных (Молодогвардейская,6, литеры А,Б,В,Г.), который включает в себя ревитализацию двухэтажного каменного дома, полукаменного флигеля на подвальном этаже, каменную кладовую, и деревянные постройки во дворе, 1886-1890 гг. постройки.(Рис.1,2)

- Возвращаясь к исторически сложившимся традиционным дворам на примере, в частности, г. Одессы, стоит обратить внимание, что данная социальная модель уже прослеживалась в социо-культурной системе многих городов, сформированных в начале XX - середине XIX вв. на основе исторически сложившихся дворов внутри регулярной квартальной застройки.[8] Доходные дома периода первой волны строительства жилья в городе Одессе имели главным образом галерейную планировочную схему и невысокую этажность. К концу XIX в. с ростом цены на землю, особенно в центральном ядре города, этажность домов повысилась, относительная площадь двора уменьшилась, хозяйственные функции двора уступили место коммуникационным. [7] Это обстоятельство, в свою очередь, выдвинуло на первый план коммуникацию между жителями и образовало высокий потенциал рекреационности пространства, создало благодатную почву для возникновения саморегуляции процессов благоустройства двора, включая реконструктивные меры в отношении построек, относящихся к двору, в целом. Стоит отметить, что по аналогии с известной практикой коммунального проживания в одной квартире, во дворе сохранялся основной принцип трехчастной структуры - от общего пространства к приватному, что позволило установить близкие связи между проживающими без ущерба их психологическому и бытовому комфорту. Близкая коммуникация жителей, память об уникальных культурных традициях и особом одесском менталитете подтолкнула горожан к созданию общественного движения за сохранение исторической аутентичности «одесского двора» и его культурных традиций. Примером этой новой активности служит реализация как проектов из сферы культуры - на примере проекта «Двор - сцена», по улице Жуковского 43, в г. Одессе, подразумевавшего



Рис.3 Благоустройство двора силами соседского сообщества двора по ул. Жуковского 43, г. Одесса



Рис.4 Восстановление росписи стен в парадном фасадного здания, по улице Жуковского, 43, г. Одесса

организацию дворовых концертов, вернисажей-выставок работ жителей двора, так и работу, связанную напрямую с благоустройством дворового пространства и восстановлением эстетических и морфологических характеристик строений, образующих дворовое пространство, и заложенных изначально проектами. (рис.3,4)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ городской застройки исторических районов Самары и Одессы выявил ценные свойства исторического квартала и двора как пространства, где складывается соседство, образующее исходную социо-культурную единицу городского сообщества.

- Двор был и является центром общественной жизни дома. Обладая замкнутой пространственной и планировочной морфологической структурой, традиционный двор исключает транзит случайных прохожих, что увеличивает чувство безопасности и психологического комфорта; формирует ядро соседской общины, традиции и культурная идентичность которых сохранились и поныне в некоторых кварталах города Самары и Одессы. [10]

- Следует отметить развитый рекреационный резерв дворовых пространств. Улицы города при средней ширине 15-20 саженей во времена их формирования и застройки часто оформлялись двумя рядами деревьев вдоль каждого из тротуаров. При системе периметральной квартальной застройки - дворы играли роль своеобразных регуляторов микроклимата, как в летний, так и в зимний сезон. Таким образом, урбанизированный ареал, сформировавшийся в период конца XVIII- на протяжении XIX вв., масштаб застройки в заданной планировочной системе обеспечили так же и возможность создания и развития природно-экологических подсистем города. [8]

- Жизнестойкость дворовых пространств Одессы и Самары объясняется высокой адаптивностью в организации пространства. Способность городской территории адаптироваться к изменениям определяется гибкостью ее функциональной и планировочной структуры. Такая структура формируется из ограниченных по размеру базовых модулей градостроительного развития - земельных участков (парцелл). Каждая парцелла может застраиваться и развиваться независимо от соседних - преобразование застройки одного домовладения не нарушает функционирования района или квартала. У жителей не возникает ощущения «проживания на стройке», исключается возникновение долгосрочно пустующих неорганизованных территорий, не страдает уровень обеспеченности населения социально-бытовыми услугами. Малый масштаб участка застройки позволяет создавать эстетическое разнообразие застройки и непрерывность функционально насыщенного режима использования территорий города, позитивно сказывающийся на качестве среды всего урбанизированного ареала.

- Анализ опыта реновации сложившейся жилой застройки европейских стран позволяет выявить несколько положений, направленных не только на сохранение целостности и аутентичности исторической квартальной застройки, но и возврат к рассматриваемой морфеме – двора (дома-двора) как основанию для экспериментов с сомасштабной и социально эффективной жилой типологии.

- Использование такого морфотипа жилой застройки позволит обеспечить гармоничное соседство старого и нового, в условиях сложившихся районов, а также сформулировать экспериментальную модель новой типологической единицы, направленной на ревитализацию спальных районов и создание новых - в условиях быстрорастущего постиндустриального мегаполиса.

ВЫВОДЫ

Основные выводы исследования гипотетической модели новой типологии заключаются в следующем:

1. Кризис модернистского подхода к формированию жилой среды городов определяется в связи с невозможностью создавать пространства, где формируются стойкие социальные связи жителей, что ведёт, в свою очередь, к понижению психологического комфорта, отчуждению и низкой экономической эффективности урбанизированной среды. Доктрина экспансивного развития застройки городов, согласно социологическим исследованиям последних лет, обуславливает деградацию городской ткани и препятствует процессу устойчивого развития сомасштабной человеку среды,.

2. Квартальная застройка и морфотип «двор» (дом-двор) могут послужить жизнеспособной альтернативой многоэтажной застройке города, как опорные единицы в структуре городской ткани, способствуя формированию базовой социо-культурной единицы городского сообщества. Квартальная застройка позволит вернуть городским улицам уникальные характеристики активного городского пространства, а также увеличит проницаемость улично-дорожной сети города, что положительно скажется на транспортной инфраструктуре в целом, и на комфорте использования общественного транспорта городским населением.

3. Актуальность вопроса о месте двора в системе общественных пространств и планировочной структуры города подчёркивается отсутствием терминологической точности понятия «двор» [10], [11], что обусловлено, с одной стороны, повсеместным применением методов микрорайонной застройки, с другой – недостаточным пониманием действительных источников устойчивого развития города. Расширение терминологической базы будет способствовать всесторонне проработке проектов планирования и благоустройства придомовых территорий.

4. Типологические особенности объёмно-пространственной организации двора позволяют ему выступать драйвером повышения гибкости и адаптации квартальной застройки к изменениям под действием внешних обстоятельств. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению экономического потенциала территорий, за счет многоплановости возможного использования дворовых пространств, так как дворы могут быть как приватными, используемыми только проживающими в них людьми, так и становится общественным пространством. Важно, что работы по реновации отдельных участков в черте квартала, могут происходить параллельно или в разное время, что придает городу свойство постоянно, но не кардинально изменяющейся среды исключая появление многоэтажной точечной застройки «на пустырях» без необходимой социально-бытовой инфраструктуры.

5. Типологически двор можно выделить как единицу городской застройки, образующую пространство, где формируются локальные сообщества людей, необходимые для гармоничного развития и саморегуляции жилой среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. По данным опроса, проведенного фондом «Общественное мнение» по заказу ООО «КБ Стрелка» в городах РФ, репрезентативной выборки в 2017 г.
2. По данным некоммерческого партнерства «Научно-исследовательский институт транспорта и дорожного хозяйства».
3. По данным ГИС-анализа территорий 47 городов России, в сумме обеспечивших более 50 % ввода жилой недвижимости за 2015 г. Анализ выполнен ООО «КБ Стрелка» в рамках разработки Стандарта в марте 2017 г.
4. Гейл, Я. Города для людей / Ян Гейл; Изд. на русском языке - Концерн «КРОСТ», пер. с англ. - М.: Альпина Паблишер
5. Йорн Шимман, Отто Вейерс, Лариса Арарипэ Рэнд, Евгения Репина, Сергей Малахов, Александр Гниломедов. The Samarsky Yard • Самарский двор; изд. TATLIN:. - 2020
6. Греков А.С., Формирование жилых структур в исторически сложившейся застройке городов юга Украины (на примере г. Одессы)//- Киев,1990.
7. Мельник Н.В., к.арх.,доцент, Тельпиш Л.В., «Архитектура и традиции городских дворов на примере Одессы», сборник научных статей, - ОГАСА-2011
8. Греков А.С., Особенности архитектуры жилых домов Одессы XIX века // Региональные проблемы архитектуры и градостроительства: Сб.науч. трудов АИ ОГАСА, 2000
9. А.И.Воскресенская, «Проблемы нормирования комплексного благоустройства дворовых территорий», Градостроительство, М.:2008
10. Шимко, В.Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды / В.Т. Шимко – М.: Архитектура-С, 2006.
11. Малахов С.А. Продукт индустриальной эпохи. Наш Дом Самара №3, октябрь 1998, стр.9-11.
12. Е. Репина, С. Малахов, А. Гниломедов, и др. Естественный город - опыт научно-проектных разработок кафедры инновационного проектирования и «Института города_Самара». Innovative Project
13. Малахов С.А. Самарский двор – средовой и социокультурный феномен\ The Samara Courtyard – an Environmental and Socio-Cultural Phenomenon ., статья - Самара: Наследие под угрозой\Samara: Endangered City on the Volga. ООО «Издательский дом «Агни», 2009 г., стр.60-66
14. Berghauser Pont. M., Haupt, P. Sace, Density and Urban Form - 2009.
15. Brands B, Urban Territories Guidelines for Urban, Development in the Russian Federation. Hilversum:karres +Brands, 2017.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ СОХРАНЕНИЯ ИДЕНТИЧНОСТИ ТРАДИЦИОННОГО ЖИЛИЩА ГАГАУЗОВ

Ю. И. Терзи¹, Л. В. Анисимова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*iulialina@mail.ru*

²*anisimovalv@yandex.ru*

Аннотация

Архитектура народного жилища создавалась на протяжении многих столетий. Она развивалась под влиянием природно-климатических условий, ландшафтного окружения, народных традиций, так же ремесленного творчества, формировавшего быт населения. Для сохранения идентичности народа следует формировать поселения, отдавая должное культуре и истории народа. Потеря важных составляющих гагаузского дома ведет не только к обезличиванию архитектурного облика городов, но и к ухудшению комфорта и качества жизни населения, потере чувства идентичности. Целью исследования является изучение традиционных архитектурно-планировочных особенностей жилища гагаузов, для выявления устойчивых признаков идентичности сохранившихся в изменяющемся динамичном образе жизни. Возможность включения преимуществ традиционного жилья в современную архитектуру, с модернизацией некоторых функций, повысит не только удобство и комфорт жизни в мегаполисе, но и позволит найти характерные признаки идентичности современного молдавского жилища.

ВВЕДЕНИЕ

Заданный техническим прогрессом экспоненциальный рост народонаселения, энергопотребления и материального производства не может продолжаться бесконечно. Выдвинутый Афинской хартией тезис, устойчивого развития территорий, предполагает переход от экстенсивных форм освоения земли, к интенсивным, учитывающим местные традиции, материалы и ресурсы. Подчиняясь логике устойчивого развития, по мнению профессора Арутюнова С.А. стоит «ожидать в будущем определенного «разукрупнения» наций, переноса центра тяжести этнообразующих информационных связей с общенациональных, тяготеющих к столичным округам уровней на уровни тех локальных, областных групп, из которых эти нации сложены»[1].

Анализируя эволюцию жилища, сохранившего свою идентичность, можно проследить за эволюцией архитектурно-планировочной организации дома, выявить устойчивые признаки функционального наполнения тех или иных помещений, проанализировать целесообразность включения определенных функциональных зон и связей между ними в современный образ жизни молдавского горожанина. У разных народов, с течением времени появляется свой национальный архитектурно-художественный образ жилища, выражающий как единство эстетических предпочтений народа, так и подчеркивает органическую связь с природно-географической средой [2]. Появляется архитектурный стиль, который воплощает в себе духовные, материальные и национальные ценности народа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД

Исследование проводилось на основе натурного анализа и фотофиксации традиционного жилища южной части Молдавии, а также изучения теоретических источников авторов, описывающих историю развития и эволюцию народного молдавского жилища.

Целью данной статьи является изучение традиций архитектурного жилища гагаузов, для выявления устойчивых признаков идентичности сохранившихся в изменяющемся динамичном образе жизни. На сегодняшний день многие составляющие гагаузского дома

утеряли свою значимость и необходимость, в связи с изменениями, произошедшими в образе ведения хозяйственно-бытовых процессов, но существуют параметры комфорта жилища, включение которых в современную архитектуру многоквартирного жилища, даст возможность создания конкурентных преимуществ на рынке современного жилья и улучшения удобства жизни.

Ключевые задачи заключаются в выборке и анализе устойчивых архитектурно-планировочных связей традиционного жилого дома гагаузов. Основное внимание в работе уделено традиционным процессам жизнедеятельности семьи и влиянию его на планировку жилого дома.

Основным традиционным типом жилья на территории Республики Молдова был и остается многоквартирный жилой дом. Для него характерны планировочные различия, обусловленные климатическим районированием территории Молдавии (Рис.1). Так, север Молдавии застроен жилыми домами, с компактной планировкой, с остекленными верандами и лоджиями. В центральной и южной Молдавии пропорции жилья более вытянутые, с открытыми летними галереями и верандами, что позволяет лучше проветривать жилище в жаркую погоду.

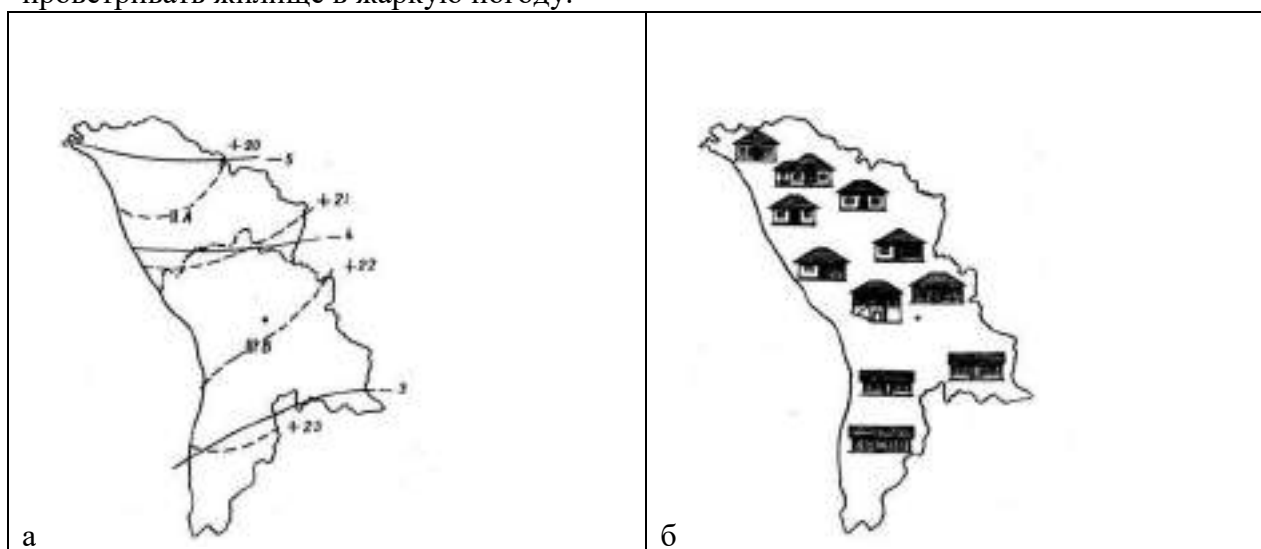


Рис. 1 Видоизменение типологии народного жилища Молдовы в зависимости от района строительства, а- климатическое районирование территории Молдавии, б-карта распространения типов жилья. Источник иллюстраций: по Моисеенко З.

Для анализа была выбрана южная территория республики: Гагаузия. В развитии архитектуры Гагаузии отражена эволюция этнокультурных традиций народа, прошедшего сложный исторический путь. На сегодняшний день гагаузское зодчество изучено недостаточно. Впервые архитектура народного жилья гагаузов была описана историком, научным сотрудником Академии наук Молдавской ССР-М.В. Маруневич, изучена эволюция развития гагаузской усадьбы[4,5,6]. Особый интерес вызывают труды выдающегося ученого, этнографа и исследователя В.А. Мошкова, который изучил многие сферы материальной и духовной культуры народа, в том числе и архитектуру[11].

В ансамбль традиционного жилья входил жилой дом и хозяйственные пристройки. Часть территории отводилось под сад, виноградник или огород. Ограждалась территория усадьбы каменным либо деревянным забором, главные ворота расписывались орнаментом. Каждая климатическая зона имела свои характерные особенности, которые повлияли на размещение жилого дома на участке, его конструктивное решение, планировку и принципы архитектурно-планировочного решения [2,14,15]. Пример формирования усадебного ансамбля жилого дома и надворных хозяйственных построек можно увидеть на рисунке М.В. Маруневича, выполненного на основе натурного обследования старинных усадеб.(Рис.2а,б)

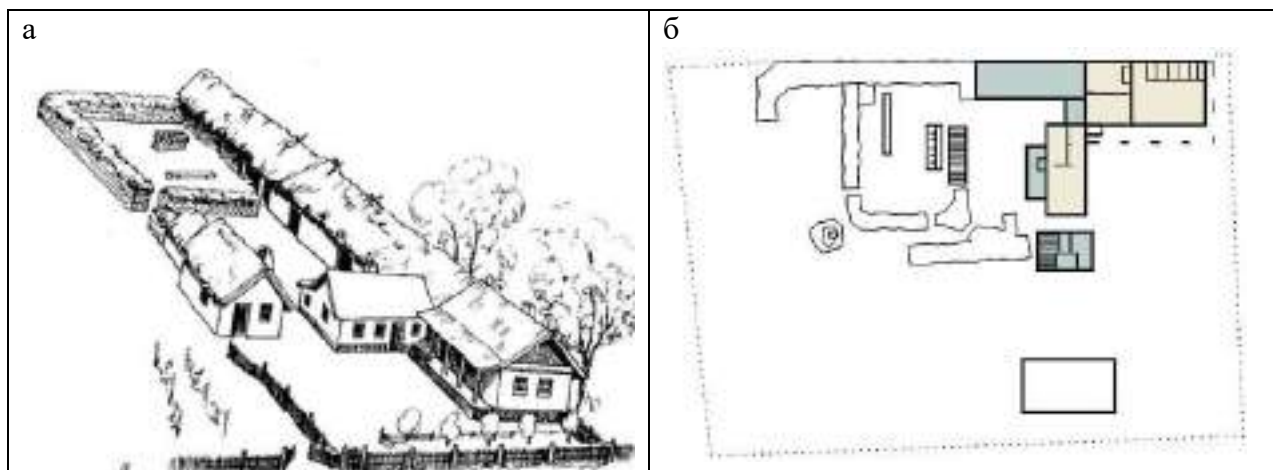


Рис.2 а - старинная усадьба в селе Бешалма (Общий вид), б-план усадьбы в селе Бешалма.
 Источник иллюстраций: а- по М.В. Маруневич, б-выполнена авторами

В состав традиционной усадьбы гагаузов входили как жилые так и не жилые постройки, необходимые для ведения хозяйства. Облик всего комплекса складывался из необходимых построек для ведения хозяйства. Основным родом занятий жителей являлось скотоводство и земледелие, следовательно, была необходимость в ряде помещений и построек: содержание скота, хранение инвентаря, продовольственных запасов, корма для животных и т.д. Хозяйственный комплекс состоял из множества пристроек к жилому комплексу. Одни из них служили местом для хранения продуктов, среди которых были ямы, амбары, плетенные из прутьев хранилища и погреба, другие предназначались для скота, птицы и инвентаря, среди которых были сараи, навесы, загородки. В хозяйственный комплекс обязательно входил небольшой огород и сад с цветником, которые чаще всего были совмещены[13,16].(Рис.2б)

Главными объектами жилого комплекса были наземный дом и наземная мазанка с глиняной крышей, которая служила летней кухней. Жаркий климат не позволял в летнее время готовить пищу на очаге в доме. Отдельной пристройкой под открытым небом была хлебная печь и очаг (рис.3).

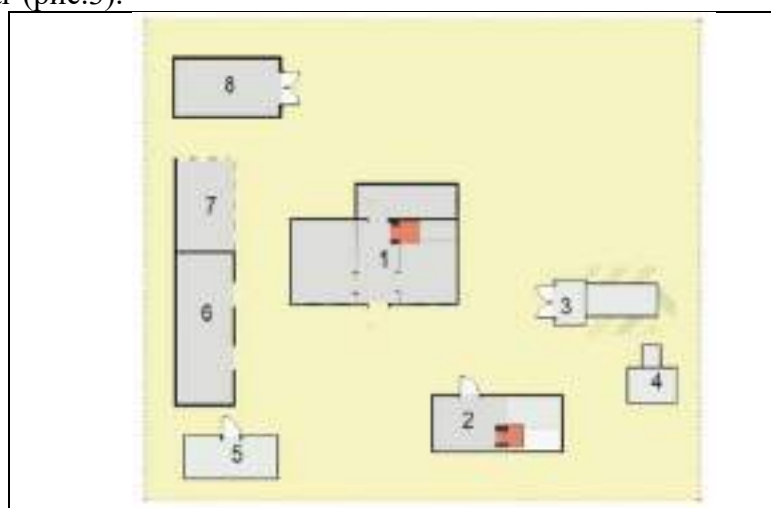


Рис.3 План жилого комплекса 1-жилой дом, 2-летняя кухня, 3-погреб, 4-хлебная печь, 5-амбар, 6-помещение для скота, 7-навес для хранения корма,8-сарай. Источник иллюстраций: составлен авторами.

Расположение жилого дома относительно хозяйственных построек также имело свое значение. Наиболее приближены к входной части дома были летняя кухня, погреб, амбар.

Эта необходимость обусловлена технологическими процессами движения хозяйки во время приготовления пищи: холодильник, кладовая хранения продуктов, очаг. Чуть дальше от входа в дом, но ближе к летней кухне расположена хлебная печь, так как она предназначена для выпечки хлеба и используется эпизодически в течение дня. Помещения для скота находятся рядом, но ближе всего расположены к амбару, а не к дому.

Климатологическая характеристика зон существенно влияет на качественные изменения планировки дома, что подтверждается практикой народного строительства жилищ, с определенными различиями их архитектурного решения.

Это продиктовано местными условиями, более полугодом жизнь людей проходит на открытом воздухе, в летней кухне. Ей отведено основное место приготовления пищи, а непосредственно прием пищи осуществляется на веранде. Круглогодичное использование веранд, лоджий и летних кухонь для основных потребностей семьи делает их важными компонентами жилой квартиры гагаузов. В северных районах летние кухни пристраиваются к северному(тыльному) фасаду дома, это рационально, т.к таким образом утепляется дом, в бытовом отношении пристроенная кухня является одновременно тепловым шлюзом и кладовой[2,12].(Рис. 4)

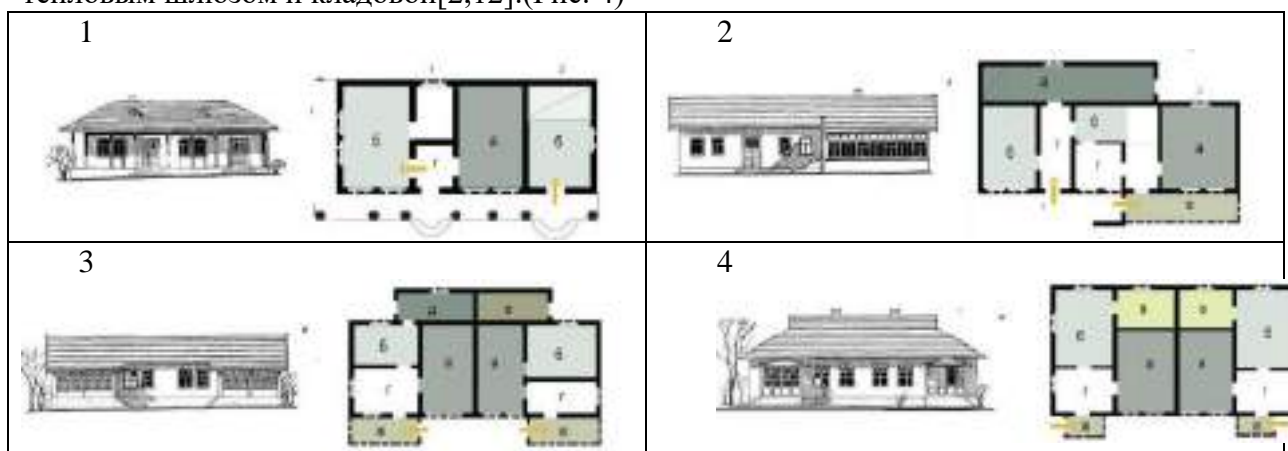


Рис.4 Примеры архетипов жилых домов, 1 — жилой дом с квартирами неравных площадей, 2 — жилой дом с квартирами неравных площадей, 3 — жилой дом с квартирами равных площадей, 4 — жилой дом с квартирами равных площадей. а — гостиная, б — кухня-столовая, в — спальня, г — передняя, д — летняя кухня, е — кладовая, ж — веранда. Источники иллюстраций: фасады по Моисеенко З., планировки выполнены авторами

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ приемов планировки традиционного жилого дома и организация отдельных помещений позволило сформулировать рабочую гипотезу о необходимости восстановления отдельных утерянных планировочных связей в типовом многоквартирном жилище по образу и подобию традиционно сложившихся в народном жилище.

Также проведенный натурный анализ жилья позволил определить палитру цветовых решений, которые целесообразно включить в современное строительство. Цветовые решения, использовавшиеся в строительстве гагаузов, сформировались еще на Балканах. Многие гагаузские села были расположены в непосредственной близости от Черного моря, и быт людей был с ним непосредственно связан[8]. Это повлекло за собой использование голубых оттенков в декорировании жилых домов. Данная традиция отчетливо наблюдается при натурном обследовании домов Гагаузии - кирпично-красные черепичные крыши, белые стены и декоративные элементы, выкрашенные в голубые тона(окна, двери, фронтоны и др.)(9,10)(Рис.5).



Традиционный очаг в доме гагаузов

Глиняная печь в интерьере

Рис.5 Фотофиксация фасадов, интерьеров и других составляющих традиционного гагаузского дома

Сени-передняя в современном сельском жилище являются тепловым шлюзом и передней парадного входа в дом. От ряда хозяйственных функций сени повсеместно освобождены, в связи с наличием в большинстве случаев, второго хозяйственного входа в дом через пристроенную летнюю кухню. Проведя анализ взаимосвязи сеней-передней с другими помещениями, видно, что она остается постоянной и не зависит от конструктивной схемы (Рис.6). Для двухкомнатных квартир наиболее типичной связью является вход из передней в кухню-столовую и в гостиную. Для трех- и четырехкомнатных квартир наиболее типичной связью помещений являются входы из передней в спальню, кухню-столовую и в гостиную. В связи с тем, что в народном жилище сени-передняя по существу только тепловой и гигиенический шлюз парадного входа в дом, их площадь без ущерба для удобства жилья может быть сокращена в современном варианте дома.

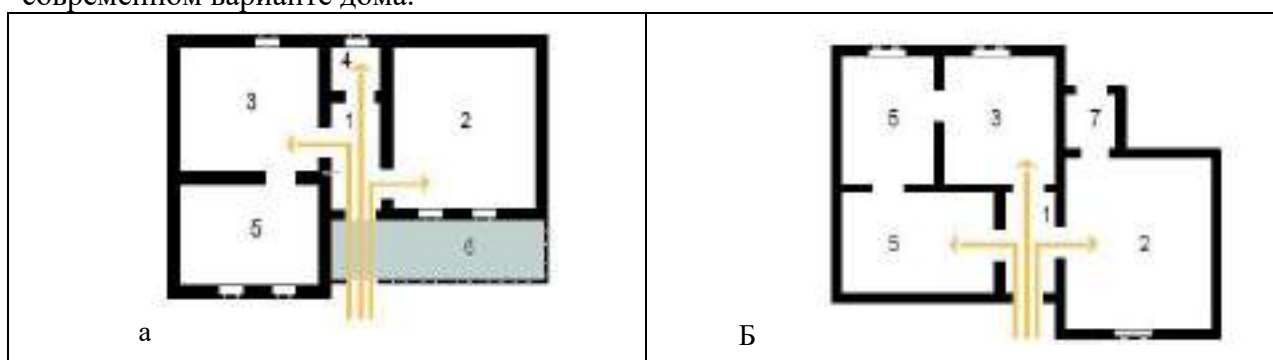


Рис. 6 Варианты планировочной организации передней, а- вход в дом через веранду, б-вход в дом из ниши с улицы, 1—передняя, 2—гостиная, 3—кухня-столовая, 4—кладовая, 5— спальня, жилая комната, 6— веранда, 7— тамбур запасного выхода. Источник иллюстраций: выполнены авторами

Заслуживает внимания решение главного входа в дом, устраиваемого из ниши или лоджии, которые предохраняют переднюю от задувания холодного ветра и попадания в

нее снега. Анализ показывает, что чаще всего в народном жилье устраивают у главных входов остекленные веранды.

Кухня-столовая. В традиционном жилье кухня столовая совмещала в себе функции многих пространств: помимо кухни-столовой она служила спальней и рабочей комнатой (Рис.7). Зимой здесь размещалась вся семья, независимо от количества членов семьи. В дальнейшем кухня-столовая, а по сути, общая жилая комната, членится на две небольшие комнаты — кухню-столовую и спальню. Площадь данного пространства стремилась к увеличению, в связи с необходимостью в дополнительной площади для различных хозяйственных дел. Но важной особенностью является наличие летней кухни, она в свою очередь разгружает кухню-столовую от процесса приготовления пищи на значительный период времени года. Летом кухня-столовая является по существу жилым помещением. В связи с этим иногда в ней кухонная часть планировочно выделяется в виде ниши закрытой декоративной тканью, в результате чего получается интерьер жилого помещения. Причем выделение кухонной части может найти отражение и в современном типовом проектировании [7,8].

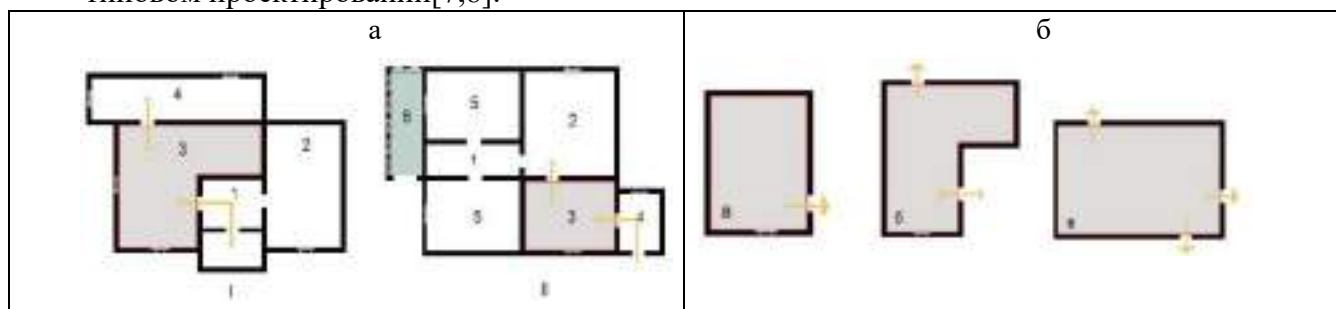


Рис.7 Планировочная организация кухни-столовой в квартирах различной планировки аI— взаимосвязь кухни-столовой с другими помещениями в двухкомнатной квартире; аII — взаимосвязь кухни-столовой в трехкомнатной квартире, 1 — передняя, 2 — гостиная, 3 — кухня-столовая, 4 — пристроенная летняя кухня, 5 — спальня, жилая комната, 6 — веранда, б — развитие взаимосвязи кухни-столовой в жилище разного времени, а — старое жилище, б — жилище 1940—1950 гг., в — современное жилище. Источник иллюстраций: выполнено авторами.

Существенной особенностью организации кухни-столовой традиционного жилья, является наличие второго хозяйственного входа, связанного с хоздвором через тамбур или пристроенную летнюю кухню. Это облегчает труд хозяйки и помогает сохранять чистоту в других помещениях жилого дома. Обследование старого и нового жилища показывает, что кухни-столовые ориентируются в основном на юг, юго-восток, юго-запад, т. е. на те же румбы, что и жилые помещения. В связи с тем, что кухни-столовые наиболее полно используются в зимнее время, вопрос инсоляции их является особо важным. Ориентация кухни-столовой на север не может быть рекомендована для жилых домов Молдавии, так как значительную часть года кухня-столовая является жилым помещением и только в зимнее время, когда отпадает опасность перегрева помещения, служит непосредственно кухней-столовой.

Гостиная. Это помещение является обязательным в традиционном жилье. В старом строительстве гостиная является неотапливаемым парадным помещением, частично может использоваться в роли жилого помещения и спальни в теплое время года, зимой же выполняет непосредственно свою прямую функцию-прием гостей. Неотапливаемая гостиная-это устаревшая традиция, которая обусловлена экономическими причинами. На некоторых территориях гостиную используют как жилое помещение и зимой ,отапливая ее дополнительными устройствами в виде пристроенных очагов. В старых жилых домах гостиная была изолирована от других помещений, вход осуществлялся только через переднюю (Рис.8). Затем появляется связь с кухней-столовой, что было удобно, при приеме гостей. И уже в новом строительстве гостиная является

композиционным центром всего дома, теряется ее изолированное расположение и появляются новые связи с помещениями всего дома.

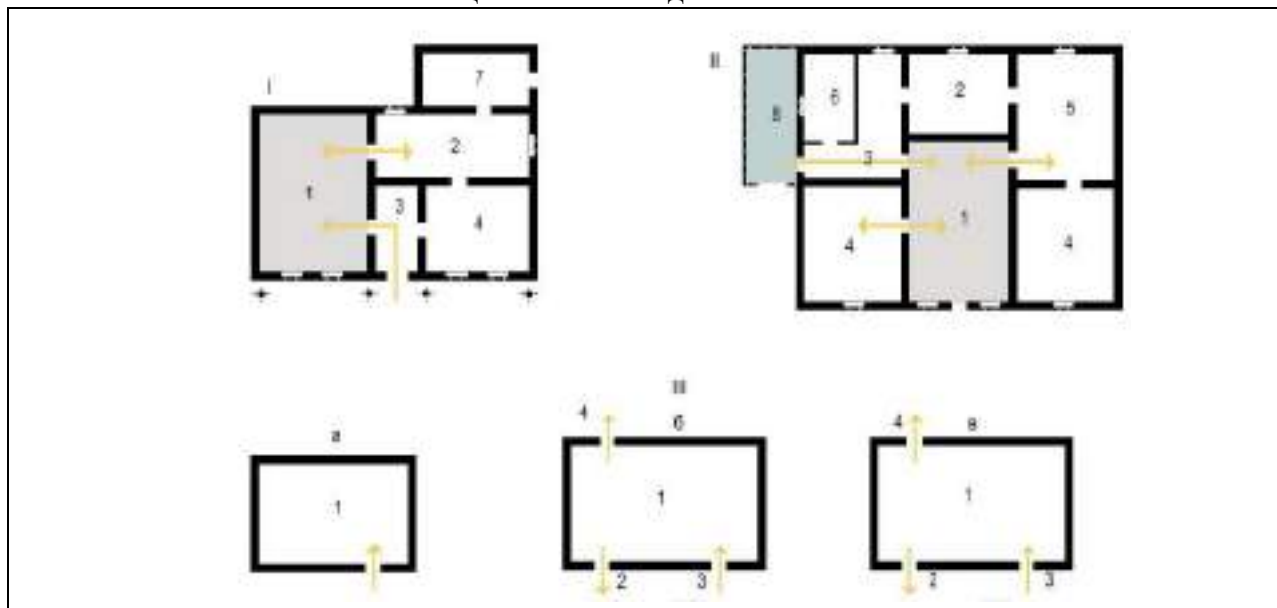


Рис.8 Планировочная организация гостиных I—II — Примеры решения взаимосвязи гостиной с другими помещениями в новых жилых домах; III — Схемы развития взаимосвязи гостиной с другими помещениями: а — старое жилище (до 1940 г.); б — жилище 1950—1960 годов; в — жилище 1960—1968 годов. 1 — гостиная 2 — кухня-столовая, 3 — передняя, 4 — спальня, жилая комната, 5 — столовая, 6 — санитарная комната, 7-летняя кухня, 8-веранда(галерея). Источник иллюстраций: выполнено авторами.

Спальня. В традиционном жилье спальные комнаты не отделялись от кухни-столовой, что совсем не характерно для нового строительства, где спальня является в основном изолированным помещением[6]. Спальни обычно располагались рядом с кухней со входом из нее. Иногда спальня имеет связь и с кухней-столовой ,и с гостиной. В трехкомнатных жилых домах одна спальня имеет связь с кухней-столовой, вторая же, чаще всего детская, связана с гостиной или передней (Рис. 9). Особенностью в традиционном жилье также является -проходная детская комната ,которая сообщается со спальней взрослых, чтобы упростить наблюдение за детьми . В современном же строительстве чаще спальни являются непроходимыми ,связаны с гостиной и столовой или гостиной и передней.



Рис.9 Планировочная организация спальных комнат I — взаимосвязь помещений при наличии одной спальни в квартире, II — при наличии двух спален; 1 — передняя, 2 — гостиная, 3 — кухня-столовая, 4 — пристроенная летняя кухня, 5 — спальня, жилая комната, 6 — веранда (галерея).
Источник иллюстраций: выполнено авторами.

ВЫВОДЫ

Изучив приемы планировки традиционного дома и организации отдельных помещений можно выделить следующие особенности идентичности присущие народному жилищу, утрата которых в современном многоквартирном доме, создала условия дискомфорта для жизни в данной климатической зоне и потерю подлинности молдавского жилища. Возможность восстановления этих потерь позволит повысить конкурентную идентичность многоквартирного жилища и повысит потребительский спрос на такие типы квартир. Открытые галереи и веранды, предохраняющие дом от перегрева в летние месяцы и имеющие большое бытовое значение в условиях юга. Наблюдается определенное различие и в размерах площадей отдельных помещений народного жилья и современного. Однако состав помещений и функциональная взаимосвязь между ними отличаются незначительно. Наличие веранд, лоджий и летних кухонь для основных потребностей семьи делает их важными компонентами жилой квартиры гагаузов. Выделяется важный элемент на участке - летняя кухня, которая может быть, как пристроена к дому, так и выступать отдельной постройкой[2,5]. Анализ народного жилища позволил понять, какие приемы могут быть актуализированы в современном жилье и позволят повысить комфорт и качество многоэтажного жилища в Гагаузии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов С. А. Идентичность [Конференция] //Футурологические аспекты проблем цивилизационного развития. –Комрат: Н.-и. Центр Гагаузии им. М. В. Маруневич, 2018 с.28-45
2. Моисеенко З. Архитектура сельских жилых домов Молдавии [Книга].-изд. «Карта молдовеняскэ»— Кишинев, 1973, с.6-12.
3. Архитектура с лицом. Уникальные постройки и архитектурные детали. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.architime.ru/specarch/heatherwick_studio/eden.htm#1.jpg
4. Маруневич М.В. Поселения, жилище и усадьба гагаузов Южной Бессарабии в XIX-начале XXв. [Книга].-Кишинев:Штиинца,1980.-168 с.
5. Маруневич М.В. Материальная культура гагаузов, в XIX-начале XXв. [Книга].- Кишинев:Штиинца,1988.-188 с.
6. Курогло С.С., Маруневич М.В. Социалистические преобразования в быту и культуре гагаузского населения МССР. [Книга].- Кишинев:Штиинца,1983.-197 с.
7. Маркарян Э.С., Арутюнов С.А. и др. Культура жизнеобеспечения и этнос. Опыт этнокультурологического исследования. [Книга].- Ереван: изд-во ФН АрмССР,1983.

8. Прохоренко А.И. Архитектура сельского дома. Прошлое и настоящее. [Книга].-Москва,1992.
9. Самойлович В.П. Народное архитектурное творчество. [Книга].- Киев. Будівельник. 1977г. 232с.
10. Sofiya Kosa. Gagauz folkloru: Valkanes dialektinda. Chishinau,2011
11. Мошков В.А. Гагаузы Бендерского уезда (Этнографические очерки и материалы).Кишинев,2004.
12. Новаков С.З.,Гургуров Н.Н. Село Кортен: времена и судьбы. Revista_de_Etnologie_si_Culturologie, Chishinau,2009.
13. Курогло С.С. Семейная обрядность гагаузов в XII-XXвв. [Книга].- Кишинев:Штиинца,1980.
14. Лехтеров В.В., Ключников Н.Н., Индивидуальный жилой дом. [Книга].- Кишинев: Картя молдовеняскэ, 1984. – 116с
15. Масаллар, легендалар, аннатмаklar (Сказки, легенды, были) /Собиратель и составитель : Н.И.Бабоглу.1969.
16. Miron Marina. Casa traditionala a bulgarilor din Republica Moldova ca parte a patrimoniului cultural/ Specialitatea:612.01-etnologie,Teza de doctor in istorie.

СРЕДНИЙ ГОРОД КАК СИСТЕМООБРАЗУЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕРРИТОРИИ РЕГИОНА

Т.Ф. Турутина¹, В.А. Стаднийчук²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*tututinatf@mgsu.ru*

²*sva-cs@mail.ru*

Аннотация

Рассматривается роль среднего города как связующего звена между крупными городами и сельской местностью. Предметом исследования является интерес к роли средних городов в сельском и региональном развитии, вызванный недавними социально-экономическими и политическими изменениями на национальном и международном уровнях, включающими демократизацию и реформы местного самоуправления, структурную перестройку и экономические реформы, а также общей тенденцией "развития снизу". Исследование направлено на определение текущей динамики урбанизации в сфере средних городов. Расположенные ближе всего к сельским общинам, средние города рассматриваются как важные и эффективные узловые пункты для связи сельских производителей с национальными и международными рынками, центры для размещения социальных услуг в пределах относительно легкой досягаемости сельских общин, а также центры для передачи государственной политики и модернизации.

ВВЕЕНИЕ

Определения "среднего города" или "промежуточного города", отражающие его основную территориальную структурирующую роль, очень разнообразны в мире. В глобальном масштабе ООН в 1996 году определила их границы, установив значение от 100 000 до 2-3 миллионов жителей; Всемирный банк рассматривает эту категорию до одного миллиона жителей; Европейский Союз установил границы, которые варьируются между 100 000 и 250 000 и между 20 000 и 500 000. В Градостроительный кодекс РФ 1998 г. перекочевала советская градостроительная классификация городов: до 50 тыс. чел. – малые, от 50 до 100 тыс. чел. – средние, от 100 до 250 тыс. чел. – большие, от 250 до 500 тыс. чел. – крупные, свыше 500 – крупнейшие. Из этого можно сделать вывод, что фактически, размер срединных городов варьируется в зависимости от масштаба анализа. Несмотря на различия, необходимо отметить, что определения, безусловно, актуальны и важны для любого содержательного анализа и обсуждения.

Многие исследователи подчеркивают важность проблем развития средних городов. При этом отмечают их способность играть значимую роль в региональном развитии и взаимодействии между городом и деревней. Для решения задач теоретический анализ информационных источников по теме исследования позволил заметить, что существует относительный недостаток опубликованных материалов о средних городских центрах по сравнению с обширными публикациями о крупных городах.

Практическая значимость этого исследования в решении задач позволяет подобрать подход к изменению качества и современному развитию средних городов. В последние два десятилетия наблюдается возобновление интереса к роли средних городов в развитии сельских районов, а также к той положительной роли, которую они могут играть в достижении справедливой и эффективной структуры расселения во многих странах. Растущая децентрализация ресурсов, полномочий и ответственности с центрального на местный уровень во многих странах позволяет уделять больше внимания потребностям и потенциалу каждого поселения и его региона. Один из аргументов, часто приводимых в оправдание этой стратегии, заключается в том, что децентрализация обеспечивает большую степень реагирования на местные потребности, и что местные политики,

воспринимаемые как более знакомые с местными проблемами, с большей вероятностью будут разрабатывать политику, отвечающую потребностям местного населения. Это требует децентрализованных подходов к развитию, которые определяются местными потребностями и приоритетами при активном участии всех заинтересованных сторон.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование, направлено на определение текущей динамики урбанизации в сфере средних городов. Чтобы избежать бесконечного обсуждения определений и их ограничений, Хардой и Саттертвейт (1988) и Саймон (1992) выступили за принятие подхода, который является функциональным и относительным, а не абсолютным, охватывая небольшие центры в контексте соответствующих национальных городских и экономических систем. Такой подход требует определения малых городов на основе иерархии поселений в каждой стране. Именно этот метод принят в данном исследовании. В качестве материала исследования приняты выполненные в последние годы работы по развитию городов, которые в основном посвящены развитию крупных городских агломераций или, наоборот, проблемам функционирования малых депрессивных городов и моногородов. Средние города остаются за пределами внимания, зачастую исследователи пренебрегают отдельным рассмотрением средних городов или рассматривают их вместе с малыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время средние города постепенно набирают обороты в области городских исследований [1]. Интерес проявляется в работах крупных региональных групп по всему миру, в основном по европейским средним городам [9, 10], а также по другим, например, американским [3]. В большинстве случаев анализируются конкретные национальные примеры: Обребалски [5] для Англии и Уэльса и Хилдреч [2] специально для Англии и т.д.

Средние города – это третья по численности категория городов России, после малых и субсредних. Всего в РФ по данным переписи 2010 г. таких городов 155, но в последние годы наметилась тенденция к сокращению их числа.

У большинства средних городов чаще всего схожие функции, социально-экономическая ситуация, а также проблемы и перспективы [14]. И, несмотря на недостаток внимания, уделяемого средним городам, не станем ограничиваться описанием только общих черт, а постараемся выделить их особенности.

Средние города занимают промежуточное положение между крупными и малыми городами, являясь проводниками урбанизации, обслуживая и руководя населением и хозяйством окружающей территории. Именно эта категория городов выступает в роли опорных центров региональных систем расселения и, соответственно, в роли ядер экономического, демографического, социального и культурного тяготения окружающей территории [13].

Как правило, поддержку федерального бюджета получают крупные города, в которых реализуются мегапроекты событийного характера (Сочи, Казань, Владивосток и др.). В региональной политике государства приоритет отдается Дальнему Востоку, национальным республикам Северного Кавказа и Поволжья. Города и регионы Северо-Западного федерального округа существуют в условиях ограниченного бюджета, роста конкуренции за дотации, инвестиции и за средства на крайне необходимую поддержку их человеческих ресурсов.

Впрочем, отметим, что в 2020 году также были внесены изменения в конституцию РФ, касающиеся системы органов местного самоуправления. С учетом этих изменений в ближайшее время должен быть разработан проект основ государственной политики в области развития местного самоуправления на 10-летнюю перспективу [15]. Наряду со

Стратегией пространственного развития РФ этот документ может задать ключевые векторы развития российских городов на среднесрочную перспективу.

И поэтому мы можем заметить, что в последние два десятилетия наблюдается возобновление интереса к роли средних городов, а также к той положительной роли, которую они могут играть в достижении справедливой и эффективной структуры расселения в стране. Этот новый интерес был вызван недавними политическими и экономическими изменениями во многих частях мира. Причиной возобновления интереса к роли средних городов является растущая децентрализация ресурсов, полномочий и ответственности с центрального на местный уровень во многих странах, что позволяет уделять больше внимания потребностям и потенциалу каждого поселения и его региона. Один из аргументов, часто приводимых в оправдание этой стратегии, заключается в том, что децентрализация обеспечивает большую степень реагирования на местные потребности, и что местные политики, воспринимаемые как более знакомые с местными проблемами, с большей вероятностью будут разрабатывать политику, отвечающую потребностям местного населения. Также утверждается, что в последние годы больше внимания уделяется средним городам, прежде всего потому, что с 1980-х годов они быстро растут во многих странах. Мы можем пронаблюдать, что темпы роста крупных городов снизились, а рост малых и средних городских центров увеличился.

Более того, все более широкое распространение рыночных стратегий развития и их акцент на экспортоориентированном сельскохозяйственном производстве требуют эффективных экономических связей между производителями и внешними рынками. С этой точки зрения, средние города все чаще рассматриваются как играющие ключевую роль в обеспечении и связывании своих сельских внутренних районов с внутренними и международными рынками [17]. Отсюда интерес к средним городам в литературе по региональному развитию как к узлам, связывающим сельские сельскохозяйственные районы с маркетинговыми центрами.

Исследования показали потенциал средних городов как центров роста и развития, а также трансформации в процессе развития сельских районов. Утверждается, что в развивающемся мире средние города все чаще рассматриваются как важное звено в континууме "город - село". Они воспринимаются как центры сбыта и переработки сельскохозяйственной продукции, как потенциальные резервуары, способные предотвратить массовую миграцию сельского населения в крупные города, и как средства распространения современных технологий и ценностей в сельской местности [8]. Такое представление о среднем городе в сельском и региональном развитии объясняет то внимание, которое уделяется его различным функциям - центр рынка, центр обслуживания, центр переработки и центр занятости вне фермерских хозяйств [11]. Поэтому общепринятое мнение и представление политиков и региональных планировщиков заключается в том, что средние города играют большую потенциальную роль в продвижении рациональной и сбалансированной национальной структуры расселения и широкомасштабного развития сельских районов, приносящего пользу большинству населения [7].

Однако, можно утверждать, что хотя средние городские центры стали очень важными, опасность заключается в том, что неудержимый процесс глобализации может привести к обоснованию новой концентрации деятельности в столичных городах. Это может затруднить проведение политики в отношении средних промежуточных городских центров. Это можно сформулировать в широком смысле, утверждая, что вовлечение государств во множество транснациональных сетей и систем в условиях глобализации затрудняет реализацию ими своих внутренних целей политики развития. Контраргументом можно привести то, что глобализация также активизирует вопросы локализации. Другими словами, эрозия возможностей государств по управлению национальными целями развития вынуждает их к децентрализации, что создает возможности для местных и национальных действий [4]. Стоит учесть, что глобальные

отношения немыслимы без местных "лиц" (например, государств, микро регионов, сообществ), так же как и "местное" не имеет смысла без контекста (будь то сообщество с отношениями обмена за пределами своих границ или сообщество, сопротивляющееся проникновению государств или рынков). Наконец, в этом вопросе глобализация не делает государство ни менее важными, ни менее влиятельным. Напротив, роли и функции государства и то, как оно их выполняет, меняются по мере того, как идут поиски согласованных стратегии и платформ для привлечения как внутренних, так и международных агентств (таких, как частные предприятия, международные финансовые институты, НПО, общественные движения и т.д.), или создают пространство для этих агентств в публичной сфере [6].

Средние города и их роль в региональном и сельском развитии были предметом многочисленных дебатов в литературе по региональному развитию. Мнения относительно возможной роли средних городов в модернизации и развитии сельских районов, их функций как центров услуг и рынков, а также их роли в сокращении миграции из сельской местности в города и росте крупных городов расходятся [12].

Общепринятым мнением среди региональных планировщиков и политиков является то, что средние города играют важную роль в сельском и региональном развитии. Однако, поддержку федерального бюджета, как правило, получают крупные города, в которых реализуются мегапроекты событийного характера (Сочи, Казань, Владивосток и др.). В региональной политике государства приоритет отдается Дальнему Востоку, национальным республикам Северного Кавказа и Поволжья. Города и регионы Северо-Западного федерального округа существуют в условиях ограниченного бюджета, роста конкуренции за дотации, инвестиции и за средства на крайне необходимую поддержку их человеческих ресурсов.

Существующее административно-территориальное устройство России обусловлено обширностью территории страны, разнообразием экономических, географических, демографических, природных и национальных условий каждого субъекта федерации. Рисунок 1 демонстрирует роль, которую играют средние города как системообразующий элемент территории (по состоянию на 2021 год). Они имеют широкое распространение, не без некоторого неоднородного распределения, что позволяет выделить чуть менее сотни средних городов, формирующих объект настоящего исследования.



Рисунок 1 – Города России с населением от 125 тыс. до 250 тыс. человек

Анализ территории, отображающей расположение средних городов, позволяет выделить как минимум три типологии: города, связанные с крупными городами, прибрежные города и внутренние. Критерии для определения и организации этих средних городских центров совершенно разнообразны. Один из первых подходов может быть установлен по их пространственному расположению. Сами по себе эти категории не являются исключительными, поскольку некоторые города могут принадлежать более чем

к одной типологии. Цель состоит в том, чтобы охарактеризовать их, проанализировав их положение в территориальных рамках, а не классифицировать их.

Далее отметим прибрежные районы, где возникло значительное развитие производства, а также активизировалась туристическая деятельность и наблюдался устойчивый рост населения. На национальном уровне существовали значительные центробежные миграционные силы, которые привели к перераспределению населения. Не все эти прибрежные города могут быть связаны только и исключительно с туристическим феноменом как причиной их попадания в ранг городских ядер и средних городов. Тем не менее представляется очевидным, что туризм в большей или меньшей степени повлиял на развитие важных городских районов вдоль побережья. Можно отметить значительную концентрацию средних городов в прибрежных районах.

И последняя характеристика опирается на огромный сдвиг в распределении населения во второй половине прошлого века, что привело к серьезной депопуляции. Эти внутренние миграции происходили, в основном, из сельских районов в растущие города, в столицы провинций и главные прибрежные города. Хотя основными центрами внутренней миграции были в основном крупные города и их метрополии, столицы провинций играли роль первого очага приема.

Теоретический анализ, позволил выявить, что в рамках программы децентрализации предполагается предусмотреть взаимно укрепляющую схему связей между столицей района и его округом, которая будет стимулировать рост как сельскохозяйственной, так и несельскохозяйственной деятельности. Этот процесс развития включает в себя развитие местного сельского хозяйства и повышение доходов за счет эффективного и действенного доступа к рынкам и услугам, расположенным в окружной столице, и формулирование политики в соответствии с местными условиями районными плановиками и администраторами, а также местными жителями и их представителями [16].

Практическая реализация и ограничения, препятствующие связям между сельскими и городскими районами, ставят под сомнение эффективность стратегии в достижении желаемых результатов. Одна из основных целей стратегии развития районов, ориентированных на столицу округа, заключается в том, чтобы дать возможность этим центрам развиваться и выступать в качестве привлекательных зон для потенциальных сельско-городских мигрантов и городских жителей, которые хотели бы переехать из крупных городов. Экономические причины (особенно работа) остаются самым важным фактором, обуславливающим миграцию из села в город. Кроме того, в районных столицах не наблюдается значительного роста занятости или создания рабочих мест. Создание рабочих мест в этих двух районах происходит в значительной степени за счет расширения гражданских и государственных услуг (занятости и расходов в государственном секторе) в результате реализации программы децентрализации и расширения неформального сектора (в основном мелкой торговли).

Из этого следует, что в краткосрочной и среднесрочной перспективе ожидаемая цель по снижению темпов роста крупных городов может быть не достигнута. Поэтому необходимо удвоить усилия по укреплению районных столиц как центров, противодействующих магниту крупных городов, а также улучшить условия жизни в сельской местности, чтобы сократить переезд в города. Для реализации конкретной местной политики, подходящей для каждой окружной столицы и округа, необходимо, чтобы на окружном уровне было достаточно данных и информации для сбора и анализа, основанных на местных реалиях. Поэтому необходимо укрепить учреждения по сбору данных в округе, чтобы эти организации могли предоставлять данные и информацию, относящиеся к конкретным округам. В этой ситуации департаменты и агентства, ответственные за сбор и распространение данных и информации на районном уровне, смогут адаптировать свою работу конкретно к нуждам и потребностям районов. Это также потребует обеспечения ресурсами подрайонных структур округов, чтобы сделать их функциональными и помочь в сборе местных данных для целей районного планирования.

ВЫВОДЫ

Таким образом, отражена важность средних городов как связующего звена между двумя основными моментами: растущей депопуляцией сельских районов и массовой концентрацией населения, активов и услуг в крупных городах и прибрежных районах. Средние города, особенно внутри страны, могут помочь и должны помочь сохранить демографическую ткань страны.

В исследовании приходим к пониманию российской городской системы в отношении роли, которую играют средние города, и того, как проявляются более крупные территориальные и географические различия.

Выявлено, что в рамках программы децентрализации предполагается предусмотреть взаимно укрепляющую схему связей между столицей района и его округом, которая будет стимулировать рост как сельскохозяйственной, так и несельскохозяйственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adam, B. Medium-sized cities in urban regions. *Eur. Plan. Stud.* 2006, 14, 548–555.
2. Hildreth, P.A. Roles and Economic Potential of English Medium-Sized Cities: A Discussion Paper. Proceedings of the Centre for Urban Processes, Resilient Infrastructures & Sustainable Environments (UPRISE), University of Salford. 2006. Available online: https://www.researchgate.net/publication/228379144_Roles_and_Economic_Potential_of_English_Medium-Sized_Cities_A_Discussion_Paper (accessed on 18 October 2017).
3. Klaufus, C.H. Watching the city grow: Remittances and sprawl in intermediate: Central American Cities. *Environ. Urban* 2010, 22, 125–137.
4. McMichael, P., 2000: 'Globalisation: Myths and Realities (1996)', in Roberts, J. T. and Hite, A. (eds.): *From Modernisation to Globalisation: Perspectives on Development and Social Change*, Oxford: Blackwell Publishers.
5. Obrebalski, M. Demographic potential in functional areas of the selected medium-sized cities in Poland and the Czech Republic. *Geoscape* 2017, 11, 16–24.
6. Opoku-Mensah, P., 2004: *Restructuring African Development Politics: The Changing Nature of NGO-Government Relations in Ghana*, PhD Thesis, Trondheim: Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
7. Pedersen, P.O. (eds.): *The Rural-Urban Interface in Africa – Expansion and Adaptation*, Uppsala, Scandinavian Institute of African Studies/Centre for Development Research (Copenhagen).
8. Rondinelli, D.A., 1984: 'Small towns in developing countries: Potential centres of growth, transformation and integration', in Kammeier, H.D. and Swan, P.J. (eds.): *Equity with Growth? Planning Perspectives for Small Towns in Developing Countries*, Bangkok: Asian Institute of Technology.
9. Russo, P.; Serrano, D.; Pérez, M.Y.; Brandajs, F. Identifying and classifying small and medium sized towns in Europe. *Tijdschr. Econ. Soc. Geogr.* 2017, 108, 380–402.
10. Servillo, L.; Atkinson, R.; Hamdouch, A. Small and medium-sized towns in Europe: Conceptual, methodological and policy issues. *Tijdschr. Voor Econ. Soc. Geogr.* 2017, 108, 368–379.
11. Wouden, A.A., 1997: 'Three small towns in Central Java', in *Netherlands Geographical Studies*, 221.
12. Голубчиков О.Ю., Махрова А.Г. Факторы неравномерного развития российских городов // *Вестник Московского университета. Серия 5: География*, 2013. № 2, С. 54–60.
13. Лунева Н.А. Малые и средние города: Потенциал и пути развития в условиях рыночной экономики, на примере Воронежской области: дис. кандидата геогр. наук. Воронеж. 2000. 167 с.
14. Любовный В.Я., Пчелинцев О.С. Макроэкономические факторы развития Российских городов и задачи градостроительной политики. // *www.demoscope.ru*. 2006. № 243–244. С. 10–32.
15. Новый текст Конституции РФ с поправками 2020. <http://duma.gov.ru/news/48953/>
16. План реализации Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. https://www.economy.gov.ru/material/file/108d64418eca19f746e96fa20a7b6eb7/27122019_3227-p.pdf.
17. Сан-Паульский консенсус. Принят на XI сессии ЮНКТАД, Сан-Паулу, Бразилия, 13–18 июня 2004 года "Глава III. Обеспечение выгод для развития от международной торговой системы и торговых переговоров" https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/sao_paulo_consensus_ch3.shtml.

АНАЛИЗ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ДОСТУПНОСТИ ШКОЛ ГОРОДА КРАСНОЯРСКА

Т. Ф. Турутина¹, Я. А. Заблотская²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*tututinatf@mgsu.ru*

²*zablotskaiana@yandex.ru*

Аннотация

Предметом исследования определены градостроительные особенности территориальной доступности школ, как важной составляющей жизни общества. Необходимость соблюдения требований нормативно-правовых положений относительно территориальной доступности школ влияет на современное развитие городской территории. В условиях сложившейся застройки города, актуальными являются вопросы улучшения территориальной доступности школ, что обусловлено решением задач совершенствования существующей сети учреждений. Не соответствие действующих в РФ норм и правил проектирования школ, а также ряд градостроительных проблем расположения и территориальной доступности школ в структуре города определяют цель исследования. условия территориальная доступность школ рассматриваются в исторически сложившихся городских районах Красноярска. Анализируются градостроительные особенности новых жилых микрорайонов города. Приводятся результаты теоретического анализа соответствия доступности и обеспеченности школ Красноярска действующим нормам и правилам. Характеризуются показатели максимально допустимого уровня территориальной доступности школ в соответствии с местным нормативом градостроительного проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность рассмотрения градостроительной проблемы во многих городах России обусловлена необходимостью решения противоречий, где с одной стороны отмечается потребность изменения качества территориальной доступности школ, с другой стороны – недостаточность практической реализации процесса обеспечения городскими властями потребителей образовательных услуг оптимальной дистанцией от мест проживания населения. Износ уже имеющихся зданий, построенных в советский период микрорайонной застройки; темпы строительства новых образовательных объектов относительно демографической ситуации; увеличение плотности застройки при строительстве жилых микрорайонов актуализируют задачи, требующие своего решения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процесс исследования вопроса актуальности в условиях застройки территории раскрывает градостроительные особенности территориальной доступности школ Красноярска.

Более детальное изучение проблемы территориальной доступности школ в структуре города позволило выявить конфликт интересов, заключающийся в различном представлении заинтересованных сторон о том, как эта доступность должна обеспечиваться.

Эти противоречия и определяют актуальность темы. Цель исследования формулируется, как механизм формирования сети муниципальных образовательных учреждений для их территориальной доступности.

В процессе решения поставленных научных задач определились методы исследования:

- библиографический метод, позволяющий изучить научные, правовые, литературные источники по теме исследования;
- исторический метод, который даёт возможность изучить исторические аспекты возникновения и развития темы исследования;
- аналитический метод, направленный на углублённое научное исследование, источников информации, комплексное обоснование концептуальной идеи.

Метод теоретического анализа направлен на изучение мирового опыта расположения школ в структуре города, где проанализирована литература, нормативно-правовые источники, раскрывающие понятие территориальной доступности школ. Основным методом исследования в этой работе является метод обобщения результатов, полученных путем сравнительного анализа. Полученные результаты определяют основное направление улучшения качества территориальной доступности школ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно официальной статистике в России 9146 школ имеют износ от 50 до 70 % и 6082 – более 70 % [3]. Исследования градостроительных особенностей выявило тенденцию к сокращению количества общеобразовательных школ на фоне увеличения количества детей дошкольного возраста.

Расположение общеобразовательных школ в структуре города нормируется с тех пор, как образование стало общедоступным. Теоретический анализ исторических аспектов отечественного и зарубежного подходов к формированию сети общеобразовательных школ свидетельствует о том, что первые планировки комплексной застройки, включающие среди прочего участки под строительство школ, стали появляться с 10-х годов XX в. с популяризацией в России идеи города-сада Э. Говарда. Их практическое воплощение началось после революции при строительстве пригородных рабочих поселков [15]. Здания школ и школьных кварталов в них размещались в стороне от жилой застройки на огромных территориях, специально отведенных под парки, поля, сады и прочие зеленые насаждения. Считалось, что школам отдается лучшее место в плане поселка [14].

Одной из первых и наиболее известных планировочных концепций расположения школы, является проект 1929 г. “The Neighbourhood Unit” (рис. 1) американского планировщика Кларенса Перри. Смысл его идеи состоит из предложения расширить традиционный городской квартал, разместив внутри него учреждения, предоставляющие потребительские услуги, т.е. места концентрации повседневной городской активности, где в условиях все более усиливающейся общей автомобилизации, может быть достигнута безопасность уличной жизни. В центре квартала Перри располагается школа и прочие социальные услуги: радиус доступности центра определяет максимальный размер участка.

Несмотря на обвинения в физическом детерминизме, идея Перри, тем не менее, получает развитие сегодня в концепциях нового урбанизма [1].



Рис. 1. Концепция “The Neighbourhood Unit” Кларенса Пьери

Примерно тогда же, в 30-х гг. XX века, начались поиски нового планировочного устройства квартала и в СССР [2]. Градостроительная литература того времени содержит множество упоминаний об идее укрупненного квартала, где также, как и в концепции Перри, предлагалось перенести объекты повседневной доступности в центр квартала. При этом сохранялся периметральный тип застройки [4]. Концепция укрупненного квартала, нашла свое практическое применение — ее влияние можно сегодня проследить в сохранившихся кварталах «сталинской» эпохи застройки.

С началом эпохи индустриального домостроения в 50-х гг. от периметрального типа застройки было решено отказаться — применяется свободная планировка. Школа становится образующим элементом новой планировочной единицы — микрорайона. Концепция укрупнённого квартала представлена на рисунке 2 и 3.

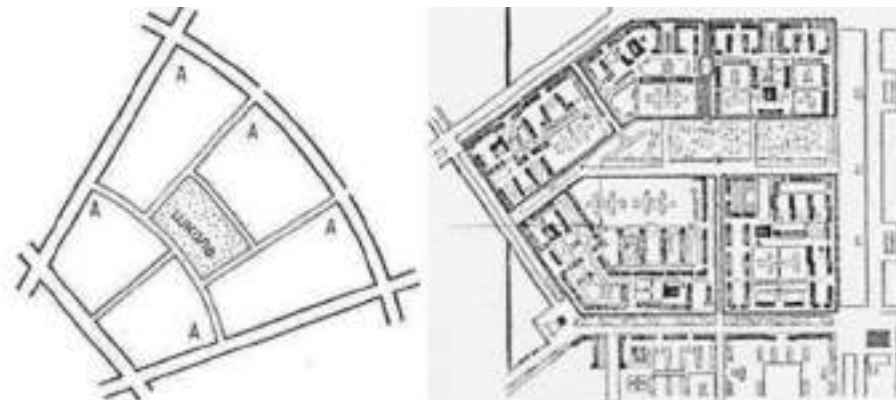


Рис. 2. Концепция и проект укрупнённого квартала



Рис. 3. Концепция укрупненного квартала В.В. Кратюка (1938-1939)

Размер микрорайона определяется радиусом доступности школы — 500 м [16]. Новые правила были закреплены в градостроительных нормативных документах стандартизации — строительных нормах и правилах (СНиП), первый из которых был опубликован в 1959 г. (СН 4158).

Норма доступности школы оставалась практически неизменной в каждой последующих редакциях градостроительного свода СНиП, принимаемых примерно раз в десятилетие вплоть до распада Советского Союза (СНиП II-К.262 — 1967 г., СНиП II-60-75 — 1975 г., СНиП 2.07.01-89*— 1989 г.).

Необходимость теоретического анализа позволила изучить документы территориального планирования и нормативно-правовые акты, влияющие на размещение школьной сети в структуре Красноярска. Согласно Градостроительному кодексу РФ материалы по планируемому размещению объектов местного значения, в т. ч. учреждений образования, публикуются в рамках Генерального плана муниципального образования. Размещение школ допускается на территории жилых зон [10, 11]. Расчетные показатели обеспеченности и доступности таких объектов отдельно отражаются в нормативах градостроительного проектирования и должны соответствовать генеральному плану [12]. В Красноярске эти показатели отражаются в местных нормативах градостроительного проектирования [9].

Качественное образование предполагает обеспечение равенства в доступе и разнообразие в выборе образовательных учреждений [13]. Под равенством мы будем подразумевать одинаковость условий доступности для всех потребителей. В свою очередь, вариативность выбора предполагает наличие разнообразных общеобразовательных учреждений.

Во-первых, происходят постоянные изменения в образовательном процессе — появление различных видов учреждений: гимназий, лицеев, частных школ, введение углубленного изучения отдельных предметов [7]. Появляются новые методики обучения — школы корректируют свои программы, чтобы идти ногу со временем.

Во-вторых, разнообразными могут быть возможности получения каких-либо специальных знаний: например, в некоторых учреждениях предусмотрено углубленное изучение отдельных предметов.

В-третьих, это результативность школ, которая сегодня прямо выражается показателями успеваемости, результатами ЕГЭ и олимпиад и др. подобными параметрами. В некоторой степени они характеризуют престиж учреждения. Все вместе эти разносторонние показатели конкретизируют потребительские качества школ и являются значимыми с управленческой точки зрения. В градостроительном аспекте их значимость минимальна.

Экономическая эффективность — это показатели затрачиваемых государством средств на функционирование общеобразовательных учреждений. Они напрямую значимы для потребителя, поскольку общее образование — общественное благо, которое бесплатно. Тем не менее, это важный ориентир для управленцев и градостроителей.

С. В. Поздняк в своей работе «Архитектурно-планировочная организация школьного здания в условиях информационного общества: на примере Самары» указывает на то, что современный учебный процесс проходит в типовых школьно-территориальных комплексах, оставшихся в наследство от предыдущей социальной системы и отмечает несоответствие норм проектирования образовательному процессу [8].

Градостроительные нормативы, устанавливающие радиус доступности образовательных учреждений, утратила свой смысл в современных реалиях, например, некоторые дети посещают школы исходя из качества образования или выбора определенного профиля направления, например, физико-математические школы, гуманитарные, с художественно-эстетическим уклоном и т.п.

На карту города были нанесены радиусы пешеходной доступности всех школ Красноярска (рис. 4). Стало наглядным, что школы расположены без учета плотности и типологии застройки, вследствие чего одни школы испытывают значительную нагрузку учащимися, а другие заполнены лишь на четверть. В некоторых жилых кварталах, в том числе, активно застраиваемых, расположена одна перегруженная школа, в то же время в жилых кварталах с низкой плотностью застройки их может оказаться несколько.



Рис. 4. Схема размещения школ Красноярска с радиусами доступности

ВЫВОДЫ

Таким образом, более детальное изучение проблемы территориальной доступности школ в структуре города позволило выявить конфликт интересов, заключающийся в различном представлении заинтересованных сторон о том, как эта доступность должна обеспечиваться.

На основе теоретического анализа определен опыт расположения школ в структуре городов. Метод обобщения результатов позволил путем сравнительного анализа получить результаты, определяющие основное направление улучшения качества территориальной доступности школ.

В процессе исследования раскрыты градостроительные особенности начала эпохи индустриального домостроения в 50-х гг., когда от периметрального типа застройки было решено отказаться в пользу свободной планировки. Школа становится образующим элементом новой планировочной единицы — микрорайона.

Изучены документы территориального планирования и нормативно-правовые акты, влияющие на размещение школьной сети в структуре Красноярска. Согласно Градостроительному кодексу РФ материалы по планируемому размещению объектов местного значения, в т. ч. учреждений образования, публикуются в рамках Генерального плана муниципального образования. Размещение школ допускается на территории жилых зон.

Однако, износ уже имеющихся зданий, построенных в советский период микрорайонной застройки; темпы строительства новых образовательных объектов относительно демографической ситуации; увеличение плотности застройки при строительстве жилых микрорайонов актуализируют задачи, требующие своего решения.

Анализ особенностей градостроительного особенностей распределения сети школьных образовательных учреждений в структуре Красноярска обозначило проблемы организации школьных земельных участков и расположения школьных образовательных учреждений в структуре города. Вместе с тем выявлено, что территория города на 80% состоит из сложившейся застройки, где также существует проблема с обременением земельных участков, на которых можно было бы строить объекты социальной инфраструктуры. Очевидно, что в сложившейся застройке невозможно обеспечить нормативную пешеходную доступность для всех жилых домов. Изучение местных градостроительных нормативов Красноярска позволило обнаружить, что 2020 году в Красноярске приняты изменения в местные нормативы градостроительного проектирования, введя понятие «транспортной доступности». Введение таких нормативов позволит решить лишь часть проблем территориальной доступности школ, т.к. он не учитывает всех процессов, происходящих на локальных территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lawhon L. The Neighborhood Unit: Physical Design or Physical Determinism? / Lawhon L // Journal of Planning History. Vol. 8. No. 2., 2009 P. 111 — 132.
2. Архитектура СССР / Под редакцией Н. В. Баранова (ответственный редактор), Н. П. Былинкина, А. В. Иконникова, Л. И. Кирилловой, Г. М. Орлова, Б. Р. Рубаненко, Ю. Ю. Савицкого, И. Е. Рожина, Ю. С. Ярлова (зам. отв. редактора). — 1975. — 755 с.
3. Барзенкова, П. А. Анализ градостроительных аспектов размещения образовательных организаций на примере Воронежа / П. А. Барзенкова, М. А. Васильева, Ю. А. Воробьева, А. С. Волох // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. — 2021. — № 2(17). — С. 59-65.
4. Бунин А.В. История градостроительного искусства. Поздний феодализм и капитализм / А.В. Бунин, Т.Ф. Саваренская. // Москва: Стройиздат, 1979. — 496 с.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации / Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ.
6. Красноярские депутаты предложили строить школы не в пешей, а в транспортной доступности от жилых домов // [Электрон. ресурс]. URL: <https://24rus.ru/news/power/174879.html>.
7. Матвеева А.А. Проблемы формирования сети школьных образовательных учреждений и их территорий в структуре города Казани / А. А. Матвеева. // Казань: Известия КГАСУ, 2015. — 10 с.

8. Позняк, С.В. Архитектурно-планировочная организация школьного здания в условиях информационного общества: на примере Самары. Диссертация кандидата архитектуры, 2009. — 132 с.
9. Постановление Правительства Красноярского края от 23.12.2014 № 631-п «Местные нормативы градостроительного проектирования городского округа город Красноярск» утвержден Красноярским городским советом депутатов: [Электрон. ресурс]. URL: http://www.admkrsk.ru/citytoday/building/Pages/grad_proekt.aspx.
10. Свод правил СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций» утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 17.08.2016 3572/пр.: - Доступ из справочно-правовой системы «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов». – Текст: электронный.
11. Свод правил СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30.12.2016 № 1034/пр.]: - Доступ из справочно-правовой системы Гарант. – Текст: электронный.
12. Трутнев Э.К. Градорегулирование: Правовое обеспечение градостроительной деятельности: альтернативные модели законодательства и программа исправления его ошибок / Э.К. Трутнев. // Москва: Институт экономики города, 2019. — 682 с.
13. Федеральный закон об образовании в российской федерации: Федеральный закон № 273-ФЗ от 29.12.2012 принят Государственной думой 21.12.2012, одобрен Советом Федерации 26.12.2012: - Доступ из справочно-правовой системы Консультант Плюс. – Текст: электронный.
14. Хазанова В.Э. Советская архитектура первых лет Октября 1917-1925 гг. / В.Э. Хазанова // Москва: Наука, 1970. — 216 с.
15. Хан-Магомедов С. О. Архитектура советского авангарда Кн.2 / С. О. Хан-Магомедов // Москва: Стройиздат, 1996. — 709 с.
16. Шквариков, В.А. Жилой район и микрорайон. Пособие по планировке и застройке / В.А. Шквариков // Москва: Издательство литературы по строительству, 1971. — 193 с.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Д. В. Скокова¹, Д. С. Смагин², У Сяои³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dariask98@gmail.com*

²*smagin.s2011@yandex.ru*

³*wuxiaoyi1122@gmail.com*

Аннотация

Туристический центр и северная столица России Санкт-Петербург обладает большим потенциалом для освоения прибрежных территорий, однако по ряду факторов минимальное количество проектов доходят до конечной реализации. В работе проанализированы причины необходимости строительства на водных территориях города, классифицированы части акватории и выведены перспективные направления развития.

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования заключается в том, чтобы обосновать необходимость разработки градостроительного зонирования для освоения прибрежных территорий в городе Санкт-Петербурге. Этот город обладает богатой акваторией благодаря своему историческому местоположению. Построенная на болотах будущая столица Российской империи стала морским центром с развитой сетью водного транспорта. В настоящее время роль акватории в структуре города отошла на второй план, развитие новых объектов находится на своем начальном уровне [1]. Согласно ГрК РФ Статья 33 «Порядок внесения изменений в правила землепользования и застройки», рассмотрение предложений об изменении границ территориальных зон, изменении градостроительных регламентов главой администрации Санкт-Петербурга составляет основную трудность на пути осуществления строительства на прибрежных территориях [2].

На сегодняшний день малое количество компаний и фирм способно создать и довести до реализации проекты на прибрежной территории Санкт-Петербурга. В этой работе рассматриваются тенденции и основные текущие направления по развитию архитектуры акваторий.

Задачи исследования: определить территории культурного наследия, провести анализ туризма, выявить схему пристаней и основных водных маршрутов, классифицировать акватории Санкт-Петербурга, показать функциональное зонирование районов, выявить доступные территории для проектирования, показать проекты, разработанные для города и аналоги развития прибрежных территорий.

В настоящее время в РФ нет ни одного специализированного музея кораблей. Ледокол Красин и исследовательское судно Витязь входят в состав Музея Мирового Океана Калининграда, крейсер Аврора является музеем собственной истории и поддерживается Министерством Обороны, есть несколько подводных лодок, функциональное назначение которых – мемориал. Существуют и частные музеи, состоящие из ограниченной экспозиции и 1-2 реплик исторических судов - музей в Петрозаводске и т.д.

Помимо проекта музея кораблей, в петербургской акватории расположено большое количество пристаней, что отсылает к историческому назначению города. На сегодняшний день большая часть пристаней внутри города используются в качестве причалов для туристического общественного водного транспорта.

Историческая часть городской среды ограничивает круг возможностей проектировщиков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными методами анализа перспективных направлений развития акваторий Санкт-Петербурга стали натурное обследование территорий, анализ зарубежных и отечественных аналогов, а также анализ существующих объектов водного строительства методом сбора данных для выявления схемы пристаней и основных водных маршрутов, классификации акватории Санкт-Петербурга, функционального зонирования районов и доступных территорий для проектирования. Был проведен сбор статистических данных и систематизация информации для анализа туризма в городе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1703 году на берегу Финского залива зародилась новая столица империи Петра Первого, который задумал создать мощный портовый город. Правитель видел необходимость доступности всех важных городских построек к водному транспорту. Берега реки Невы также изучались императором и его командой зарубежных специалистов, чтобы создать идеальный портовый город, способный выстоять проверку временем и войнами. Именно с момента основания города и была заложена основная траектория развития города, напрямую зависящая от акватории.

В настоящее время в связи со значительным уменьшением морскими территориями своей основной функции, представляется возможным использование водной части города в иных целях. Туризм и рекреационная функции выходят на первый план последние десятилетия (Рис. 1), что может стать ключевым направлением в будущем освоении акватории.



Рис. 1 – Анализ туризма и его доля в г. Санкт-Петербург (автор: Смагин Д.С.)

Анализ туристической привлекательности города показал, что направление развития музейных объектов на воде является одним из наиболее перспективных. В рамках концепции развития рекреационной зоны на острове Гребневские пески и для музеификации традиций Российского судостроения предлагается создать Музей кораблей состоящего из 4-х разделов: Древнерусского, Петровского, Российского и Советского.

«Древнерусская» экспозиция может быть представлена следующими судами - Струг, Ладыя, Поморский коч, волжский Челн, и др. представляющие древнерусские типы кораблей и лодок.

«Петровская» экспозиция состоит - из предтечи петровского флота – фрегата Орел (построенный по инициативе Алексея Михайловича в деревне Деденево на Оке), ботика Петра Первого (как известно – «дедушка» Российского флота), пакетбота Плещеевой флотилии, малого фрегата Святой Дух, шнявы Мункер (или др. вспомогательного судна). Поскольку не один из этих кораблей не сохранился, предлагается на основе исторических исследований и известной мировой практике создания реплик исторических судов (например, фрегат Амстердам - реплика) и на имеющейся базе проектирования, строительства и эксплуатации таких судов сложившейся в Петрозаводске воссоздать эти суда. Екатерининский раздел - галеры Тверь (на которой Екатерина Великая путешествовала по Волге), реплики линейных кораблей «Полтава», «Ингерманланд», «Императрица Мария» Третий раздел судостроение России 19-20 века состоящего из парохода, из крейсера Аврора, ледокола Красин, «Великая княжна Татьяна Николаевна» (в советский период «Спартак», в 1985 г. пароход «снялся» в роли Ласточки в фильме «Жестокий романс») – лучший лайнер Волги, постройки Сормовского завода, пароход «Великая княжна Ольга Николаевна» (в советский период «Володарский»), паровой буксир, путевский пароход П.А.Стольпина – «Стрежень», и др., первые в мире суда на подводных крыльях Ракета и Метеор, уникальный экраноплан, катера, яхта Л-11, и т.д.

Восстановление этих судов возможно на Балтийском и Сормовском заводе. Для размещения экспозиции документов и материалов необходимо выставочные площади от 3 до 5 тыс.м² с размещением на плавучей платформе на о. Гребневские пески.

Создание музея кораблей будет иметь огромное историческое, культурное и воспитательное значение представляющее школьникам, молодежи, жителям страны и туристам традиции и достижения российского судостроения как части мировой судостроительной культуры, в одном из главных центров судостроительной культуры страны - Нижнем Новгороде.

Для обеспечения частичной окупаемости музея предлагается несколько судов использовать в качестве экскурсионных судов и совершать плавания в акватории Нижнего Новгорода, все суда могут выводиться на фарватер Волги и Оки в дни празднования дня Военно-Морского флота и Дня города.

Представляется что создания такого музея к 800-летию города, поддержит Русское Географическое общество, Объединенная судостроительная корпорация, Министерство культуры, а так же крупные государственные компании РФ. Музей может стать уникальным объектом туристического интереса.

Как было сказано выше, историческая застройка значительно ограничивает круг возможно допустимых к реализации проектов, в связи с чем были выявлены и классифицированы основные районы этого типа застройки (Рис.2). К таким районам относятся город Кронштадт и центральная часть Петербурга, а также территория Орехового острова.



Рис. 2 – Классификация прибрежных территорий по возрасту застройки
(автор: Скокова Д. В.)

По итогам анализа наиболее востребованных туристических маршрутов был составлен список, также определяющий привлекательные направления развития акваторий: катание по Неве от Благовещенского моста до Смольного собора с обзором парадных фасадов города, Стрелки Васильевского острова и Петропавловской крепости; «Северная Венеция» — прогулка по Мойке и Фонтанке без выхода или с коротким выходом в Неву; «Золотой треугольник» — прогулка по каналу Грибоедова и по Мойке [9].

На данный момент, существует четыре основных плавобъекта (Рис. 3):

1. Арка Новой Голландии. Полуразрушенное в настоящее время строение возвышается над каналом, ведущим вглубь острова. Арка является частью складов, которые были построены еще при Петре для сушки корабельного леса. Необыкновенно романтическое и ужасающее место.
2. Крейсер Аврора. Знаменитый корабль революции находится на берегу Большой Невки в том месте, где она вытекает из Невы. Обычно все теплоходы, выходящие в Неву, подплывают к Авроре.
3. Корабль-ресторан «Благодать» занимает особое место в Санкт-Петербурге — он расположен на реконструированном линейном трехпалубном фрегате XVIII века. Во времена Петра Первого на таких парусниках проводились ассамблеи.
4. Volga-Volga — уникальный ресторан-теплоход.

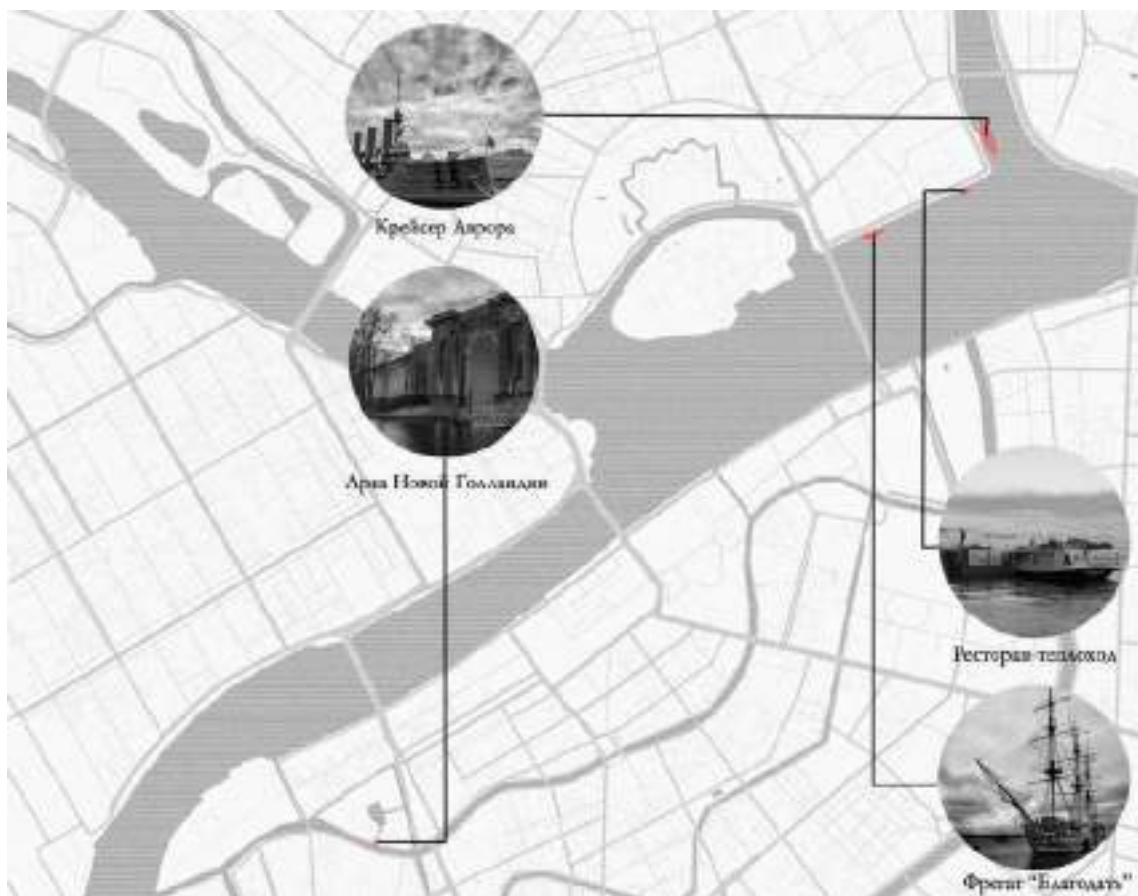


Рис. 3 – Существующие плавобъекты акватории Санкт-Петербурга (автор: Смагин Д. С.)

Обычно понтонные конструкции используются в основании причалов. Поскольку конструктивно понтон является несамходным плавательным средством с положительной плавучестью— может также использоваться как плавучее основание для разнообразных плавучих конструкций в морской или речной отрасли, например — плавдок, плавкран, причальное сооружение, плавресторан, плавгостиница и пр. В XVII—XIX в. понтон рассматривался как плавконструкция для формирования переправ.

По итогам наложения различных схем зонирования, были выделены основные перспективные направления развития прибрежных территорий - областные водоемы, включая большую часть реки Невы, реки Охта и Карповка, побережья Финского залива и Ладожское озеро (Рис. 4). В перечисленных областях акваторий не только большое количество свободной для строительства территории, но и наименьшее количество ограничений, связанных с существующей прибрежной застройкой.

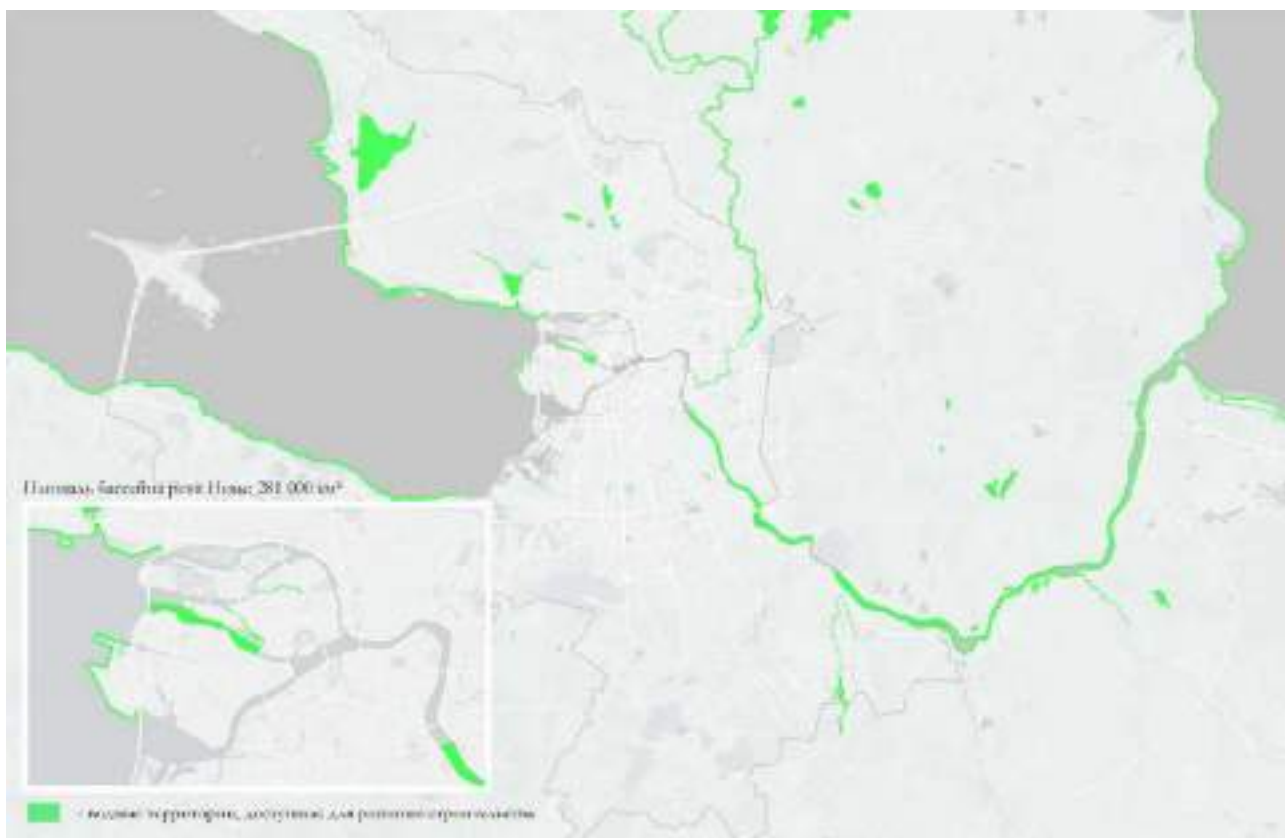


Рис. 4 – Выделение доступных для проектирования прибрежных территорий (автор: У Сяои)

Поиск и анализ аналогов зарубежных архитектурных бюро и компаний позволило установить перспективные функциональные категории строительства на воде и удачные методы реализации: жилое частное строительство, жилые кварталы малоэтажных домов, плавучие рестораны, отели, музеи и т.д.

ВЫВОДЫ

Санкт-Петербург обладает высоким потенциалом для освоения прибрежных акваторий, который наиболее вероятно осуществить с опорой на западные аналоги голландских, немецких, французских компаний. С каждым годом количество предложений по строительству объектов на воде увеличивается и наполняется инновационными решениями. Однако, осуществлению теоретически разрабатываемых проектов мешают законодательные проекты, создающие тупиковые условия на пути к реализации водных объектов. Основная задача на пути к освоению акваторий северной столицы – разрешение несоответствий в законодательной системе, препятствующих строительному процессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основание Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]-URL:<https://switki.ru/477419a-osnovanie-sankt-peterburga-data-i-kratkaya-istoriya-postroeniya-goroda> (дата обращения: 15.09.2021);
2. ГрК РФ Статья 33. Порядок внесения изменений в правила землепользования и застройки. [Электронный ресурс]-URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/c1c2bfc679fb74ed4c4da6be176c8d5a7da42c49/ (дата обращения: 02.12.2021)
3. Комплексное формирование инфраструктуры прибрежных территорий как фактор устойчивого развития городской среды. [Электронный ресурс]-URL:https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/7206/1/Dissertaciya_Neva_Emelyanova.pdf (дата обращения: 1.10.2021);
4. Каналы Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]-URL:<https://fishki.net/2339098-15-samyh-samyh-kanalov-s-peterburga.html> (дата обращения: 1.10.2021);
5. Понтон. [Электронный ресурс]-URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Понтон_\(плавсредство\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Понтон_(плавсредство)) (дата обращения: 5.10.2021)

6. ПЗЗ Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс] - URL:<http://пзз.генпланспб.рф/> (дата обращения: 5.10.2021);
7. Морской фасад. [Электронный ресурс]-URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Морской_фасад (дата обращения: 7.10.2021);
8. Лисий нос. [Электронный ресурс]-URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Лисий_Нос (дата обращения: 7.10.2021);
9. Деловой Петербург. [Электронный ресурс]-URL:https://www.dp.ru/a/2017/11/08/Na_namive_ot_Gruppi_LSR_p (дата обращения: 10.10.2021);
10. По рекам и каналам в Санкт-Петербурге. [Электронный ресурс]-URL:https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/saint_petersburg/publications/1226 (дата обращения: 11.10.2021);
11. Особенности плавучих домов в Эйбурге. [Электронный ресурс]-URL:<https://avia-all.ru/2019/10/28/plavuchie-doma-v-jejburge/> (дата обращения: 15.10.2021);
12. Дом на плаву. [Электронный ресурс]-URL:<https://novate.ru/blogs/070916/37922/> (дата обращения: 20.10.2021);
13. Плавучий дом в Амстердаме. [Электронный ресурс]-URL:<https://www.admagazine.ru/interior/plavuchij-dom-v-amsterdam-ot-i29> (дата обращения: 20.10.2021);
14. Девять стильных плавучих домов со всего мира. [Электронный ресурс]-URL:<https://realty.rbc.ru/news/5c3756939a79477b0d85bde6> (дата обращения: 20.10.2021);
15. Общественные бани на Вавайском озере. [Электронный ресурс]-URL:<https://pravda.archi/tpost/dfe05xdad1-obschestvennie-bani-na-vavaiskom-ozere> (дата обращения: 20.10.2021);
16. Плавучий ресторан на набережной реки Дон. [Электронный ресурс]-URL:<https://archi.ru/projects/russia/14948/plavuchii-restoran-na-naberezhnoi-reki-don> (дата обращения: 20.10.2021).

ВЛИЯНИЕ БЛАГОУСТРОЙСТВА НА РАЗВИТИЕ ИДЕНТИЧНОСТИ ГОРОДОВ

Е. К. Минаева¹, Р. А. Щукин², Н. И. Минаев³

¹Общероссийская организация «Городские реновации»,

^{2,3}ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,

¹*ekaterina.lokilay@ya.ru*

²*roman-shchukin@list.ru*

³*9115122@gmail.ru*

Аннотация

Исследование направлено на решение проблемы при процессе развития городской среды – стихийное и поверхностное благоустройство, когда архитектурное проектирование объекта происходит без увязки с градостроительными особенностями местности и без учета аутентичности историко-культурного контекста. Во главе работы поставлена цель доказать тезисы о том, что процесс благоустройства может способствовать развитию идентичности города и развитие идентичности непосредственно влияет на привлекательность города.

На примере городов Московской области (г. Коломна, г. Зарайск, г. Кашира, г. Серпухов) рассмотрены положительные примеры изменения городской среды и проведена оценка влияния благоустройства на развитие идентичности города.

В работе использованы информация из открытых источников, а также исследовательские труды в области урбанистики и социологии. Кроме того, активно использованы данные социальных сетей. Методика исследования включала три этапа: первый — изучение и анализ сведений, иных исследований, мониторинг объектов, второй — обработка данных и сравнение, и третий — оценка.

В ходе исследования выявлено, что для городов Коломна, Зарайск, Серпухов и Кашира, процесс благоустройства стал катализатором развития идентичности и, как следствие, популяризации, отмечая важность не только наличия исторического контекста, но и грамотно оформленного его вида. В случае с данными городами развитие идентичности поспособствовало также и их социально-экономическому росту в сфере туризма.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблематика развития городов обстоит наиболее остро. Это связано с перманентным ростом актуальности вопроса социально-экономического развития городов на государственном уровне. Деятельность практически каждого ведомственного и подведомственного федерального учреждения направлена на усиление муниципального блока внутренней политики.

Одним из приоритетных направлений развития городов стало благоустройство.

В ноябре 2016 года был утверждён паспорт приоритетного проекта по основному направлению стратегического развития Российской Федерации «Формирование комфортной городской среды», основной целью которого стало обеспечение комплексного развития современной городской инфраструктуры на основе единых подходов. Продолжателем дела приоритетного проекта стал федеральный проект. Так, согласно Указу Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 в рамках достижения национальной цели «Комфортная и безопасная среда для жизни» к 2030 году необходимо улучшить качество городской среды в полтора раза по отношению к 2019 году.

Таким образом, реализация стратегической задачи по повышению комфортности городов продлена до 2030 года.

Примечательно, что исполнение задачи продлено не в силу неисполнения, а скорее, в связи с повышенным спросом городов и, что также важно, жителей городов на мероприятия по улучшению городской среды.

Так, 5 лет назад для нашей страны появилось благоустройство. Процесс, который первоначально был воспринят скептически. Уже сегодня городская среда является одним из основных индикаторов развития и привлекательности городов. Важность доказывает также и индекс качества городской среды, значение которого входит в ежегодную оценку высших должностных лиц субъектов Российской Федерации.

В рамках федерального проекта благоустраиваются общественные и дворовые территории, реализуются проекты Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды. Для жителей муниципальных образований создан механизм вовлечения, благодаря которому каждый гражданин старше 14 лет может принимать участие в решении вопросов городской среды. [14] Произошел главный шаг – дан новый импульс развитию городов по всей стране.

При этом возникли следующие проблемы:

1. в большинстве городов процесс изменения городской среды происходит посредственно;
2. процесс изменения городской среды в некоторых случаях способствует уничтожению исторического значения города.

Актуальность поставленных тезисов обусловлена присутствием ярко выраженной проблемы при процессе развития городской среды – стихийное и поверхностное благоустройство, когда архитектурное проектирование объекта происходит без увязки с градостроительными особенностями местности и без учета аутентичности историко-культурного контекста.

Так, главной целью работы стали следующие тезисы:

1. процесс благоустройства может способствовать развитию идентичности города;
2. развитие идентичности непосредственно влияет на привлекательность города.

На примере городов Московской области (г. Коломна, г. Зарайск, г. Кашира, г. Серпухов) рассмотрены положительные примеры изменения городской среды и проведена оценка влияния благоустройства на развитие идентичности города.

Данное исследование относится к области урбанистики и позволит акцентировать внимание профессионального сообщества в сфере ландшафтной архитектуры на проблеме утраты исторического облика городов при городских изменениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования, как было сказано ранее, стали города Московской области.

Табл. 1. Характеристика исследуемых городов [11,12,13,15]

| Название | Географическое месторасположение | Год основания | Численность населения | Значение индекса качества городской среды (за 2020 год) | Статус |
|----------|---|---------------|-----------------------|---|--|
| Коломна | Южная часть Московской области, Москворецко-Окской равнины | 1177 г. | 138 693 чел. | 207 баллов | Историческое поселение федерального значения |
| Зарайск | Южная часть Московской области, Среднерусской возвышенности | 1146 г. | 22 772 чел. | 205 баллов | Историческое поселение федерального значения |

| | | | | | |
|----------|---|---------|--------------|------------|---|
| Кашира | Южная часть Московской области, берег реки Ока | 1356 г. | 47 392 чел. | 215 баллов | Историческое поселение регионального значения |
| Серпухов | Южная часть Московской области, берег реки Нара | 1339 г. | 125 473 чел. | 223 балла | Историческое поселение регионального значения |

Исследуемые города являются историческими поселениями и располагаются в южной части Московской области преимущественно близ водных объектов (реки Ока, Нара, Осётр). Их основание приходится на XII–XIV века. Каждый город, согласно индексу качества городской среды, является благоприятным. Таким образом, общность городов обусловлена географическими, климатическими, историческими условиями и оценочными показателями.

Кроме того, в каждом из городов действует федеральный проект "Формирование комфортной городской среды" и в каждом реализован как минимум один проект-победитель Всероссийского конкурса лучших проектов создания комфортной городской среды.

Таким образом, указанные города возможно сравнивать в ходе исследования.

В работе использованы информация из открытых источников, а также исследовательские труды в области урбанистики и социологии. Кроме того, активно использованы данные социальных сетей.

Методика исследования включала три этапа: первый — изучение и анализ сведений, иных исследований, мониторинг объектов, второй — обработка данных и сравнение, и третий — оценка.

Каждый индивид конструирует свое особое социальное и физическое пространство и, собственно, на него реагирует. Поэтому для того, чтобы выявить отношение человека к феномену городского пространства, исследователь может обратиться: во-первых, к специфическому социологическому опросу, а во-вторых, к феноменологическому анализу полученных результатов. [5]

Так, для углубления в тему исследования важно было не только освоить теоретический аспект, но и провести эмпирический анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Идентичность города – это представления человека о городе, которые включают в себя описания его сущности, особенностей и отличий от других городов. В основном значении это те чувства и эмоции, которые жители испытывают к своему городу. [8]

Также есть и иные понятия идентичность, например термин «истинная идентичность» (true city identity), которая определяется как совокупность всех уникальных характеристик и смыслов, которыми обладает город и которые создают его культурной жизнью. [10]

На формирование идентичности влияет три рода факторов:

стабильные факторы: местоположение города, климат, история города;

изменчивые факторы: размер и население города, внешний облик города, благосостояние жителей, культурные традиции местного сообщества;

символические факторы: городская символика, политический климат, культурные коды поведения жителей, знаковые события, знаковые личности, мода на отдельные товары и услуги, характер коммуникаций внутри сообщества и др. [1, 3]

Архитектурные символы как правило являются формообразующими, но вместе со своим символическим значением сообщают и знания связанные с культурным и историческим содержанием города. [9]

Так, при попытке различить идентичность необходимо начать с создания образа города. При этом образ города для жителя и туриста различается. Здесь и далее мы рассмотрим образ города для туриста.

Образ города – система взаимосвязанных и взаимодействующих знаков, символов, архетипов и стереотипов, ярко и в то же время достаточно просто характеризующих какую-либо территорию; это устойчивые пространственные представления, компактные модели определенного географического пространства. [4]

Иными словами, образ – это целостная совокупность наиболее ярких элементов, и эти элементы могут быть не только материальными, но и идейными. [6] Так, благодаря нашим ассоциациям в образ города входит не только визуальный, но и эмпирический контекст.

Получается, когда мы слышим названия городов Коломна или Зарайск, то перед нами возникает определенный образ: кремлевские стены, башни, малоэтажная застройка, улочки, торговые ряды. Для создания образа был проведен опрос в социальных сетях (Instagram, Вконтакте).

По итогам опроса выявлено, что основной ассоциацией выступает кремль и его составляющие, второе место разделяют перспективы улиц и природные ландшафты, далее идут традиции и ремесла.

При этом большинство опрошенных в ответ на вопрос «Какой город Вы хотели бы посетить на выходных?» ответили «Коломна». Вероятно, что это связано с туристической популярностью Коломны. На втором месте стал город Кашира. Интересный результат с учетом, что это единственный город, в котором не сформирован так называемый кремль и благоустройство которого еще не достигло своего максимума. На третьем месте - Зарайск, даже с учетом, что он находится в 50 км от Коломны и его Кремль ничуть не уступает коломенскому, а исторический центр является примером среди всех городов подобного ранга, обрести популярность ему не удалось. В случае с Серпуховом, который занял четвертое место, респонденты зачастую даже не знали о достопримечательностях этого города, хотя его историко-культурный контекст совершенно не меньше той же Коломны.

Посредством категории «образ» происходит соотнесение материальной и идеальной составляющих культурного бытия человека, мир вещей соотносится с миром идей, смыслов и ценностей. Образ города, с одной стороны, опирается на специфику конкретного предметного пространства, с другой, является результатом восприятия этого пространства. [2]

В процессе создания образа городов также были проанализированы отзывы с различных сайтов (otzovik.com, zen.yandex.ru, www.tourister.ru).

Таким образом был создан образ города, который можно отразить с помощью конкретных тегов.

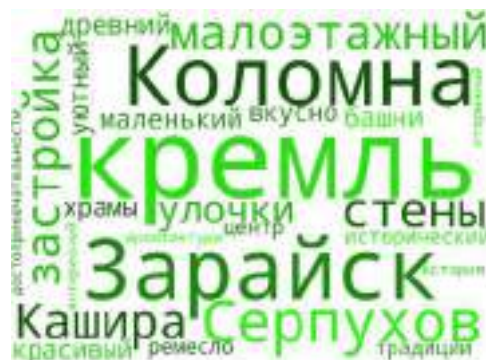


Рис. 1. Образ города из часто упоминаемых слов в отзывах туристов.

На следующем этапе были изучены архитектурные концепции проектов благоустройства в исследуемых городах. Примечательно, что в концепциях четко прослеживалась связь с историко-культурным наследием.

В Коломне на площади Двух революций благоустроено место обнаружения часовни во имя Святого Александра Невского, фундамент которой накрыт куполом, состоящим из несущего каркаса и сегментов закалённого стекла. В Зарайске благоустроена улица близ Кремля между Торговой площадью и водонапорной башней, а также создана набережная реки Осётр. В Серпухове благоустроен объект культурного наследия федерального значения "Площадь Ленина". В Кашире благоустроено пространство от перекрестка на улице Стрелецкой до площади около Успенского собора, появилась пешеходная зона, убраны ларьки. Также отреставрирована водонапорная башня, создана архитектурная подсветка.

Городское благоустройство в этом случае выступает как совокупность создаваемых условий, которые способны удовлетворить коллективные потребности. При грамотном благоустройстве территории возможно на долгие годы создать эстетически привлекательные и функциональные пространства. [7]

Таким образом, процесс благоустройства не только сохранил традиции и исторический замысел города, но и усилил его идентичность, сохранив культурные объекты и обеспечив безопасный и комфортный доступ к ним. Кроме того, такие документы, как дизайн-код города и продуманные правила землепользования и застройки позволили усовершенствовать исторический центр каждого из городов и сделать его более привлекательным для туристов.

Путем выездного мониторинга реализованных проектов был проведен сравнительный анализ образа города и реального города. В целом, сформированный образ города совпал с настоящим. Однако, образ города не включил в себя масштаб города. Так, объекты благоустройства оказались локальными точками притяжения, когда образ города формировал более широкую территорию. При этом создавалось ощущение абсолютной идентичности города, учитывая предварительное ознакомление с историко-культурным контекстом.

Примечательно, что в социальных сетях по локациям были различные доминанты. Так, наибольшее количество отметок в Коломне набрал Кремль и его стены, в Серпухове – архитектура зданий, в Зарайске – перспектива улиц, а в Кашире – природные объекты.

Учитывая эмпирический анализ воспоминаний и сравнение реальности с образом города, можно сделать вывод о том, что образ города практически полностью совпал с импрессией, что доказывает идентичность этих городов. Кроме того, как раз с помощью благоустройства и была создана такая идентичность (реставрация объектов, дизайн-код, создание пешеходных зон и навигации, озеленение).

ВЫВОДЫ

Таким образом, в процессе исследования были подтверждены тезисы работы:

1. процесс благоустройства может способствовать развитию идентичности города;
2. развитие идентичности непосредственно влияет на привлекательность города.

Благодаря благоустройству значимых городских объектов города Московской области приобрели и усилили свою идентичность. При посещении города туристическим контингентом происходит совпадение сформированного образа города с увиденным и с остаточными впечатлениями. Кроме того, объекты благоустройства укрепили идентичность, придав городу свежий вид с историческим контекстом. Необходимо отметить, что в случае несовпадения образа города с его реальным положением, скорее всего, его популярность и туристическая привлекательность была бы снижена.

Так, для городов Коломна, Зарайск, Серпухов и Кашира, процесс благоустройства стал катализатором развития идентичности и, как следствие, популяризации, отмечая важность не только наличия исторического контекста, но и грамотно оформленной его «обложки». В случае с данными городами развитие идентичности поспособствовало также и их социально-экономическому росту в сфере туризма.

Следует отметить, что дальнейшее благоустройство городов необходимо производить исходя из углубления их идентичности. Предлагается рассмотреть для Каширы проекты создания набережных, а для Серпухова – проекты реконструкции улиц. В случае с Коломной и Зарайском необходимо и дальше внедрять идентичность, но уже используя иные инструменты развития городской среды (инфраструктурные и туристические проекты, а также проекты комплексного развития территорий).

В дальнейшем такой пример развития идентичности возможно тиражировать на другие города России. При этом будет важным сформировать образ города и вести процесс формирования городской среды исходя из социокультурных и историко-архитектурных особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Визгалов Д.В. Брендинг города. М.: Фонд «Институт экономики города», 2011. Режим доступа: https://urbaneconomics.ru/sites/default/files/3467_import.pdf. Дата обращения 02.11.2021.
2. Горелова Ю. Р. Образ города в восприятии горожан: монография [электронное издание] — М.: Институт Наследия. 2019. 154 с. Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2018/2kvart18/05_skalkin/index.php. Дата обращения 01.11.2021.
3. Дягилева Н. С. Теоретические аспекты городской идентичности // Брендинг малых и средних городов России: опыт, проблемы, перспективы. – Екатеринбург: УрФУ. 2013. С. 54-59.
4. Замятин Д.Н. Гуманитарная география: пространство и язык географических образов.- СПб.: Алетейя. 2003. 331 с.
5. Копцева Н.П. Сумма методов современной урбанистической антропологии: постановка проблемы / Н. П. Копцева, Е. А. Сертакова //Урбанистика. 2015. №2. С. 40-53. – Режим доступа: http://enotabene.ru/urb/article_16354.html
6. Линч К. Образ города / Пер. с англ. В.Л. Глазычева; Сост. А.В. Иконников; Под ред. А.В. Иконникова. – М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
7. Свиридова Е.С., Закарян А.М. Исторический аспект мероприятия по благоустройству населенных мест // Вестник Университета. 2014. № 6. С. 288-291.
8. Скалкин А. А. Архитектурная идентичность города: понятие и методология исследования // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. №2(43). С. 87-97. Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2018/2kvart18/05_skalkin/index.php. Дата обращения 01.11.2021.
9. Яковлева М. В. Особенности социологического анализа городской символики как фактора формирования идентичности горожан // Вестник Удмуртского университета. 2008. № 1.
10. Govers R., Go F. Place Branding. Glocal, Virtual and Physical Identities, Constructed, Imagined and Experienced. L.: Palgrave Macmillan, 2009. 256 p.
11. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный. Дата обращения: 31.10.2021.
12. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>, свободный. Дата обращения: 31.10.2021.
13. Индекс качества городской среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://индекс-городов.рф/>, свободный. Дата обращения: 31.10.2021.
14. Паспорт федерального проекта "Формирование комфортной городской среды"// <http://www.consultant.ru>.
15. Приказ Минкультуры России и Минрегиона России от 29 июля 2010 года № 418/339// <http://www.consultant.ru>.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ СФОРМИРОВАННАЯ НА БАЗЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОРОДА МОСКВЫ

И. С. Когутяк¹, А. И. Ренц²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
²cog.i.s@yandex.ru

Аннотация

В данной статье автором ставится градостроительная задача по оптимизации градостроительных процессов на стадии планировки. Рассматривается возможность использование существующих информационных систем в качестве исходящих обновляемых данных в виде широкого инструментария для выявления, предотвращения и предупреждения градостроительных проблем.

Автором предлагается классифицировать по типу содержащихся данных 32 существующие информационные системы города Москвы на 3 корпуса для моделирования градостроительной системы.

По мнению автора, использование интеллектуальной информационной модели управления градостроительными процессами способствует оптимизации процессов разработки территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории, что в свою очередь позволяет ускорить проектно-изыскательные работы, скорректировать рыночную стоимость жилой и нежилой недвижимости. Данные нововведения автором предлагается внедрять в рамках реализации Государственной программы «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации».

На основании проведённых исследований автор приходит к выводу об эффективности применения предложенной модели. В результате проведенной работы автором сделаны выводы о необходимости **проработки**: уточнение потоков данных из соответствующих исходных информационных систем на основании которых предлагаются компетентные решения Интеллектуальной информационной модели управления градостроительными процессами.

ВВЕДЕНИЕ

Современное социально-экономическое развитие городских территорий предполагает непрерывный процесс градостроительной деятельности. Этот процесс представляет собой сложную последовательную структурную систему, выстроенную по принципу от общего к частному, иначе говоря, от большого к малому. В свою очередь каждая из этих систем направлена на регулирование задач, представленных на своем уровне с целью комплексного и устойчивого развития территории. Таким образом градостроительная деятельность к настоящему времени сформировала и выделила основные этапы в составе:

- территориального планирования;
- градостроительного зонирования;
- планировки территории;
- архитектурно-строительного проектирования;
- строительства;
- капитального ремонта;
- реконструкции;
- сноса объектов капитального строительства;
- эксплуатации зданий и сооружений;
- комплексного развития территорий и их благоустройства [1].

Каждый из этапов представляет собой также широкую и сложную систему, требующую узкоспециализированные кадры, затрату времени и организацию контроля. Эту нагрузку берут на себя государство и его уполномоченные лица, бизнес и физические лица, в последствии процесс роста уровня жизни и благосостояния замедляются.

Значительную роль в градостроительных процессах играют информационные системы, они выполняют функции сохранения, обмена и актуализации данных о объектах. Информационные системы ускорили и упростили градостроительные процессы.

ПРОБЛЕМАТИКА

Процесс разработки проектных материалов для внесения изменений в документы территориального планирования и зонирования территории, а также планировки территории требует существенный объем исходных данных.

Существенная часть этих данных размещена в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) [2]. Необходимо отметить, что преимущественно доступом к соответствующим ИСОГД обладают органы власти или подведомственные проектные организации и институты [3]. Это обстоятельство в известной степени делает рынок разработки проектных материалов менее конкурентным [4]. Таким образом, количество организаций, способных оперативно выполнить договорные обязательства по разработке необходимых материалов сводится к небольшому перечню юридических лиц, и без того ведущих основные текущие городские подряды, вследствие чего рыночная стоимость подобных договоров растет. Данная экономическая нагрузка в первую очередь ложится на ключевые лица проекта (далее – **стейкхолдеров**), которые являются экономической основой строительной отрасли государства. С учетом специфики формирования обосновывающих материалов, являющихся расширенной информационной справкой о земельных участках, стейкхолдерам, представляется возможность ознакомления со всеми рисками, связанными с планируемым проектом, лишь после исполнения части обязательств по договору с проектной организацией. Основой такого договора среди прочего являются имущественные отношения. В силу того, что окончательный объем данных о территории с обременением на нее может быть предоставлен для рассмотрения лишь после оформления имущественных отношений и заключения договора с проектной организацией, юридические лица, ведущие предпринимательскую деятельность, вынуждены учитывать риски, связанные с этими данными [5].

АКТУАЛЬНОСТЬ

На основании социологических данных, проведенных ДОМ.РФ совместно ВЦИОМ от июня 2021 года, качество городской среды и состояние жилого и нежилого фондов недвижимости не удовлетворяют существующий запрос качества жителей центрального региона РФ в части экологической сферы, транспортной и социальной инфраструктур. Речь идет как о состоянии объектов капитального строительства, так и о благоустройстве, инфраструктурных и социальных объектах. Исходя из исторического опыта, запросы на качество этих показателей будут расти непрерывно, ставя перед собой новые цели и стандарты.

По данным СМИ «Ведомости» от 13 января 2020 года Москва поставила рекорд по строительству жилья. В 2019 году в Москве введено 4,96 млн кв. м жилья. Это на 40% больше, чем годом ранее. Вплоть до текущего года темп жилого строительства увеличивается. В тоже время растет нагрузка на транспортную, инженерную и социальную инфраструктуры. Одновременно с этим градостроительные процессы, связанные с выдачей исполнительно-разрешительной документации, замедляют бизнес-процессы и делают строительную среду менее конкурентной, а также создает пространство для влияния органов исполнительной власти на субъекты строительного комплекса.

СВЯЗЬ С ВАЖНЕЙШИМИ ЗАДАЧАМИ

В данной статье автором ставится градостроительная задача по оптимизации процесса разработки и утверждения территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории. С помощью интеллектуальной информационной модели управления градостроительными процессами возможна оптимизация процессов разработки территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территории, ускорение сроков проведения проектно-изыскательных работ, корректирование рыночной стоимости жилой и нежилой недвижимости.

Оптимизация процессов, связанных с аккумулированием, анализом и корректировкой (актуализацией) территориального планирования, градостроительного зонирования за счет объединенной цифровой платформы градостроительной деятельности [15], которая способствует минимизации трудовых затрат, требуемых от органов исполнительной власти.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информационные системы, обслуживающие работу градостроительной деятельности, в своем большинстве основаны на базе геоинформационных систем. Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах [7]. Понятие геоинформационной системы также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах [8] [9]. Сегодня геоинформационные системы — это многофункциональные информационные системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ним информацией [10] [11].

В рамках Государственной программы города Москвы «Информационный город» предлагается рассмотреть опыт Департамента информационных технологий города Москвы [12], которым ведется Единый реестр информационных ресурсов и систем города Москвы в последней редакции от 07.10.2021 года. Реестр информационных ресурсов и систем города Москвы представляет собой перечень из 164 информационных систем [13], из которых 34 напрямую связаны с градостроительной деятельностью и еще с 8 косвенно [14].

Для решения выявленной проблематики предлагается создание **Интеллектуальной информационной модели управления градостроительными процессами** (далее - ИИМУГП) (рис. 1). Данная модель использует актуальные данные из существующих информационных систем для расчета производных материалов представляющие собой пользовательский продукт. Этот продукт представляет собой онлайн сервис, по которому пользователи с соответствующим доступом могут формировать широкий спектр запросов по размещению объектов капитального строительства с целью определения его влияния на градостроительную систему. С необходимой периодичностью ИИМУГП составляет в виде рекомендаций по внесению изменений отчеты по каждому информационному корпусу.

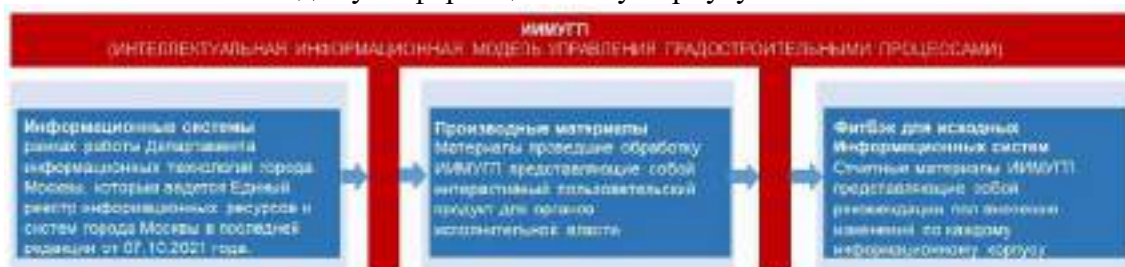


Рис. 1. Принцип движения данных ИИМУГП.

Информационные системы предлагается классифицировать по признаку участия в одном или нескольких процессах градостроительной деятельности на:

- корпус данных по формированию комплексного отображения существующего положения в отношении существующих объектов, их комплексного обслуживания инженерной, транспортной и социальной инфраструктурами, экологической сферы и действующими имущественно-правовыми обязательствами (далее – корпус А);

- корпус действующих нормативно-правовых актов, связанных с регулированием всех рассматриваемых процессов (далее – корпус В);

- корпус представляющий совокупностью утвержденных и согласованных документов, связанных с градостроительной документацией по территориальному планированию, градостроительному зонированию, планировке территории, архитектурно-градостроительным решениям, архитектурно градостроительному облику, концепции, проектной документации, сметной документации, рабочей документации, градостроительным планам земельных участков, исполнительной документации, техническим планом, брэнд-букам и т.д. (далее – корпус С).

Корпуса А, В, С предлагается рассмотреть, как входящие данные. Таким образом корпуса снабжаются информация:

1. Корпус А

- 1) Автоматизированная информационно-аналитическая система диспетчерской службы Департамента топливно-энергетического хозяйства города Москвы (АИАС «Диспетчер ДепТЭХ»);
- 2) Автоматизированная информационная система Государственной инспекции по контролю за использованием объектов недвижимости города Москвы (АИС ГИН);
- 3) Общегородской Банк данных дистанционного зондирования по территории города Москвы (ОБДДЗ);
- 4) Автоматизированная информационная система «Реестр зеленых насаждений» (АИС «Реестр зеленых насаждений»);
- 5) Автоматизированная информационная система «Единый городской фонд данных экологического мониторинга. Сбор, анализ и прогноз экологической обстановки в городе Москве и представление экологической информации органам государственной власти и населению. ГИС «Экология города» (АИС ЕГФДЭМ);
- 6) Базовая региональная система навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS (СНГО Москвы);
- 7) Информационно-аналитическая система мониторинга комплексного развития города Москвы (ИАС МКР);
- 8) Автоматизированная система управления «Объединенная диспетчерская служба Департамента жилищно-коммунального хозяйства города Москвы» (АСУ ОДС);
- 9) Автоматизированная система управления техническими средствами регулирования и организации дорожного движения (АСУТСРиОДД);
- 10) Автоматизированная система мониторинга параметров транспортных потоков (АСМПТП);
- 11) Система передачи данных интеллектуальной транспортной системы города Москвы (СПД ИТС);
- 12) Интегрированная автоматизированная информационная система «Единое геоинформационное пространство города Москвы» (ИАИС ЕГИП);
- 13) Автоматизированная система управления «Интегрированная информационно-управляющая система наружного освещения города Москвы» (ИИУСНО);

- 14) Единая информационная система Государственной жилищной инспекции города Москвы (ЕИС МЖИ);
- 15) Автоматизированная информационная система «Регулирование перемещения отходов строительства, сноса и грунтов в городе Москве» (АИС ОССиГ);
- 16) Информационная система энергосбережения на объектах города Москвы (ИСЭ);
- 17) Автоматизированная информационная система «Реестр собственности города Москвы» (АИС РСМ);
- 18) Государственная информационная система «Реестр домовладений» (ГИС РД);
- 19) Автоматизированная система технического учета объектов дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы (АСТУ ОДТИ);
- 20) Автоматизированная информационная система «Единое парковочное пространство» (АИС ЕПП);
- 21) Интеллектуальная транспортная система города Москвы (ИТС);
- 22) Автоматизированная информационная система «Электронный дом» (АИС ЭД).

2. Корпус В

- 1) Информационная система московского электронного документооборота (МосЭДО).

3. Корпус С

- 1) Система автоматизации формирования Адресной инвестиционной программы города Москвы и Программы реновации жилищного фонда в городе Москве «Строительные инвестиции» (АИС «Строительные инвестиции»);
- 2) Автоматизированная информационная система «Историко-культурный опорный план города Москвы» (АИС ИКОП);
- 3) Интегрированная автоматизированная информационная система обеспечения градостроительной деятельности города Москвы (ИАИС ОГД);
- 4) Отраслевая автоматизированная система информатизации Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы (ОАСИ Москомархитектуры);
- 5) Автоматизированная информационная система «Контроль прохождения экспертизы проектно-сметной документации» (АИС «Экспертиза проектов»);
- 6) Автоматизированная информационная система Мосгорнаследия (АИС Мосгорнаследия);
- 7) Информационно-аналитическая система управления градостроительной деятельностью (ИАС УГД);
- 8) Автоматизированная система управления городскими финансами (АСУ ГФ);
- 9) Автоматизированная информационная система обеспечения деятельности Департамента капитального ремонта города Москвы (АИС ДКР);
- 10) Информационная система «Региональная система капитального ремонта многоквартирных домов города Москвы» (ИС РСКР);
- 11) Автоматизированная информационная система «Порубочные билеты» (АИС ПБ);
- 12) Информационная система автоматизации проектной деятельности Департамента экономической политики и развития города Москвы (ИС ЭОР).

Таким образом создается постоянная актуальная информационная база, формирующая основу ИИМУГП.



Рис. 3. Схема системы работы ИИМУГП

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе исследования выявлены градостроительные проблемы, связанные с большими сроками получения обосновывающих материалов для зонирования территории и размещения на ней объектов капитального строительства, а также с отсутствием комплексного инструмента для выявления состояния инфраструктурных систем. В результате проделанной работы сформирована система работы Интеллектуальной информационной модели управления городскими процессами. ИИМУГП позволяет в кратчайшие сроки получить сведения о влиянии предлагаемого к размещению объекта на градостроительную систему и параллельно является инструментом для выявления состояния инфраструктурных систем.

ВЫВОДЫ

Предложенная ИИМУГП позволяет выявить градостроительные проблемы, предложить проекты дорожных карт к их решению, а также предупредить размещение объектов, которые могут усугубить нагрузки инфраструктурных систем. За счет полученных результатов, связанных с выявлением и предупреждением градостроительных проблем, и создается городская среда лучшего качества, а гибкая стратегическая система управления способствует комплексному развитию территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).
2. Калистратова Е.А. Информационные системы в современном градостроительстве // IV международная научно-практическая конференция | МЦНС «наука и просвещение». 2020.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 1998 года N 856 «О ведении государственного градостроительного кадастра и мониторинга объектов градостроительной деятельности в Российской Федерации».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 июня 2006 года N 363 «Об информационном обеспечении градостроительной деятельности»
5. Биденко С. И., Комарицын А. А. Информационные системы поддержки принятия решений: Учебное пособие // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 2004. - 32 с.
6. Постановление Правительства Москвы от 12.08.2021 № 1257-ПП «О Единой цифровой платформе градостроительной деятельности».
7. Браун Л. А. История географических карт. — Москва // Центр полиграф, 2006. — 479 с. — ISBN 5-9524-

- 2339-6 [История ГИС от древности до XX века].
8. Капралов Е., Кошкарев А., Тикунов В., Лурье И., Семин В., Серапинас Б., Сидоренко В., Симонов А. Геоинформатика. В 2 книгах. — Москва // Academia, 2010. — ISBN 978-5-7695-6820-6, ISBN 978-5-7695-6821-3.
 9. ОСТ ВШ 02.001-97. Информационные технологии в высшей школе. Геоинформатика и Геоинформационные системы. Общие положения.
 10. В.П. Грахов, Н.М. Якушев, С.В. Семенова. Информационно-инвестиционное обеспечение градостроительной деятельности: монография – Ижевск // Изд-во ИжГТУ, 2013. -232 с.
 11. Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н., Серединин Е.С., Гаевенко А.Ю. Инструментарий геоинформационных систем (справочное пособие). Киев // ИРГ «ВБ» - 2000. - 172 с.
 12. Государственная программа города Москвы «Информационный город», приложения, часть 1 (в ред. постановления Правительства Москвы от 28.03.2017 № 140-ПП).
 13. Единый реестр информационных ресурсов и систем города Москвы в последней редакции от 07.10.2021 года. Реестр информационных ресурсов и систем города Москвы.
 14. Приказ Министерства Регионального развития Российской Федерации от 30 августа 2007 года N 85 «Об утверждении документов по ведению информационной системы обеспечения градостроительной деятельности».
 15. Постановление Правительства Москвы № 449-ПП от 30.04.2019 «Об утверждении Положения о составе, порядке подготовки, согласования и представления на утверждение проектов планировки территории в городе Москве».

ЭКОДОМА В КАЧЕСТВЕ НОВЫХ, УСТОЙЧИВЫХ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ ТУРИСТИЧЕСКОГО ЯДРА В ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ НА ТЕРРИТОРИИ СКАДАРСКОГО ОЗЕРА В ЧЕРНОГОРИИ

В. Хербез¹, А. Е. Балакина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹v.herbez@yahoo.com

²pz@mgsu.ru

Аннотация

Скадарское озеро является историко-культурной средой которая обладает рядом природных, социальных, исторических и архитектурных ценностей. Важнейшей проблемой на территории Скадарского озера является необходимость внесения изменений в историко-культурную среду и добавление новых акцентов в ее архитектурный образ. Есть несколько возможных направлений будущего развития архитектурного образа территории Скадарского озера причем решающее значение имеет характер отношений между старыми и новыми постройками. Цель исследования состоит в определении характеристик экодому и их рассмотрения в качестве элементов туристического ядра в туристско-рекреационных кластерах на территории Скадарского озера. В качестве методов использованы анализ, изучение и обобщение отечественной и зарубежной литературы. Экодома как объекты с независимой энергосистемой будут представлять развитие архитектурного образа территории Скадарского озера с учетом принципов устойчивости. Новые, устойчивые экодома в ценном историко-культурном контексте, следует проектировать с учетом особого характера и качества среды.

ВВЕДЕНИЕ

Скадарское озеро является особой историко-культурной средой, сформированной и объединенной природными, социальными, историческими и архитектурными ценностями. Проблемами на территории Скадарского озера являются внесение изменений в историко-культурный контекст которые не соответствуют «духу местности», заброшенные дома и нарушенная экосистема. Ожидается что территория Скадарского озера будет развиваться таким образом чтобы отметить особый характер и качество культурно-исторической среды и сохранить его для будущих поколений. Поэтому большое значение имеет изучение архитектурного наследия, чтобы строительство новых объектов не нарушало эстетические ценности сложившегося историко-культурного контекста. Важно чтобы новые здания в ценном историко-культурном контексте, были спроектированы с учетом особого характера и качества среды. Как и в случае с любыми природоохранными работами, понимание важности историко-культурной среды имеет решающее значение. Важной отправной точкой является предпосылка о том что, Скадарское озеро было определено нынешним и прошлыми поколениями как уникальное природное явление. Ответственность архитекторов заключается в том, чтобы их работа способствовала обогащению, а не уменьшению качества застроенной среды. Проектировать в историческом контексте – это не ограничение, а обогащение архитектурного наследия для будущих поколений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ существующего состояния туристической инфраструктуры на территории Скадарского озера выявил необходимость совершенствования количества и качества курортного фонда для размещения туристов. Для этого необходимо введение новых типов размещения на территории Скадарского озера, разработанных на принципах

устойчивости, разнообразия, гармонии с окружающей средой и сохранения природы [1]. Туристско-рекреационные кластеры представляют собой гибкую систему со сложной внутренней структурой. Особое внимание следует уделить развитию новых типов и форм размещения туристов, созданию транспортной системы, отвечающей принципам устойчивого развития и формированию инфраструктуры для проведения историко-культурных мероприятий [2].

Отсутствие экспериментальных разработок и научной базы по КОиОРК (курортно-оздоровительный и образовательно-рекреационный комплекс) в экологических поселениях – одна из причин нерационального природопользования, сложностей освоения территории для экологических поселений, проблем сложившейся системы расселения, отставания в экономическом развитии малого и среднего бизнеса [3]. Важную роль в экологии любого поселения занимает энергоэффективность застройки. Энергоэффективные и экологические материалы обладают рядом особенностей, которые позволяют помимо непосредственного энергоэкологического эффекта при их использовании, решать проблему утилизации отходов в сельском хозяйстве и помогает разлагать выбросы CO₂, что способствует очищению атмосферы [4]. Сам по себе экотуризм призван стать устойчивой формой туризма, основанного на природных ресурсах. Экотуризм, как альтернативный туризм, включает посещение природных территорий с целью обучения и проведения экотуризма то есть туризма, основанном на природных ресурсах и который способствует экономическому и социальному развитию общества. Основное внимание уделяется изучению природы, ее ландшафта, флоры, фауны и их среды обитания, а также культурных артефактов местности. Тщательно спланированные и управляемые объекты экотуризма, особенно если они расположены в деревнях и включают в себя участие местного населения и могут принести выгоду. Экотуризм, природные ресурсы, культурное наследие, сельский образ жизни и комплексный туризм представляют виды местной экономической деятельности [5]. Выделяют основные задачи «экологического строительства»:

- сокращение негативного влияния застройки на окружающую среду и поддержание человеческого здоровья;
- снижение эксплуатационных затрат за счет уменьшения потерь тепла зданием, эффективного использования ресурсов в целом;
- увеличение автономности систем жизнеобеспечения здания [6].

Экологичный дом (экодом) это здание, комфортное для жизни человека, не загрязняющее окружающую среду, энергонезависимое (использующее возобновляемые источники энергии), ресурсосберегающее (экономящее расходы воды и тепла) и ресурсонакапливающее (производящее экологичные продукты питания и биотопливо) [7].

Преимущества экодомов:

- приятный микроклимат без радиаторов и кондиционеров, роль которых выполняют теплые полы и грунтовой рекуператор;
- независимость от теплосетей за счет использования солнечной энергии и альтернативных источников тепла в автономной системе горячего водоснабжения;
- автономная биологическая очистка;
- биоэнергетическая система утилизации биологических отходов, превращение их в биогаз и удобрения;
- биогаз и паровый газ позволяют добиться энергонезависимости и остаться в гармонии с природой;
- сбор и очищение дождевой воды уменьшают зависимость от водоснабжения, а также экономят драгоценный природный ресурс – питьевую воду.

Экодома позволяют сельским жителям отказаться от низких потолков, которые традиционно применяли для экономии тепла, освободят их от необходимости заботиться об отоплении, существенно снизят жилищные эксплуатационные расходы. Строительство

экологического жилья – стратегически важная научно-техническая, экономическая, социальная и политическая тенденция [8]. Основные положения создания дома нулевого энергопотребления следующие: суммарный коэффициент сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций должен быть не менее 10, использование пассивной солнечной архитектуры (окна – на юг) с защитой от летнего перегрева, рекуперация тепла при вентиляции, канал в грунте располагается ниже линии промерзания для естественного подогрева поступающего извне воздуха зимой и охлаждения летом. Энергия требуется лишь для нагрева воды [9]. Используя, к примеру, природные экологически чистые местные материалы в строительстве, деревянные каркасы, солому или тростник – как утеплитель и кровельный материал, альтернативную энергетику, создание пермакультурных систем утилизации отходов «экодом-участок-единое целое» с повышением плодородия приусадебных участков и т.д. (экодом нулевого энергопотребления) [10].

Кластеры сельского туризма - относительно новое явление в Черногории. Они считаются элементом стратегического вектора в сторону устойчивого развития, который максимизирует положительные эффекты развития туризма, сводя к минимуму отрицательные. Из-за основных характеристик сельского туризма в Черногории кластерный подход может преодолеть ключевые недостатки фрагментированного сектора сельского туризма путем объединения усилий и повышения конкурентоспособности. Кроме того, кластерный подход способствует созданию имиджа и бренда на территории, объединяет различных участников и достопримечательности и создает более сложный, но последовательный и привлекательный туристический продукт [11].

Существующие дома на территории Скадарского озера являются предтечами нынешних экодомов. Камень - единственное и основное средство строительства на территории Скадарского озера. Однако из-за интенсивного использования камня в поселениях и их окрестностях камень пришлось привозить на строительную площадку из окрестности [12]. Каждый дом на территории Скадарского озера был построен рационально и в гармонии с окружающей средой. Поселки окружающие озеро в большинстве случаев компактны [13]. В некоторых домах в поселке Годинье можно увидеть специальные проемы, которые расположены в ряд под карнизом крыши и которые использовались для вентиляции дома, так как они выходят на всю толщину стены [14].

Урбанизация и основные характеристики современной застройки не обошли стороной бассейн Скадарского озера, и в наше время в нем происходят многочисленные действия, приводящие к угрозе и разрушению природной среды. Строительство новых зданий возможно при условии, что они вписываются в существующую среду с точки зрения их архитектурного выражения [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На формирование поселений на территории Скадарского озера большое влияние оказала как морфология местности, так и климатические условия. Выявлено наличие трех типов поселений из которых самый распространенным является компактный (Рис.1). Традиционные дома которые создают историко-культурную среду в большинстве случаев являются каменными, одноэтажными с двухскатной крышей.



Рис. 1 Компактный тип поселений на Скадарском озере

Так как историко-культурная среда может вместить множество различных интерпретаций выделено несколько возможных направлений в будущем развитии архитектурно-планировочного образа территории Скадарского озера: реконструкция существующего архитектурного наследия, возведение малых архитектурных объектов (глемпинг) и экодума как новые, устойчивые архитектурно-пространственные решения (Рис.2).



Рис. 2 Направления в будущем развитии архитектурно-планировочного образа территории Скадарского озера

Экодом (Рис.3) представляет независимую энергосистему, не требующей расходов на поддержание комфортной температуры. Главное условие существования экодума это хорошо утепленные толстые стены, состоящие из несущего деревянного или каменного каркаса, утепленного толстым слоем плит из каменной ваты. Отопление пассивного дома происходит благодаря теплу, выделяемому живущими в нем людьми, бытовыми приборами и альтернативными источниками энергии. Горячее водоснабжение осуществляется за счет установок возобновляемой энергии, таких как тепловые насосы или солнечные коллекторы.



Рис. 3 Примеры экодомов

ВЫВОДЫ

В последние годы наблюдается интенсивная строительная деятельность, которая нарушает интимность и выразительность территории Скадарского озера. Поэтому авторами предлагается строительство экодомов как устойчивых архитектурно-планировочных решений которые подчеркнут особенности существующей среды не нарушая ее. Проведенный анализ подтвердил что экодому могут стать частью туристического ядра в туристско-рекреационных кластера на территории Скадарского озера. Ожидается что в основе экологического туризма будет экологическое строительство которое сможет объединит архитектурные особенности историко-культурного контекста, независимую энергосистему и обеспечит прямую связь человека с природой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хербез В. Принципы формирования новых типов размещения для туристов на территории Скадарского озера в Черногории // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 12. С. 110—118.
2. Хербез В. О формировании туристско-рекреационных кластеров в условиях историко-природных заповедников (на примере Скадарского озера в Черногории) // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 4. С. 46-51.
3. Balakina A.E., Dunichkin I.V., Kochanov O.A., Zolotarev A.A. Environmentally oriented health resort and educational and recreational complexes [Экологически ориентированные курортно-оздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы] // Industrial and Civil Engineering Magazine. 2011. № 9. p. 30-32. (rus)
4. Балакина А.Е., Дуничкин И.В., Золотарёв А.А., Кочанов О.А. Курортно-оздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы экоселений России // Вестник МГСУ. 2011. №1-2. С. 9.
5. Kiper T. The role of ecotourism in sustainable development [Роль экотуризма в устойчивом развитии]. Kazakhstan: Edition by Murat Ozyavuz. 2013. p.8-16. (rus) Режим доступа: <https://www.intechopen.com/chapters/45414>. Дата обращения: 21.10.21.
6. Романов М.Н. Архитектурное проектирование в рамках экостроительства // ИВД. 2016. №3 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnoe-proektirovanie-v-ramkah-ekostroitelstva>. Дата обращения: 22.10.21.
7. Дьяченко О. С. Экодом. Энергосберегающие технологии в строительстве // Вісник ПДАБА. 2011. №5 (158). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekodom-energoberegayuschie-tehnologii-v-stroitelstve>. Дата обращения: 23.10.21.
8. Лапин Ю. Н. Автономные экологические дома // Алгоритм. 2005. С. 416.
9. Борздова Т.В. Экологически чистое жилье и его строительство в Республике Беларусь // Journal L' Association 1901 "SEPIKE": Norderstedt, Deutschland; Poitiers, France. 2013. С. 175-179.
10. Широков Е. Экодом нулевого энергопотребления // Наука и инновации. 2010. № 93. С. 19-21.
11. Moric I. Clusters as a Factor of Rural Tourism Competitiveness: Montenegro Experiences [Кластеры как фактор конкурентоспособности сельского туризма: опыт Черногории] // Business Systems Research Journal, V. 4, № 2. 2014. P. 94-107. (eng)
12. Popovic S.G. Arhitektonsko naslijedje basena Skadarskog jezera [Архитектурное наследие бассейна Скадарского озера] // German technical cooperation. 2007. P.88. (srb)
13. Expeditio Skadarsko jezero - studija potencijala održivog prostornog razvoja [Скадарское озеро - исследование потенциала устойчивого пространственного развития]. // Rockefeller Brothrs Fund. 2015. P.79. (srb)
14. Expeditio Arhitektonska radionica Godinje [Архитектурная мастерская Годиње] // Ministarstvo kulture i medija Crne Gore. 2004. P. 51. (srb)
15. Балакина А.Е., Хербез В. Об архитектурно-планировочных решениях в контексте историко-природных заповедников (на примере Скадарского озера в Черногории) // Известия Вузов. Строительство. 2021. № 1. С. 62-71.

ПЛАНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАМПУСОВ.

Соро Касум

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, kassoums@mail.ru

Аннотация

Существует большое количество университетов, в которых обучается в разное время много студентов разных стран. Сегодня высшее образование ценится молодежью как старт в будущую жизнь. Университеты готовят специалистов в различных областях и отраслях, которые понадобятся их странам в будущем в решении экономических, социологических и других вопросов. Чтобы студенты проявляли интерес к учебе, и чтобы творческие намерения и профессиональная среда были совмещены, каждый студент должен находиться в безопасной среде обитания, которую предлагают университеты.

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования: проанализировать планирование, проектирование и управление кампусов.

Метод исследования: Анализ структуры кампусов, эталонных проектов, профессиональной литературы по теме работы.

Объект исследования: студенческие кампусы.

Планировщики, архитекторы и менеджеры ищут инновационные способы эффективного использования ресурсов, вложенных в планирование кампуса, проектирование зданий, строительство и ремонт, а также в управление университетами. Изменения в планировке и дизайне этих объектов должны способствовать учебному процессу и улучшать качество учебной среды. Пространство кампуса должно быть гибким и допускать изменения, сопутствующие динамике концепций обучения.

Процесс пространственного планирования должен учитывать историю и культурные традиции учреждения, и все люди, которые будут находиться в его пространстве, должны участвовать в многообразных явлениях его жизни: должны быть удовлетворены не только профессиональные и бытовые потребности студентов, преподавателей и сотрудников, но также и членов сообщества, в котором находится это пространство.

Планировщики и менеджеры также придают все большее значение пространственной и функциональной устойчивости учреждения. Повышенный интерес к экологически чистым зданиям уже привел к реализации конкретных методов проектирования, а также методов оценки качественных характеристик зданий и достижения целей устойчивого развития.

Существует растущая потребность в изучении инновационных идей для дизайна кампуса, а также основных направлений и вопросов, которые могут повлиять на планирование, дизайн и управление учреждениями, причастными к организации высшего образования. Также необходимо сосредоточиться на изучении инновационных институтов, отвечающих текущим потребностям в различных странах, и попытках определить фундаментальные концепции, которые будут влиять на учебную среду завтрашнего дня.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Много усилий было вложено в планирование новых пространств во многих университетских городках за последние годы; было извлечено много уроков, и уже появляются различные модели, которые могут повлиять на новое поколение зданий. Следует приложить усилия для определения различных типов инструментов, доступных для улучшения условий высшего образования, и детального изучения тех, которые

кажутся наиболее многообещающими. А. А также проанализировать наиболее прогрессивные проектные решения аналогичных объектов.

Ниже представлена подборка идей и примеров из практики, представленных на конференции «Планирование, проектирование и управление высшими учебными заведениями» в Сан-Хосе, Калифорния (США):

- Мегатенденции и мифы, влияющие на методы управления.
- Пространство обучения, поддерживаемое технологиями.
- Снижение природных рисков.
- Модернизация Университета Конкордия в Монреале.
- Анализ процесса принятия решений по интеграции информационных и коммуникационных технологий в испанских университетах.
- Сеть центров информации и документации, созданная Университетом Веракруса в Мексике.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мегатенденция: практика управления оборудованием в высшем образовании

Высшее образование сейчас переживает период беспрецедентных перемен. Что мы можем прогнозировать на будущее? Для тех, кто занимается планированием и управлением высшими учебными заведениями, этот вопрос стоит особенно остро. Выбор, сделанный в настоящем, часто влияет на высшее учебное заведение на десятилетия. И это влияние, в свою очередь, определяет способность высшего образования выполнять свою учебную и исследовательскую миссию.

В настоящее время можно выделить ряд «*Мегатенденции*», которые помогают анализировать и измерять основные направления развития, формирующие будущее. Их важно понимать, потому что они оказывают фундаментальное влияние на окупаемость инвестиций.

Тенденции в дизайне университетских городков

Пол Робертс, соавтор книги *University Contemporary Campus Design* (2014), выделил шесть тенденций в архитектурном дизайне университетских городков (кампусов).

Звездная архитектура - кампус, построенный звездами мировой архитектуры (отсюда и неологизм «звездная архитектура»).

Адаптация существующего кампуса, экологически, экономически ответственного и вписанного в концепции местного планирования.

Устойчивое развитие - «зеленый» кампус, тенденция, которую не отрицали в последние годы.

Совместное использование - кампус, где свободное пространство предоставляется или сдается в аренду другим организациям, что может обеспечить значительный источник дохода.

Неформальные и гибкие учебные пространства - кампус, адаптированный к новым технологиям, онлайн или дистанционному обучению.

Интеграция в центре города - кампус в ответ на растущий спрос студентов на кампус в центре города.



Рис. 1 Новый научный центр Concordia. [16]

Мегатренд 1 - Общество: новые демографические тенденции в количестве студентов.

В течение многих десятилетий высшее образование служило относительно однородному студенческому контингенту, но ситуация претерпела драматические изменения, которые продолжаются до сих пор. Текущий состав студентов характеризуется разнообразием полов, национальностей, рас, экономических категорий, возрастов, профессий и семейных ситуаций. В ответ на это изменение системы образования все больше приспособляются к значительным различиям в образовательных потребностях и целях.

По мере изменения процессов и функций образования возникает проблема — как унаследованные помещения справятся с этими изменениями и каковы будут новые требования к оборудованию, как с точки зрения типа, так и местоположения?

Мегатренд 2 - Экономика: доступность и эффективность

С 1980 года рост платы за обучение в Соединенных Штатах Америки превысил инфляцию на 179%. Очевидно, что такое увеличение нельзя выдерживать без принуждения, но в конце концов придется закрыть дверь для многих групп потенциальных студентов.

В конечном итоге экономическое и социальное развитие требует хорошо образованной рабочей силы. Если у нас есть выбор между лишением высшего образования финансовой доступности значительной части населения и поиском средств для более эффективного предоставления высшего образования, то, скорее всего, целесообразным окажется последнее решение. Необходимость контролирования затрат, несомненно, приведет к изменениям в образовательных процессах, а, следовательно, и в дизайне и спросе на различные типы оборудования.

• **Мегатренд 3 - Технологии:** ИТ и стоимость учебного процесса.

Технология в системах высшего образования имеет два измерения. Первый касается ИТ. Было сказано, что информатика сделала возможным переход от традиционной парадигмы «обучения» к парадигме «образования», в которой время, проведенное лицом к лицу с преподавателем, будет зарезервировано для лабораторных работ, практической работы, а не для лекций. Такой образовательный подход и другие подобные ему методики не только сделают устаревшими классы и лекционные залы, но и значительно улучшат эффективность за счет снижения затрат на образование. Другой аспект технологии касается стоимости, прежде всего в отношении исследовательской миссии высшего образования.

Текущие исследовательские центры являются одними из самых дорогих с точки зрения строительства, оборудования и функционирования. По мере роста стоимости исследований они все больше и больше концентрируются в сокращающемся количестве учреждений, а именно в тех, которые имеют критическую массу, способную финансировать эти инвестиции. Еще раз—эта концентрация меняет миссию высших

учебных заведений и, следовательно, влияет на текущие и будущие потребности в помещениях.

Мегатренд 4 - Администрация: необходимость подотчетности.

Столкнувшись с проблемами социальной стабильности и экономического развития, государство все больше вмешивается в дебаты о высшем образовании. Растущее присутствие органов государственной власти в управлении высшим образованием означает, что они будут больше говорить о действиях, которые необходимо предпринять, их модальностях и их реализации. Если государственные органы ужесточат контроль над распределением средств и решениями по программам, как в области обучения, так и в области исследований, будет ли то же самое относиться к строительству зданий?

Мегатренд 5 - Окружающая среда: повторное использование, переработка, сокращение затрат.

Забота об окружающей среде никогда не была более актуальной, чем сегодня. Некоторые вопросы об окружающей среде включают качество воздуха в помещении, освещение и энергосбережение. Поскольку цены на энергоносители снова начинают расти, усиливается давление в связи с капитальным ремонтом зданий (повторное использование), принятие новых стандартов (переработка) и, что более важно, реальное улучшение операций (сокращение). Как экологические соображения повлияют на будущие решения об оборудовании?



Рис. 2 Новый научный центр Канадского университета Concordia. [16]



Рис. 3 Конкурс городского планирования университета Конкордия.

Возможности включения мер по снижению естественного риска в цикл проекта инфраструктуры высшего образования (кампус).

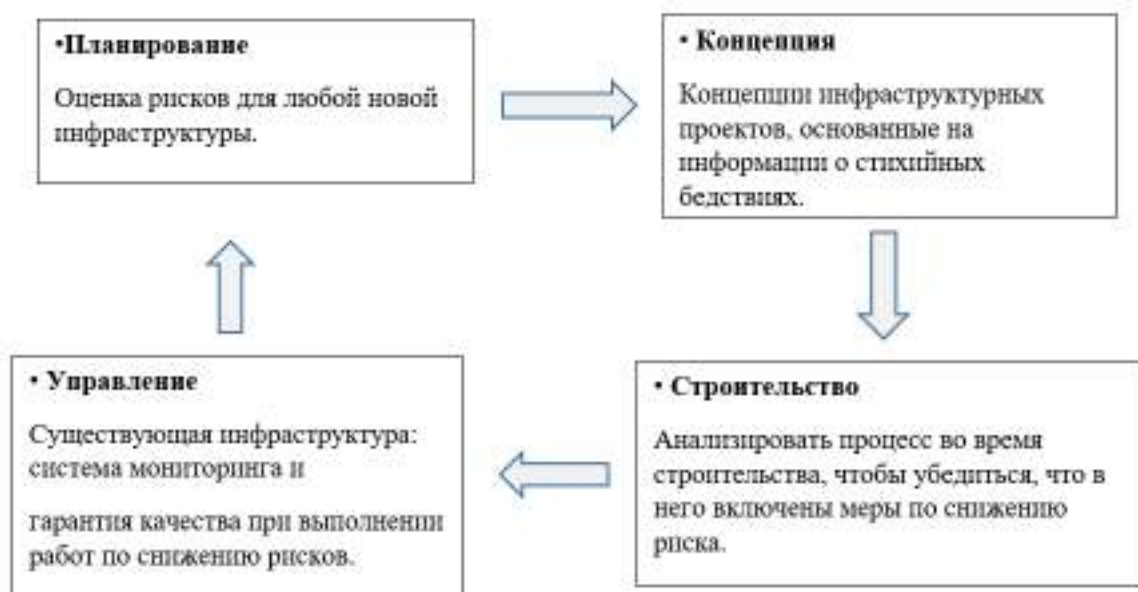


Рис3. Схема возможностей включения мер по снижению естественного риска в цикл проекта инфраструктуры высшего образования (кампус).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе анализа очевидно, что в масштабе территориального планирования урбанистическое планирование и моделирование развития новых территорий, создание региональных центров- анклавов на основе «кампусных» моделей, включенное в общегосударственную схему стратегического развития, становится эффективным инструментом управления территориальными и иными ресурсами.

С помощью системы регионального моделирования и стратегического планирования может производиться адаптация общих концепций и их локализация в рамках конкретных мероприятий на территориях.

ПРЕЛОЖЕННЫЕ РЕШЕНИЯ:

1. Ориентировать строительство кампусов на долгий срок;
2. Резервировать место для реализации гибкой концепции кампусов;
3. Форма кампуса должна следовать ее функции;
4. Необходимо учитывать, что студентов привлекают бытовые удобства.

ВЫВОДЫ

В ходе работы важно понять, что, те, кто занимается планированием, проектированием и управлением высшими учебными заведениями, должны сыграть жизненно важную роль в подготовке к изменениям и их успеху, и есть элементы, которые могут помочь им выполнить эту ответственную задачу.

В своих строительных программах архитекторы также должны стремиться развивать зеленые насаждения, создавая водные объекты и высаживая виды растений, характерных для каждого региона, чтобы повышать экологическую культуру пространства кампуса и улучшать качество обитаемых зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кампус LyonTech-la Doua. Французский университет – официальный сайт – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет: <https://www.lyontechladoua-operationcampus.fr/projet>
2. Кампус. Журнал «Стрелка» – официальный сайт – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет: <http://strelka.com/ru/magazine/2015/01/06/vocabulary-campus>

3. Сколково. Московская школа управления – официальный сайт – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет: <http://www.skolkovo.ru/public/ru/campuscom-aboutnew//>
4. Принстонский университет – официальный сайт – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет: <http://www.princeton.edu/main/>
5. Пучков М.В. Архитектура университетских комплексов. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2010.
6. Пучков М.В. Образовательные оффшоры // Архитектурный вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 3.
7. Научная статья. Озеленённое общественное пространство в композиции современных университетских кампусов Европы Е.С.Палей, Архитектурная мастерская «Сергей Киселев и Партнеры», Москва 2017г.
8. Пучков МВ. Образовательные оффшоры // Архитектурный вестник УралНИИпроект РААСН. — 2010. — №3.
9. Низамутдинова З.Ф., Большаков А.Г. Кампус – зеленый остров науки // Сборник доступное и комфортное жилье: проблемы, поиск, решения. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 77–78.
10. Козлова Л.В. Границы как метод оживления городского пространства // Вестник ИрГТУ. 2014. № 6 (89). С.117–122.
11. Научная статья. Университетский кампус как пространство, социального взаимодействия (на примерах современных кампусов зарубежья) И.Б. Дагданова Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость № 1 (12) 2015
12. Петровская П.А. Озеленение городов древесно-кустарниковыми растениями на Черноморском побережье Краснодарского края // Вестник РУДН. — 2012. — №5.
13. Горохов В.А. Луни ЛБ, Расторгуев О.С. Инженерное благоустройство городских территорий: Учеб. пособие для вузов / Под общ. ред. Д.С. Самойлова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М: Стройиздат, 1971.
14. Научная статья. Формирование пространства. университетских кампусов с целью создания благоприятных условий с учетом современных требований и развития в структуре города / Ю.В. Моторина, Н.А. Москвин. Кафедра ландшафтной архитектуры и дизайна Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.
15. 1. Программа создания и развития Уральского федерального университета в городе Екатеринбурге. — М.: МШУ «Сколково», 2009.
16. КОНКОРДИЯ УНИВЕРСИТЕТ. Канадский университет – официальный сайт – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет: <https://www.concordia.ca/ucactualites/central/nouvelles/2018/05/09/concordia-lance-la-construction-de-son-nouvel-incubateur-des-sciences-appliquees.html?c=vie-etudiante> (Датаобращения 08.11.2021)

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕПЛАНИРОВКИ КВАРТИР ХРУЩЕВСКОЙ ПОСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ЗАСТРОЙКИ СЕРИИ I-447 В Г. НОВОСИБИРСКЕ

Т. А. Горбачева¹, О. О. Смолина²

Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет
(Сибстрин)

¹tatyana.gorbacheva.99@mail.ru

²zelenoest-vo@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются планировочная структура квартир серии дома I-447, построенной в период с 1958 по 1964 гг. Данная серия дома считается самой распространенной среди кирпичных пятиэтажных домов всех периодов, занимает 1-е место на территории РФ и имеет множество модификаций.

Современное общество не стоит на месте, меняются не только образ жизни человека, но и его потребности. Для человека XX века в квартире были нужны 4 базовые составляющие потребности, такие как: гигиена, хранение вещей, прием и приготовление пищи, сон. В приоритете человека на сегодняшний день стала комфортная и удобная среда. И диапазон потребностей расширился, к нему добавились: зона гостевая, зона работы и хобби, сложная бытовая техника, кладовые для технических помещений. Времена, когда «дом был машиной для жилья» [цит. по:1] давно прошли, планировки и некоторые требования устарели, на его место пришло «дом как продолжение личности» [цит. по :2]. Но при строительстве и реконструкции жилья нужно исходить из общих интересов и удобного пребывания в квартире. Экономически не выгодно сносить и строить здания у которых большой срок эксплуатации. Поэтому в статье представлены некоторые научно-практические рекомендации и примеры перепланировки квартир серии дома I-447 без модификаций, с учетом эргономических требований, соответствующих современному времени. В научной статье рассмотрены 3 варианта перепланировки квартир серии дома I-447 и выбран наиболее оптимальный вариант по следующим показателям: эргономика, площадь помещения, инсоляция и шумоизоляция.

ВВЕДЕНИЕ

В статье рассматривается самая массовая серия кирпичных хрущевок I-447, строившаяся в 1958-1964 годы [3] и особенности ее перепланировки с учетом эргономических требований: инсоляция, функциональное зонирование, минимальные, но комфортные габариты ячеек помещений, удобство перемещения между комнатами, минимальная звукопроводимость перегородок, расширения дверных проемов и т.д.

Эргономика в традиционном понимании— это научная дисциплина, которая занимается приспособлением окружающего пространства человека и предметов для более безопасного и эффективного использования, основанное на психическом и физическом состоянии человека. [4].

В 2005 году был предложен Национальный проект «Доступное и комфортное жилье-гражданам России» для решения проблем массового жилищного строительства [5]. На сегодняшний день остается актуальной проблема комфортабельности массой жилой застройки не только современной, но и построек прошлых лет.

Массовое строительство 60-80-х гг. являлось довольно прогрессивным для своего времени, но со временем не смогло поспевать за темпами развития и повышения качества жилья, что привело к единовременному устареванию домов с типовой планировкой квартир и необходимости реновации жилой постройки. Срок эксплуатации домов серии I-447 составляет не менее 100 лет [3]. Здания данной серии узнаваемы по необлицованным внешним стенам, двум рядам окон в торцевых сторонах (в основном без балконов), а также по прямоугольной форме корпуса при отсутствии выступов и угловых секций [6]

Конструкции домов этого типа достаточно крепкие – их износ составляет не более 7%. Также дома серии I-447 не внесены в планы на снос [7]. Поэтому экономически не выгодно сносить здания, у которых не истекает срок пользования объекта. Вследствие чего возникла острая необходимость в изучении практики переустройства квартир самими потребителями, основанных на более удобных планировках современного времени и поисках разнообразия внутриквартирных пространств [8].

Основной проблемой зданий, построенных в период с 1958 по 1964 гг является малокомфортная планировочная структура квартир с эргономической точки зрения, устаревшие нормативы проектирования жилья, плохая звукоизоляция помещений. Такие квартиры не могут обеспечить достаточный уровень качества жилья. Они имеют очень маленькие габариты санузла и кухни, очень тонкие перегородки и полы на лагах, через которые легко проходит звук, имеются смежные комнаты в 2-х и 3-х комнатных квартирах, что является достаточно неудобным, т.к. практически нет личного пространства, а также существующие функциональные зоны не отвечают современным потребностям [9].

Таким образом, актуальны: отбор наиболее часто повторяющихся решений при перепланировках; целенаправленное формирование архитектурно-планировочных моделей квартир, возведенных в период массового строительства, которые могут служить помощью в реконструкции типового жилого фонда [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматриваются особенности перепланировки с увеличением требования комфортности, максимальной мобильности, соответствие нормативно-правовым требованиям. Для наибольшей наглядности спроектированы модели.

Цель разработки моделей состоит в том, чтобы достигнуть достаточной гибкости в средствах и методах для поддержки пересмотра проектного решения таким образом, чтобы оно отвечало эргономическим принципам и требованиям человека, проживающего в квартире. В аспекте стандартизации подразумевается рассмотрение разработок с учетом объединения и установления баланса между экономическими, социальными и экологическими вопросами [10].

Основным подходом для решения проблемы с малыми габаритами квартиры можно считать грамотное архитектурно-планировочное решение и разделение пространства квартиры на четкие функциональные зоны [11]. Необходимо разделить эти зоны так, чтобы они не препятствовать естественному освещению и пути движения человека.

Для решения проблемы был выбран *метод типологизации*, который включает изучение закономерностей формирования типов зданий в связи с изменением социальных форм жизни общества. Почти все типовые жилые постройки 60-80х годов имеют похожие характеристики, как и у серии I-447, что можно взять за основу для переустройства и других типовых серий домов (I-447-с-26, I-447-с-47..49), а именно: малые размеры кухни и санузла, плохая шумоизоляция из-за тонких перегородок, в 2-х и 3-х комнатных квартирах имеются смежные комнаты; в однокомнатных квартирах нет балконов. Также в работе использовался *метод реконструкции и метод моделирования*, для формирования нескольких вариантов перепланировки квартир и выбора наиболее оптимального. Перед началом перепланировки нужно убедиться, что стены, подлежащие сносу, не несущие. В 90% здания хрущевской постройки, за исключением панельных, межкомнатные перегородки можно демонтировать без вреда для здания. В двухкомнатной или трехкомнатной квартире проходную комнату можно сделать изолированной, а перегородки добавить или убрать. [12]

Перепланировка жилых помещений предполагает:

- перенос и разборку перегородок;
- перенос и устройство или расширение дверных проемов;

- разукрупнение или укрупнение многокомнатных квартир (объединение комнат или их разграничение);
- устройство дополнительных кухонь и санузлов или их изменения в габаритах;
- расширение жилой площади за счет вспомогательных помещений;
- устройство или переоборудование существующих тамбуров [13].

Основные характеристики типового здания серии I-447 (без модификаций):

В здании 5 этажей. Узкие лестницы и лестничные клетки без общего противопожарного балкона. Наружные стены – из кирпича, толщиной 38-40 см. Внутренняя продольная стена и наружные стены, а также стены лестничных клеток несущие. Внутренние межквартирные стены толщиной 27 см. Перегородки – гипсобетонные, толщиной 8 см.

Санузлы, совмещенные во всех квартирах и переносить их запрещено в многоквартирных жилых домах согласно п. 9.22 СП 54.13330.2016, размещать уборные над жилыми комнатами и кухнями не допустимо. Следовательно, в большинстве квартир многоквартирного дома перенести туалет в жилую комнату или кухню нельзя, потому что он окажется над комнатой или кухней соседа, что запрещено [14]. На одной лестничной клетке располагается 4 квартиры. Нет лифта и мусороприемников. Вентиляция естественная вытяжная [15]. В таблице 1 находится основная информация о площадях [16].

Табл. 1. Площади квартир здания типовой серии I-447

| Число комнат | Общая площадь, м ² | Жилая площадь, м ² | Площадь кухни, м ² |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 28-32 | 15-20 | 5-5.6 |
| 2 | 41-44 | 28-33 | 6 |
| 3 | 40-57 | 26-41 | 6 |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для дальнейшего исследования необходимо изучить планировку исследуемого здания. На Рис.1 показана планировочная структура типового здания серии I-447 [15].



Рис. 1. План 1-го этажа серии дома I-447

Для примера перепланировки была выбрана угловая однокомнатная квартира с окнами, выходящими на две стороны, выделенная на Рис.1.

Так как невозможно увеличить площадь и переместить оборудование, нужно максимально оптимизировать пространство, сделать его удобным и комфортным. Необходимо: увеличить толщину перегородок с 80 мм до 120 для увеличения звукоизоляции между комнатами; расширить санитарный узел, для необходимости добавления дополнительного оборудования, такого как стиральная машина; расширить кухонное пространство; расширить дверные проемы для более комфортного прохождения

и в случае необходимости переноса оборудования и мебели; по возможности разделить пространство на индивидуальную жилую зону и зону общего пользования. Не имеется возможным убрать перегородки между комнатой и кухней по СП 54.13330.2016 [14]. На Рис. 2 показана примерная перепланировка со всеми учтенными выше требованиями.



Рис. 2. Перепланировка однокомнатной квартиры

Проведен анализ движения по квартире с одного помещения в другие, за исходную точку движения выбрана жилая комната. Также проведен нормативно-правовой анализ исходя из соответствия и не соответствия минимальным размерам площадей. Например, важно, чтобы площадь санузла была оптимальной для размещения необходимых сантехнических приборов и бытовой техники и при этом было удобно ими пользоваться, но 3 м² достаточно только для размещения минимального сантехнического оборудования, поэтому он увеличен до 4 м². Санузел от 4-6 м² имеет достаточно места еще и для размещения необходимой бытовой техники и мебели [17]

Для каждой планировки просчитан коэффициент непрямолинейности, чтобы узнать какая планировочная структура квартиры будет наиболее мобильной при передвижении человека по своим апартаментам, который находится по формуле:

$$K_{ин} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{L_0},$$

где L_1, L_2, L_3, L_4 - расстояния пути движения человека

L_0 - кратчайшее расстояние от одной точки до другой

В первом случае на Рис. 3 представлена исходная планировка однокомнатной квартиры с маленькой площадью кухни и санузла, тонкими перегородками и достаточной большой комнатой с двумя окнами.

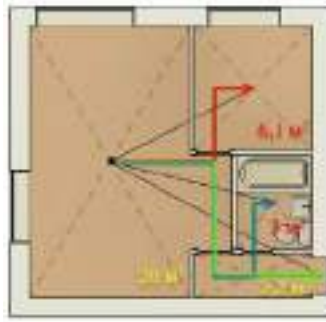


Рис. 3. Исходная планировочная структура квартиры

$K_{1mn} = 1,34$ - при передвижении из комнаты в кухню, траектория движения обозначена красным цветом;

$K_{2mn} = 2,09$ - при передвижении из комнаты до санузла, траектория движения обозначена синим цветом;

$K_{3mn} = 1,36$ - при передвижении из комнаты до входной двери, траектория движения обозначена зеленым цветом.

Чем коэффициент ближе к 1, тем меньше расстояние до помещения и тем удобнее перемещение по квартире.

Во втором случае Рис. 4 расширена кухня и санузел, добавлено помещение для хранения, увеличена толщина перегородок до 120 мм, общая комната поделена частично перегородкой на 2 зоны (общая и частная зона). Инсолируются все помещения.



Рис. 4. Первый вариант перепланировки однокомнатной квартиры

$$K_{1mn} = 1,42, K_{2mn} = 1,39, K_{3mn} = 1,36$$

По сравнению с исходным вариантом проектирования видно уменьшение коэффициента непрямолинейности, что считается наиболее эргономичным.

В третьем случае Рис 5 также расширено кухонное пространство и санузел, увеличена толщина перегородок, инсолируется каждое жилое помещение и кухня, комната поделена на 2, что добавило частную зону, но при этом убрано коридорное пространство

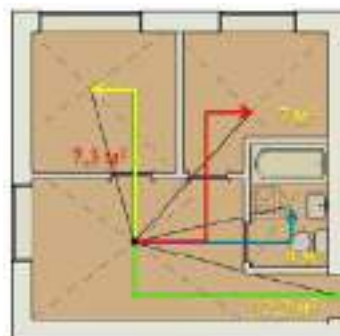


Рис. 5. Второй вариант перепланировки однокомнатной квартиры

$$K_{1пт} = 1,40, K_{2пт} = 1,12, K_{3пт} = 1,22, K_{4пт} = 1,23.$$

По коэффициентам видно, что они еще сильнее уменьшились в сравнении первого и второго варианта, что является оптимальным эргонометрическим показателем, но при этом значительно уменьшена жилая зона, что может негативно сказаться на расположении и подбору мебели для комнат.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены варианты перепланировки однокомнатной квартиры дома серии I-447 с окнами, выходящими на 2 стороны света. К этой планировке смоделированы несколько планировочных моделей, которые проанализированы по нескольким признакам: сценарий движения и коэффициент непрямолинейности Кнп., а также по нормативно-правовой базе. В результате был выбран наиболее оптимальный вариант перепланировки квартиры с учетом качества удобства планировочной структуры жилого пространства. Благодаря перепланировке повысится комфорт жизнедеятельности, снизятся затраты времени на передвижение между помещениями в квартире (тем самым повысится эргономика среды), а также отмечается повышения потенциала мобильности функциональных зон и дизайнерских решений оформления интерьерных пространств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ле Корбюзье Архитектура XX века // Издательство «Прогресс». 1977. С. 10
2. Максим Нода. 8 ошибок эргономики: Как перестать их совершать // Электронный ресурс «houzz». Режим доступа: <https://www.houzz.ru/statyi/ustarevshie-pravila-i-zabluzhdeniya-stsetivw-vs~98307952>
3. Ольга Мамаева. Гид по хрущевкам: какие пятиэтажки пойдут под снос в Москве // Интернет журнал «Жилье». Режим доступа: realty.rbc.ru/news/58fa057a9a7947b928a374db
4. Эргономика в дизайне интерьера // Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberpedia.su/23x4916.html>
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2017 № 1710 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://minstroy.nso.ru/page/122>
6. Типовой жилой дом серии 1-447 // Электронный ресурс «Метр квадратный» - Вся недвижимость России». 2009-2021. Режим доступа: https://www.kvmeter.ru/information/homes_series/1_447/
7. Хрущевки серии домов i 447. Необычные перепланировки. Нормативные и действительные сроки эксплуатации // Интернет- журнал «Интернет-журнал дачника. Сад и огород своими руками». 2021. Режим доступа: <https://travelerscoffee.ru/tomatoes/hrushchevki-serii-domov-i-447-neobychnye-pereplanirovki-normativnyye-i-deistvitelnye-sroki-ekspluatatsii/>
8. Асахова Т.Г. Модели архитектурно-планировочной индивидуализации квартир в массовом сегменте жилищного рынка // Электронный ресурс «disserCat — электронная библиотека диссертаций». Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/modeli-arkhitekturno-planirovochnoi-individualizatsii-kvartir-v-massovom-segmente-zhilishchn>
9. СП АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ // Электронный ресурс «Электронная площадка России». Режим доступа: <https://www.rts-tender.ru/poisk/svod-pravil/31-107-2004>
10. Эргономика. Общий подход, принципы и понятия. Разработка ГОСТ Р. Прямое применение МС с дополнением -EQV (ISO 26800:2011). – РТС-тендер // Электронный ресурс «Электронная площадка России». Режим доступа: <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-iso-26800-2013>
11. Р.К.Краснов Проблемы малогабаритного жилья и пути их решения // Электронный ресурс «cyberleninka». Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-malogabaritnogo-zhilya-i-puti-ih-resheniya>
12. редакция Restate.ru. Хрущевка: какой это тип дома и стоит ли ее покупать // Интернет газета «Новости рынка недвижимости Москвы». Режим доступа: <https://www.restate.ru/material/hrushhevka-kakoy-eto-tip-doma-i-stoit-li-ee-pokupat-172404.html>
13. Переустройство и перепланировка жилого помещения // Электронный ресурс «Официальный портал Администрации города Омска». Режим доступа: [https://admomsk.ru/web/guest/government/divisions/32/property/replanninginfo#:~:text=Перепланировка%20жилого%20помещения%20-%20это%20изменение,25%20ЖК%20РФ\).](https://admomsk.ru/web/guest/government/divisions/32/property/replanninginfo#:~:text=Перепланировка%20жилого%20помещения%20-%20это%20изменение,25%20ЖК%20РФ).)
14. СП 54.13330.2016 ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ МНОГОКВАРТИРНЫЕ // Электронный ресурс «Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054198>
15. Варианты перепланировок квартир серии 1-447 // Электронный ресурс «ПерепланировкаМос.ру». 2017.

- Режим доступа: <https://www.pereplanirovkamos.ru/1-447.html>
16. 1-447 (серия домов) // Электронный ресурс «Wikipedia». Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/1-447_\(серия_домов\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/1-447_(серия_домов))
 17. Стандартные и минимальные габариты санузла, выбор оптимального размера //Электронный ресурс «RemontTool.ru». 2021. Режим доступа: <https://remonttool.ru/dizajn-i-interer/standartnye-i-minimalnye-gabarity-sanuzla-vybor-optimalnogo-razmera.html>

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ БЫВШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В. А. Загорская¹, Т. Е. Трофимова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,–

¹grandmango@yandex.ru

²tetrofimova@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена одной из актуальных проблем: использование в городской среде депрессивных пространств, которые в настоящее время находятся в запущенном виде, придание новых функций территориям, которые социально и культурно деградируют. Особенно это касается бывших зданий фабрик и заводов, прилегающих к ним территорий. В Московском строительном институте проводится исследование, цель которого заключается в выявлении способов преобразования промышленных объектов. Рассматриваются возможности реконструкции и использования промышленных предприятий под новые функции. Проведен анализ примеров реконструкции и модернизации бывших промышленных объектов в различных странах. Особое внимание в исследовании уделено реконструкции промышленных объектов, находящихся в исторической части города. Для города Кострома предлагается использовать метод полной рефункционализации территории для снижения негативного экологического воздействия на жилые районы и превращения территории в развитые общественные комплексы, включающие в себя детские и молодежные центры, современные выставочные и творческие пространства, офисные центры, спортивные сооружения и многое другое. Подобные планы по развитию неиспользуемых территорий помогут увеличить объем туризма в регионе, а также привлечь крупных инвесторов из различных сфер бизнеса. Таким образом, эти пространства становятся центрами притяжения всего района, создают узнаваемый имидж территории.

ВВЕДЕНИЕ

Еще в XX в. многие города являлись центрами промышленности (г. Санкт-Петербург, г. Москва, г. Екатеринбург, г. Нижний Новгород, г. Севастополь, г. Самара, г. Саратов). К таким городам относился и город Кострома, один из крупных центров текстильной промышленности.

Мощные производственные предприятия функционировали, принося прибыль региону и обеспечивая рабочие места. Но быстро развивающиеся технологии и высокие темпы автоматизации производства привели к неэффективности работы небольших промышленных предприятий. Постепенно сокращались объемы их работы, что повлекло за собой полную остановку функционирования. В итоге, на сегодняшний день огромные территории заводов и фабрик оказались заброшенными и отрезанными от городской среды. Одним из таких объектов, превратившихся в депрессивную застройку, является бывшая фабрика обуви.

В новых социально-экономических условиях основной формой развития промышленных зданий и прилегающих к ним территорий является их реконструкция. Она должна быть направлена на воссоздание и поддержание этих объектов, на перевод промышленной территории в другой вид пользования, на привнесение новых общественных функций. Все это может привести к развитию города, повышению уровня качества жизни населения. Поэтому данная проблема является одной из наиболее интересных и актуальных тем в строительстве на сегодняшний день.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предметом исследования являются методы, способы и направления реконструкции промышленных предприятий под новые функции. Объект исследования – здания и территории бывших промышленных предприятий, которые претерпели рефункционализацию. Важной задачей исследования является сбор информации, изучение и анализ зарубежного и отечественного опыта по реконструкции зданий бывших промышленных предприятий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Российские исследователи сходятся во мнении, что на сегодняшний день можно выделить три существенно отличающихся друг от друга направления по преобразованию функции промышленных территорий [1-3]:

- сохранение производственной функции, когда доля вмешательства в функциональную программу составляет 0–30%;
- частичная рефункционализация – доля вмешательства 30–70%;
- полная рефункционализация, когда функциональная программа меняется на 70–100%.

Проанализировав мировой опыт, можно сделать вывод, что при реконструкции промышленных территорий данные методы применяются как в России, так и за рубежом. Рассмотрим каждый метод подробнее.

1 метод. Сохранение промышленной функции. Направлениями, относящимися к данному принципу, являются:

- а) мемориальный путь, предполагающий полное сохранение первоначального облика здания, что может быть актуально для памятников промышленной архитектуры;
- б) совершенствование – современное технологическое оснащение производства в существующем объеме здания;
- в) сохранение (частичное) производственной функции и отрасли производства;
- г) полная смена отрасли производства, но с сохранением производственной функции.

Примером такого метода является проект небольшой мастерской по изготовлению керамических изделий «Керамика Суру» в Мексике, предложенном архитекторами из бюро MO + G Architects (рис. 1). Мастерская разместилась на площадке двух заброшенных складских ангаров, впоследствии объединенных между собой административно-общественной зоной [1]. Здесь при реконструкции здания произошла полная смена отрасли деятельности, но сохранилось основное назначение предприятия: промышленная функция.

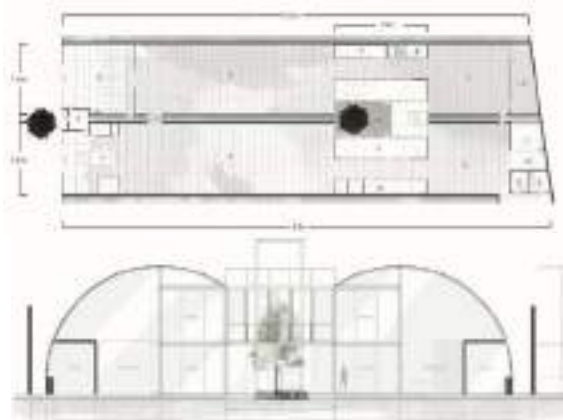


Рисунок 1-3. Мастерская по изготовлению керамических изделий «Керамика Суру» (Ceramica Suro). MO + G Architects. Мексика. 2015 [4].

2 метод. Частичная рефункционализация. К направлениям этого метода относятся:

- а) реконструкция планировочной структуры на принципах выделения и сохранения наиболее благоприятных планировочных характеристик;
- б) приспособление под музейную функцию;
- в) включение в сложившуюся структуру промышленной территории объектов современного назначения.

В качестве примера такого метода можно рассмотреть промышленный комплекс угольных шахт в Германии (рис. 4). Это вариант, когда предприятие перестало функционировать по своему прямому назначению и стало музеем. В 1986 г. оно было закрыто в связи с экономической нецелесообразностью дальнейшего функционирования, но в 2001 г. было признано объектом культурного наследия ЮНЕСКО, и в дальнейшем было преобразовано в современный культурно-образовательный комплекс, включающий в себя музей угольной промышленности, музей керамики, музей современного промышленного дизайна, музей истории Рурского региона [1].



Рисунок 4-5. Частичная рефункционализация промышленного комплекса угольных шахт «Цольверайн» под культурно-образовательный комплекс. Германия [5].

В России примером метода частичной рефункционализации можно назвать Завод микрофонной техники «Октава» в Туле. В 2018 г. рядом с рабочими цехами, в недействующей части завода, был создан творческий индустриальный кластер (рис. 6), который включает музей станка, инновационную лабораторию «ФабЛаб», библиотеку, многофункциональное пространство для лекций и мастер-классов, высшую техническую школу, проектные офисы.



Рисунок 6. Творческий индустриальный кластер «Октава» г. Тула, Россия [6].

3 метод. Полная рефункционализация. Направлениями этого метода являются:

- а) рефункционализация существующих памятников промышленной архитектуры на принципах социально-культурной востребованности и актуальности (переориентация промышленных объектов под многопрофильные центры, образовательные и культурные учреждения, развлекательные и спортивные центры, места временного проживания (хостелы), предприятия торговли);
- б) озеленение и благоустройство нарушенных территорий с целью их экологической реабилитации;
- в) демонтаж промышленного объекта и использование территории в других целях.

Примером полной рефункционализации может быть культурный комплекс и частный музей Tank Shanghai (г. Шанхай, Китай), расположившийся в круглых цистернах (рис. 7). В прошлом на этом месте был расположен аэропорт, а огромные цистерны предназначались для хранения топлива. С закрытием аэропорта зона долго пустовала,

пока не начала превращаться в музейный кластер: сначала здесь появилось современное выставочное пространство, затем началось строительство музея. Бюро Open Architecture спроектировало 60 000 м² пространства галереи на бывшей промзоне для китайского коллекционера Цяо Чжибина [7]. В резервуарах расположились художественные галереи, многофункциональные выставочные и развлекательные пространства.



Рисунок 7-8. Культурный комплекс. г. Шанхай, Китай [7].

В нашей стране одним из примеров метода полной рефункционализации является кондитерская фабрика «Большевик» в Москве (рис. 9). Это образец качественной реконструкции исторического объекта, реализованной в России.

Фабричные корпуса были построены еще в 1885 году [8], а в 2012 году Кондитерское производство было выведено с фабрики, после чего началась реновация. С 2013 по 2015 годы «Большевик» приспособляли под бизнес-центр класса А. Самой ценной частью комплекса были дореволюционные корпуса, поэтому их сохранили в историческом виде и провели реставрацию кирпичной кладки. Здания советского периода, не представляющие художественной ценности, облицевали современными материалами красно-серой гаммы. Отчасти они перекликаются с кирпичными стенами. Помимо сохранения исторических «изюминок» фабрики, архитекторы привнесли новые. Некоторые корпуса соединили стеклянными переходами и надстройками, а образовавшийся внутренний двор перекрыли прозрачным куполом [9].

Сегодня в «Большевике» разместился культурно-деловой комплекс. Часть зданий занимает бизнес-центр с офисами в стиле лофт, в одном находится музей русского импрессионизма, работает и кондитерский магазин.



Рисунок 9-10. Реконструкция фабрики «Большевик». 2016. г. Москва, Россия [8].

Таблица 1. Примеры размещения функций в зданиях многопрофильных комплексов

| Признак классификации | Типологический принцип | | |
|-----------------------|---|---|--|
| | Совмещенный | Раздельный | Сквозной |
| Отличительная черта | Комплекс зданий образует единый комплекс, где каждое здание совмещает в себе все функции присущие комплексу | Каждая функция реализуется отдельным зданием | Функции комплекса равномерно распределены по всему зданию |
| Принципиальная схема |  |  |  |
| Преимущества | + Самодостаточность отдельных зданий | + Целенаправленность | + Высокий коэффициент коммерческой эффективности + Возможность формирования нестандартных объемно-планировочных решений |
| Недостатки | - Необходимость размещения общественно значимых функций на первых этажах каждого здания комплекса | - Низкая гибкость - Отсутствие внутренних связей для доступа к различным общественным функциям | - Низкая приватность |

ВЫВОДЫ

Таким образом, выявлено несколько методов и направлений преобразования промышленных объектов к современным потребностям городов, обладающих многовековой историей. Анализ современного использования территорий промышленных предприятий показал, что можно говорить о тенденции наполнения таких территорий объектами «творческой индустрии» (создание креативного квартала, где люди заняты в сфере творческих индустрий, объектами торговли, помещениями для работы, учебы или проведения досуга). Таким образом, для территории бывшей фабрики обуви в городе Костроме, наиболее эффективным может стать метод полной рефункционализации территории. Он необходим для снижения негативного экологического воздействия на жилые районы и более эффективного использования существующих, уже не функционирующих, промышленных территорий. Такие территории в перспективе можно превратить в развитые общественные комплексы, включающие в себя детские и молодежные центры, современные выставочные и творческие пространства, офисные центры, спортивные сооружения и многое другое. Подобные планы по развитию неиспользуемых территорий помогут увеличить объем туризма в регионе, а также привлечь крупных инвесторов из различных сфер бизнеса. Таким образом, эти пространства становятся центрами притяжения всего района, создают узнаваемый имидж территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбакова Д.С., Федотов А.С. Рефункционализация как один из главных аспектов реабилитации городских территорий, нарушенных промышленной деятельностью // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, № 3. С. 143–150. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.03.18.
2. Дрожжин Р.А. Реновация промышленных территорий // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 1(11). С.84–86.
3. Грахов В.П., Мохначев С.А., Манохин П.Е., Виноградов Д.С. Основные тенденции современных проектов реновации промышленных зон // Фундаментальные исследования. 2016. № 12. С. 400–404.
4. CERAMICA SURO / MO+G taller de arquitectura [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/875885/ceramicas-suro-mo-plus-g-taller-de-arquitectura>. Дата обращения: 24.05.2021.
5. Zollverein Coal Mine Industrial Complex, Germany [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://visitworldheritage.com/en/eu/zollverein-coal-mine-industrial-complex-germany/b0b631c5-ea55-4717-9141-dcf745ee052d>. Дата обращения: 25.05.2021.
6. Творческий индустриальный кластер «Октава» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orchestra-design.com/ru/projects/octava>. Дата обращения: 25.05.2021.
7. Культурный центр Tank Shanghai в нефтяных резервуарах, Шанхай [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/kulturnyy-tsentr-tank-shanghai-v-neftyanykh-rezervuara-shankhay/. Дата обращения: 27.05.2021.
8. Реконструкция фабрики «Большевик» в Москве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dwgformat.ru/2019/11/06/rekonstrukciya-fabriki-bolshevik-v-moskve/>. Дата обращения: 25.05.2021.
9. Музей из склада, ресторан из трубы и стеклянный купол: как изменился «Большевик» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.m24.ru/articles/vystavki/25052016/105847>. Дата обращения: 25.05.2021.
10. Трофимова Т.Е., Пивоварова А.В., Архитектурные средства улучшения визуальной среды с помощью объектов навигации на территориях бизнес - кварталов, Научное обозрение №15. С.47-55
11. Родионовский А.Н., Трофимова Т.Е. Современные креативные пространства в городе Москве, организованные на территориях бывших промышленных предприятий. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно – технической конференции по итогам научно – исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ Москва 2020, с.44-46
12. Трофимова Т.Е., Родионовский А.Н. Размещение и развитие транспортной инфраструктуры для формирования благоприятной городской среды территорий исторических поселений Московской области. Инновации и инвестиции, 2019. №11. С.282-286
13. История Трехгорной мануфактуры в XIX веке [Электронный ресурс] <https://www.trekhgorka.ru/> Дата обращения: 06.11.2021
14. Зольникова А.И. Лучшие примеры реконструкции промышленной архитектуры в мире, в России, в Москве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.buro247.ru/culture/architecture/25-mar-2020-industrial-architecture.html> Дата обращения: 06.11.2021
15. Голубева К.И. Многофункциональные общественные пространства: обеспечивая впечатления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urbanlook.ru/mnogofunkcionalnye-obshhestvennye-prostranstva-obespechivaya-vpechatleniya/> Дата обращения: 06.11.2021

АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ

Е. А. Давыдова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
arch.virtmak@mail.ru*

Аннотация

Предмет исследования многофункциональный жилой комплекс для молодых семей. Целью данной статьи является проведение системного анализа архитектурно-пространственных решений многофункциональных жилых комплексов в современных условиях проектирования. Задачами исследования является разработка архитектурно-планировочной методики проектирования объектов многофункционального жилого комплекса для молодых семей.

В настоящее время действует федеральная программа «Молодой семье – доступное жилье» [1]. Однако не выявлены критерии и методики проектирования объектов многофункциональных жилых комплексов (МЖК) с учетом современных потребностей молодых семей, не изучены основные социальные и демографические факторы, влияющие на типологию жилья в структуре МЖК.

Гипотеза исследования основана на совершенствовании систем моделирования архитектурно-планировочной организации многофункциональных жилых комплексов для молодых семей.

Методы исследования основаны на комплексном подходе, которые включают проведение натурного обследования двадцати существующих объектов многофункциональных жилых комплексов в Москве, изучении социологии архитектуры и современных аналогов объекта исследования.

Результатом исследования является типологическая 3-д схема, применяемая для разработки концептуального проекта при архитектурно-пространственном моделировании МЖК. На основе данной схемы предполагается создание трех вариантов схем квартирографии поэтажных планов секции с учетом рационального коэффициента использования жилой площади многофункционального жилого комплекса для молодых семей.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования основана на разработке архитектурно-планировочных решений с учетом социально-демографического развития в рамках федеральной программы «Обеспечение жильем молодых семей» с целью улучшения жилищных условий молодых семей.

Под термином молодая семья подразумевается семья, в которой оба супруга, не старше 35 лет, состоящие в зарегистрированном браке не менее одного года.

Ряд междисциплинарных исследований [2], [3], [4] подчеркивают необходимость механизма улучшения жилищных условий благодаря социальным программам.

Автором статьи в 2020 году проводился социологический опрос молодых семей с целью выявления современных потребностей и разработки алгоритма развития архитектурно-планировочных решений с учетом динамики развития

основных типов молодых семей [5]. Предложена концептуальная модель архитектурно-планировочного решения объекта МЖК [6].

В данной статье рассматривается архитектурно-пространственное моделирование МЖК для молодых семей, которое основывается на взаимодействии функциональных связей с учетом современных потребностей молодых семей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Метод исследования основан на комплексном анализе, который состоит из:

- 1) изучении 70 аналогов отечественной и зарубежной архитектуры (Дании, Швейцарии, Австрии, Германии) с целью выявления 5 основных периодов развития МЖК по типологическим характеристикам;
- 2) проведении социологических исследований молодых семей в Москве, проживающих в многофункциональных жилых комплексах;
- 3) проведении натурного анализа двадцати объектов МЖК, включающее разработку обмерных планов, фотофиксации существующего положения и обследование объекта проектирования с учетом застройки территории природного / городского окружения, а также определение основных транспортных и пешеходных потоков, объектов размещения социального назначения: школы, детские сады, культурно-досуговые центры в структуре жилого комплекса для развития молодежи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом исследования является типологическая схема и для разработки концептуального проекта МЖК архитектурно-пространственном моделировании (рис.1).

На основе материалов и методов исследования современных многофункциональных жилых комплексов выявлены основные функциональные зоны для комфортного проживания молодых семей в рамках концепции «труд, быт, отдых»:

- 1) На первом этаже размещается общественная зона в виде пристройки стилобата, совмещающая функцию общественной зоны, которая включает: помещения общественного назначения (ПОН), помещения для социального обслуживания жителей района (кружковые, досуговые центры молодежи, частные детские сады, коворкинг), продовольственные и непродовольственные магазины, а также пункты сервисного обслуживания жителей МЖК.

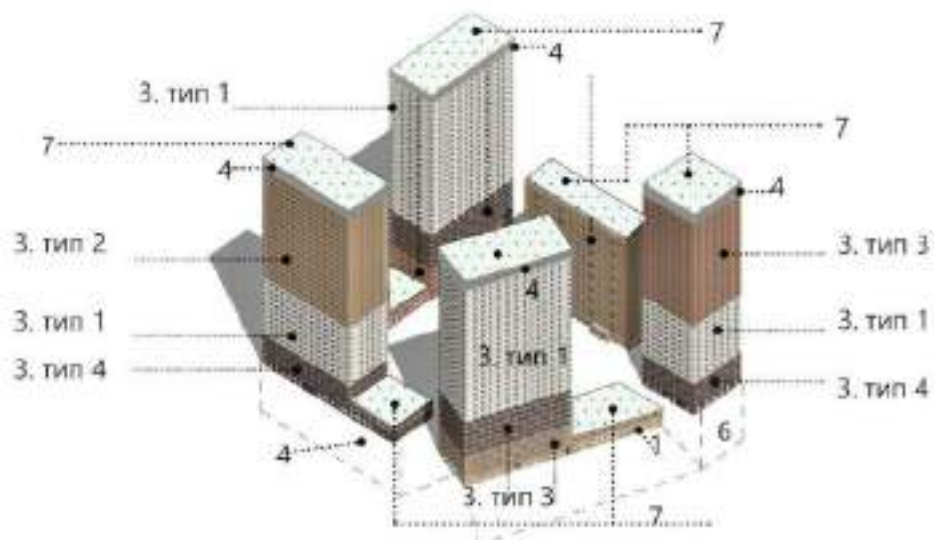


Рис. 1 Архитектурно-пространственная модель многофункционального жилого комплекса для молодых семей.

- 2) Коммуникационное пространство подразумевает наличие общественных приквартирных зон при взаимодействии домохозяйств в структуре МЖК.
- 3) Жилая зона в концепции универсального дизайна при размещении адаптируемых по типологии квартир для молодых семей 3. тип.1-3, а также 3.тип – 4(рис. 2) по наличию 10% жилого фонда с учетом доступности среды для маломобильных групп МГН в соответствии с СП 59.13330.2020.



Рис. 2. Три варианта схем квартирографии поэтажной секции МЖК с учетом социологического исследования молодых семей: 17% - студии, 33% - однокомнатные квартиры, 42%-двухкомнатные и 8% - трехкомнатные квартиры.

- 4) В структуре зоны хранения располагаются блок кладовых помещений, располагаемые в подземном уровне.
- 5) Технические пространства для смежных систем коммуникаций обслуживания инженерного оборудования здания в соответствии с смежными разделами ЭОМ, ОВиК, ВК, СС и т.д.
- 6) Парковочные места основаны на специальных подъёмных устройствах (рис. 3) с целью размещения большего числа машин в подземном уровне. Расчет машино мест принимается в соответствии с СП 42.13330.2016

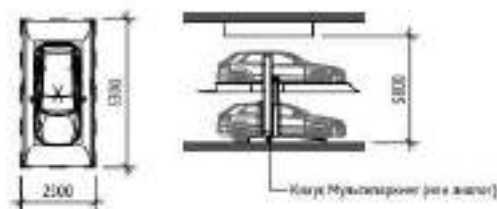


Рис. 3. Использование подъемных устройств для рационального размещения парковочных мест

- 7) Рекреационная зона с использованием эксплуатируемого пространства крыши при наличии рекреационных зон в структуре МЖК для отдыха и обслуживания молодых семей и благоустройство придомовых территорий.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования подтверждают рабочую гипотезу о совершенствовании систем моделирования архитектурно-планировочной организации многофункциональных жилых комплексов для молодых семей. В научной статье проведен анализ архитектурно-пространственных решений многофункциональных жилых и разработана методика взаимодействия функциональных связей МЖК для молодых семей и сделаны следующие выводы:

А. Архитектурно-планировочные методики проектирования подразумевает выявление 7 основных функциональных зон МЖК, которые учитывают современные архитектурно-планировочные характеристики проектирования объекта в существующей среде и адаптируются к современным потребностям молодых семей.

Б. Геометрическая характеристика участка задает формообразование объекта и рациональные соотношения технико-экономических показателей поэтажной площади в габаритах наружных стен к нормируемой площади с учетом ГПЗУ по заданию на проектирование многофункциональных жилых комплексов для молодых семей.

В. В соответствии с композиционным решением квартирографии поэтажного плана формируется коэффициент эффективного использования жилой площади с учетом летних помещений к суммарной поэтажной площади секции многофункционального жилого комплекса для молодых семей. Оптимальное значение коэффициента достигает предельного показателя примерно равного 0,7.

Результатом исследования является 3-д схема, применяемая для разработки концептуального проекта, которая является рабочей моделью для определения 3 вариантов типологических решений секций многофункциональных жилых комплексов для молодых семей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научная работа поддержана грантом РФФИ молодые ученые под кодовым номером 20-312-90033/20.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) По данным интернет ресурса: программа «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан РФ» URL:<http://government.ru/rugovclassifier/870/events/> Дата обращения: 08.11.21.
- 2) Карташова К.К. Жилище в условиях современных социальных реалий // «Архитектура и современные информационные технологии». №4(17) 2011, С. 8.

- 3) Асафова Т.Г. Модели архитектурно-планировочной индивидуализации квартир в массовом сегменте жилищного рынка.: дис. канд. арх. наук: 05.23.21 / Татьяна Генриховна Асафова ; Москва ЦНИИЭП жилища, - М., 2010, С. 134.
- 4) Бородина А. Г., Лысоченко А. А. Анализ методики обеспечения жильем молодых семей Ростовской области в рамках государственной программы // «Вестник Академии знаний» №3, 2020, С. 59
- 5) Давыдова Е. А. Формирование архитектурно-планировочной организации многофункционального жилого комплекса для молодых семей // «Инновации и инвестиции» ISSN-2307-180X №7 2021, С.119
- 6) Давыдова Е. А. Концептуальная модель архитектурно-планировочной организации многофункциональных жилых комплексов для молодых семей // «Перспективы науки» №7(142), 2021 г, С.68
- 7) Забрускова М. Ю. К современному видению городского жилища// «Архитектура и строительство России»2016. №1-2 (217-218). С. 32-37.
- 8) Кияненко К. В. Парадигмы социального знания и обоснования в архитектуре// «Социологические исследования» 2018. №9 (413) С. 30-39. 7. Электронный ресурс.URL: <https://docs.cntd.ru/document/573321328> Дата обращения: 08.11.21.
- 9) Алексеев Ю. В. «Надземные территории» в системе научно-проектной деятельности // «Теория градостроительства».2018 №1 (53). С. 22-28.
- 10) Асафова Т.Г. Модели архитектурно-планировочной индивидуализации квартир в мас-совом сегменте жилищного рынка.: дис. канд. арх. наук: 05.23.21 / Татьяна Генриховна Асафова ; Москва ЦНИИЭП жилища, М., 2010. С. 134.
- 11) Верёвкина И.Д. Социальное жилье: основные требования потребителя// «ACADEMIA. Архитектура и строительство». 2019 №1С.43-50.
- 12) Магай А.А., Дубынин Н.В. Крупнопанельные жилые дома с широким шагом несущих конструкций, обеспечивающих свободную планировку квартир// «Жилищное строительство» 2016 № 10 С. 21-24
- 13) Родимов А.О. Формирование архитектурно-планировочных решений сдаваемого внаём жилища для молодой семьи: на примере города Москвы.: дис. канд. арх. наук: 05.23.21 / Антон Олегович Родимов; Москва ЦНИИЭП жилища, - М., 2013. С. 176.
- 14) Давыдова Е.А. Взаимосвязь состава семьи и уровня комфорта архитектурно-планировочной организации квартир в составе многофункциональных жилых комплексов // «Молодой ученый» 2020 №26 (316). С. 62-64.
- 15) Ильвицкая С.В. «Зеленая» архитектура жилища и GREEN BIM технологии// «Архитектура и строительство России» 2018 №.1 С.108-114

УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ЛАНДШАФТНОЙ СРЕДЕ ГОРОДОВ

О. Е. Константинова¹, О. О. Смолина²

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),

¹*Olya8konstant@gmail.com.*

²*zelenoest-vo@mail.ru.*

Аннотация

В данной статье рассмотрено негативное влияние традиционного городского и промышленного развития на гидрологический цикл окружающей среды. Представлена проблема высокого темпа роста численности городского населения, которая, в свою очередь, ведет к увеличению количества городов-миллионников и высокому проценту площади, занятой городами. Исследованы различные зарубежные стратегии регулирования, руководства и инженерные стандарты в качестве основы для устойчивого управления ливневыми водами, а также рассмотрены существующие зарубежные примеры успешного использования систем по регулированию сточных вод. Предложены методы управления дождевыми ресурсами в зависимости от характеристик землепользования территории. Территориальные зоны классифицированы следующим образом: низкая селитебная плотность; средняя или высокая селитебная плотность; промышленные территории; улицы и автостоянки; парки и сады; природоохранная зона.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день во всём мире нарастают экологические проблемы. Одной из актуальных является проблематика ресурсосбережения, а в частности вопрос о повторном использовании дождевой воды. В естественных условиях осадки перехватываются, поглощаются и фильтруются растениями и почвой на всей территории водосбора. Однако в городах этот цикл нарушен. Городская вода не может проникать в землю из-за большого количества непроницаемого покрытия, быстро собирается и сбрасывается в дренажные системы, не успевая испаряться. Традиционное управление дождевой водой может привести к возникновению локальных наводнений в открытых каналах и ручьях за счет увеличенной скорости потока после обильных осадков, а также к снижению содержания грунтовых вод и влаги в почве, что в свою очередь способствует усадке грунтов, дестабилизации старых сооружений и инфраструктуры. Немало важно отметить, что человеческая и городская деятельность порождает широкий спектр загрязняющих веществ. Во время дождя, загрязняющие вещества смываются с твердых поверхностей и попадают в ливневые сети и в реки. Таким образом загрязнение ливневых вод может привести к риску для здоровья населения.

В истории градостроительства известно немало примеров, когда развитие городской среды приводило к нарушению и уничтожению исходной экосистемы, превращая города в «бетонные джунгли» [1]. Благодаря современным технологиям, возможно компенсировать деградацию биоразнообразия природных систем в городских границах с помощью различных инженерно-строительных и технических средств формирования устойчивой и комфортной среды обитания городских жителей, а также за счет привлечения ресурсов с прилегающих территорий [2].

Но все же обитаемая поверхность и ресурсы земли не безграничны. Только с 1900г. до 2018 г. число городов-миллионников возросло в 32 раза (с 17 до 548). В свою очередь, по оценкам ООН, численность городского населения мира, в 2018 г. достигла 4,2 миллиарда человек, или 55% от общей численности мирового населения [3]. В большинстве стран весьма высок процент площади, занятой городами: в Бельгии – 28%, в Англии – 12%, в Германии и Дании – по 11%, что с точки зрения экологического баланса урбоэкосистем недопустимо [4]. Несмотря на большую площадь России, пригодная для жизни территория нашей страны также не безгранична, и составляет всего около 20%.

Остальные 55% территории занимает вечная мерзлота, в т.ч. в горных районах, 22% – болота или заболоченная местность, 3% занимают реки, озера, и другие непригодные для расселения территории [5].

В данной ситуации, необходимо минимизировать негативное воздействие, интегрируя застройки с природными особенностями участка для формирования устойчивой модели развития городской среды. Таким образом, *цель* данного исследования состоит в том, чтобы выявить существующие методы по управлению дождевой водой, способствующие восстановлению гидрологического цикла, близкого к природному. В связи с разнообразием видов и типов городской застройки, немало важной *задачей* является классификация данных методов по возможности их применения в различных территориальных зонах. Изучение и анализ существующего зарубежного опыта, представляет собой первостепенную и значимую *задачу* в рамках данного исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Используя *метод* теоретического сравнительного анализа в области альтернативных способов водоотведения, а также *метод* анализа нормативно-законодательных документов, удалось выявить, что в мире были разработаны различные стратегии регулирования, руководства и инженерные стандарты в качестве основы для устойчивого управления ливневыми водами. Так, например, в Европе законодательство о децентрализованном управлении ливневыми водами достаточно развито. Благодаря разработке директивных документов, таких как 2000/60/ЕС «Европейская водная директива» [6] и 91/271/ЕЕС «Об очистке городских стоков», все страны, входящие в Европейский Союз, уже разработали или планируют разработать местное законодательство по всем вопросам, касающимся управления водными ресурсами (включая ливневые стоки) [7].

Германия взяла на себя особенно сильную федеральную роль в поддержке и регулировании решений по устойчивому управлению водными ресурсами. Закон о водных ресурсах Германии 2010 г. (Wasserhaushaltsgesetz 2010) устанавливает четкие директивы по управлению водными ресурсами, официально принимая децентрализованные методы в качестве предпочтительного метода управления ливневыми водами. В связи с этим были разработаны документы: DWA-M 153 (Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser 2007) [8] и DWA-A 138 (Planung, Bau, und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser 2005) [9], предлагающие технические спецификации проектирования ливневых вод для инженеров, работающих над удержанием воды, инфильтрацией и др.

В США и Канаде развиты такие направления как: «Экологическое Управление Ливневыми стоками» (Ecological Stormwater Management - ESM), а также экологически щадящий подход к дизайну территории «Low Impact Design - LID». В Великобритании есть похожая программа – «Устойчивые дренажные системы» (Sustainable Drainage Systems SuDS), в Австралии развита технология «Water Sensitive Urban Design - WSUD» [10].

Город Портленд является хорошим примером того, как децентрализованное управление ливневыми водами может применяться на уровне города посредством скоординированных инициатив, а не прямого планирования. Для этого Портленд инициировал несколько программ: Ecoroof (Эко крыши), Green Streets (Зеленые улицы), Downspout Disconnection (Отсоединение водосточной трубы), и Innovative Wet Weather (Инновационная дождевая среда) [11]. В данном случае из-за существующего давления на объединенную систему инициатива возникла более или менее по необходимости. Кроме того, пример Портленда показывает, что, когда децентрализованное планирование ливневой канализации становится общеизвестным, это оказывает положительное влияние на идентификацию жителей с городом и с проблемами ливневой канализации, побуждая частных граждан принимать участие в этом развитии.

В свою очередь город Роттердам, расположенный на 2 метра ниже уровня моря, окружен дамбами и имеет сложную насосную систему, которая защищает город от наводнений. Долгое время в рамках стратегии управления водными ресурсами, вода рассматривалась, в первую очередь, как инвазивная угроза, уделяя особое внимание вопросам ее безопасности, количества и качества. Ситуация изменилась в 2007 году, когда стало все более очевидным, что город серьезно пострадает от изменения климата. В связи с этим Роттердам разработал комплексный совместный подход к пространственному планированию и управлению водными ресурсами – «Waterplan 2» [12]. В задачи данного плана входят: защита от наводнения как внутри так и снаружи дамб; обеспечение качества воды, требуемого Европейской рамочной директивой по воде, для улучшения благоустройства городов; интеграция городского планирования с управлением водными ресурсами для решения водных проблем и повышения привлекательности города как места для жизни, работы и отдыха; реорганизация ливневого стока воды с помощью децентрализованных инновационных решений, которые идеально соответствуют конкретной области.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все вышеперечисленные инициативы демонстрируют, что децентрализованные меры на отдельных участках могут функционировать самостоятельно и быть связаны друг с другом для управления ливневой водой в квартале, жилом районе или в масштабе города. Зеленые крыши, зоны удержания и инфильтрации, проницаемые поверхностные материалы и другие подобные меры вносят небольшой вклад в более устойчивое использование водных ресурсов, и при интеграции с городским планированием или ландшафтным дизайном существует потенциал для повышения привлекательности города. На выбор параметров и вариантов по управлению водными потоками, их проектирования и длительности срока эксплуатации влияют характеристики землепользования и водосбора [13]. В связи с этим предлагаются рекомендации водосбережения по ряду территориальных зон:

1. Низкая селитебная плотность.

Для жилой застройки низкой плотности (плотность не превышает 1 тыс. кв.м/га) характерны малоэтажные одиночные дома на отдельных участках, обычно связанные с частным открытым пространством в виде задних садов и / или уличных застроек. В данную территориальную зону также включается многоэтажная застройка в парковых ландшафтах [14]. Цель водосбережения в данном случае состоит в задержании и повторном использовании ливневой воды на месте ее выпадения для уменьшения объемов сброса в ливневую сеть.

Возможно применение следующих мер: *зелёные крыши* для уменьшения объёма стока и уменьшения теплопотерь; *резервуары для сбора дождевой воды*, её повторного использования; *проницаемое дренажное мощение и растительный покров* для уменьшения объёмов стока (Рис.1.); *рассредоточенные или централизованные дождевые сады*; *водно-болотные угодья*, интегрированные в общественное открытое пространство для плавной инфильтрации в пиковый дождевой период.



Рис.1. Проницаемое покрытие.

2. Средняя или высокая селитебная плотность.

Средняя (плотность 4-8 тыс. кв.м/га) и высокая плотность (более 8 тыс. кв.м/га) застройки, как правило характерна для кварталов со смешанной жилой застройкой, спальных кварталов многоэтажной застройки, а также для уплотнённой застройки в центральной части города [14]. В пределах одного квартала может быть несколько видов и форм использования собственности. Преобладает коммунальное и/или общественное открытое пространство.

При работе с открытыми пространствами можно предпринимать следующие решения: *использование водопрускающих поверхностей; активное включение зелёных зон и водных объектов в городское пространство, создание водно-зелёного каркаса; создание биоактивных водоёмов, так называемых городских болот («urban wetlands») для фильтрации и очистки воды; организация зелёных кровель и фасадов; создание многофункциональных объектов типа «water plaza» – аккумулирующих дождевую воду площадей, расположенных ниже, чем прилегающая территория; вертикальная планировка территории, позволяющая контролировать дождевые потоки и направлять их в определённые точки (зелёные территории, фильтрующие водоёмы, коллекторы); продумывание и использование различных сценариев по управлению осадками в зависимости от их интенсивности [15].*

3. Промышленные территории.

Промышленная деятельность, как правило, связана с большими площадями кровли и непроницаемым покрытием с интенсивным движением транспорта. Также они часто связаны с опасными веществами, которые должны быть тщательно обработаны.

В связи с этим рекомендуется предпринимать следующие меры для водосбережения на территории: *резервуары для дождевой воды и её повторного использования, например, для орошения, мойки транспортных средств; дождевые сады или био-удерживающие системы («bio-retention system») (Рис. 2.), располагаемые на загрязнённых участках для фильтрации и, соответственно, улучшения качества ливневых вод; угольные и песчаные фильтры для очистки стока там, где пространство ограничено; посадка деревьев и кустарников с высокими показателями газоустойчивости.*



Рис. 2. Био-удерживающая система.

4. Улицы и автостоянки

Улицы и автостоянки являются наиболее доступными формами открытого пространства в городских районах. Стоки с улиц и автомобильных стоянок, смывают загрязняющие вещества от транспортных средств, дорожных материалов, ремонтных работ и утечек воды.

В данной территориальной зоне, могут быть применены следующие меры: *дождевые сады и системы биологического удержания на автостоянках или на обочинах (Рис. 3.); перфорированные бордюры для обеспечения возможности стока и в последующем проведения приёмных или очистных мероприятий; растительность в низинах для перехвата и замедления стока; посадка газоустойчивых деревьев, для повышения водопроницаемости, а также обеспечения тени, укрытия от ветра и*

комфортной среды обитания; *водопроницаемое покрытие тротуарной плитки* в пешеходных зонах для уменьшения объёма стока; *подземные резервуары* для хранения очищенной ливневой воды и её повторного использования в качестве орошения.



Рис. 3. Дождевой сад.

5. Парки и сады

Парки и сады – это рекреационные открытые пространства, используемые для активного и пассивного отдыха.

В них возможно осуществлять следующие способы ресурсосбережения: *дождевые сады* для очистки ливневых вод из более крупных водосборных бассейнов; *биоактивные водоёмы (городские болота)* для постепенной очистки ливневых вод и обеспечения условий биоразнообразия среды обитания; *растительный покров* для уменьшения потока и усиления инфильтрации (может быть интегрирован с дождевым садом и/или водно-болотных водоёмом).

6. Природоохранная зона

Заповедники – это участки установившейся или регенерирующей растительности (местной, экзотической и смешанной). Их ценностями являются экологические процессы, пассивный отдых, живописная природа и природное наследие. Данные участки часто имеют естественный круговорот воды. Однако в них часто попадает городской ливневый сток. Управление прибрежными или речными водоохранами зонами является важной частью биоразнообразия водоёмов.

Необходимо принимать следующие меры: *водосборные мероприятия по очистке ливневых вод* до их сброса в естественные потоки; *посадка или улучшение растительности*, для улучшения качества и количества сбрасываемых ливневых вод на природоохранную зону; *методы рассеивания сточных вод*, для уменьшения эрозии в точечных местах сброса; *пруды* для удержания и ослабления крупных дождевых потоков и в качестве обеспечения противопожарных мер.

ВЫВОДЫ

Резюмируя, следует отметить, что рассмотренные способы водосбережения на сегодняшний день перспективны и требуют внедрения с целью снижения нагрузки на ливневую канализацию, а также позволят повысить влажность на территории локализации стока, понизить температуру воздуха и тем самым создать более комфортные условия для жизнедеятельности человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова Е. А., Барчугова Е. В., Бродач М. М. Дождевая вода как перспективный ресурс общественных пространств // Здания высоких технологий. 2018. № 3. С. 48—55.
2. Казанцев П.А., Марус Я.В., Смеловская А.М. Особенности формирования устойчивой городской среды в условиях реновации водной системы Владивостока // Урбанистика. 2019. №1. С. 18—32. DOI: 10.7256/2310-8673.2019.1.29014. Режим доступа: <https://nbpublish.com>. Дата обращения: 29.10.21.
3. Engin Koncagül, Michael Tran and Richard Connor. This publication is produced by WWAP on behalf of UN-Water. WATER AND CLIMATE CHANGE. Facts and Figures. The United Nations World Water Development Report 2020. 15 с.

4. Тетиор А.Н. Тенденции урбанизации Земли // Евразийский союз учёных. Москва: Международный образовательный центр. 2015. С. 11–15
5. Казанцев П.А. Особенности формирования устойчивой городской среды в условиях реновации водной системы Владивостока // Урбанистика. № 1. Москва: НБ-Медиа, 2019. С. 18–32
6. Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj?locale=en>
7. Нефёдов В. Дождевая вода как ресурс в ландшафте города // Зеленый город. Опубл. 31.03.2015. Режим доступа: <http://green-city.su/dozhdevayavoda-kak-resurs-v-landshaftegoroda>. Дата обращения 25.12.20.
8. Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser (Recommendations for Rainwater Handling) - Merkblatt DWA-M 153 //2007. 29 с. Режим доступа: <https://docplayer.org/23972150-Handlungsempfehlungen-zum-umgang-mit-regenwasser-nach-merkblatt-m-153.html>. Дата обращения 25.10.21.
9. Planung, Bau, und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (Planning, Construction, and Maintenance of Rainwater Infiltration Devices) – Arbeitsblatt DWA-A 138 // 2005. 16 с. Режим доступа: https://www.lfu.bayern.de/wasser/abwasser_dv_programme/doc/benutzerinfo_a138.pdf. Дата обращения 25.10.21.
10. Чибирияева С.В. Устойчивое управление дождевыми САДАМИ // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016025168>. Дата обращения 26.10.21.
11. Portland, Oregon // wikipedia the free encyclopedia. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Portland,_Oregon. Дата обращения 26.10.21.
12. Water Sensitive Urban Design. Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater. Management in the City of the Future
13. Water sensitive urban design. A guide for WSUD stormwater management in Wellington. Wellington city council, 2014. С. 33–45.
14. Ольга Лихтенберг, Артем Ильин, Алексей Юдин, Павел Шиняев. Городская среда. Разнообразие жилой застройки // Интернет канал Yu genium. Яндекс дзен. 2021. Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media>. Дата обращения 26.10.21.
15. Андрукович А. Вода в большом городе: старые ошибки на новой Комсомольской // Минская урбанистическая платформа. 2018. Режим доступа: <https://urbanist.by/wsud>. Дата обращения: 23.12.20.

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТИПОВЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА БАЙКАЛЕ

Ю. А. Дагаев¹, В. Н. Ткачев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dagaev.yua92@gmail.com*

²*valentintn@mail.ru*

Аннотация

Статья представляет материалы диссертационного исследования по теме: «Архитектурная организация Байкальского туристического кластера» и посвящена анализу архитектуры характерного типа туристско-рекреационных комплексов (далее ТРК), расположенных на территории Центральной экологической зоны байкальской природной территории (далее ЦЭЗ БПТ).

Рассмотрено современное формообразование туристических средств размещения с точки зрения комфортной среды обитания и удовлетворения потребностей посетителей. Указана роль сформировавшегося подхода к застройке прибрежных поселений к определению дальнейшего пути освоения рекреационных территорий с целью минимизации антропогенного влияния на экосистему озера Байкал.

ВВЕДЕНИЕ

Закрытые второй год границы активно стимулируют рост внутреннего туристического потока в рекреационно привлекательные регионы России. Среди них особенно выделяется территория ЦЭЗ БПТ, имеющая один из крупнейших рекреационных потенциалов [1], в составе которого природные и историко-культурные ресурсы туризма. Регион имеет мировую привлекательность, поскольку на ее территории расположено оз. Байкал – центр мировых запасов пресной воды и природной экзотики. Однако, как до пандемии, так и сегодня, остро стоит проблема экологии [2, 3]. Возрастающая антропогенная нагрузка на экосистему озера грозит утратой самого большого в мире резервуара чистой воды.

Федеральная целевая программа "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы" [4, 5] в приоритетном порядке занимается вопросами в сфере обращения с промышленными и бытовыми отходами и сбросами сточных вод, регулирует хозяйственную деятельность промышленных предприятий. При этом уделено мало внимания проблеме архитектурного и градостроительного регулирования застройки прибрежных поселений, расположенных вдоль побережья. Рекреационное использование озера Байкал с учетом природоохранных требований обуславливает необходимость развития инфраструктуры организованного туризма и отдыха на побережье озера [6, 7].

Будет большой ошибкой говорить о развитии туризма в отрыве от развития городской среды территорий поселений, наиболее популярных у туристов. На данный момент ни в одном поселении на берегу Байкала нет единой архитектурной концепции, в которую встраивались бы возводимые здания. Цель сейчас одна – построить как можно дешевле. Это можно понять, особенно принимая во внимание узкое окно туристического сезона. Но что ждет в ближайшем будущем подобный подход? Уже сейчас можно отметить нарушенный природный рельеф, заполненный зданиями, которые никоим образом не вписываются в него. А ведь красота нетронутых природных пейзажей – основное что притягивает туристов со всего мира [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях дальнейшего определения рекомендаций для проектирования туристско-рекреационных объектов, автором в данной статье изучен существующий подход к созданию средств размещения туристов. Выдвинута гипотеза, что без понимания сложившейся системы формирования ТРК, учитывающих экономическую составляющую и особенности функционально-планировочных решений, любые попытки генерации методологических основ проектирования обречены на провал.

Подобный ошибочный подход стал роковым при реализации проектов особых экономических зон туристско-рекреационного типа «Ворота Байкала» и «Байкальская гавань» [9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Туристические комплексы — неотъемлемая часть индустрии туризма. Их архитектурный облик и внутреннее устройство в равной мере ответственны за настроение посетителей, их отношение к городу или территории. Они отвечают за отдых, комфорт, безопасность человека, приехавшего в другой регион или страну, становясь «временным домом» для пользователей [11]. Кроме того, архитектура туристического комплекса способна рассказать о приоритетных ценностях территории и побудить людей к бережливому отношению к окружающему миру, а значит снизить негативное влияние антропогенных факторов.

Среди встречающихся на территории ЦЭЗ БПТ типов туристских учреждений можно выделить:

- Туристические базы;
- Гостиницы;
- Гостевые дома;
- Отели;
- Санатории;
- Пансионаты;
- Хостелы;
- Кемпинги.

Наиболее широкое распространение получили первые три типа заведений, предоставляющих услуги по краткосрочному размещению туристов. Их размещение на побережье Байкала имеет рассредоточенный стихийный характер. В основном они расположены в прибрежных зонах на территории сельских поселений, либо в автомобильной доступности. Архитектура однотипна и невыразительна, преобладают деревянные каркасные, либо брусчатые или бревенчатые здания высотой от 1 до 3 этажей.

Можно выделить следующие типы архитектурной композиции:

• Централизованный тип (рис. 1). Особенностью данного приема является компоновка помещений в границах одного корпуса. Как правило используется в турбазах, рассчитанных на небольшую вместимость.



Рис. 1. Гостиница «Горячинск», с. Горячинск.

Источник: <https://baikal-tourist.ru/tourbases/gostinitsa-goryachinsk>

- Блочный тип (рис. 2, 3). Представлен в виде определенных групп помещений, расположенных в различных блоках. Каждый блок имеет определенное функционально-планировочное решение. На территории ТРК могут находиться административный корпус, спальный корпус, пищеблок со столовой и техническими помещениями.



Рис. 2. Туристический комплекс «Сагаан Морин», с. Сухая. Фото автора



Рис. 3. Туристический комплекс «Сагаан Морин», с. Сухая.

Источник: <https://park-sagaan-morin.ru/>

- Павильонный тип (рис. 4). Представляет собой комплекс отдельно стоящих автономных зданий – гостевых домов. В основном встречается в турбазах, работающих исключительно в летний период.



Рис. 4. Турбаза «Сказочный Байкал», с. Максимиха.
Источник: <https://baikal-tourist.ru/tourbases/gostevoj-dom-skazochnyj-bajkal>

На всем побережье Байкала за последние годы начал активно развиваться рынок земли [12]. В связи с намеченным переводом туристско-рекреационной деятельности в цивилизованное законодательное регулируемое русло, а также в связи с ежегодным ростом туристического потока на Байкал и его побережья, ускорился процесс несанкционированной застройки и расширения границ населенных пунктов (Гремячинск, Турка, Горячинск, Максимиха, Усть-Баргузин — на восточном побережье, а также Боярск, г. Бабушкин, Мишиха и другие — на юго-западном побережье).

На землях прибрежных населенных пунктов законом и правоустанавливающими нормативными актами не запрещено строительство объектов жилищно-гражданского назначения, поэтому предприимчивые граждане возводят гостевые дома для иностранных и российских туристов. Этот процесс с каждым годом становится все более массовым и хаотичным. Основная причина подобного широкого распространения – низкая стоимость строительства, поскольку большинство гостевых домов построены частными лицами, зачастую на том же участке, на котором располагается их собственный дом. Как следствие подобные здания располагают минимумом современных удобств, ведь их единственная функция – предоставить ночлег для ежегодно возрастающего туристического потока. О какой-либо архитектурной ценности тут и говорить не приходится. Это является огромной проблемой сейчас и чревато еще большими проблемами в будущем.

Простейшие гостевые дома представлены в виде деревянных шалашей, пригодных для размещения исключительно в летнее время. Для придания национального колорита порой встречаются бурятские юрты, как классические войлочные, так и из бруса. Есть и гостевые дома, предлагающие более комфортное размещение, в том числе с оборудованным санузелом, и годные к проживанию в холодное время года, но ярко выраженный сезонный характер (повышенный спрос летом и резкий спад зимой), делает работу таких домов не рентабельной. На рисунке 5 представлены типовые модели домов, широко распространенных у Байкала.

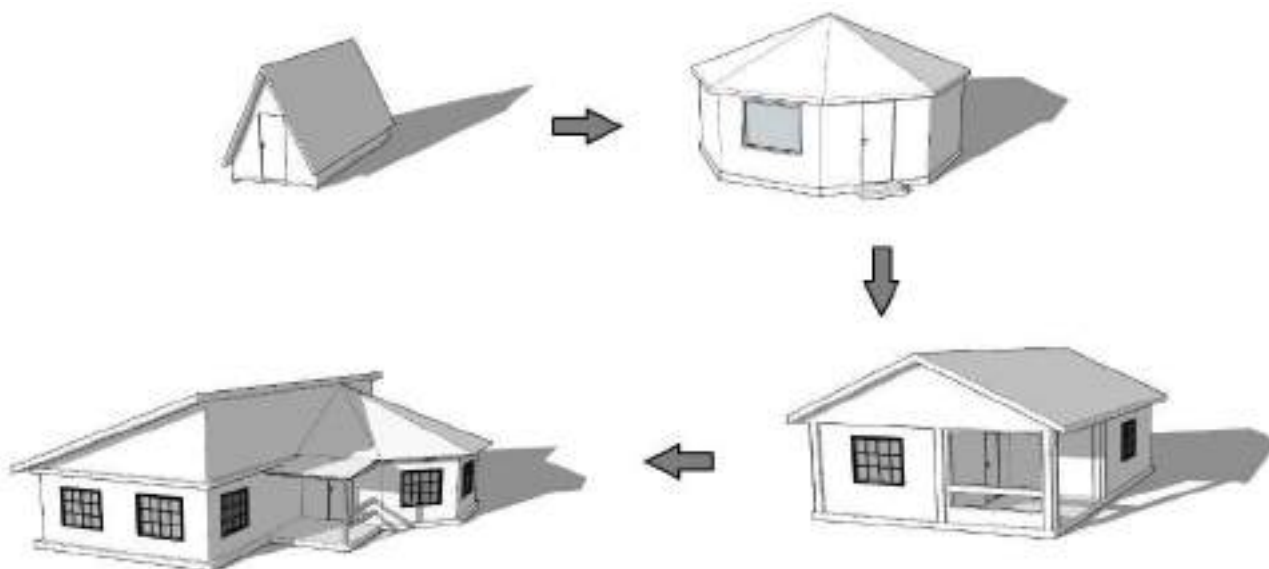


Рис. 5. Виды типовых гостевых домов от простейших до более комфортных.
Рисунок автора

ВЫВОДЫ

Понимание особенностей формирования мест размещения туристов в байкальском регионе может помочь не допустить ошибки при определении рекомендаций по проектированию ТРК в особо охраняемых природных территориях. Главной особенностью ЦЭЗ БПТ, помимо климатических факторов и рекреационного потенциала, являются резкие сезонные колебания числа прибывающих туристов, что напрямую влияет на прибыльность туристического бизнеса, а значит и заинтересованность застройщиков в вопросах формирования комфортной и привлекательной архитектуры ТРК.

Безусловно наличие комфортных гостиниц и отелей способно удовлетворить спрос определенной группы посетителей, но нельзя забывать и о более мелких предпринимателях. Законодательное регулирование высотности застройки, архитектурного облика необходимо в прибрежных поселениях наряду с созданием методологических основ проектирования. Даже если принято считать, что типовое строительство неприменимо в условиях освоения рекреационных территорий, на мой взгляд вполне реально определить архитектурное формообразование гостевых домов разной степени комфортности и бюджета, объединенных идеей доминирования природных ландшафтов над застройкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бибаева А.Ю. Эстетический потенциал ландшафтов Прибайкалья как фактор развития туризма // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2018. – № 3 – с. 87-96;
2. Бычков И.В., Максимова И.И. Современные проблемы охраны озера Байкал // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 4 – с. 5-9;
3. Багуев А.Р., Корытный Л.М., Оюун-Гэрэл Ж., Энхтайван Д. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск, Улан-Батор, Улан-Удэ: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – 2015. – 145 с.;
4. Постановление Правительства Российской Федерации № 847 от 21.08.2012 О федеральной целевой программе "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012-2020 годы" // официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/okhrana_ozera_baykal_i_sotsialno_ekonomicheskoe_razvitie_baykalskoy_prirodnoy_territorii_na_2012_2020/federalnaya_tselevaya_programma_okhrana_ozera_baykal_i_sotsialno_ekonomicheskoe_razvitie_baykalskoy/ Дата обращения: 08.11.2021;
5. Федеральный закон от 01.05.1999 года № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал»;
6. Евстропьева О.В. Рекреационно-географические исследования для планирования развития туризма на уникальных природных территориях // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2018. – № 3 – с. 7-21;

7. Большаков А.Г. Ландшафтно-градостроительный подход к проблемам туристического освоения Байкала // *Архитектура и строительство России*. – 2017. - № 1 (221) – с. 45-52;
8. Бибаева А.Ю. Эстетический потенциал ландшафтов Прибайкалья как фактор развития туризма // *Современные проблемы сервиса и туризма*. – 2018. – № 3 – с. 87-96;
9. Шариков В.И. Проблемы и перспективы развития особых экономических зон туристско-рекреационного типа // *Материалы международной научно-практической конференции «Современные тенденции и актуальные вопросы развития туризма и гостиничного бизнеса в России»*. – 2017. – с. 152-161;
10. Шариков В.И. Актуальные проблемы развития особых экономических зон туристского типа в условиях кризиса // *Вестник РМАТ*. – 2016 – № 2 – С. 36-44;
11. Булатова Е.К., Ульчицкий О.А. Архитектура туризма и туристических комплексов [Электронный ресурс] // *Учебное пособие*. Магнитогорск: ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова». – 2017;
12. Шагжиев К.Ш., Бабилов В.А., Жигмитова С.Б., Мостович Е.А. Восточное побережье оз. Байкал как зона притяжения туристов из стран внутренней Азии // *Журнал «Природа внутренней Азии»*. – 2017. – с. 54-76;
13. Анисимов Ю.В. Архитектурно-ландшафтная организация рекреационных территорий в горно-озерных районах: на примере котловины озера Иссык-Куль: диссертация канд. архитектуры. Москва – 1976. – 153 с.;
14. Красикова О.Н., Бадмаева С.Э. Организация территориального планирования Байкальской природной территории // *Промышленная экология и биотехнологии. Экология*. – 2016. - № 8 – с. 245-252;
15. Хромов Ю.Б. Организация зон отдыха и туризма на побережье Байкала. Москва: Стройиздат – 1976. – 133 с.

НАРОДНАЯ АРХИТЕКТУРА КАБИЛИИ, НАСЛЕДИЕ В ОПАСНОСТИ

Бубенна Файсал

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, hifayou@outlook.com

Аннотация

В настоящей статье исследуется народная архитектура и архитектурная идентичность, это преемственность нескольких редакций в тематике народной архитектуры в Кабилии как конструкции, участвующей в устойчивом развитии всего региона. Кабия — это территория с богатством архитектуры, которая требует изучения, анализа и разработки одновременно. Анализ различных архитектурных стилей Кабилии квалифицирует народную архитектуру Кабилии как наиболее подходящую конструктивную и архитектурную практику и наиболее экономически выгодную с точки зрения доступности материалов, архитектура, которая отвечала функциональным потребностям и деятельности местных жителей и вписывалась в окружающую среду. Народная архитектура претерпела несколько изменений и влияний, о которых мы упоминаем в статье. К сожалению, в настоящее время это изменение представляет собой риск для архитектурной и самобытной ценности всей Кабилии, что связано с принятием мер по защите, рекомендациями и новыми конструктивными законами в конце просвещения групп граждан и жителей региона.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектурная идентичность определяется как отражение образа жизни, характерного для сообщества или населения, который воплотился в пространствах и различных геометрических формах, которые можно увидеть на конструкции. Для других она является предметом исторического и культурного фрагмента, связанного с населением или цивилизацией, продуктом выразительной воли и конструктивного технического ноу-хау что квалифицирует потерю народной архитектуры, потерю исторического краха цивилизации и культурного отрыва от ее прошлого. [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель этой статьи состоит в том, чтобы проследить развитие параметров, влияющих на местную архитектуру Кабилии. Таким образом, исследование заключалось в работе над двумя измерениями, географическим измерением, целью которого было разграничение пространства исследования, а затем идентификация и анализ объектов исследования, которые применимы к народной архитектуре Кабилии. Второе измерение является историческим, которое также имеет первостепенное значение для наблюдения за развитием различных факторов и изменений от первоначального состояния до достижения современного состояния народной архитектуры в Кабилии. Таким образом, наложение двух осей позволит получить логичное и релевантное прочтение каждого объекта исследования, что приведет к предложению наиболее эффективных решений в результате хорошего анализа. [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А – Наследие в состоянии деградации

Кабилия как североафриканская территория с древних времен испытывала множество влияний как местных, так и иностранных цивилизаций. (Рис 1) Местная архитектура появилась в этом районе, объединив ноу-хау каждой эпохи и цивилизации, чтобы создать архитектурный стиль, который вписывается в социальные, политические или безопасные условия региона, но особенно в природные условия. (Рис 2) [3]

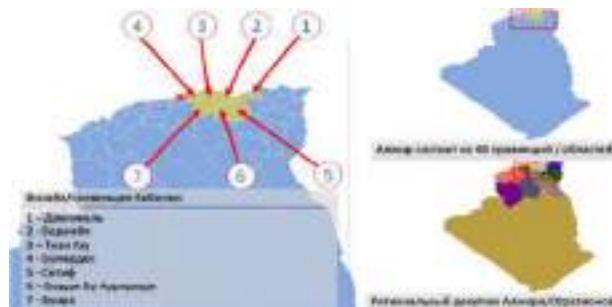


Рис 1 Ситуационная карта Кабилии в масштабе запада Средиземного моря. Источник: Автор (Google Earth)

Рис 2 Региональное и провинциальное административное деление Алжира, а также Кабилии. Источник: Автор

Это квалифицирует этот стиль как архитектурную идентичность Кабилии, стиль, созданный без архитекторов, в отличие от сосуществующих стилей, которые подчинялись кодифицированным архитектурным или художественным правилам, отражающим архитектурный гений эпохи, (Рис 3) который принимал участие в открытии конструктивных идей и методов, импортированных с востока или с северного побережья



Рис 3 Вид с воздуха на руины византийской базилики между 4 и 5 веками нашей эры. в Тигзирте, Тизи-Узу, Алжир. Источник: <https://www.facebook.com/Iomnium-smer-Tigzirt-102921728421536/>



Рис 4 Фотография руин римского города Иомниум в Тигзирте, Тизи-Узу, Алжир. Источник: <https://www.facebook.com/Iomnium-smer-Tigzirt-102921728421536>

Средиземноморского бассейна, последние впоследствии будут интегрированы в регион, участвуя в городском или архитектурном богатстве Кабилии. (Рис 4) [4]

Б - Состояние народной архитектуры в Кабилии

Народное строительство в Кабилии повсеместно распространяется на горные районы, (Рис 5) редко на равнины, в виде групп домов, образующих деревню с деревенской социальной и экономической структурой и организацией, обеспечивающую хорошие условия для жителей Кабилии, следовательно, их образ жизни и культуру, с другой стороны, адаптацию к климату, геологию и обеспечение экономической мощи, связанной с местной деятельностью, в первую очередь с сельским хозяйством, ремеслами и торговлей, а также устойчивое финансово-экономическое обеспечение. (Рис 6) Различные вторжения различных иностранных культур в Кабилию создали смесь разнообразных архитектурных стилей в этом регионе [5]



Рис 5 Общий вид кабилской деревни показаны интеграцию в природе.

Источник:

<https://www.fb.com/elbiar16alger>

Выход из французской колонизации оставил после себя военные трофеи, современные постройки в заброшенных городах, (Рис 7)



Рисунок 6 Общий вид кабилской деревни показаны интеграцию в природе. Источник:

<https://www.fb.com/elbiar16alger>



Рис 7 Церковь Святого Иосифа, построенная в 19 веке Французской Республикой.

Источник: Муниципальные архивы



Рис 8 Общая картина новой конструктивной типологии, применяемой в настоящее время в Кабилии. Источник:

<http://essalamonline.com/wp->

всеми удобствами, что приведет к массовому исходу сельских жителей, что приведет к оставлению деревень, расположенных на горах, особенно в Кабилии, или к появлению новых городов и отдаленных городских расширений до городов, оставленных французами. (Рис 8) [6] [7]

Перед лицом явления исхода мы видим план развития или сельскохозяйственной и промышленной революции 70-х и 80-х годов в Алжире, который привел к уплотнению вокруг вновь созданных промышленных городов, население которых в основном стремилось к занятости, уходу и обучению. Следует отметить, что Драа бен Када,

Тадмайт, Бордж Б,А, Акбу дополняют этот подход полным отказом от горных районов со стороны алжирского государства, которое до сегодняшнего дня не планировало никаких планов развития сельских районов в этих регионах. [8]

В связи с уплотнением города, перегрузкой и насыщенностью услугами, жилищным кризисом дороговизной земли несколько семей присоединяются к своим родным землям на возвышенностях Кабилии, чтобы импортировать архитектурный стиль, который не подходит для этого региона с социальной, географической или экономической точки зрения. (Рис 9) Массивы из железобетонного бетона в открытом грунте, которые заканчиваются тем, что они остаются после нескольких лет бесполезными из-за иммиграции, поскольку условия не обеспечивают экономической или социальной стабильности. (Рис 10)



Рис 9 Фотография строительства негабаритного религиозного здания для минимального количества операторов, полагающихся на естественную среду.



Рис 10 Использование бетона, агрессивного материала на естественном уровне, недавно использовалось в строительстве в Кабилии.

Источник :

<https://www.depechedekabylie.com/kabylie/bg>

Действительно, недавно построенные дома заменяют народные дома Кабилии, это происходит путем сноса старых, чтобы извлечь выгоду из их земли, уничтожив все следы их существования. Это явление имело место в течение последних двух десятилетий в результате политики финансовой помощи под названием Aide frontale CNL, которая предусматривала финансовое покрытие крупных строительных работ для граждан, владеющих землей в сельских районах. Разумеется, это происходит при полном отсутствии каких-либо намерений развития, поскольку эти деревни, предназначенные для размещения компаний и семей, иногда даже не снабжены газом и питьевой водой, а иногда даже не обслуживаются транспортными и коммуникационными путями. [9]

С - Кабильское архитектурное наследие находится в опасности:

Одной из основных причин такого риска для архитектуры в Кабилии является алжирская политика сохранения и защиты наследия, которая иногда кажется неэффективной или отсутствует, которая была бы направлена на то, чтобы повысить ценность традиционного здания Кабилии и побудить владельцев участвовать в сохранении своего наследия.

Вопреки осуществлению некоторых стратегий, которые не имеют принципиального значения, предлагая помощь в строительстве домов, не отвечающих ни экологическим, ни архитектурным или художественным стандартам, в условиях отсутствия развития в этих регионах или даже отсутствия минимальных условий жизни, что приводит к невозможности и недостаточному обеспечению питьевой водой, иногда электричеством и газом.

Различные операции и проекты по обустройству поселений в городах рядом с Кабилией способствовали отказу от старых деревень и их обесцениванию, утратив свои функции, общественные участки больше не отображаются, дома заброшены, иногда используются для разведения животных, (Рис 11) некоторые из них были снесены, чтобы их заменили бетонными домами в сельской местности. история и природа. (Рис 12) [10]



Рис 11 Фото дома Кабила в состоянии деградации Источник: <https://www.facebook.com/observalgerie>



Рис 12 Фотография кабийского дома в деградационном состоянии. Разрушенная лестница Источник: <https://www.facebook.com/observalgerie>

ВЫВОДЫ

Анализируя упомянутые обстоятельства и основные проблемы, с которыми сталкиваются эти многовековые сооружения, и сравнивая аналогичные примеры в Италии, Турции или в целом в Средиземноморском бассейне, пример архитектурного наследия Кабилии не выходит из зоны риска исчезновения, стирая при этом региональную самобытность, с одной стороны, культуру, с другой, архитектурный стиль в Кабилии, который считается единственным, кто адаптируется к природным условиям Кабилии и хранит культурные ценности местных жителей. [11]

Сохранение народной архитектуры в Кабилии становится важным вопросом, если учесть взаимосвязь между историей и архитектурной идентичностью региона. Хронологическое изучение изменений, которые претерпела эта архитектура, позволяет предсказать будущее архитектуры в Кабилии и будущее этого архитектурного стиля и типа, тревожного настоящего и очень сомнительного будущего. Народная архитектура представляет собой культурный и туристический ресурс, который является экономичным не только для Кабилии, но и для любой народной архитектуры, которая представляет собой территориальную или культурную идентичность определенного населения или определенной эпохи. [12]

Анализ различных методов и политики строительства и градостроительства, проводимых государством как во времена французского правления, так и в Алжире, заставляет нас критиковать, с одной стороны, отсутствие стратегий сохранения или неэффективность планов сохранения. С другой стороны, как указано, новые здания или операции в сельской или городской местности не полностью контролируются или не управляются законами определенного опыта в области архитектуры или градостроительства, что приводит к потере идентичности архитектурного стиля, стиранию архитектурной идентичности региона, что приводит к архитектурной бедности со временем. Цель этой проекции рисков и опасностей, которым подвергается народная архитектура, заключается в выражении критики и стремления к переменам со стороны различных игроков и актёров в секторе городского планирования и строительства. [13]

После убеждения, что сохранение более чем важно, мы также должны подумать о том, чтобы подтолкнуть исследователей и студентов к тому, чтобы сосредоточиться на изучении народной архитектуры в Кабилии и архитектурного наследия в целом в этом регионе, это будет способствовать обогащению знаний об исторических методах строительства, включая овладение материалами, а затем выработать критический взгляд на состояние сохранности этой архитектуры в целом, а затем специализироваться на каждой специфике наследия региона. [14], с другой стороны, критика всегда должна сопровождаться альтернативными предложениями, такими как повышение осведомленности о ценности знаний о методах сохранения и их различных методах.

Подчеркивая, что народная архитектура является основополагающим элементом ландшафта, особенно реальным и доступным свидетельством культурной и архитектурной самобытности, необходимо также распространять знания среди властей, чтобы разработать новую политику и инструменты, направленные на то, чтобы спасти районы с большим риском, слишком эффективно, но в первую очередь безотлагательно, что будет способствовать экономическому и социальному развитию, с другой стороны и возрождению динамизма во всех рассматриваемых регионах. [15]

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Caramellino, Alessandro, Carlo Bidone, Michele Gaia, Fabrizio Grillo, Silvia Rapetti, Patrizia Robotti, Giancarlo Moccagatta, Clementina Dellacasa. 2000. Architettura rurale in provincia di Alessandria. Alessandria
- 2) Bourdieu Pierre. Esquisse d'une théorie de la pratique précédée de trois études d'ethnologie Kabylie. 1972
- 3) ALIANE Mahé. Histoire de la grande Kabylie, XIXème XXème siècle, Edition bouchene. 2006.
- 4) Ibn Khaldoun. Histoire des berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale, Edition BERTI, Alger, 2001
- 5) Martin Jacques, Bida Municipum en Mauritanie Césarienne, Edition : Fichiers documentation berbère, Fort Nationale. 1969
- 6) Meziani Fatma, Messaoudi Zahwa. La maison kabyle art et organisation spatiale et conception (cas village AIT EL KAID). UMMTO Tizi Ozou, Octobre 2016
- 7) Bourdieu Pierre. Sociologie de l'Algérie. Que sais-je ? 2006.
- 8) Merzoug, Wissam, Samia Chergui, and Mustapha Cheikh Zouaoui. "The impact of reinforced concrete on the modern-day architectural heritage of Algeria." Journal of Building Engineering 30 (2020): 101210
- 9) Bellanca, Calogero, Franco Angeli 2008. L'architettura del Novecento, il cemento armato, i restauri e l'autenticità. Architetture in cemento armato. Orientamenti per la conservazione. Ientile, Rosalba
- 10) Icomos Charter On The Built Vernacular Heritage Ratified by the ICOMOS 12th General Assembly, in Mexico, October 1999.
- 11) Casanovas. X. & al. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed. Montada. 2012.
- 12) Prats, Michèle, Jean-Pierre Thibault. 2003. Qu'est-ce que l'Esprit Des Lieux. Acte de Symposium Scientific International Icomos Victoria Falls, Zimbabwe, 27-31 octobre 2003.
- 13) Ientile, Rosalba, Monica Naretto. 2006. Conservare per il paesaggio. Recupero del patrimonio nelle valli Orco e Soana. Regione Piemonte. Savigliano: L'Artistica Editrice.
- 14) Bachakh.H. Mécanisme de formation/ transformation de l'environnement bâti. Essai d'identification de l'environnement villageois Kabyle le cas d'iat-yenni.
- 15) Mathieu Tanguay. Conserver ou restaurer ? La dialectique de l'œuvre architecturale : Histoire d'un débat qui a contribué à la formation de la culture de la conservation du patrimoine bâti. Université de Montréal Avril 2012

РАЗВИТИЕ ПОЛИЦЕНТРИЧНОЙ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ ЗАСТРОЙКИ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

Д. Н. Власов, Н. В. Широкая

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
ГАУ «Институт Генплана Москвы», 8(985)118-82-39,
shirokonidze@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена исследованию процесса развития системы общественных центров города с использованием принципов застройки, ориентированной на общественный транспорт.

Система общественных центров формирует планировочную структуру города и обуславливает распределение пассажирских потоков по транспортной сети. Одним из важнейших направлений для устойчивого развития крупнейших городов является развитие сложной полицентричной планировочной структуры системы общественных центров, поскольку она обеспечивает равномерное распределение транспортных потоков, в частности, препятствуя появлению заторов на дорогах в часы «пик».

В зарубежной градостроительной практике с начала 90-х годов прошлого века сформировалась концепция Transit Oriented Development (TOD), которая представляет собой целостную концепцию устойчивого развития города и предусматривает интенсивное развитие территории вблизи станций массового пассажирского транспорта, обеспечивая развитие системы общественных центров в увязке с транспортной инфраструктурой города. Накопленный зарубежный градостроительный опыт доказывает эффективность применения этой концепции на практике. Однако, на сегодняшний день в практике отечественного градостроительства принципы TOD применяются недостаточно широко.

Целью исследования является развитие научно-методической базы, обеспечивающей использование в отечественном градостроительстве принципов концепции застройки, ориентированной на общественный транспорт, для развития систем общественных центров.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие научно-методической базы, обеспечивающей формирование полицентричной планировочной структуры города с использованием принципов застройки, ориентированной на общественный транспорт, является на сегодняшний день актуальной задачей градостроительной науки и практики.

Сегодня накоплен большой объем отечественных научных исследований, посвященных организации территорий с учетом сбалансированного развития. Однако, на сегодняшний день эти разработки применяются в отечественной градостроительной практике недостаточно широко. Причиной тому может служить то, что действующие нормативные документы, регулирующие градостроительную деятельность, не включают в себя требования в части развития систем общественных центров с учетом сбалансированного развития территорий.

Рабочей гипотезой исследования является возможность применимости в отечественном градостроительстве принципов концепции застройки, ориентированной на общественный транспорт, для развития систем общественных центров города.

Для доказательства этого положения в рамках исследования необходимо решить ряд задач:

- провести аналитический обзор применения концепций развития систем общественных центров в зарубежной градостроительной практике;
- осуществить анализ имеющихся отечественных научных исследований, посвященных организации территории с учетом сбалансированного развития;
- разработать предложения по организации территории общественного центра с применением принципов TOD на примере крупнейшего города России.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования состоит в развитии научно-методической базы градостроительства, обеспечивающей устойчивое развитие города и, в частности, системы общественных центров, а также транспортной инфраструктуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обзор применения концепций развития систем общественных центров в зарубежной градостроительной практике, а также анализ имеющихся отечественных научных исследований, посвященных организации территории с учетом сбалансированного развития, проведен на основе изучения и обобщения имеющегося теоретического и практического градостроительного опыта: отечественного и зарубежного.

Разработку предложений по организации территории общественного центра с применением принципов TOD предложено проводить на примере транспортно-пересадочных узлов Москвы.

Проведение проектного эксперимента предусмотрено с использованием математической модели по определению площади объектов общественного назначения в составе транспортно-пересадочных узлов, разработанной на основе закономерностей развития планировочной структуры пересадочных узлов. Характеристики выявленных закономерностей определены с применением методов математической статистики [11].

Оценку качества градостроительной организации территории предусмотрено проводить с использованием теории о закономерностях самоорганизации территориально-коммуникационных систем в рамках общей теории городского развития с применением матрицы структурной организации территории [2,3,4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В зарубежной градостроительной практике с начала 90-х годов прошлого века сформировалась концепция Transit Oriented Development (TOD) (англ. «застройка, ориентированная на общественный транспорт») [14,15]. Это целостная концепция устойчивого развития города, принцип застройки и развития территории, который предусматривает размещение объектов системы общественных центров различного функционального назначения вблизи станций массового пассажирского транспорта, в зоне пешеходной доступности от транспортно-пересадочных узлов [12,13].

Выделяются следующие принципы TOD:

- развитый общественный транспорт;
- приоритет перемещений не на индивидуальном транспорте;
- развитие и управление парковочным пространством и велосипедным движением;
- формирование многофункциональных зон в составе транспортно-пересадочных узлов, привлекательные первые этажи и фронт застройки, комфортные и безопасные общественные пространства, активная общественная жизнь на территории [1].

Концепция TOD помогает решать ключевые проблемы по развитию городской транспортной инфраструктуры. В странах Азии, где развитие транспортной инфраструктуры на 80% осуществляется благодаря государственному финансированию, принцип застройки TOD обрел большую популярность, поскольку способен привлечь инвестиции и создать экономические условия для развития города. Хорошо продуманное комплексное планирование вблизи станций массового пассажирского транспорта дает очевидные преимущества при высокой стоимости земли. Привлекательность

использования принципа TOD подтверждается исследованиями пассажирских потоков и экономического эффекта от различных видов использования территории.

Принцип застройки, ориентированной на массовые виды транспорта, способствует устойчивому развитию города и позволяет обеспечивать максимальную транспортную доступность объектов системы общественных центров, что, несомненно, особенно актуально для активно растущих городов, в частности крупнейших городов стан Азии: Сингапура, Токио (Япония), Сеула (Южная Корея) и т.д. [1,9].

Эффективность этой концепции подтверждается успешным применением на практике. Удачное использование принципа застройки TOD можно рассмотреть на примере Сингапура. Город-государство Сингапур имеет ряд общих для мегаполисов всего мира проблем, связанных исчерпанием пропускной способности улично-дорожной сети. С целью разрешения этой проблемы и устойчивого развития города городскими властями было принято решение о развитии системы городского пассажирского транспорта в увязке с развитием системы общественных центров.

Развитие планировочной структуры Сингапура согласно принципам TOD привело к формированию «созвездия» районов-спутников вокруг главного городского центра, а также развитию сети железнодорожного пассажирского транспорта, которая связывает эти районы с центром и промышленными районами. Эти районы-спутники имеют собственные общественные центры в пределах пешей доступности. Концепция TOD в Сингапуре также включает в себя размещение жилья с высокими показателями по обслуживанию пассажирским транспортом (рис. 1).



Рис. 1. Схема планировочной организации транспортно-пересадочного узла Джуронг (Сингапур), спроектированная с применением принципов TOD

Проведен обзор отечественных научных исследований, посвященных организации территории с учетом сбалансированного развития и выявлено, что оценку качества градостроительной организации территории возможно проводить с использованием теории о закономерностях самоорганизации территориально-коммуникационных систем. В основе аналитического аппарата лежит представление о городе или его структурной части как целостной территориально-коммуникационной системе, обладающей закономерностями самоорганизации [2,3,4].

Содержательным ядром теории о закономерностях самоорганизации территориально-коммуникационных систем является представление об эффективном расширении выбора – пространственно-временной доступности видов деятельности, социальных контактах, различных форм организации городской среды. Основными

показателями, определяющими качество градостроительной организации территории являются:

- насыщенность территории источниками, целями и посредниками корреспонденций;
- связанность данной территории с другими районами города, обширности её транспортных связей.

Показатель насыщенности характеризует привлекательность, градостроительный потенциал территории, выступает мерой уровня градостроительного использования территории. Показатель связности характеризует доступность территории в городе. Сопоставление характеристик насыщенности и связности внутри территориальной системы позволяет определить уровень диспропорций градостроительной организации территории.

Общественные центры могут быть местом размещения объектов различного функционального назначения, которые одновременно являются источниками, целями и посредниками корреспонденций [8,10]. За счет этого территории общественных центров обладают высокими показателями насыщенности. В соответствии с положениями применяемой теории, с целью сбалансированного развития к территориям общественных центров применяются высокие требования по уровню связности, который позволил бы обеспечить высокий уровень транспортного обслуживания этой территории.

Оценку качества градостроительной организации территории возможно проводить в рамках применяемой теории с использованием оценочной матрицы структурной организации. Оценочная матрица с выделением зон различных типов градостроительной организации территории представлена на рис. 2.

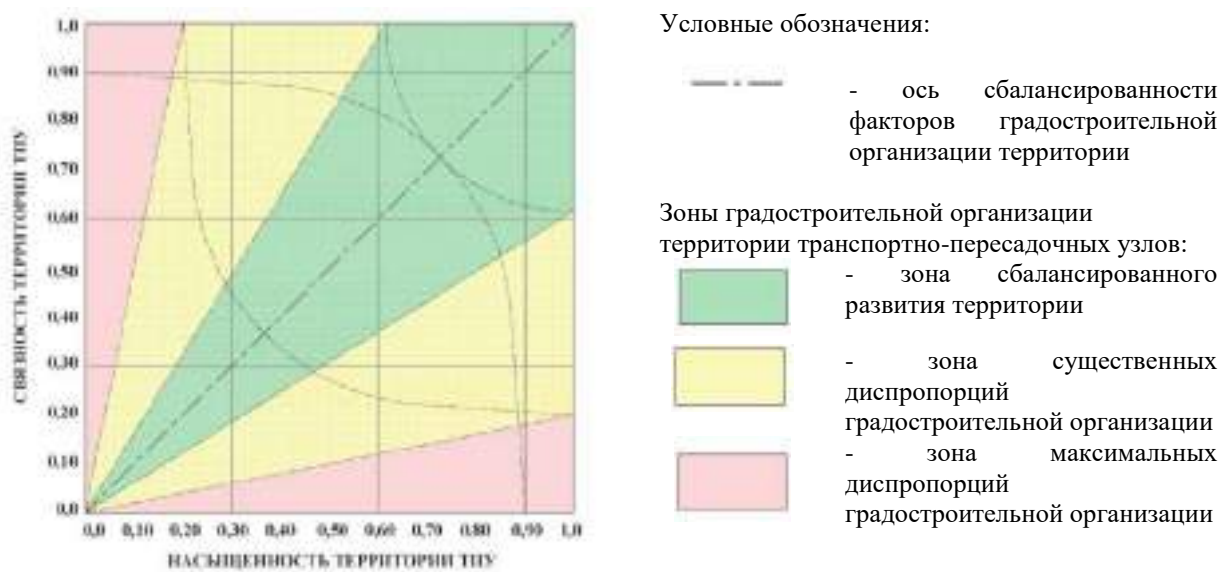


Рис. 2. Оценочная матрица структурной организации территории

Из приведенной матрицы видно, что значения факторов градостроительной организации территории, необходимых для сбалансированного развития, не является абсолютным, а отражают пороги освоения территории, которые рациональны при заданном уровне транспортного обслуживания.

Проведен проектный эксперимент, включающий разработку предложений по организации территории общественного центра с применением принципов TOD. Проектный эксперимент предложено проводить на примере Москвы. Поскольку в настоящее время в столице накоплен наибольший практический опыт реализации проектов по развитию территории вблизи станций скоростного внеуличного транспорта – транспортно-пересадочных узлов [6,7].

В современном отечественном градостроительстве разработаны научно-методические рекомендации по организации планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов с учетом качества градостроительной организации [11].

В составе транспортно-пересадочных узлов предусматривается размещение объектов различного функционального назначения. Отечественной градостроительной практикой принято выделять объекты транспортно-инженерного назначения, которые обеспечивают пересадку пассажиров между различными видами транспорта, работу пассажирского транспорта и паркования автомобилей, а также объекты системы общественного центра, в том числе торговые, развлекательные, административные-деловые и прочие [5]. Это обеспечивает развитие системы общественных центров города в составе системы транспортно-пересадочных узлов.

Анализ функционального состава объектов планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов подтверждает возможность применения разработанной методики с целью разработки предложений по развитию территории общественных центров вблизи станций скоростного внеуличного транспорта с применением принципов TOD, то есть ориентированных на массовый общественный транспорт.

Согласно разработанной методике, условия сбалансированного развития территории транспортно-пересадочных узлов агломерационного, районного и локального значений различны. Оценку качества градостроительной организации территории необходимо проводить отдельно по выделенным группам с учётом значения этой территории в планировочной структуре системы (рис. 3).

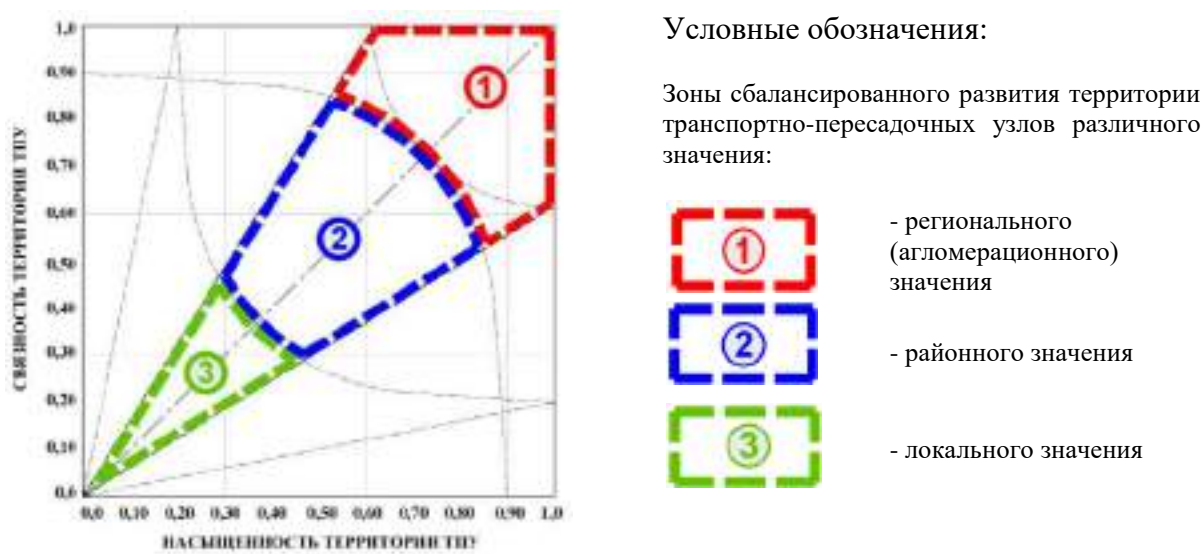


Рис. 3. Оценочная матрица структурной организации с выделением зон сбалансированного развития территории пересадочных узлов различного значения

В ходе исследования, проведенного с использованием методов математической статистики, были установлены закономерности развития планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов. Установленные закономерности формализованы в математическую модель по определению площади объектов общественного назначения в составе пересадочных узлов, которая представлена формулой:

$$y = -2,57 + 1,41 P + 1,28 S$$

где y – значение площади объектов общественного назначения (тыс. кв. м); P – значение пассажирооборота пересадочного узла (тыс.чел./час пик); S – значение площади зоны размещения объектов транспортно-пересадочного узла (га).

Разработаны предложения по организации территории общественного центра с применением принципов TOD на примере пересадочного узла районного значения «Молодежная».

Используя разработанную математическую модель, определено значение площади объектов общественного назначения в составе транспортно-пересадочного узла с учетом качества градостроительной организации территории и использования имеющихся ресурсов развития, которое составило 59,84 тыс. кв. м.

Мероприятия по размещению объектов системы общественных центров в составе транспортно-пересадочного узла «Молодежная», разработанные с использованием математической модели, обеспечивает сбалансированное развитие территории за счет устранения существующих диспропорций развития ($\Delta H=0,17$).

Результаты верифицированы с применением оценочной матрицы структурной организации территории (рис. 4).

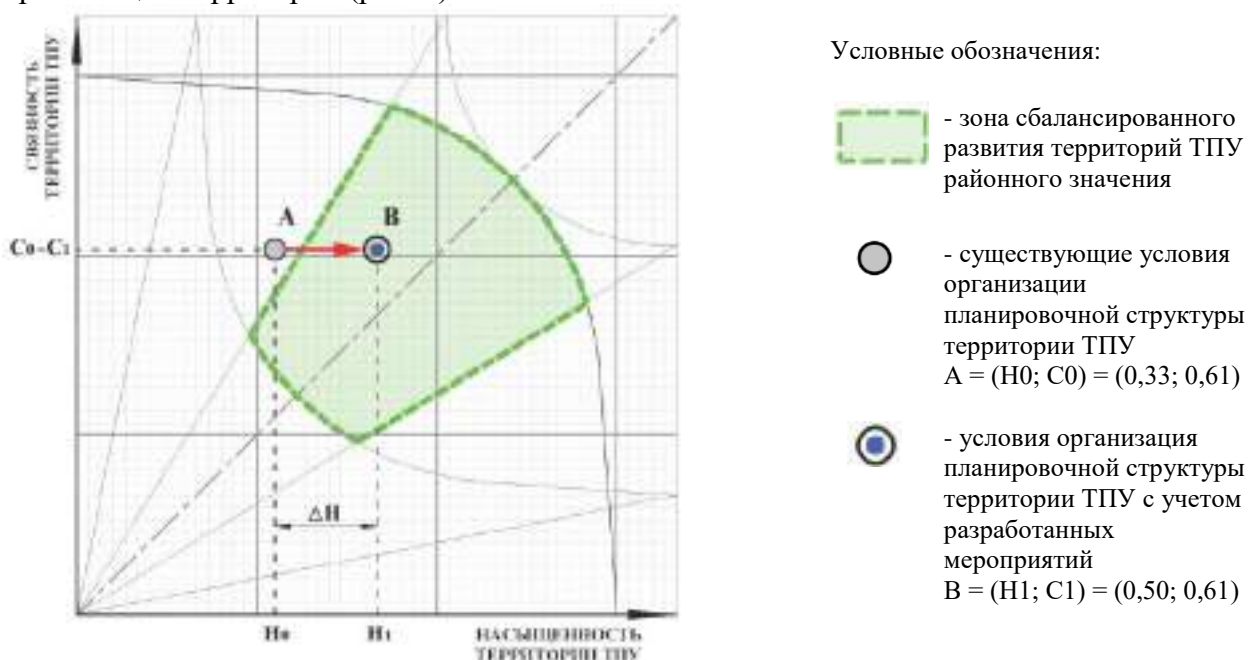


Рис. 4. Оценочная матрица структурной организации территории транспортно-пересадочного узла «Молодежная»

Методика организации планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов позволяет разработать предложения по развитию системы общественных центров с применением принципов TOD, используя установленные и научно-обоснованные закономерности развития территории пересадочных узлов.

ВЫВОДЫ

Осуществлен анализ процесса формирования и развития системы общественных центров города, а также исследование принципов концепции застройки, ориентированной на общественный транспорт, с целью развития систем общественных центров. В ходе исследования решены задачи:

1. Проведен аналитический обзор применения концепций развития систем общественных центров в зарубежной градостроительной практике, который показал, что концепция TOD является целостной и эффективной концепцией, которая успешно применяется для устойчивого развития городов в зарубежной градостроительной практике на протяжении последних 30 лет.

2. Осуществлен анализ имеющихся отечественных научных исследований, посвященных организации территории с учетом сбалансированного развития. Выявлено, что на сегодняшний день накоплен большой объем исследований, посвященных исследуемой тематике. В частности, установлены закономерности развития

планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов, а также разработана математическая модель по определению площади объектов системы общественных центров в составе территории с учетом сбалансированного развития.

3. Разработаны предложения по организации территории общественного центра с применением принципов TOD на примере транспортно-пересадочного узла Москвы. Предложения включили в себя определение оптимального объема застройки общественного назначения с учетом градостроительных условий и сбалансированного развития территории.

Результаты исследования создают научно-методические основы, обеспечивающие применение принципов TOD при развитии планировочной структуры системы общественных центров в крупнейших городах Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Д.Н. Принципы застройки, ориентированные на массовые виды транспорта, в планировании зарубежных пересадочных узлов / Д.Н. Власов // *Архитектура и строительство России*. № 8. 2015. С. 20-29.
2. Гостев М.В. Об эвристической природе моделей эволюционного городского развития/ "Городские исследования и практики"// НИУ ВШЭ. Т.3. №1. 2018. С. 7-22.
3. Гутнов А.Э. Системный подход в изучении города: основания и контуры теории городского развития// Системные исследования. Методологические проблемы: Ежегодник. Вып.17/ под ред. Д.М. Гвишиани. – М. : Наука,1986. – С. 211-232.
4. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. - М. : Стройиздат. 1984. 256 с.
5. Данилина Н.В. Система транспортно-пересадочных узлов и «перехватывающие» стоянки / Н.В. Данилина, Д.Н. Власов. – Германия. – LapLambertAcademicPubl. 2013. 82 с.
6. Москва: курс на полицентричность. Оценка эффектов градостроительных проектов на полицентрическое развитие Москвы / О. А. Баевский [и др.]; под ред. О. А. Баевского, Г. В. Витков, Т. Е. Шварева. – М. : НИУ ВШЭ, 2016. 32 с.
7. Постановление Правительства Москвы "О формировании транспортно-пересадочных узлов в городе Москве" от 06.09.2011 № 413-ПП // Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/537907102>. Дата обращения: 05.11.21.
8. Руководство по проектированию общественных центров городов, поселков и сельских населенных мест /ЦНИИП градостроительства. - М. : Стройиздат, 1982. - 79 с. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293782/4293782941.pdf>. Дата обращения: 05.11.21.
9. Устойчивое развитие территорий, городов и предприятий : монография / С.Г. Шеина, И.Ю. Зильберова, В.Ф. Касьянов и [др.]; под общ. ред. С.Г. Шеиной; Донской гос ун-т. - Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. 186 с.
10. Чучмарева Е.З. Общественный центр нового города : учебное пособие / ред. Н.М. Журавлева – М.: МАРХИ, 1990. 84 с.
11. Широкая Н.В. Развитие планировочной структуры территории транспортно-пересадочных узлов // *Экология урбанизированных территорий*. 2021. № 2. С. 68-73.
12. Щербина Е.В. Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий: учебное пособие / Е.В. Щербина, Д.Н. Власов, Н.В. Данилина; под ред. Е.В. Щербины. – М.: НИУ МГСУ, 2016. 123 с.
13. Suzuki H., Cervero R. Transforming Cities with Transit. Transit and Land-Use Integration for Sustainable Urban Development/ H. Suzuki, R. Cervero, K. Iuchi. - Washington DC: The World Bank. - 2013. 233 p.
14. Transit Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects:https://www.valleymetro.org/sites/default/files/legacy-images/uploads/general_publications/TCRP-Report-102_TOD-in-the-US-Experiences-Challenges-and-Prospects_10-04.pdf. Дата обращения: 05.11.21.
15. Transit-oriented Development (TOD) Guide for Urban Communities / C. Sarmiento, L. Zamorano, R. King, A. Lobo, S. Herrera, J. Clerc. - Mexico: EMBARQ Mexico. - 2014. - 148 p.

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ИСТОРИЧЕСКОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ПРИМЕРЕ ТАМБОВА.

Д. А. Зимарин¹, Л. В. Анисимова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dszimirin@gmail.com*

²*anisimovalv@ya.ru*

Аннотация

Статья посвящена одному из методов предпроектного анализа исторической городской среды, позволяющему комплексно оценить характер сложившейся застройки и провести оценку основных параметров плотности застройки, плотности дорожной сети, наполненности общественно-деловой инфраструктурой, а также этажности и сравнить их с рекомендуемыми параметрами малоэтажной застройки. Возможность экспорта данных ГИС в форматы САД открывает широкий спектр вариантов пространственного анализа 3D-модели существующего состояния, а также построения вариативной концептуальной модели регенерации застройки. Вариантный выбор архитектурно-планировочного решения, сохраняющего историческую идентичность квартала, дает возможность оценить влияние климатических факторов, позволяет проверить инсоляционный режим территории и симуляцию ветровых потоков. Для демонстрации методики исследования был выбран ряд кварталов в историческом центре города Тамбова, сохранивших свою историческую идентичность, но утративших современные стандарты комфортности проживания.

ВВЕДЕНИЕ

Предпроектные исследования проекта регенерации исторической застройки являются важным этапом архитектурного проектирования, необходимым для создания научно обоснованного проектного решения, сохраняющего уникальные особенности места, формирующие атмосферу идентичности города. Историческая городская среда, при всей своей уникальности и аутентичности, зачастую находится в депрессивном состоянии, особенно в средних и малых городах Российской Федерации. Для принятия грамотных решений по реконструкции и регенерации этой среды необходим набор объективных инструментов, определяющих комплексные параметры застройки и выявляющих наиболее дефектные её элементы. Современные цифровые методы оценки на основе открытых данных позволяют существенно снизить трудозатраты на предпроектные исследования и учесть множество необходимых для проектирования аспектов, и комплексной оценки проблемных мест участка застройки.

Вопросам влияния «цифрового поворота» на исторические и гуманитарные науки посвящено достаточно много исследований. Большой объем информационных данных, лежащих в различных плоскостях исследуемого объекта, широко используется в гуманитарной сфере и востребован социальными науками. Бородкин Л.И. и Владимирова В.Н. описывают результаты дискуссии и опыта использования цифровых технологий в исторических исследованиях. Масштабная оцифровка исторических источников и историографических материалов дает возможность работать с ранее закрытыми данными [1].

Авторы Л.И. Бородкин, Д.Ю. Гук, Д.И. Жеребятьев и Т.В. Маландина освещают вопросы виртуальной реконструкции исторического объекта и ландшафта в 3D модели [2]. Вопросам изучения методов цифрового документирования историко-архитектурной среды на примере городов Верхнекамья посвящена научная работа Семиной А.Е., где раскрываются аспекты внесения цифровых данных для построения объемно-пространственных моделей исторической среды [3].

Boeing G. демонстрирует возможности применения открытых данных OpenStreetMap для анализа городских территорий [4]. Nicholas L. Stapp предлагает методологию документирования, анализа и представления информации об исторической среде с применением ГИС-технологий [5]. Bratuškins U., Zaleckis K., Treija S., Koroļova A. и Kamičaitytė J. рассматривают и систематизируют цифровые инструменты регенерации городской застройки с учётом социально-экономических факторов [6]. Morello E, Ratti C. используют 3D-графику видимости для оценки средовых характеристик элементов городского ландшафта [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование построено на основе методов натурального анализа, анализа теоретических источников, а также прикладных методов работы с открытыми ГИС данными. С помощью программного продукта QGIS был произведен экспорт объективных ГИС-данных в CAD-среду для получения экспериментальной модели. Далее при помощи Rhinoceros и Grasshopper рассчитаны показатели параметров застройки фрагмента исторической индивидуальной жилой среды.

С опорой на вышеперечисленные методы построения 3D-модели на основе открытых ГИС-данных была предпринята попытка оценки и сравнения сложившейся исторической среды с рекомендуемыми значениями параметров малоэтажной модели современной городской застройки, для выявления объективных векторов регенерации устойчиво развивающейся городской среды.

Целью исследования является обследование исходных параметров квартальной исторической застройки города, для определения типа целевой модели регенерации среды. Определение стратегии развития территории и дальнейшая разработка объёмно-пространственного регламента регенерации позволит более точно выбрать варианты решений, не нарушающие историческую идентичность места.

Задачи исследования:

- на основе анализа исходных данных в виде полигональной геометрии участка застройки с географической привязкой объектов, а также на основании информации об этажности, площади и функциональном наполнении зданий построить 3D-модель исторического квартала города;

- рассчитать объективные параметры сложившейся исторической застройки, такие как площадь застройки, плотность застройки, плотность улично-дорожной сети, доля объектов общественно-деловой инфраструктуры в процентном отношении ко всей застройки, а также усредненную этажность;

- провести сравнительный анализ показателей сложившейся исторической городской среды с рекомендуемыми значениями параметров малоэтажной модели современной городской среды, определенной стандартом комплексного развития территорий.

- проанализировать доступность общественного транспорта и объектов социальной инфраструктуры согласно нормативным показателям;

- провести анализ преобладающих материалов строительства, этажности, доли объектов общественно-деловой инфраструктуры, степени износа и насыщенности застройки исторически ценными объектами;

- провести анализ видимости путём построения изовистов, для определения коридоров видимости ценных объектов культурного наследия.

В качестве объекта для демонстрации методики исследования был выбран фрагмент индивидуальной жилой застройки в историческом центре города Тамбова. Выбор параметров для оценки состояния жилой среды производился согласно современному стандарту комплексного развития территорий, разработанного «Домом РФ» совместно с КБ «Стрелка». Выбор параметров определен необходимостью вывода данной территории из депрессивного состояния, и необходимостью определения степени несоответствия её современным стандартам качества жизни. Параметры для оценки, определенные согласно стандарту комплексного развития территорий, описывают существующее состояние застройки по следующим параметрам таким как: площадь квартала, плотность застройки территории, плотность улично-дорожной сети, доля объектов общественно-деловой инфраструктуры, усредненная этажность рядовой застройки, надземных этажей [8]. Их сравнительная оценка позволяет выявить тип целевой модели для определения стратегии развития территории и дальнейшей разработки объёмно-пространственного регламента [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате выгрузки ГИС-данных OSM [10] при помощи сервиса NextGIS [11] получены такие элементы пространственной информации о территории застройки как поверхности — границы построек и кварталов, линии — трассировки улиц и маршрутов общественного транспорта, точки — отметки остановок общественного транспорта, и другие. Далее при помощи программного продукта QGIS был произведен экспорт ГИС-данных в CAD-среду. При помощи Rhinoceros и Grasshopper рассчитаны показатели фрагмента исторической индивидуальной жилой застройки города Тамбова. Результаты расчётов в сравнении с рекомендуемыми показателями Стандарта комплексного развития территорий приведены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты сравнительного анализа параметров фрагмента исторической жилой застройки г Тамбова с рекомендуемым стандартом комплексного развития территорий.

| Название параметра | Усредненные показатели исследуемого фрагмента застройки | Рекомендуемые значения параметров малоэтажной модели [8] |
|---|---|--|
| Площадь квартала, га | 8 | 5 (макс.) |
| Плотность застройки территории, тыс. кв.м/га | 2,2 | 4-8 |
| Плотность улично-дорожной сети, км/кв.км | 9,3 | 10 (мин.) |
| Доля объектов общественно-деловой инфраструктуры, % | 1,16 | 10-20 |
| Этажность рядовой застройки, надземных этажей | 2 | 4 (макс.) |

Анализ параметров сложившейся исторической застройки позволил выявить несколько несоответствий современному стандарту. Средняя площадь кварталов сложившейся исторической застройки превышает современный стандарт практически в 2 раза. Это говорит не только о размерных характеристиках квартала, но и о плотности улично-дорожной сети — она также ниже минимально допустимого предела. Выявленные параметры позволяют говорить о низком качестве транспортной доступности объектов на внутриквартальной территории. Сложившаяся плотность застройки в три раза ниже современных показателей плотности, при которых возможно эффективное использование такого ценного ресурса как земля в центре города. Оценка параметров доли общественно-деловой инфраструктуры в сложившейся застройке на порядок ниже требований стандарта. Этот показатель лучше всего характеризует уровень депрессивности городской среды центральной части города. Современные показатели этажности также не дотягивают до предложенных стандартом. Таким образом, анализ параметров застройки подтверждает тип малоэтажной модели, однако показывает наличие дефектных элементов системы. Встает проблема по устранению этих дефектных элементов системы, а именно необходимость уплотнения улично-дорожной сети, необходимость уплотнения территории застройки и насыщения её объектами общественно-деловой инфраструктуры.

Анализ градостроительных параметров группы квартальной застройки в центре города Тамбова показал, что по обеспеченности общественным транспортом и объектами социальной инфраструктуры в основном соответствует нормативным показателям [12], (рис.1).



Рис. 1. Градостроительный анализ доступности социальных объектов на территории квартальной застройки г. Тамбова

а – схема доступности остановок общественного транспорта, б – схема доступности дошкольных учреждений, в – схема доступности общеобразовательных учреждений

Результаты картографического анализа показали, что 100% территории имеет нормативную доступность остановок общественного транспорта, 84,3% территории квартальной застройки имеет доступность к общеобразовательным учреждениям, и только 25,3% территории обеспечены доступностью к дошкольным учреждениям. Таким образом, можно сказать, что объекты социального обслуживания также не в сложившейся исторической среде города. Анализ подтвердил необходимость размещения дополнительных дошкольных и общеобразовательных учреждений на данной территории.

Открытые данные о постройках позволяют оценить такие параметры как функциональное назначение и этажность. Однако степень наполненности значений этих параметров в системе OpenStreetMap не позволяет произвести точный анализ и требует дополнительной проверки актуальности и уточнения. При помощи таких сервисов как 2gis и Google Earth [13] в QGIS была сформирована таблица атрибутов для квартала в границах улиц Карла Маркса, Комсомольской, Базарной и Ленинградской. Объекты проанализированы по следующим критериям: функциональное назначение, количество этажей, историческая значимость, материал фасадов, физическое состояние. Схема застройки с исследуемыми параметрами в программной среде QGIS представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема застройки квартала с исследуемыми параметрами построек

Анализ массива данных позволил выявить преобладающие типы материалов, среднюю этажность, долю объектов общественно-деловой инфраструктуры, степень износа и насыщенности застройки объектами, имеющими историческую ценность и определяющими характер аутентичности квартала. После корректировки данных об этажности объектов квартала при помощи Grasshopper и Heron [14] была построена низко детализированная 3D-модель застройки. Программа Heron позволяет работать со значениями атрибутов ГИС-данных внутри среды Rhinoceros, таким образом связывая элементы геометрии 3D-модели с выявленными в результате анализа параметрами среды.

Путём совмещения ГИС-данных о застройке с данными публичной кадастровой карты [15] был проведен анализ кадастровой структуры, позволивший выявить хаотичность межевания и определить, что 54% территории квартала не имеет кадастрового деления на участки.

В связи с наличием на территории квартала объектов культурного наследия, был проведён анализ видимости путём построения изовистов. 3D-модель территории с областями видимости объектов культурного наследия приведена на рисунке 3.



Рис. 3. Схемы видимости объектов культурного наследия

ВЫВОДЫ

Цифровые методы оценки параметров сложившейся застройки на основе открытых данных позволяют производить комплексный первичный анализ городской среды и оценивать соответствие и несоответствие параметров исторической застройки современным требованиям, предъявляемым к качеству современной городской среды. Качество наполнения и частота обновления открытых данных требует проверки их достоверности путём натурного анализа и исследования дополнительных источников информации.

Анализ исследуемого в рамках работы фрагмента застройки позволил выявить ряд дефектных параметров территории и наметить вектор дальнейшего устойчивого развития этой исторически сложившейся городской среды. Концептуальный проект регенерации данной территории необходимо ориентировать на уплотнение застройки и насыщение территории объектами общественно-деловой и социальной инфраструктуры. С учётом сложившейся структуры межевания и степени износа построек появляется возможность научно обоснованного принятия решения о сносе и новом кадастровом делении территории. Выявленные объекты средовой исторической застройки могут быть также открыты обзору в результате сохранения области видимости объектов культурного наследия. Выявленные характеристики территории возможно использовать для формирования объёмно-пространственного регламента застройки и подготовки технических заданий на проектирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородкин Л.И., Владимиров В.Н. Цифровые технологии и ресурсы в конкретно-исторических исследованиях: дискуссии и опыт// Историческая информатика. – 2019. – № 2. Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=30239
2. Бородкин Л.И. О виртуальной реконструкции исторического городского ландшафта Белого города // Историческая информатика. – 2019. – № 4. – С. 90 - 96. Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=30982
3. Семина А.Е., Принципы и методы цифрового документирования историко-архитектурной среды на примере городов Верхнекамья// автореферат диссертации на соискание степени канд. арх. – Пермь – 2021
4. Boeing, G. 2020. Exploring Urban Form through OpenStreetMap Data: A Visual Introduction. In: Urban Experience and Design: Contemporary Perspectives on Improving the Public Realm (pp. 167-184), edited by J. Hollander and A. Sussman. Abingdon, England: Routledge. ISBN 9780367435554

5. Stapp, Nicholas L., "A METHODOLOGY FOR THE DOCUMENTATION AND ANALYSIS OF URBAN HISTORIC RESOURCES" (2009). Publicly Accessible Penn Dissertations. 69. [электронный источник] режим доступа: <https://repository.upenn.edu/edissertations/69> (дата обращения: 08.11.21)
6. Bratuškins U. et al. Digital Information Tools for Urban Regeneration: Capital's Approach in Theory and Practice // Sustainability. MDPI AG, 2020. Vol. 12, № 19. P. 8082.
7. Morello E, Ratti C. A Digital Image of the City: 3D Isovists in Lynch's Urban Analysis. Environment and Planning B: Planning and Design. 2009;36(5):837-853
8. Стандарт комплексного развития территорий. Книга 1. Свод принципов комплексного развития территорий [электронный источник] режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-gazvitiya-territoriy/> (дата обращения: 08.11.21)
9. Стандарт комплексного развития территорий. Книга 2. Стандарт развития застроенных территорий [электронный источник] режим доступа: <https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-gazvitiya-territoriy/> (дата обращения: 08.11.21)
10. OpenStreetMap [электронный источник] режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/> (дата обращения: 08.11.21)
11. NextGIS. Открытые геотехнологии [электронный источник] режим доступа: <https://nextgis.com> (дата обращения: 08.11.21)
12. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*
13. Google Earth [электронный источник] режим доступа: <https://earth.google.com/web/> (дата обращения: 08.11.21)
14. Food4Rhino. Heron [электронный источник] режим доступа: <https://www.food4rhino.com/en/app/heron> (дата обращения: 08.11.21)
15. Публичная кадастровая карта [электронный источник] режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 08.11.21)

УРБАНИЗАЦИЯ АЛЖИРА ПЕРИОДА ФРАНЦУЗСКОЙ КОЛОНИЗАЦИИ XIX-XX В В.

Ф. Н. Дербак¹, В. Н. Ткачев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*derbak.narimane@gmail.com*

²*valentintn@mail.ru*

Аннотация

Французское присутствие в алжирских городах привело к заметным изменениям в архитектурном ландшафте, появлению новых типов зданий как в традициях существующих городов, так и при их обновлении и расширении.

Французская колонизация в Алжире была колонизацией расселения, с перемещением населения на новые территории путем перепланировки урбанизированного пространства, его расширения или создания новых городов для французов; в случае города Оран, это включало расширение в район нагорья Каргента, с параллельным процессом, организованным как часть политики переселения "коренных жителей", что привело к созданию нового города, названного "новой деревней" или "деревней негров".

Цель статьи - проанализировать эти пространства в момент их создания по нескольким критериям, проследить их эволюцию до наших дней, принимая во внимание исторические и социальные условия, характерные для каждого периода, и отметить изменения в морфогенезе этих исторических пространств в рамках исследования по сохранению оранского наследия.

ВВЕДЕНИЕ

Город Оран расположен на северо-западе Алжира, в регионе с особым рельефом, который определил направление его первоначальной урбанизации.

Оран пережил несколько периодов градостроительного обновления благодаря смене оккупантов: испанских, османских, французских и, наконец, алжирских. Каждая новая власть осваивала новые пространства и, прежде всего, осуществляла перепланировку и изменяла городское пространство в соответствии с собственными политическими, социальными или религиозными интересами.

В 1831 г., в начале оккупации Орана французами, город состоял из двух небольших районов, Сиди-ан-Уари и Дерб, защищенных стеной и соединенных с соседними городами общественными дорогами. (Рис. 1) [1]

После уплотнения существующей городской застройки, с 1850 года, после разрушения стены, начался процесс расширения города, первые постройки появились на плато Каргентах.

Создание жилого массива на плато Каргентях совпадает с периодом преобразования Парижа в 1857 году в рамках Второй империи префектом Ж.Э. Османом [2], поэтому Париж был взят в качестве эталонного города для развития Орана.

Историк Шарль Андре Жюльен заявил, что Оран был алжирским городом, чей внешний вид был наиболее европейским [3] из-за его преимущественно европейского населения и благодаря планированию города, которое было направлено на создание привлекательной, современной и комфортной городской среды.

Особенностью города Оран является применение политики перегруппировки населения французским генералом Ламорисьером с созданием деревни для арабов в 1845 году, за которым последовало создание европейского города (1851 г.).

При наличии коренной деревни, населенной мусульманами, изучение района расширения указывает на особое внимание, которое градостроители и архитекторы того времени уделяли эстетическим характеристикам городской ткани, которая должна была удовлетворять пространственные и эстетические потребности преимущественно европейского населения.

К концу 19 века сформировались два города, два общества, независимые друг от друга. Пространственный и функциональный разрыв необходимо было устранить и обеспечить связи между городом и его пригородами [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения желаемого результата используется набор процедур и подходов, анализ проводится в соответствии с тремя витрувианскими принципами: *firmitas*, *utilitas*, *venustas*; а именно: морфология города (физические и природные рамки...); функция (мобильность, строительство, использование дорог...); затем архитектурные качества (материалы, украшения, композиция...).

Все это основано на условиях имплантации, исследования и исторической эволюции, которые будут сравниваться с текущим состоянием объекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика квартала «новый город» коренных жителей Орана .

Прежде чем рассказать о происхождении, политических обстоятельствах и характеристике деревни коренных жителей, которая впоследствии получила название

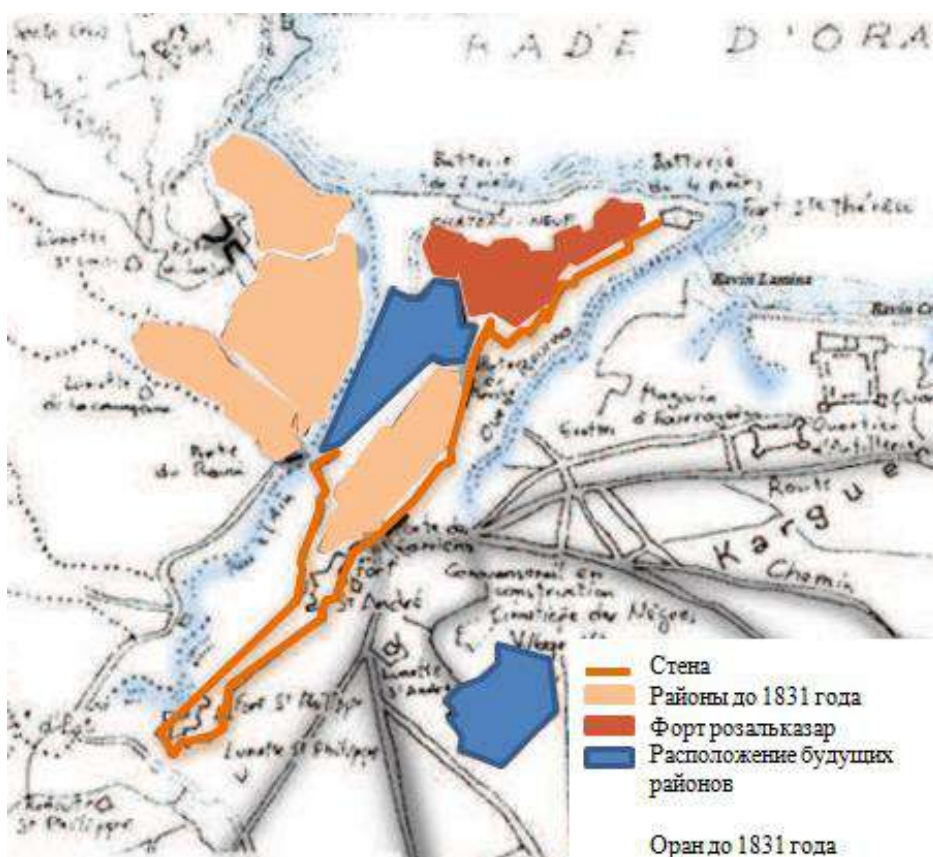


Рис. 1. оран до 1831 года
источник: архивы ратуши, отредактировано автором

нового города, мы решили, что будет уместно остановиться на типах мест обитания коренных жителей в Севернзаеой Африке и, в частности, в Алжире.

В ходе исследования мы обнаружили ряд статей, описывающих типы мест обитания коренного населения Северной Африки, идентифицируя их и пытаясь определить и охарактеризовать каждый тип жилища, чтобы выявить архитектурные особенности деревни, построенной французскими колонистами для коренного населения.

А. Типы коренной среды обитания в Алжире:

Среда обитания коренных жителей Алжира связана с образом жизни людей, оседлым или кочевым, географическими условиями и историческим влиянием.

Положение коренных жителей на территориях колонизации очень изменчиво и связано с их сопротивлением внешнему влиянию; вопрос в том, какой этнос окажет наибольшее влияние на соседей.

Согласно данным переписи, приведенным Огюстеном Бернардом и Эдмоном Дотте в их статье 1917 года под названием "Сельское жилье индейцев в Алжире", мы можем отметить некоторые типы мест проживания, такие как палатки и дуары, гурби и различные типы домов (Рис. 2) (с черепичной крышей, террасами или в европейском стиле) [5]. В то же время возникает вопрос: как их различать? По их размерам? Строительным материалам? Или обычаям людей, живущих в них? Мы попытались собрать фотографии, которые представляют эти дома в разных местах Алжира.

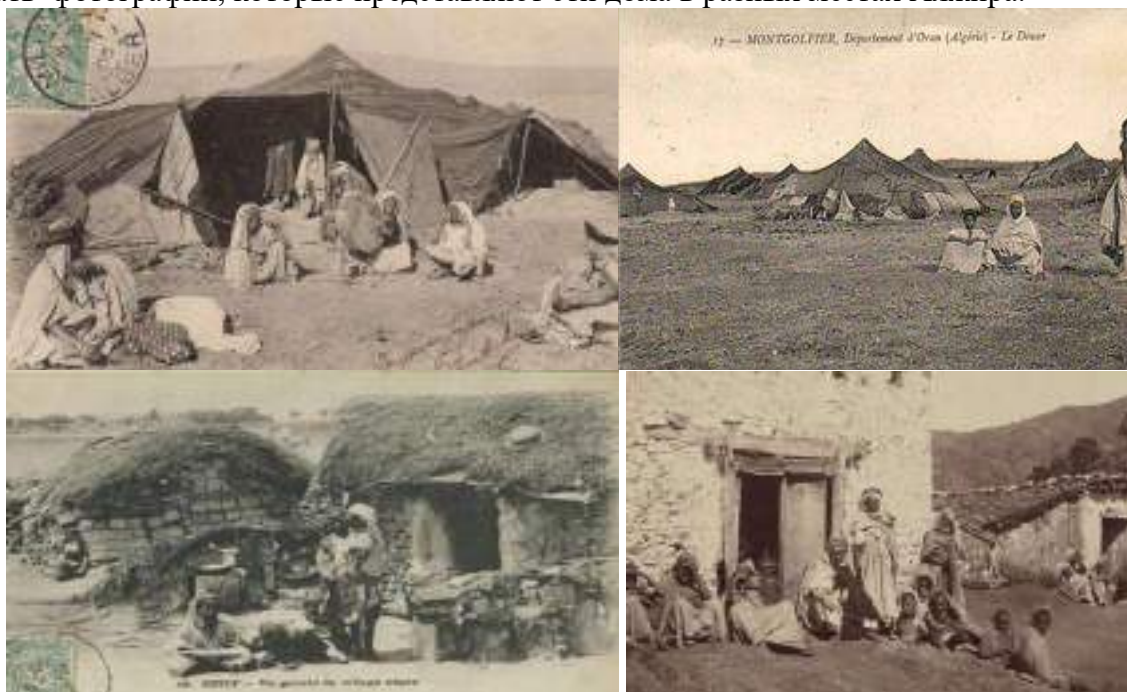


Рис. 2 Типы коренной среды обитания в Алжире (слева направо: палатка, дуар, гурби, дом)

источник: www.algeriepatriotique.com

Б. Коренная деревня Ора "новый город" или "деревня Негре":

В 1844 г., когда война отошла от пригородов Орана, в город вернулись его прежние жители, те, чьи дома находились в разрушенных пригородах [6]. Столкнувшись с этой проблемой, генерал Ламорисьер привел в исполнение свой план перегруппировки населения с проектом создания структурированной деревни, в которой будут жить коренные жители; чтобы сгруппировать их и вернуть территории, которые они занимали, с одной стороны, и избавиться в окрестностях города от пригородов с ненадежным жильем, которые окружали его до этого, в отличие от того, что было сделано в других городах Алжира в качестве расширения и обустройства, особенно для европейцев.

Эта деревня имеет несколько названий, наиболее известно «Джалис» [7] (что означает бродяга, иностранец), негритянская деревня (уничжительный термин, обозначающий черное население, которое жило здесь, являясь жертвой расизма); в 1930 году район примет название Медина Джадида (в переводе новый город), хотя это обозначение уже существовало, чтобы отличить старый город, унаследованный от французских преобразований.

Проектирование и строительство этой новой деревни для коренных жителей в Ороне были поручены подполковнику де Мартимпри [8].

Расположение и выбор земли для коренной деревни не случайны (Рис. 3); созданная рядом с центрами колониальной власти, она всегда будет выглядеть как стихийная деревня рядом с хорошо развитым городом. Это также может быть связано со сложившимися структурами или со стихийной эволюцией освоенной среды обитания (в случае Орана, деревня была построена на бывшем месте дачеры Келайя).

Регулярный узор планировки наводит на мысль о военно-инженерном замысле (Рис.4), обдуманной установке для лучшего контроля над территорией и военного вмешательства в случае восстания коренного населения.



Рис. 3. расположение деревни коренных народов
источник: автор



Рис. 4. карта района
источник: www.researchgate.net

"Дома этой деревни имеют только один первый этаж, они граничат с широкими и прямыми улицами, а их жители почти все занимаются сельским хозяйством"[9].

По фотографиям, которые удалось найти, деревня коренных жителей не совсем похожа на это описание, мы заметили, что высота домов варьирует между одним и тремя этажами (Рис. 5), что нарушает единство горизонтальной застройки района. Планировка домов была хорошо изучена, но художественной образности застройке не уделялось много внимания, они лишены архитектурного своеобразия, но строительные материалы — в основном камень и известь — достаточно прочны и выразительны в прочности, чтобы создать впечатление надежной архитектуры.

Дома не были подключены к водопроводу, а водоотвод производился под открытым небом по трубам, вкопанным в землю [10]. Состояние улиц убогое, нет тротуаров, а уличное освещение практически отсутствует. (Рис. 6)

Показатель эволюции районов детерминируется общим состоянием района (архитектура зданий, городская планировка, размер улиц и т.д.), но прежде всего разнообразием объектов, которые он содержит; в случае коренной деревни Оран, здесь есть мечеть, мавританские бани, школы и рынок, что было редкостью по сравнению с другими деревнями в стране; Оживленная атмосфера района была обусловлена многочисленными магазинами, которые сгруппированы по улицам в соответствии с их деятельностью.

В 1866 году, после расширения города и перемещения стены, квартал коренных жителей оказался внутри стены; он стал внутригородским кварталом и пользовался преимуществами в городском планировании деятельности, правом строительства зданий районными подрядчиками и архитекторами. Со временем, с развитием архитектуры и стилевых тенденций, можно заметить изменение архитектурного облика района, выполнение некоторых проектов в европейском стиле, с более богатыми фасадами, использованием кованого железа для балконов; только в шестидесятые годы в районе намечено возведение здания класса R+7. [11]

После обретения независимости архитектура района находилась в полном застое, не было осуществлено ни одного крупномасштабного проекта; район начал новый этап своей истории [12], начиная от деревни для переселения местных жителей до нового "урбанизированного" города; сегодня район является коммерческим полюсом, имеющим большое значение для города Оран и в национальном масштабе, хотя для него более характерны функции неорганизованной торговли, известной как «летучая торговля», которая порождает многие проблемы обитания в районе (улицы заняты частными торговцами).

Мдина Ждида, "новый город", стал настоящим рыночным районом, через который ежедневно проходят тысячи торговцев и покупателей, что придает этому району совершенно особую атмосферу южного города.

« Негегемонистская глобализация основывается на старых городских пространствах и глубоко модифицирует их, извлекая выгоду из существующих социально-экономических сетей, интегрируя их в глобальную сцену обмена » [13].



Рис 05: деревенский рынок коренных народов



Рис.6. улица коренного поселка
источник: www.forgalus.free.fr

Современная коммерческая динамика и непреодолимый традиционализм образа жизни создают своеобразный парадоксальный альянс [14], робкая мутация ощущается в неоднородности фасадов и пролетов некоторых улиц или в разрушении старых зданий колониального периода, когда 3 базовых этажа были достроены до 8 этажей; деградация таких зданий в настоящее время представляет реальную опасность для жителей и прохожих (Рис. 7); мы отмечаем несколько степеней ветхости зданий в районе: поверхностную (ухудшение окраски фасадов, коррозия кованого железа балконов...), или глубокие разрушения (горизонтальные и вертикальные трещины, сколы...)



Рис 7: актуальные фотографии состояния зданий в районе
источник: автор

ВЫВОДЫ

Укрепление и реконструкция городов - два способа урбанизации, которые опираются на возможности развития в самих урбанизированных районах. Вследствие социальной, экономической и технологической динамики [15], районы находятся в постоянном изменении, вмешательство муниципалитетов становится более чем необходимым для оптимизации использования пространства; конечно, это делается посредством глубокого исследования для определения характера использования каждого пространства.

Район Мдины Ждида как градостроительный объект предоставляет большие возможности для реализации мероприятий обновления города; восстановления построенного наследия, модернизации его, используя исторический и социальный потенциал; и обновления жилого фонда путем застройки пустующих участков или после сноса ветхих зданий; это позволит интенсифицировать использование пространств, которые в настоящее время не используются в полной мере.

Переустройство дорог и общественных пространств также имеет первоочередное значение как обеспечение инфраструктурой, поскольку тысячи людей проходят через район каждый день; поэтому необходимо пересмотреть эксплуатационные качества среды, способствующие общению и совместному комфортному проживанию.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Métair, Kouider; Bekhai, Fatéma; Soufi, Fouadet Benkada, Saddek, Oran face à sa mémoire, Editions Bel Horizon, 2ème édition Février 2003.
- 2) Xavier Malverti, Aleth Picard. Les villes coloniales fondées entre 1830 et 1880 en Algérie. [Rapport de recherche] 489/88, Ministère de l'équipement, du logement, de l'aménagement du territoire et des transports / Bureau de la recherche architecturale (BRA); Ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur; Ecole nationale supérieure d'architecture de Grenoble / Association grenobloise pour la recherche architecturale (AGRA). 1988. hal-01902566

- 3) Julien, Charles-André. Histoire de l'Algérie contemporaine 1827-1871, tome 1, Conquête et colonisation. Paris : s.n., P.U.F., 1964. p. 255.
- 4) Lespès, R. Oran, Étude de géographie et d'histoire urbaines . Oran : Édition Bel Horizon, 2003. p. p.249.
- 5) Bernard Augustin, Doutté Edmond. L'habitation rurale des indigènes de l'Algérie. n°141, 1917, In: Annales de Géographie,, Vol. t. 26, pp. . pp. 219-228.
- 6) Saddek Benkada. « La création de Médina Jdida, Oran (1845) : un exemple de la politique coloniale de regroupement urbain ». *Insaniyat / إنسانيات* . 1998, pp. p. 103-111.
- 7) Bekkouche Ammara. Un quartier nommé Ville Nouvelle. Du village nègre colonial à la Medina J'dida des Oranais. In: Les Annales de la recherche urbaine, N°98, 2005. Les visages de la ville nouvelle. pp. 114-121.
- 8) René Emsalem, Les villages indigènes d'Oran, Revue de géographie jointe au Bulletin de la Société de géographie de Lyon et de la région lyonnaise Année 1950 Volume 25 Numéro 4 p. 289-299.
- 9) Reuss, Louis Jean Max. a travers l'Algérie. [éd.] Collection Xix. p. p174 .
- 10) Bufassa, sami. Multiethnic cities in the mediterranean world history, culture, heritage. AISU International, 2019.
- 11) Benkada, Saddek,, Oran 1732 - 1912 : Essai d' analyse de la transition historique d' une ville algérienne vers la modernité urbaine (ISBN 978-9931-598-22-0 et 9931-598-22-0, OCLC 1150811740, lire en ligne [archive]), p. 148
- 12) Mokrane said, Evolution de la structure commerciale dans un quartier ancien d'Oran : Médina Jdida, thèse 2007, géographie et aménagement urbain
- 13) Anne Bouhali. Médina J'dida (Oran), un quartier-marché sur les routes algériennes du commerce transnational . [<http://journals.openedition.org/emam/889> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/emam.889>] s.l. : Les Cahiers d'EMAM [En ligne], 20 juillet 2015. 26 | 2015.
- 14) Aines Boudinar, Saïd Belguidoum, « Dynamique marchande et renouveau urbain à Oran. Médina Jdida et Choupot, deux quartiers du commerce transnational », Les Cahiers d'EMAM En ligne [archive], 26 | 2015, mis en ligne le 20 juillet 2015, consulté le 27 décembre 2015.
- 15) Abed Bendjelid, Mohamed Hadeid, Abdellah Messahel et Sidi Mohammed Trache, « Différenciations sociospatiales dans les nouveaux espaces urbanisés d'Oran », *Insaniyat / إنسانيات* En ligne [archive], 23-24 | 2004, mis en ligne le 27 août 2012, consulté le 20 décembre 2015.

ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И АДАПТАЦИИ К НОВОЙ ФУНКЦИИ КАРЬЕРОВ

Е. И. Ладик¹, М. В. Перькова^{1,2}, Т. В. Чечулина³

^{1,3} *Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова,*

² *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,*

¹ *krushelnitskaya.lena@yandex.ru*

² *perkova.margo@mail.ru*

³ *tatiana_koch@bk.ru*

Аннотация

В статье рассмотрен отечественный и зарубежный опыт совершенствования и применения технологического комплекса рекультивационных работ на карьерах по разработке месторождений строительного сырья, а также основные виды биологической рекультивации нарушенных земель. В работе представлены существующие приемы восстановления природных систем в России и зарубежных странах при различных горнотехнических и химикобиологических методах. Обоснованы целесообразные для их адаптации и наиболее результативного использования в среднесрочной перспективе в современных реалиях РФ механизмы. Рассмотрены региональные особенности территории Белгородской области, в частности пораженность территорий экзогенными геологическими процессами. На примере участков мелового карьера «Полигон» исследованы особенности, характерные для участков, нарушенных горнодобывающей промышленностью. Выявлены уникальные черты местности и на их основе сформулированы перспективные направления рекультивации.

ВВЕДЕНИЕ

Среди важнейших теоретических и прикладных проблем в сфере охраны и воспроизводства природных ресурсов все более актуальное значение приобретают проблемы предотвращения и ликвидации последствий отрицательного влияния промышленных технологий на природные ландшафты. Интенсивная индустриализация и урбанизация, рост технического прогресса влекут за собой увеличение количества земель, подвергающихся техногенному воздействию.

Актуальность восстановления и использования нарушенных территорий определяется практически повсеместным распространением и дальнейшим развитием в условиях техногенных воздействий нарушенных территорий различных типов. Нарушение территории происходит в основном при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, а также в процессе строительства. Такие земли теряют первоначальную ценность и отрицательно влияют на окружающую среду. Задача рекультивации нарушенных ландшафтов остается актуальной для регионов России, в частности для Белгородской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования авторами применялись методы анализа и синтеза данных о существующих объектах рекультивации территорий промышленных карьеров, литературных источников, методических, нормативных и проектных материалов, с применением элементов комплексного подхода. В статье изучен и структурирован зарубежный и отечественный опыт совершенствования и применения технологического комплекса рекультивационных работ на карьерах по разработке месторождений строительного сырья. Рассмотрены региональные особенности территории Белгородской области, в частности пораженность территорий экзогенными геологическими процессами. На примере территории мелового карьера «Полигон», являющейся карьером цементного завода ЗАО «Белгородский цемент» исследованы особенности, характерные для участков,

нарушенных горнодобывающей промышленностью. Выявлены уникальные черты идентичности местности и на их основе сформулированы перспективные направления развития территории карьера «Полигон».

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Под рекультивацией территорий, повреждаемых вследствие деятельности промышленных предприятий, понимается целый комплекс различных горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных, озеленительных, инженерно-строительных и других работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия земель, освобождающихся после их целевого использования, создание на этих площадях сельскохозяйственных угодий и лесонасаждений, зеленых зон отдыха, водоемов различного назначения, использование этих площадей под застройку и т.д. [2].

Изучая данную тему, необходимо выделить ученых и исследователей, рассматривающих проблему рекультивации и восстановления нарушенных земель. Знакомство с различными материалами по становлению рекультивации в нашей стране началось с 1900 г. Почвоведение и земледелие изучали такие советские исследователи, как Н.Т. Масюк и Н.Е. Бекаревич. Их целью были фундаментальные положения, позволяющие обоснованно вести разработку некоторых важнейших проблем рекультивации, т. е. составлять ее теоретический фундамент. В период опытов по озеленению послепромышленных территорий, лесоразведению велись лабораторные исследования, ставились вегетационные и полевые опыты по выявлению уровня плодородия различных горизонтов почв и материнских пород, по землеванию. Эти опыты проводили русские исследователи А. П. Левицкий, К. К. Гедройц, С. А. Захаров и его ученики и многие другие.

Первые масштабные работы по рекультивации территорий горнодобывающих карьеров были проведены в Германии, в 1766 году. На отвалах отработанных карьеров Рейнского угольного бассейна были высажены деревья, лиственных и хвойных пород. Отдельные деревья красного дуба, высаженные в этот период, сохранились до наших дней. Облесение этих склонов продолжалось до середины 20-го века, общая площадь рекультивированных земель составляла 1700 гектаров [12]. Следует отметить, что вплоть до начала 20 века добыча полезных ископаемых открытым способом осуществлялась в основном вручную. Карьеры характеризовались незначительной и неравномерной глубиной и не вносили существенных изменений в окружающие ландшафты. Мероприятия по рекультивации нарушенных земель состояли из небольших агротехнических работ, связанных с последующим использованием таких земель в хозяйственном обороте.

Бурное развитие индустриализации и строительства в начале 20 века требовало все большего количества добычи полезных ископаемых, что в свою очередь, привело к значительной деградации земель в районах добывающих предприятий. Отрицательное воздействие добывающей отрасли на природные ресурсы характеризуется ухудшением гидрологического и гидрогеологического режимов окружающей местности, падением урожайности сельскохозяйственных культур, сокращением прироста древесины, усыханием и гибелью растений на прилегающих к промышленным разработкам территориях. Размеры деградирующих окружающих территорий нередко в разы превышают площади, непосредственно занятые карьерными выемками и отвалами. В СССР рекультивационные работы в промышленных объемах стали проводиться с 60-х гг. 20 века. Толчком к их развитию в значительной мере способствовало международное сотрудничество. Особую роль сыграло сотрудничество стран – членов Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). До распада СССР и СЭВ было проведено 18 научно-координационных совещаний и 8 международных симпозиумов посвященных рекультивации [4].

На сегодняшний день лидирующими странами в горнодобывающей отрасли являются США; Австралия; Канада; Китай и Россия. Мировым лидером по добыче каменного угля являются США. Основным руководящим документом, регулирующим экологические последствия, связанные с добычей угля, является Закон о рекультивации и открытом способе добычи (SMCRA). Этот нормативный акт, в том числе, подробно описывает механизм финансирования восстановительных работ [6]. Для получения разрешения на угледобывающую деятельность на конкретной территории, компания должна предоставить в федеральный орган власти план, содержащий способы рекультивации земель после проведения добывающих работ. В США горнодобывающим предприятиям предлагается большое разнообразие возможных направлений рекультивации. Помимо традиционного лесохозяйственного и сельскохозяйственного использования восстановленных земель, успешно реализуются проекты по превращению таких земель в поля для гольфа, ипподромы, зоны экономического и научного развития. При соблюдении соответствующих условий такой участок может быть использован под строительство малоэтажного жилья. Таким образом, земельный участок после окончания добычи полезных ископаемых используется крупным бизнесом. Он вправе потребовать компенсацию при выявлении нарушений в отношении рекультивации передаваемой им земли, тем самым делая организацию процесса восстановления земель и его открытость на порядок выше, чем в любых других механизмах регулирования рекультивации, в которых бизнес не принимает участие.

Технический этап рекультивации карьеров, используемых для горнодобывающей промышленности в США, является неотъемлемой частью горной технологии, и учет требований биологической рекультивации на этом этапе обеспечивает создание наиболее благоприятных экологических условий для последующего освоения нарушенных земель. Для достижения состава почв, близкого к естественному, производят селективную укладку породы в отвал с нанесением натуральных почв или создания композиции с добавлением почв для землевания.

В практике восстановления земель применяется обработка нарушенных почв определенными бактериальными культурами, позволяющая резко улучшить условия для роста растительности. Для ускорения развития микроорганизмов используются органические добавки. Практикуется внесение бактерий, фиксирующих азот, для стабилизации структуры восстанавливаемых почв. При выращивании древесных пород практикуется использование грибной микрофлоры. В настоящее время в рекультивации нарушенных земель, как на зарубежных, так и на отечественных карьерах широкое применение находит технология гидропосева многолетних трав. В практику рекультивации метод гидропосева, разработанный изначально во Всесоюзном НИИ транспортного строительства для закрепления откосов транспортных магистралей, широко стал применяться с 1970 г. как химикобиологический метод биологической рекультивации откосов, испытанный и давший положительные результаты [11].

Рассмотрим отечественный опыт рекультивации промышленных земель на примере мелового карьера «Белый колодец», расположенного в Воронежской области. Территория карьера находится в 15 км от г. Воронеж, в Семилукском районе, к западу от междуречья Дон – Ведуга – Девица и занимает площадь около 30 км². На территории участка находится множество оврагов с затапливаемой поверхностью. Склоны карьера подвержены оползням, что требует надежного укрепления. Верхний почвенный слой малоплодороден, располагаются вскрышные породы [13]. В данном случае исследовательской группой предлагается применить метод превращения промышленных территорий в рекреационные. Этот метод предполагает три типа структурной организации горно-технических рельефов (ГТР): «функциональная «агрессия» ландшафта – полная замена производственной составляющей на рекреационную; функциональная «пульсация» ландшафта – изменение и перераспределение пропорции рекреационных участков и хозяйственно-промышленных территорий; функциональная «мимикрия» ландшафта –




слияние архитектурных объектов с природным фоном или подражание характеристикам окружающей среды, с применением архитектурных принципов биотека [5]. Рекультивацию отработанного карьера требуется начинать с частичного выравнивания и поселения низших биоорганизмов – бактерий и водорослей (в том числе и на месте будущего водоема). При доступных способах мелиорации почв путем нанесения грунтового слоя толщиной всего лишь 2 см ускоряется деятельность аэробных микроорганизмов более чем в 20 раз. На дне водоема процессы развития анаэробных микроорганизмов происходят намного медленней. Но если перед затоплением уступы засыпать тонким слоем обогащенной почвы, то это гораздо ускорит процесс развития необходимых полезных микроорганизмов и водорослей. Всё это, в свою очередь, создаст хорошую кормовую базу для рыборазведения, с последующей организацией специальных мест для осуществления рыбной ловли (рис.1).



Рис. 1. Генеральный план объекта Белый колодец [13].

При обустройстве водоемов особое внимание следует уделять устойчивости прибрежных склонов, гидрогеологического рельефа территории, водопроницаемости чаши водоема. При значительной фильтрации необходимо устраивать экраны из глины или тяжелых суглинков, защищаемых слоем местного грунта толщиной не менее 30 см. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям, минимальная глубина водоема должна составлять не менее 1,5 м [8]. При использовании нарушенных территорий для рекреационных целей следует обеспечить нормальные условия для роста деревьев и кустарников и уход за ними. Планирование дорожной сети выполняют с учетом организации поверхностного стока [1]. При рекреационном направлении рекультивации используется частичная планировка поверхности отвалов, а не полная, как при сельскохозяйственном направлении, что снижает затраты на горнотехнический этап рекультивации [1]. Ниже представлены примеры рекультивации территорий промышленных карьеров в отечественном и зарубежном опыте (табл.1).

Табл. 1. Проектный опыт рекультивации территорий промышленных карьеров

| Зарубежный проектный опыт | | |
|---|---|--|
|  | <p>Бутчарт Гарденс, Британская Колумбия, Канада. Площадь территории 22 гектара. Объект рекультивации: известковый карьер, производство цемента с 1888 г. Направление рекультивации: ботанический сад с 1921г.</p> | |
|  | <p>Ботанический сад «Эдем», Корнуолл, Великобритания. Площадь территории 48 гектаров. Объект рекультивации: карьер по добыче глины Направление рекультивации: ботанический сад.</p> | |
| Отечественный проектный опыт | | |
|  | <p>Купчинские карьеры, Санкт-Петербург, Россия. Площадь территории 45 гектаров. Объект рекультивации: выработанные глиняные карьеры. Направление рекультивации: общественный парк с искусственными водоемами.</p> | |
|  | <p>Горный парк «Рускеала», Республика Карелия, Россия. Площадь территории 14 гектар. Объект рекультивации: бывший мраморный карьер. Направление рекультивации: горный парк.</p> | |

Приведенный выше обзор зарубежной и отечественной практики рекультивации территорий отработанных карьеров применителен ко всем регионам России, в том числе и в Белгородской области. Белгородская область – это уникальный по своим минеральным ресурсам регион. Здесь выявлены и в разной степени разведаны крупные месторождения железных руд, бокситов, апатитов, минеральных подземных вод, месторождения строительных материалов (мела, песка, глин и др.). Горнодобывающая отрасль промышленности в нашей области представлена предприятиями по добыче и переработке железной руды в Старооскольской агломерации и Яковлевском районе, добыча мела осуществляется на территории г. Белгорода, также меловые, песчаные и глиняные карьеры находятся практически во всех районах области. Белгородская область представляет собой возвышенную равнину с пологоволнистыми пространствами, расчленёнными долинно-балочной и овражной сетью. Основной фон ландшафтов территории области формируют балки. Площадь балок и оврагов на территории области занимает около 370 тыс. гектаров, именно этот факт в первую очередь обуславливает

развитие на территории области различных почвенных нарушений, которые оказывают негативное влияние на условия жизнедеятельности человека. К таким нарушениям относятся эрозионные, оползневые, карстовые, суффозионные и другие подобные процессы и явления.

Чаще всего на территории Белгородской области происходят нарушения земель вследствие эрозионных, оползневых и карстово-суффозионных процессов [9]. На рисунке 2 отражены участки, пораженные экзогенными геоморфологическими процессами [10]. Наряду с естественными процессами различают техногенные, которые на территории Белгородской области широко распространены. Их развитие обусловлено, прежде всего, крупномасштабной разработкой железорудных и общераспространенных месторождений полезных ископаемых (мел, песок, глина), прокладкой различных коммуникаций (дорог и продуктопроводов), промышленным и гражданским строительством, созданием гидротехнических объектов [15].

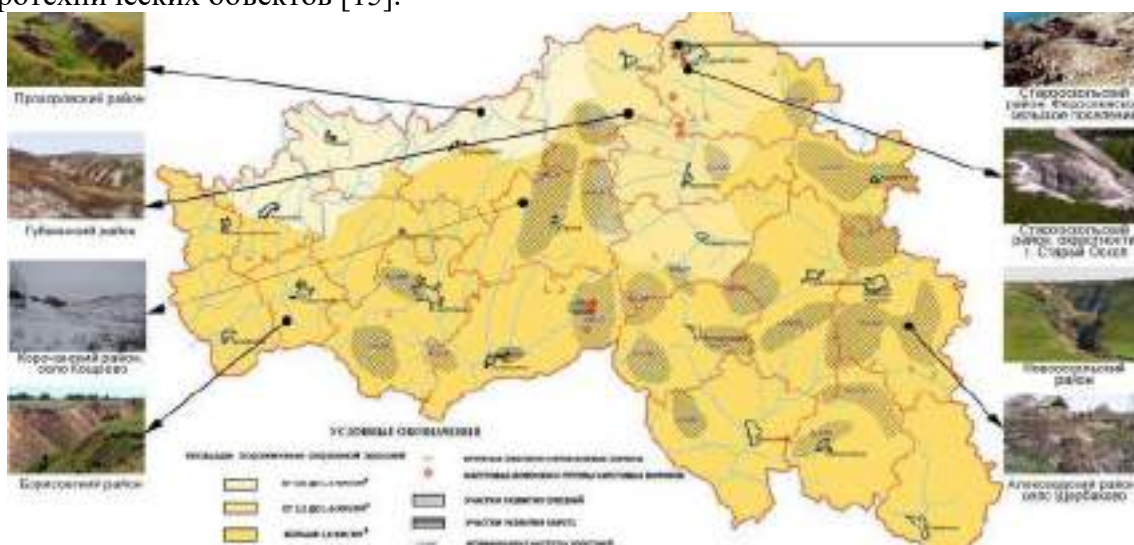


Рис. 2. Карта пораженности территории Белгородской области экзогенными геологическими процессами (по данным ГП «Белгородгеомониторинг»), Белоусова Л.И. [14].

В данном исследовании для рекультивации и последующего благоустройства предлагается территория мелового карьера «Полигон». Территория, предложенная к рассмотрению в данной работе, является карьером цементного завода ЗАО «Белгородский цемент». Общая площадь земель, занятая и нарушенная горнодобывающими предприятиями, составляет 376 кв. км. Неблагоприятное воздействие карьерных разработок отрицательно сказывается не только на потерях земель различного назначения (сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, рекреационных и других), но и на качественных и количественных изменениях состояния окружающей среды и здоровье населения. Концепцию развития территории карьера «Полигон» предлагается осуществить посредством создания рекреационной зоны. Функциональное зонирование и образ будущего парка должны основываться на существующей идентичности места: меловые горы; террасирование склонов; водные каналы и озера; озеленение рекультивируемых участков; многослойность (мел, как известно, представляет собой кальциевые отложения, сформированные из остатков древних земных организмов); грани (меловых гор и уступов, стен карьера). Направление рекультивации должны осуществляться последовательно в два этапа: горнотехнический и биологический. **Горнотехнический этап** предусматривает формирование внутреннего отвала и откосов вскрышными породами, планировку поверхности отвала с нанесением плодородного слоя почвы и рыхлением. **Биологический этап** включает комплекс агротехнических мероприятий - высадку саженцев и семян и посев травосмеси.

Рассматриваемая территория является карьером цементного завода ЗАО «Белгородский цемент». Общая площадь земель, занятая и нарушенная горнодобывающими предприятиями, составляет 376 кв. км. Неблагоприятное воздействие карьерных разработок отрицательно сказывается не только на потерях земель различного назначения (сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, рекреационных и других), но и на качественных и количественных изменениях состояния окружающей среды и здоровье близко проживающего населения. Отсюда возникает необходимость возврата нарушенных карьерными разработками земель в рациональный хозяйственный оборот при обязательном условии минимизации и ликвидации вредного влияния на окружающую среду.

ВЫВОДЫ

В исследовании рассмотрен опыт совершенствования и применения технологического комплекса рекультивационных работ на карьерах по разработке месторождений строительного сырья, который выявил острую необходимость осваивать и восстанавливать нарушенные земли горнодобывающих карьеров, создавая при этом новые рекреационные и различного функционального назначения территории. Изучены основные виды биологической рекультивации нарушенных земель, которые включают поселение низших биоорганизмов – бактерий и водорослей, обработку нарушенных почв определенными бактериальными культурами, мелиорацию почв путем нанесения грунтового слоя, технологию гидропосева многолетних трав. В работе представлены существующие приемы восстановления природных систем в России и зарубежных странах: горнотехнический и химикобиологический метод биологической рекультивации.

Выявлено наличие частично отработанного мелового карьера «Полигон» в г. Белгороде. Исходя из изученного рекультивационного отечественного и зарубежного опыта предлагается создание рекреационного ландшафта на отработанном карьере «Полигон». Применение современных рекультивационных технологий, основанных на использовании активной почвенной микрофлоры, позволяют при минимальных затратах ускорить восстановление нарушенных земель. Создание рекреационной зоны будет способствовать уменьшению расхода предприятия на горнотехнический этап рекультивации и даст возможность предоставления новых услуг, создания новых рабочих мест. Создание рекреационной зоны требует меньших капиталовложений, чем восстановление в сельскохозяйственном направлении, а срок окупаемости рекреационной зоны намного ниже.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научное исследование выполнено в рамках мероприятий Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваганов І.І., Маєвська І.В., М. М. Попович. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища: Учебное пособие // Винница: ВНТУ, 2014, - 267 с.
2. Коваленко В.С., Штейнцайг Р.М., Голик Т.В. Рекультивация нарушенных земель на карьерах: Учебное пособие. В 2 ч. // Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — Ч. 1. Основные требования к рекультивации нарушенных земель. — С. 65.
3. Кожевников Н.В., Заушинцева А.В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1. С. 43 – 47.
4. Моторина Л.В., Панков Я.В., Стифеев А.И., Федотов В.И. Сотрудничество СССР и стран членов СЭВ о рекультивации техногенных земель // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2009. № 2. С. 132 – 136.
5. Миц Г.В. Архитектурно-ландшафтная конверсия хозяйственно-промышленных территорий: дис. канд. архитектуры: 18.00.04 / Г.В. Миц. – М., 2006. – С. 128.
6. Офис открытой разработки, полезных ископаемых, мелиорации и обеспечения [Электронный ресурс] // OSMRE – Режим доступа: <http://www.osmre.gov/about.shtm> (дата обращения 19.03.2021).

7. Перькова М.В., Ладик Е.И. Формирование рекреационных зон на нарушенных территориях // Синергия наук. 2017. № 16. – С. 427-436. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article1073> (дата обращения 19.03.2021).
8. Плужник Г.Н. Нормативные требования и методологические основы устройства карьеров-водоемов [Текст]: сб. науч. пр. – К.: Укртиппроект, 1998. – С. 270-273.
9. Уваров Г.И. Деградация и охрана почв Белгородской области: Монография / Г. И. Уваров, В. Д. Соловиченко. - Белгород: «Отчий край», 2010. -180 с.
10. Хаустова А.О., Перькова М.В. Анализ нарушенных территорий Белгородской области // эл. сб. докл. третьей Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: Архитектура, география, геология», 2017.- С.12-15.
11. Чайкина Г.М., Обьедкова В.А. Рекультивация нарушенных земель в горнорудных районах Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. С. 267.
12. Bruning E., Sbornik J. Zur Frage der Rekultivierbarkeit Braunkohlentagebaus // Internatioales Symposium, Leipzig. 1962. S. 325 – 359.
13. Тихонова Е.Н., Т.А. Малинина, А.С. Селиванова. Рекреационная рекультивация территории как основа создания паркового пространства //Лесотехнический журнал. 2018. № 4. С. 149-155.
14. Белоусова Л.И. Региональные особенности развития и распространения экзогенных геоморфологических процессов на территории Белгородской области // Журнал «Региональные геосистемы». 2011. № 3 (98). С. 186 – 192.
15. Перькова М.В. Особенности культурно-исторических ландшафтов Белгородской области // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017.№ 11. С. 74-79.
16. Ярмош Т.С., Перькова М.В., Пусный Л.А. ландшафтная архитектура: учебное пособие // Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова: 2020. 305 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ

А. В. Комиссаров¹, С. В. Ильвицкая²

Государственного Университета по Землеустройству (ФГБОУ ВО ГУЗ),

¹tixsus@yandex.ru

²ilvitskaya@mail.ru

Аннотация

Рост и развитие городов, уплотнение застройки и усложнение градостроительных взаимосвязей — просто неизбежное явление в наше время. Архитекторы и градостроители уже давно задумывались над тем, как обеспечить современный город благоприятными условиями проживания сегодня и оставить потенциал для развития, в будущем. Одним из инструментов, способным достигнуть поставленной цели, может стать развитие динамической архитектуры.

В статье, на основании подробного описания и анализа существующей градостроительной и архитектурной ситуации в центрах малых городов, предлагается новые современные решения и идеи, хорошо показавшие себя в ряде уже существующих эксплуатируемых зданий. Установлены основные преимущества выбранного направления, а так же сформулированы и предложены способы внедрения технологий и методов проектирования в современных многофункциональных общественных центрах.

Исходя из современных тенденций, выявление и сохранение своеобразия городов является одной из главных идей архитектуры в целом, основной же целью динамической архитектуры является обеспечение благоприятных условий проживания и комфорта среды обитания жителей малых городов, с сохранением принципов исторического развития, богатого культурного и архитектурного наследия, которое в свою очередь обогащается современным благоустройством, дополняющим город нотами современных тенденций.

ВВЕДЕНИЕ

Динамическая архитектура — это новое направление в архитектуре, отличительной особенностью которого является - способ конструирования здания таким образом, что их фрагменты могут двигаться относительно друг друга, не нарушая, при этом, общую целостность структуры. По-другому динамическую архитектуру называют кинетической, и относят к направлению архитектуры будущего. Возможность подвижности структуры здания, или частей его фасада, может быть использована для усиления эстетических свойств, ответа на условия воздействия окружающей среды и выполнения функций, которые несвойственны для здания со статической структурой.

Актуальность темы «динамической архитектуры» обусловлена тем, что в современном ритме городов общественные здания и пространства должны быть «гибкими» и, одновременно, «устойчивыми» к изменениям окружающей среды. За время эксплуатации здания морально и функционально устаревают, т.к. процессы строительства и проектирования являются долгосрочными. Для решения данных задач архитектурное пространство необходимо наделить таким качеством как динамичность.

Возможности практического применения динамической архитектуры резко возросли в самом конце двадцатого века. Это произошло благодаря достижениям в областях механики, электроники и робототехники. Дэвид Фишер — автор теории динамической архитектуры. Известен его проект восьмидесятиэтажного «Вращающегося небоскрёба», первого в мире здания с изменяемой формой, с возможностью вращения вокруг своей оси за счёт энергии, выработанной ветряными двигателями.

Однако более широкая потребность существует в придании динамичности фасадам здания и адаптации среды жизнедеятельности к постоянно изменяющимся новым условиям. Так традиционная статичная архитектура превращается в относительно

подвижную, трансформируемую «эволюционную» систему, адаптируясь, в свою очередь, к современным, меняющимся условиям.

Таким образом, обоснована актуальность исследования, связанная с мировыми общественными изменениями и установления курса развития и расширения современных городов. Недостаточная изученность архитектурно-планировочных аспектов организации общественных пространств с изменяемым внешним и внутренним контуром, задерживает распространение данной типологии в широком использовании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные положения работы основаны на исследовании архитектурно-строительных решений по материалам отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства многофункциональных общественных центров и на анализе литературных источников.

Последовательность работы заключается в переходе от рассмотрения общих функционально-технологических и территориально-пространственных аспектов организации и размещения многофункциональных общественных центров к частным принципам их архитектурного решения.

Методы исследования включают в себя: обобщение материалов натуральных обследований многофункциональных общественных центров и динамической архитектуры, изучение основ их функционально-планировочной организации по литературным источникам и проектным материалам, изучении электронных ресурсов по теме научного исследования, синтез новых архитектурных, градостроительных и ландшафтных приемов и оценка полученных данных на примере проектируемого архитектурного объекта.

Проблема исследования многофункциональных общественных комплексов в крупных городах в мире и, в частности, в России, с каждым годом становится все более актуальной и начинает активно развиваться.

Большое влияние на современное формирование динамической архитектуры многофункциональных зданий и комплексов сделан в произведениях известных архитекторов, таких как: Сантьяго Калатрава, Дэвид Фишер, Норман Фостер и др.

Общий подход и широкий обзор зарубежного опыта по формированию многофункциональных зданий и комплексов в структуре города сделан в работах зарубежных исследователей: Ле Корбюзье [1], Ч. Дженкс [2], П. Уокер, Х. Ян и др. На развитие представлений об архитектуре современных многофункциональных комплексов в нашей стране, оказали влияние и работы ученых и архитекторов: С. А. Колесникова по архитектурной типологии высокоурбанизированных многофункциональных узлов городской структуры; по многофункциональным пространствам крупных общественных комплексов: А. В. Бокова [3], А. Л. Гельфонд [4], А. А. Асадова. В работах этих и других специалистов содержится системный анализ социальных, функциональных, градостроительных, объемно-планировочных и других вопросов формирования общественных комплексов.

Схожие вопросы рассмотрены в теоретических работах таких деятелей архитектуры, как: Нимейер О. [5], Мельников К. С. [6], Ильвицкая С.В. [7-9], Лимонад, М.Ю. [10], Нойферт Э. [11], Сапрыкина Н.А. [12], а так же работах аспирантов: Гагариной Е.С. [13], Хомякова Д.А. [14] и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Среди основных преимуществ динамической архитектуры можно выделить следующие:

1. Снижение негативного влияния окружающей среды, в особенности влияния природно-климатического фактора на объект и его учет при проектировании здания динамической архитектуры;
2. Создание комфортных условий внутри объектов, которые эксплуатируются в сложных и экстремальных условиях;
3. Использование элементов фасада для придания архитектуре объекта характер оригинальности и уникальности.
4. Тесная связь и взаимопроникновение интерьера и экстерьера;
5. Возможность извлечение энергии из возобновляемых источников;

Технические и технологические возможности совершенствования архитекторов XXI в. неуклонно растут. Вместе с этим возрастает и роль влияния проектов на совершенствование городской среды, природной составляющей города и природы непосредственно окружающей города. Особенно важно, чтобы архитекторы заострили внимание на взаимодействии экологического баланса и уровня качества жизни человека, создают среду, которая при достойной эстетической составляющей, высоком качестве жизни и комфорта человека, не влияла негативно, а по возможности улучшала природную среду [15].

Динамическая архитектура, имеет большой потенциал в этом направлении, поскольку, аналогично с устойчивой архитектурой, может снизить влияние архитектурного объекта окружающую природную среду.

Среди принципов формирования устойчивой архитектуры, можно выделить следующие:

- гармонизация экологических, экономических, социальных, территориально-пространственных и объемно-планировочных факторов при развитии поселений;
- применение оптимального сочетания стабильного или существующего и изменяемого в проектировании объектов;
- адаптация к рискам природным, климатическим и, особенно, техногенным;
- пространственное, архитектурное и математическое моделирование здания, зависящее от факторов, определяющих его технологический и жизненный цикл.
- повышение физического и психоэмоционального комфорта людей, благодаря улучшению функциональных, микроклиматических и эстетических параметров застройки в частности и среды обитания в целом

Эти же принципы можно применить и к динамической архитектуре многофункциональных общественных центров, поскольку они так же могут улучшить качество и уровень архитектуры объекта и сделать его более энергоэффективным..

Помимо этого, существуют системы зеленой сертификации (LEED, BREEAM и DGNB) в основе, которых лежит использование стратегий, направленных на повышение производительности по всем наиболее важным показателям [16]:

- экономия энергии,
- водоеффективность,
- сокращение выбросов CO₂,
- улучшение качества экстерьера и интерьера помещений,
- рациональное использование ресурсов.

В современном мире, в том числе и в архитектуре, не прекращаются поиски новых решений. Это движение, аналогично со всеми другими, основывается на процессе повсеместных структурных изменений в культуре потребления человека, вызванных наступлением информационной эры, приходящей на смену постиндустриального общества.

Среди основных направлений можно выделить следующие:

- зеленая архитектура;
- экоустойчивое строительство;
- экологическая архитектура;
- архитектура высоких технологий;
- биоклиматическая архитектура;
- энергоэффективность в строительстве;
- умный дом.

В основе всех этих направлений лежит стремление снизить затраты материальных ресурсов, не снижая, а в отдельных случаях, повышая удобство здания для потребителя и комфорта внутреннего наполнения объектов архитектуры, снижения потребления энергетических ресурсов (как возобновляемых, так и не возобновляемых) и совершенствование технологии возведения. Эксплуатация зданий при этом должна быть технологична и экономически целесообразна [17].

Динамическая архитектура так же дает возможность для развития всех направлений зеленой архитектуры, поскольку:

- благодаря своей возможности адаптироваться под новые окружающие условия, она является тесно связана с информационной структурой умного города и способна автоматически реагировать на внешние изменения;
- динамическая архитектура предназначена для использования в сложных и непостоянных природных климатических условия, и способна нивелировать их воздействие на объект
- дает возможность применения экологически чистых материалов, снижения вредных выбросов в атмосферу и уменьшения потребления ресурсов, — данное направление становится все более актуальным в крупных городах с каждым годом.

ВЫВОДЫ

Основываясь на основных тенденциях направления динамической архитектуры в мире, были выявлены способы и сформулированы принципы применения динамических элементов в многофункциональных общественных центров в Москве и МО:

Принцип интеграции - Применение динамических ограждающих конструкций для создания тесной взаимосвязи интерьера и экстерьера;

Принцип энергоэффективности - Использование динамических фасадных конструкций для регулирования оптимальной инсоляции и предотвращения перегрева или охлаждения помещений;

Принцип адаптивности - Создание динамических трансформируемых пространств, соединяемых при необходимости в единый объем или разделяемых на несколько. Способных адаптироваться к конкретной поставленной задаче.

На данный момент развитие многофункциональных общественных центров в России является необходимой задачей. Постепенно подобные объекты включаются в городскую инфраструктуру, улучшая и совершенствуя её. Как и любое другое здание, многофункциональный общественный центр должен отвечать всем современным требованиям, предъявляемым к данному типу объектов: обеспечение функционального наполнение, комфортного пребывания внутри, транспортной и пешеходной доступности.

Одним из способов развития данного типа зданий является динамическая архитектура. Её внедрение позволит улучшить характеристики объекта на котором она применяется, одновременно с этим, разнообразит внешний облик здания, выделив его среди прочих, создаст условия для устойчивого развития общественного центра, обеспечив его возможностью обеспечения актуальных сегодня и в будущем пространств и новых функций.

Однако формирование новой архитектуры в существующей архитектурно-исторической среде, должно быть чутким и обоснованным, на исследовании и грамотном подходе к её анализу.

На основе анализа существующей среды, формируется объемно-пространственный образ новой архитектуры, использующей динамические элементы. Способы внедрения новых элементов в здание, способы взаимодействия этих элементов со статической архитектурой, а так же методы средовой адаптации новой архитектуры, с учетом характерных региональных особенностей, должны разрабатываться для каждого проекта уникально, не допуская шаблонных архитектурных решений.

В данной работе выявлены ключевые проблемы развития динамической архитектуры, целесообразность её применения и необходимости внедрения динамической архитектуры в многофункциональные общественные центры нашей страны, что подтверждается экспериментальным проектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Ле Корбюзье. Архитектура XX века». // Перевод с французского В.Н. Зайцева. Под редакцией Топуридзе К.Т. Издательство «Прогресс». 1970.
2. Язык архитектуры постмодернизма // Дженкс Ч. ; Перевод с английского А. В. Рябушина, М. В. Уваровой; Под редакцией А. В. Рябушина, В. Л. Хайта. — Москва: Стройиздат, 1985. — 136 с.
3. «Графика 1968-2018» Архитектор Андрей Боков // Изд. Tatlin, 2018г. — 200 с.
4. «Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений» // Гельфонд А.Л., Издательство «Архитектура-С» 2006 г.
5. Оскар Нимейер «Великие архитекторы. Том XXI» // Геташвили Н., 2015 г. — 70 с.
6. «Архитектор Константин Мельников. Павильоны, гаражи, клубы и жилье советской эпохи» // Коллекция музея архитектуры им. А. В. Щусева., Том 4, 2015 г.
7. С. В. Ильвицкая, «Культурно-досуговый центр как архитектурный ориентир в пространстве современного российского города», // Изд. «Жилищное строительство», 2011. г., №: 10.-С.17-20
8. С. В. Ильвицкая, Савченко В. Проблемные территории в структуре современного города. // Архитектура и строительство России.- 2019, №1,- С. 118-120 (№ 154 в перечне ВАК).
9. Инновации и перспективы развития архитектурной науки и практики. // Монография под редакцией д-ра архитектуры С.В.Ильвицкой, Издательство «ИНФРА-М», Москва, 2019, 204 с.
10. «Основы общей теории архитектуры», М. Ю. Лимонад и др. // Изд. «Шасси», 2018 г.
11. «Строительное проектирование», Эрнст Нойферт // Стройиздат, 1991 г.
12. Сапрыкина Н. А., «Основы динамического формообразования в архитектуре» // учебник / 3-е изд. доп. и перераб. – М.: КУРС, 2021. – 384с.
13. Гагарина Е.С., «Принципы адаптивности архитектурной среды на примере общественных пространств города» // 2019 г., режим доступа: <https://marhi.ru/sciense/author/gagarina/index.php>, дата обращения 13.11.2019.
14. Хомяков Д.А., «Основы градостроительной стратегии развития загородных поселений московского региона» // 2018г., режим доступа: <https://marhi.ru/sciense/author/khomyakov/index.php>, дата обращения 13.11.2019.
15. Куликов Д.А., «Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства» // автореф. дис. канд. арх. – Нижний Новгород, 2011г.
16. Широков Е., «Экологическая архитектура устойчивого развития» // «Строительство и недвижимость», 2005г., том №1, с. 17
17. Корягина А., «Системы сертификации зеленого строительства» // Commercial Property №2(91) 2011г. – с. 44-47

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Б. С. Стригин¹, Р. В. Панькин², М. А. Бердников³

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Филиал НИУ МГСУ в городе Мытищи,

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*striginbs@mgsu.ru*

²*rankin-roma@mail.ru*

³*micha.berdnikov@inbox.ru*

Аннотация

Данная статья обозревает проблему плотной застройки крупных городов мира. Уже нет тенденции строить малоэтажные дома с просторными комфортными квартирами, всё сводится к строительству многоэтажных зданий с небольшими площадями застройки и как следствие с маленькими квартирами. Из-за чего с каждым годом сокращается количество свободных участков суши и повышается их цена. Общественные места теряют свой смысл по причине загруженности окружающего пространства. Содержание крупных городских площадей экономически невыгодно, а создание пространств внутри зданий психологически не дают чувства свободы и комфорта. В статье указаны способы и методы решения данной проблемы благодаря осваиванию водного и надводного пространства, так же технологическая реализация данных идей.

ВВЕЕНИЕ

В настоящее время население крупных городов всего мира увеличивается крайне быстро. Застройка идёт стремительными темпами. Делается это с целью того, чтобы жилья хватило всем людям, живущим в этом городе. Как следствие, цены на земельные площади возрастают. Оставлять несколько огромных пустых территорий для общественной жизни людей финансово не выгодно для властей. Наибольшая прибыль получится, если эту территорию застроить. Наличие городских площадей качественно влияет на психологию и социализацию людей. Поэтому создание большого, открытого общественного пространства вне суши – является актуальной проблемой.

Ещё с древних времён главной частью города считались различные преддворцовые и предсоборные площади. Это места скопления населения города, здесь люди могут без всякого стеснения проводить свой досуг. Человек – существо социальное, всё это ему необходимо, для комфорта. [14], [15]

Цель исследования:

- Дать оценку методам создания общественного пространства вне суши.

Задачи:

1. проанализировать важность открытых общественных пространств для общества;
2. Привести пример сокращения размеров городских площадей;
3. Представить варианты реализации общественного пространства вне суши.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на основе анализа городской среды крупнейших городов мира, а также наиболее известных площадей. Решением поставленного вопроса является теоретическое представления конструкций и способов реализации общественного пространства в условиях плотной застройки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Города с большими площадями ощущаются свободно. Утром площадь целиком освещает солнце, а вечером звездное небо создаёт эффект безграничного пространства.

Площадь перед собором Святого Петра – считается одной из крупнейших площадей Европы (Рис.1). Её размер равен 77 тыс. квадратных метров.



Рис.1. Площадь перед собором Святого Петра в Риме

В 1656 году началось возведение площади перед собором – это одно из самых выдающихся произведений мировой архитектурной практики. Площадь нужна была для того, чтобы вмещать огромное количество верующих, которые стекались к собору для получения благословения Папы Римского и участия в религиозных праздниках. Площадь обрамляют полукруглые колоннады тосканского ордера, образующие в сочетании с собором символическую форму «ключа Святого Петра». В центре площади стоит обелиск, который перенесли из цирка императора Нерона. От обелиска по брусчатке расходятся лучи из травертина, устроенные так, чтобы обелиск выполнял роль гномона. Задачу спроектировать площадь перед собором выполнил мастер Джованни Лоренцо Бернини. [1]

В настоящее время на площади можно встретить туристов и местных жителей. Во время церковных служений и праздников, площадь заполняется верующими со всего мира.

Площадь Кинкос – главная площадь французского города Бордо. Возведена она была в начале XIX века на месте замка Тромпетт (Рис.2). Название переводится с французского как шахматная доска. Площадь получила такое название благодаря деревьям вокруг, они расположены в шахматном порядке. Площадь имеет размеры 120 тыс. квадратных метров. [10]



Рис.2. Площадь Кинкос, Бордо, Франция

Содержание таких больших общественных пространств стоит значительных затрат, с учетом подорожания земли и ростом населения города. Немало примеров устранения известных на весь мир площадей, вот один из них:

Преображенская площадь – это плац-парад Преображенского полка. Появилась она в первой четверти 19-го века, а была застроена в 1930-х годах века 20-го. На картах и фотографиях советского периода её уже нет (Рис.3).



Рис.3. Преображенская площадь. Карта 1884 года (слева) и карта 2021 года (справа)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для повышения эффективности застройки площади города решением может стать организация площадей вне суши. Основной причиной, по которой строительство должно осуществляться на суше, а организация площадей на воде – упрощённое возведение фундамента и увеличенные сроки его эксплуатации.

Возможно три варианта организации водного пространства.

Создание искусственного основания из отходов производства

Этот способ уже много лет применяется в Японии, т.к. Япония располагается на группе островов и площадь суши ограничена. Ежедневно выбрасываются десятки тон мусора, часть из которого трудно переработать. В данной ситуации эти отходы применяют в качестве строительных материалов. [11], [12]

Специальная техника сбрасывает мусор с берега в воду. Далее из мусора формируют участок земли, а затем уплотняют и скрепляют между собой. Получается искусственное основание, на котором можно организовывать территории для застройки или даже целых городов. Крупнейшим искусственным островом Японии является Одайба (Рис.4). [13]



Рис.4. Остров Одайба, Япония.

Но такой вариант организации общественного пространства возможен только в городах, имеющих выход к морю или океану. Так как при осушении натуральных водоемов наносится непредсказуемые вред экосистеме.

Создание понтонной системы из светопрозрачного материала

Понтон – плавучее средство, служащее как для переправ, так и как плавучее основание для зданий или понтонных мостов. Он представляет собой полую конструкцию, защищённую от попадания влаги вовнутрь. [2]

Для перекрытия водоема системой понтонов, соединённых между собой необходимо выполнение двух условий:

1. Организация пространства между площадкой понтона, по которой будут передвигаться люди, и гладью воды. Делается это для естественного обогащения водоема кислородом, таким образом экосистема остается невредимой.
2. Использование светопрозрачного материала для понтона. Это нужно для обеспечения естественную инсоляцию водоема.

С точки зрения простоты использования, понтоны наиболее выгодный вариант. Материалом для производства могут служить: оргстекла и стеклопластики различной прозрачности. Цена этих материалов дешёвая, но конструкции из них, погруженные в воду и испытывающие постоянные поперечные нагрузки, требуют частой чистки и полировки.

Монтаж всей понтонной системы будет представлять собой:

1. Сбор одного понтона из трёх и более сфер или полусфер, связанных между собой металлическими элементами (Рис.5).
2. Связь понтонов канатной системой
3. Спуск системы на поверхность водоема.
4. Создание настила, для плоской равномерной поверхности, с возможностью передвижения по её площади.

Применять понтоны можно исключительно летом, т.к. они находятся непосредственно в воде и материал может просто не выдержать давления, создаваемого кристаллизацией воды. Также понтоны не подходят для создания абсолютно неподвижной площади относительно суши. Вся система будет перемещаться целиком из-за течения воды, ветра и неравномерным распределением нагрузки по площади.

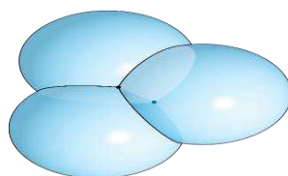


Рис.5. Вариант модели понтона

Перекрытие водоема тентовым полотном

Применения тента и металлоконструкций как основания на практике редки. Теоретически это вполне реализуемый вариант, т.к. современные тентовые материалы способны выдерживать рабочую нагрузку в 2 тонны на погонный метр, а также пропускать достаточное количество солнечных лучей [5], [7]. Основной материал несущей конструкции может быть, как сталь или дюралюминий, так и композитный современный материал. Главным условием должно быть создание рамы в виде сот [3].

Размер сот – расчётная величина. Соты будут перекрываться тентовым материалом, с стабилизирующим натяжением, для создания ровной, по минимуму упругой плоскости.

Таблица 1. Физико-механические характеристики тентового материала на основе капрона с разными вариантами покрытий. [4]

| № | Наименование показателей | Направление | Исходный материал без покрытия | | С покрытием на основе полихлоропрена | | С покрытием на основе хлорсульфированного полиэтилена | | С покрытием на основе уретанового эластомера | |
|---|---|-------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------|---|-------------------|--|------------------|
| | | | До старения | После старения | До старения | После старения | До старения | После старения | До старения | После старения |
| 1 | Прочность на разрыв, Н/см ² | О | 1058 | 940 | 1066 | 971 | 1060 | 914 | 1040 | 923 |
| | | У | 845 | 791 | 857 | 823 | 846 | 781 | 837 | 787 |
| 2 | Относительное удлинение, % | О | 21,5 | 20,5 | 21,2 | 19,0 | 23,0 | 20,0 | 24,0 | 22,4 |
| | | У | 32,8 | 26,7 | 32,0 | 26,0 | 31,5 | 28,0 | 34,0 | 29,0 |
| 3 | Прочность на раздир, Н | О | 255 | 196 | 242 | 205 | 247 | 195 | 227 | 168 |
| | | У | 215 | 182 | 208 | 202 | 206 | 187 | 180 | 171 |
| 4 | Жесткость, Н | О | 0,234 | 0,317 | 0,211 | 0,217 | 0,210 | 0,235 | 0,375 | 0,361 |
| | | У | 0,194 | 0,247 | 0,205 | 0,203 | 0,190 | 0,199 | 0,244 | 0,249 |
| 5 | Устойчивость к многократному изгибу на приборе МИДЛ (число циклов до появления трещин) | О | 10000 | 10000 | 7160 ^x | 6950 ^x | 7050 ^x | 6158 ^x | 7342 | 7200 |
| | | У | 10000 | 10000 | 7860 ^x | 7200 ^x | 7100 ^x | 6920 ^x | 7300 | 7590 |
| 6 | Относительное снижение прочности материала при истирании $A = (P1 - P2)/P \cdot 100$ % | О | 19,7 | 21,8 | 17,5 | 21,7 | 28,3 | 32,2 | 19,7 | 19,5 |
| | | У | 40,2 | 39,3 | 37,0 | 36,8 | 47,4 | 41,1 | 42,1 | 32,7 |
| 7 | Наименование цвета покрытия | | Светло-серый | Серый | Серебристый | Серебристо-желтый | Серебристый | Желто-коричневый | Серебристый | Темно-фиолетовый |

Обозначения: О – в направлении основы (продольном); У – в направлении утка (поперечном); P_1 – прочность материала на разрыв до истирания; P_2 – то же после истирания до 400 циклов на приборе ПИТ

Располагаться эта конструкция будет на стойках над уровнем воды. Основные стойки держат конструкцию с берега, а дополнительные погружены в воду. Вся несущая конструкция в совокупности имеет ряд преимуществ. Хороший показатель устойчивости волнового давления и ветровой нагрузки. Основная несущая конструкция (рама) не подлежит демонтажу на период холодного времени года. Высокая ремонтпригодность, обеспеченная простотой конструкции [6], [8], [9].

ВЫВОДЫ

Использование водной среды для расширения границ в будущем может стать способом решения проблемы организации общественного пространства. Это экономически выгодный способ решения проблемы, так как дешёвые материалы и относительная простота технологии производства делают этот вариант одним из самых актуальных в современной архитектуре. Создание искусственных островов из отходов производства уже активно реализуется в развитых, густонаселенных городах, в частности Японии и ОАЭ. Кроме самой задумки реализации таким образом полезных площадей для строительства, это также прибыльнее чем переработка сложных отходов жизнедеятельности человека.

Понтоны – это перспективная разработка в данной сфере, но пока она реализуется только для расширения береговой линии или в частных проектах малоэтажного строительства.

Перекрытие водоема тентовым полотном – это самая технологичная и перспективная разработка. Модернизированные и создание более прочных и светопрозрачных композитных материалов, позволит реализовать данный проект. В настоящее время строительство подобных конструкций экономически невыгодно. В ближайшем будущем ситуация может поменяться, т.к. производство композитных материалов развивается крайне быстро и со временем цены на подобные изделия будет меньше.

Реализация общественных пространств на воде – один из главных вопросов современной градостроительной сферы. Данный способ обеспечивает наиболее экономное использование суши с целью застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркузон В., Всеобщая история архитектуры XII тома. Том V Архитектура Европа XV-XVI веков. Эпоха Возрождения. – М.: Стройиздат, 1967. - 658с.
2. Зайцев С.В. Спецоборудование амфибийных транспортных средств специального назначения. Наплавные мосты и паромы: учеб. пособие / С.В. Зайцев, М.Ю. Тимофеев. - М.: МАДИ, 2015. - 100 с.
3. Блинов Ю.И., Стригин Б.С. Опыт и перспективы использования тентовых пространственных конструкций Повышение эффективности и надежности строительных конструкций в условиях Восточной Сибири. - 1980. - С. 25-29
4. Стригин Б. С., Степина И. В. Полимерная композиция для защиты строительных конструкций // Журнал «Перспективы науки». 2019. №7(118). С. 58 – 62.
5. Скопенко. В.А. Тентовая архитектура: вчера, сегодня, завтра / В.А. Скопенко // Академический вестник УралНИИПроект. –2010. –№1. –С.30–36.
6. Мушинский, А.Н. Строительство быстровозводимых зданий и сооружений / А.Н. Мушинский, С.С. Зимин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 4(31). – С. 182–193.
7. Кривошапко С.Н. Тентовая архитектура / С.Н. Кривошапко // Строительство и реконструкция. –2015. – №3. –С.100–109.
8. Шалимов, В.Н. Управление формообразованием поверхностей тентовых тканевых конструкций / В.Н. Шалимов, Е.В. Попов, К.В. Шалимова // Приволжский научный журнал. – 2011. – № 2. – С. 20–26.
9. Ермолов В.В. Прошлое, настоящее и будущее пневматических строительных конструкций. Пневматические строительные конструкции. - 1983. - С. 5-110.

10. Площадь Кинконс // Рамблер/путешествия URL: <https://travel.rambler.ru/guide/47467-Place-des-Quinconces/#1>.
11. Семенов Д.А., Калошина С.В. Инновационные технологии строительства искусственных островов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 4. – С. 80–92.
12. Bozzato F. Dryland: artificial islands as new oceanscapes // Journal of Futures Studies. – 2013. – № 4 (17). – P. 1 – 16.
13. Воскоњьян В.Г. Строительство искусственного острова // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 8. – С. 84 – 86.
14. М. Ю. Гаврилова, А. М. Гаврилов. Приёмы использования водных структур в формировании общественных городских пространств // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 69-73.
15. Никоноров, Е. А. Понятие общественного места в российском законодательстве / Е. А. Никоноров, А. А. Никоноров // Вестник экономической безопасности: журн. — 2018. — № 2. — С. 222–227. — ББК 67.401. — УДК 342.9.

ЭКУМЕНИЧЕСКИЙ ДИАЛОГ В АРХИТЕКТУРЕ

Л. А. Пахолкова¹, В. Н. Ткачев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹paolkova97@mail.ru

Аннотация

Простых решений для достижения гармонии межконфессиональных отношений не существует. Движение экуменизма как идеологии всехристианского единства, специфично и многомерно, вызывает массу споров и дискуссий, но нельзя отрицать мировые тенденции к интеграции и сотрудничеству. На сегодняшний день экуменизм не ограничивается диалогом и встречами религиозных деятелей различных конфессий, а имеет воплощение в различных архитектурных объектах, таких как межконфессиональные храмы и парки мировых религий.

ВВЕДЕНИЕ

Новейшее время характеризуется пересмотром взаимоотношений людей и религии. Церковь как место общения человека с богом в историческом понимании отходит в жизни людей на второй план. На сегодняшний день все большую популярность набирают общественные пространства, созданные для уединения и медитации, либо многоконфессиональные сооружения, объединяющие различные религии. Люди ищут новые способы общения с представителями других общин, подчеркивая роль индивидуальности каждой, т.к. они имеют мощное коллективное воздействие. Общение людей не ограничивается религиозными учениями, проводятся различные совместные мероприятия, связанные с историей, искусством, кулинарией, способствующие лучшему взаимопониманию. Активная социальная работа, образовательные программы на территории многоконфессиональных комплексов способствуют устранению вражды и недоразумений, защищает свободу вероисповедания. Многоконфессиональный религиозный комплекс становится примером сотрудничества различных религиозных общин в деле духовного просвещения членов диаспор и простых людей. Истоки движения объединения конфессий и поиска смыслов сообща можно проследить от зарождения экуменизма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Возникновение такого специфического явления как экуменизм в новейшем времени требует догматического осмысления. Положительные и отрицательные стороны, апофатичность и катафотичность развития лишь подтверждают многомерность причин его появления к началу XX века. Экуменизм зарождается в момент перестройки исторического бытия Церкви, вместе с изменением отношений с окружающим миром, формируя тем самым новую эпоху, ставящую множество вопросов к самой Церкви.

Среди первопричин зарождения экуменизма в XX веке можно выделить несколько основополагающих:

- *Христианство и церковь в целом перестают занимать лидирующие позиции в жизни человека.* Снижение религиозности - многофакторный процесс, который можно объяснить активными секулярными процессами, развитием науки и образования, повсеместной технологизацией жизни. Государственная поддержка христианства через создание привилегий для церкви, способствует падению числа христиан. В мире все больше усиливаются тенденции открытости, наращивается коммуникация и интеграция культур. Глобализация как сложный процесс, включающий в себя экономические, политические и культурные процессы и унификации, также отражается и на конфессиональной среде. «должны были бы содействовать раскрытию в умах людей сознания необходимости глобального видения судеб всего мира» [4]
- *Христианство становится многообразным, появляется множество различных конфессий.* В течение многих веков с момента зарождения христианства существовали различные традиции веры. Они претерпевали непрерывные изменения, развивая внутри себя разные школы. Религия становится рассеянной поверх традиционных конфессиональных, политических, культурных и цивилизационных границ» [6].

В современном мире одновременно существуют два процесса: дробление христианства и попытки к его объединению. Вместе с общим ростом апостасии, дробление христианского мира, в протестантской среде осознается как огромная проблема. Это и послужило причиной появления такого явления как экуменизм. С каких сторон не рассматривать экуменистическое движение, очевидно что его появление подкреплено исторической логикой и неизбежно рассматривается историей богословия. Формы и методы объединения, предлагаемые в рамках движения неоднозначны и порой диаметрально противоположны. Общим остается лишь ориентир на сближение. Это позволяет обнаружить в движении целый ряд концепций, объясняющих причины раздробленности христианства а также предлагающих пути решения прекращения дальнейшего дробления. [8]

- *Теория ветвей.* Самый базовый вариант экуменистического движения. Согласно ему Церковь Христова изображается деревом, а все христианские конфессии - его ветви, при кажущемся различии все вместе они составляют единое целое. Осознание этой концепции должно привести к сближению того, что изначально уже является единым. Согласно теории ветвей различия между конфессиями являются лишь подтверждением ее многообразия, а не преградами разрушающими Церковь.
- *Теория восстановления.* Данная теория популярна в протестантской среде и широко выходит за ее пределы. Согласно этой концепции все конфессии берут начало от единства со Христом, постепенно внося нетерпимость и грех межконфессиональных разделений. По мнению приверженцев данного направления необходимо объединить ценности лежащие в основе духовного опыта друг друга, отбросив разночтения и тем самым открыв путь к единству.

- *Теория синкретической церкви.* Данная теория прямо предлагает объединения духовного опыта различных конфессий, совместный труд для создания единой межконфессиональной, синкретической христианской религии.

Экуменизм имея в основе синкретический характер, оказывается сверх-религией, стремящейся к созданию комплексной идеологической основы, объединяющей в себе все догмы и религии. Различные мнения лишь обогащают общее религиозное знание, расширяя и дополняя картину мировоззрения, являясь по сути различными интерпретациями одних и тех же истин.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С 2003 года в Астане проводится Съезд лидеров мировых и традиционных религий, в котором приняли участие руководители и представители духовенства христианства, ислама, иудаизма и большинства традиционных религий. На съезде ведутся конструктивные диалоги по сближению религиозных общин. Одной из задач является углубление и упрочение взаимного понимания и уважения между религиозными общинами. [2] Движение экуменизма идет дальше, чем встречи и диалоги представителей различных конфессий. Оно имеет физическое воплощение в архитектуре, в таких объектах как межконфессиональные храмы, парки мировых религий, храмы экуменистического диалога.

В 2014 году в Московской области планировалось строительство культурно-просветительского комплекса “Парк народного единства и согласия”. Идея принадлежала Межрелигиозному совету России. Основные принципы, заложенные в основу проекта это созидание, гармония и духовное возрождение России. Помимо религиозного просвещения планируется политика просвещения в сфере развития человечества и высоких технологий. Парк или “культурно-просветительский комплекс” разделен на несколько зон: религиозную, парковую, досуговую и коммерческую. В них планируется размещение конгресс-холлов, библиотек, музеев истории, экспоцентров и планетария. Создание тематических парков само по себе не является новостью. Один из самых популярных находится в США - The Holy Land Experience - находится во Флориде. В нем представлена самая обширная (после собраний Ватикана) коллекция Библий и религиозных артефактов, масштабная модель Иерусалима и многое другое. [7] Еще одним многоконфессиональным комплексом в Москве можно считать Мемориальный комплекс на Поклонной горе. В его состав в настоящее время входит православный храм Георгия Победоносца, синагога и мечеть. В будущем планируется строительство армянской и католической часовен и буддийского храма. Мемориальный комплекс стал местом объединения молитвенной памяти обо всех погибших в годы Великой отечественной войны, вне зависимости от вероисповедания.

Храмовый комплекс четырех религий в Отрадном объединяет православную часовню и храм, мечеть, синагогу и буддийскую пагоду, строения относятся к самым распространенным исповедуемым в России религиям. Далай-лама XIV, дал название московскому храму “Центр изучения и практики учения Будды”, подчеркивая что храм - место буддийской философии нравственности, будет местом объединяющим все направления буддизма.

ВЫВОДЫ

Таким образом, современные мультикультурные общества, политика которых основана на либеральных ценностях, заставляют людей пересматривать место и роли традиционных религий в своей жизни. Несмотря на большое развитие индивидуальных духовных практик, направленных на ценности самовыражения, количество христиан остается значительным. Ценности, лежащие в основе христианства продолжают оказывать влияние на общественные институты, формирование мировоззрения. Люди все чаще убеждаются,

что многие проблемы можно решить только объединив усилия, основываясь на взаимопонимании и сотрудничестве, солидарности и терпимости. Достичь гармонии в межконфессиональных отношениях не простая задача, готовых решений к которой не существует. Многоконфессиональные комплексы, стремятся к интеграции интересов верующих различных конфессий, на основании толерантности, сохранении культурной идентичности при объединении в единое целое на новом значимом основании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмеман А., протопр. Экуменическая боль // Православие и экуменизм. Документы и материалы 1902–1998. — М.: Издательство МФТИ — ОВЦС МП, 1999. — С. 325–339
2. Official Documents of the Holy and Great Council of the Orthodox Church. Отношения Православной Церкви с остальным христианским миром. — Режим доступа: <https://www.holycouncil.org/-/rest-of-christian-world>. Дата обращения: 25.10.21
3. Православная Церковь и экуменическое движение. Решение Третьего Предсоборного Всеправославного совещания, Шамбези, 28 октября — 6 ноября 1986 года // Православие и экуменизм. Документы и материалы 1902–1998. — М.: Издательство МФТИ — ОВЦС МП, 1999. — С. 357–361
4. Горохов С.А. Конфессиональное геопространство как объект изучения географии религий // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 21–30.
5. Казьмина О.Е., Пучков П.И. Религиозные организации современного мира. М.: Изд-во Моск. гос. унта, 2010. 356 с.
6. Многоликая глобализация. Культурное разнообразие в современном мире / Под ред. П. Бергера и С. Хантингтона. Пер. с англ. В.В. Сапва. М.: Аспект Пресс, 2004. 379 с
7. НАО «Центр Н. Назарбаева по развитию межконфессионального и межкультурного диалога» — Режим доступа: <http://religions-congress.org/ru/page/o-sezde>. Дата обращения: 15.10.21
8. А. Малашенко, С. Филатов. Религия и глобализация на просторах Евразии. 2-е изд. М.: Российская политическая энциклопедия (РОСПЭН); Моск. Центр Карнеги, 2009. 341 с.
9. Мартыненко А. В. Бахаи в России // Текст научной статьи по специальности “История и Археология” — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bahai-v-rossii>. Дата обращения: 18.10.21
10. Павлов Н.Л. Основные стадии развития религии и три типа культовых структур. // Architecture and Modern Information Technologies. — 2018 — с. 38-54. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-stadii-razvitiya-religii-i-tri-tipa-kultovyh-struktur/viewer>. Дата обращения: 16.10.21
11. Камедина Л.В. Стереотипы восприятия религиозных культур. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/stereotipy-vozpriyatiya-religioznyh-kultur/viewer>. Дата обращения: 17.10.21
12. Борисов О. Хронология становления экуменизма. — Режим доступа: <https://www.kultoboz.ru/ekumenizm>. Дата обращения: 12.10.21
13. Солодков А. И. Хитросплетенный экуменизм католицизма. — Режим доступа: <https://azbyka.ru/xitrospletennyj-ekumenizm-katolicizma>. Дата обращения: 25.10.21
14. М.В. Легеев, иером. Мефодий (Зинковский), иером. Кирилл (Зинковский) Экуменизм как явление современности. — Режим доступа: <https://azbyka.ru/otechnik/bogoslovie/ekumenizm-kak-javlenie-sovremennosti/>. Дата обращения: 13.10.21
15. Храм всех религий. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Храм_всех_религий. Дата обращения: 18.10.21
16. Культовые сооружения: церкви, соборы, монастыри, мечети, синагоги. // Бизнес статьи. — Режим доступа: <https://businessman.ru/kultovyie-sooruzeniya-tserkvi-soboryi-monastyiri-mecheti-sinagogi.html>. Дата обращения: 19.10.21

СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ГИБКОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА В ЗАСТРОЙКЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ «ЭКСПО ДУБАЙ 2020»

С. А. Малахов¹, М. Т. Алсаиед Ахмад²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹s_a_malahov@mail.ru

²tarekalsayeda8@gmail.com

Аннотация

Процесс все более ускоряющегося роста городов кроме классических системных проблем сопровождается появлением новых вызовов в области экономической и культурной политики, поведения и коммуникаций, вызванных, в том числе, такими экстраординарными причинами, как истощение природных и энергетических ресурсов, эпидемии, консерватизм градостроительных стратегий. Целью данного исследования является анализ новых инструментов градостроительного, архитектурного, научного и административного воздействия на архитектурные проекты с целью их оптимизации во имя создания устойчивой городской среды. Конкретным предметом исследования стала новейшая практика планирования городской среды, предложенная городом Дубай для соединения в единую программу как минимум двух событий: международной выставки «Экспо-2020» и «Городской план Дубая 2040». Исследуется жизнеспособность структуры плана, включающая, кроме вектора на достижение качества «умного города», концепцию гибкости, позволяющую по-новому взглянуть на вопрос эффективности архитектурных решений. В качестве одной из экстраординарных причин обращения к новой стратегии выступают обстоятельства, связанные с эпидемией, вызванной вирусом Covid-19. Вопросы непосредственного общения между людьми могут потребовать адекватного компромисса с еще более развитыми техническими и цифровыми технологиями, обеспечивающими баланс без ущерба для гармоничного образа жизни. Вопрос гармоничной устойчивой среды явился центральным пунктом программы городского плана Дубая. При этом принцип гибкости архитектурных решений выступает как ключевой инструмент достижения этого качества.

ВВЕДЕНИЕ

В сущности, события последних нескольких лет продемонстрировали возникновение следующих факторов, которые необходимо принимать во внимание при переработке сложившихся стандартов профессионального отношения к архитектурному участию в преобразовании города: 1) рост городского населения при сохранении значительной доли неорганизованных городских районов, многие из которых характеризуются как крайне бедные. Согласно статистике ООН, сегодня более половины населения мира проживает в городских районах, а к 2050 году это число вырастет до 6,5 миллиардов человек (почти две трети всего человечества). При этом арабских странах около 28% всех городских жителей живут в бедных районах или неформальных поселениях (трущобах); 2) экологическая проблематика – истощение природных ресурсов; 3) возросший авторитет цифровых технологий и соответствующей им концепции smart-city в связи с ограничением непосредственных контактов и коммуникаций в результате пандемии Covid-19. Названные факторы, безусловно, теперь должны учитываться в разработке оптимизированных стратегий городского развития. Практика ограничений из-за пандемии показала, что люди теперь более чем когда-либо зависят от достижений в области технологий и цифровых коммуникаций. Таким образом, с одной стороны, еще более проявилась истинная ценность концепции умных городов, а с другой - обострилось отношение к возникшему дефициту непосредственного физического контакта и

социальных отношений между горожанами. И в этом смысле, совершенно актуальным становится гибкий подход к планированию городского пространства и корректировке сложившихся архитектурных типологий.

Теперь мы должны понимать, что помимо необходимости создания умных городов, основной целью которых является управление зданиями путем подключения пользователей и систем зданий с использованием технологий, является достижение удобства пользователей, экономии энергии и снижения стоимости жизни [1], нам нужно, чтобы города были более гибкими, чтобы они были в состоянии реагировать на изменения, которые могут произойти в будущем, с учетом здоровья и благополучия граждан, и это основная цель данного исследования. Принимая во внимание, что устойчивое развитие невозможно добиться без серьезных изменений в способах построения и управления нашими городскими пространствами, чтобы города, городские районы и здания, в которых мы живем, были гибкими, адаптируемыми и изменялись в соответствии с меняющимися обстоятельствами. Таким экстраординарным обстоятельством как раз и явилась пандемия, вызванная вирусом COVID-19. Потому что создание умного города - это не цель, а средство для достижения цели. Технологии - это способ улучшить инфраструктуру, ресурсы и пространства, которыми пользуются жители. [2]

Исходя из того принципа, что потребности населения не всегда фиксированы, но меняются с течением времени и в соответствии со стратегией устойчивого развития в области городского планирования, опыт Дубай Экспо 2020 является примером выполнения условий устойчивости от нескольких аспектов. Этим опытом стала разработка программы под названием «Дубайский городской план 2040». Авторы эксперимента справедливо предположили, что для обеспечения достойной жизни в этих обстоятельствах и вызовах будет целесообразным изменить сложившиеся принципы нашей активности, а именно то, как мы передвигаемся, общаемся, строим, потребляем. В Дубае был разработан план по достижению устойчивого городского развития - «Дубайский городской план 2040» - с акцентом на человека и с целью повышения качества жизни. В составе этого плана – проект международной выставки «Экспо-2020», который соответствует Интегрированной энергетической стратегии Дубая; при этом одной из его наиболее важных архитектурных характеристик является гибкость, поскольку После окончания Экспо-2020 выставочная площадь трансформируется и разовьется в интеллектуальное, гармоничное, многофункциональное, устойчивое и ориентированное на людей сообщество под названием «Дистрикт 2020». Цель применения принципа гибкости - удовлетворить меняющиеся потребности рынка и достичь сбалансированного образа жизни, общения и социального взаимодействия. Соответственно, Дистрикт 2020 станет городской застройкой для ЭКСПО ДУБАЙ 2020.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент по созданию гибкой и комфортной среды в Дубае включил следующие основные разделы: 1) стратегическая разработка - «Городской план Дубая 2040», интегрирующий городские планы всех регионов эмирата; 2) актуализация развития пяти основных городских центров Дубая; 3) генеральный план и проектные предложения для проведения международной выставки «Экспо-2020»; 4) «Интегрированная энергетическая стратегия Дубая»; 5) новые нормы и спецификации «зеленого строительства»; 6) стратегия «устойчивого подхода» к формированию гармоничной городской среды.

- Городской план Дубая

Ключевую роль в проведении эксперимента сыграла разработка программы - «Городской план Дубая 2040». Этот план представляет собой интегрированную карту для достижения устойчивого городского развития в Дубае, ориентированную на человека и направленную на повышение качества жизни и разнообразия вариантов для горожан, жителей и гостей в ближайшие 20 лет. [3] «Городской план Дубая 2040» является

седьмым планом в истории эмирата Дубай, в то время как первый план был запущен в 1960 году. В период с 1960 по 2020 год население Дубая увеличилось примерно в 80 раз: с 40 000 человек в 1960 году до примерно 3,3 миллиона человек в конце 2020 года. Городская и застроенная территория за тот же период возросла в 170 раз: с 3,2 км² до 1490 км². [4] Этот рост и расширение создают вызовы для ОАЭ, поскольку они вызывают необходимость уравнивать развитие, экологические ограничения, экономию природных ресурсов, меняющийся климат, объемы водоснабжения и растущую потребность в занятости и проживании в доступных, пригодных для жизни и приятных местах. [5] Новый план включает в себя упор на развитие и инвестиции в пяти городских центрах, которые максимально способствуют поддержке секторов экономики, диверсификации возможностей трудоустройства и обеспечению потребностей в жилье и услугах.



рис. 1. Городские центры в городе Дубай

- Пять ключевых центров плана (пять зон развития)

К существующим и актуальным городским центрам, вошедшим в стратегический план, относятся: 1) исторический и культурный центр, включая музеи, традиционные и популярные рынки, а также исторические жилые районы, которые были связаны в памяти жителей и гостей Эмирата Дуба; 2). Всемирный экономический и торговый центр, включающий Дубайский международный финансовый центр, улицу Шейха Зайда, Бизнес-Бэй и центр города и обслуживающий различные экономические и финансовые мероприятия; 3) туристический и развлекательный центр, в том числе - акватория (марина) и башни Джумейра Лейкс; эта зона обслуживает различные экономические и туристические направления; 4) новый центр – зона международной выставки «ЭКСПО 2020», способствующая развитию выставочного, туристического и логистического сектора; и 5) Дубайский Силиконовый Оазис - центр, который служит инкубатором для инноваций и знаний и способствует развитию сектора знаний, технической экономики и привлечению талантливых и новаторов. [6]

• Экспо-2020 - Четвертая городская зона была завершена. Британские архитекторы Хопкинс спланировали, спроектировали и построили самую большую застроенную территорию для Экспо-2020. Эта зона включает в себя более 87 новых постоянных зданий и экспонатов из более чем 136 стран-участниц выставки, разбитых по трем разделам. Эти разделы представляют цели выставки, а именно мобильность, разнообразие возможностей и устойчивость. [7]



Рис. 2. Генеральный план Ехро 2020



Рис. 3. Три секции Ехро 2020

- Интегрированная энергетическая стратегия Дубая до 2030 года

Интегрированная энергетическая стратегия Дубая до 2030 года, разработанная Высшим советом энергетики Дубая, ставит амбициозную цель по сокращению

потребления энергии на 30% к 2030 году. Возобновляемые источники энергии используются для удовлетворения 7% потребностей города в энергии к 2020 году, увеличившись до 15% к 2030 году. [8]

ЭКСПО Дубай 2020 соответствует этой стратегии. Возобновляемые источники энергии не только сэкономят 50% энергии, но и предполагается, что энергопотребление зданий будет на 20% ниже, чем последние стандарты энергоэффективности для зданий, что само по себе более эффективно, чем обычная работа. [5]

- Нормы и спецификации экологичного строительства в Дубае

Нормы и спецификации «зеленого строительства», регулируемые муниципалитетом Дубая, охватывают стандартные элементы дизайна «зеленого строительства», такие как энергия, вода, не вредящие здоровью здания, окружающая среда, материалы и отходы.

Все постоянные здания на Expo 2020 Dubai будут соответствовать нормам и спецификациям экологического строительства Дубая. Системы возобновляемых источников энергии с общей совокупной мощностью 5,5 МВт были установлены во всех проектах постоянных зданий вдоль территории Экспо. Сертификация лидерства в области энергетического и экологического дизайна (LEED) запрашивается для более чем 120 постоянных зданий (95 из них нацелены на получение золотого сертификата, а четыре - на получение платинового сертификата). [9]

- Устойчивый подход

Подход к созданию устойчивой среды будет учитывать все аспекты экологической стабильности, такие как энергия, вода, отходы, качество окружающей среды, биоразнообразие, а также социальная и экономическая устойчивость. [5] Основная цель проекта - заложить фундамент устойчивого наследия для будущих поколений. Основные критерии концепции:

- 1) Энергопотребление, отходы и экологичный транспорт;
 - 50% энергии Экспо-2020 производится за счет возобновляемых источников энергии;
 - Снижение потребления питьевой воды в зданиях на 25%, при этом вся оросительная и охлаждающая вода используется повторно;
 - 85% всех отходов, включая твердые бытовые отходы, строительные отходы и неиспользуемые отходы, разделяются, чтобы их можно было обработать и вывести с полигона;
 - Указание низкого уровня выбросов для стационарных установок, таких как резервные генераторы;
 - Кроме того, Экспо-2020 будет реализовывать транспортную стратегию, которая уделяет приоритетное внимание видам транспорта с низким уровнем выбросов, включая метро и ЭкспоРайдер.
- 2) Умный город - Дистрикт 2020- эффективное преобразование зоны выставки;

Согласно концепции эксперимента и программы, после завершения «ЭКСПО - Дубай 2020» регион трансформируется и превратится в многофункциональное, умное, устойчивое и ориентированное на человека сообщество. Соответственно, District 2020 станет городской застройкой на основе проекта зоны «ЭКСПО Дубай 2020», городской средой, ориентированной на людей, объединяющей сообщество и идеи и развивающейся в будущем как умный город. [10]

Поставленные цели будут достигнуты за счет сохранения 80% активов и инфраструктуры, построенных для Экспо-2020, их перепрофилирования в интегрированное многоцелевое сообщество в течение 2020 года. Затем развитие будет продолжаться поэтапно для удовлетворения меняющихся потребностей рынка. Благодаря специально построенной интеллектуальной инфраструктуре, District 2020 спроектирован как

сообщество, ориентированное как на частных лиц, так и на предприятия и посетителей, поощряя сбалансированный образ жизни, общение и социальное взаимодействие. Образующиеся соседства будут состоять из полностью связанных городских жилых кварталов и пешеходных улиц на протяжении всего района с вместимостью 145 000 жителей и будет включать 45 000 квадратных метров зеленых насаждений, включая парки и общественные зоны. Эти пространства предоставят жителям свободу в передвижении и исследовании города, а также и новые возможности для общения. Кроме того, 10 км велодорожек и 5 км беговых дорожек(



рис. 5. Конструкции для затенения пешеходных дорожек в стиле ладони (состоящие из 52 легких металлических конструкций высотой 16 м)



рис. 5) будут добавлены к благоустройству.

Проектом предусмотрены станция метро, передовые транспортные решения, в том числе умные автомобили, автоматизированный общественный транспорт, интеллектуальные транспортные услуги, обеспечивающие удобство передвижения. Устройства, данные и передовая инфраструктура ИКТ будут интегрированы с его физической инфраструктурой с использованием инновационных приложений новейших технологий, в частности Интернета вещей, для решения проблем, улучшения услуг и обеспечения более разумной и устойчивой работы общества. Например, методы автономных транспортных средств (АВ), которые уменьшают загрязнение, обеспечивая при этом эффективную мобильность, а также датчики и сети Интернета вещей в зданиях для интеллектуального мониторинга использования энергии и воды в режиме реального времени. Основные технологии в инфраструктуре: [11]

- Искусственный интеллект (AI)
- 5G
- Большое количество данных
- Интернет вещей (IoT)
- Блокчейн
- Робототехника

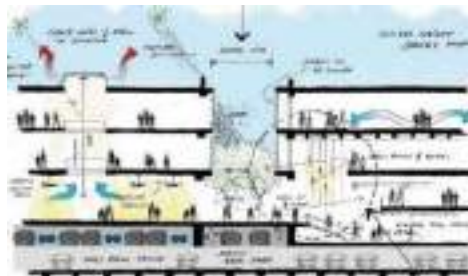


рис. 4. Разрез, показывающий работу в человеческом масштабе с точки зрения ширины коридоров и высоты зданий для достижения экологических и социальных преимуществ.



рис. 5. Конструкции для затенения пешеходных дорожек в стиле ладони (состоящие из 52 легких металлических конструкций высотой 16 м)

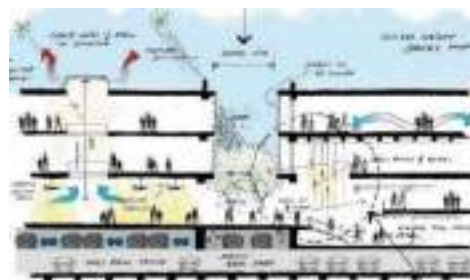


рис. 4. Разрез, показывающий работу в человеческом масштабе с точки зрения ширины коридоров и высоты зданий для достижения экологических и социальных преимуществ. [7]

В результате реализации проекта в зоне выставки District 2020 возникнет динамичная среда для процветания предприятий любого размера, поскольку коммерческие помещения предназначены для удовлетворения меняющихся потребностей предприятий и работников. Расширенная цифровая связь, гибкие пространства и социальное сообщество поддержат потребности меняющегося рабочего места. Дистрикт 2020 предоставит множество вариантов для удовлетворения потребностей каждой компании. Компании будут иметь возможность арендовать и работать в частных офисах или коворкингах, выбирая из малоэтажных зданий, коворкингов или первоклассных высоток.

Кроме того, Дистрикт 2020 стал первым сообществом в регионе, включенным в Стандартную экспериментальную модель сообщества WELL - первую рейтинговую систему, в которой основное внимание уделяется влиянию зданий на здоровье и благополучие человека. [12] Дистрикт 2020 будет отдавать приоритет тем, кто там живет и работает, поддерживая их здоровье и благополучие во всех аспектах общественной жизни.

Примером гибких зданий на Экспо Дубай 2020 является Павильон Марокко, где композиция павильона состоит из двадцати двух уложенных друг на друга прямоугольных объемов, спроектированных вокруг внутреннего двора, (Рис.6) основного пространственного элемента в традиционной марокканской архитектуре. Различные пространства павильона соединены непрерывной «внутренней улицей». (Рис.7) [13] Были использованы традиционные марокканские строительные материалы, которые играют ключевую роль в пассивном регулировании внутренних условий в жарких и засушливых местах. В соответствии со стремлением к устойчивому развитию после завершения выставки Экспо 2020 Павильон будет преобразован в жилой комплекс с продуманными удобствами, переделанными в апартаменты, бассейн 80 м², фитнес-клуб и общий лаундж. Все это помогло обеспечить соответствие здания требованиям устойчивости, как того требует LEED. [14]

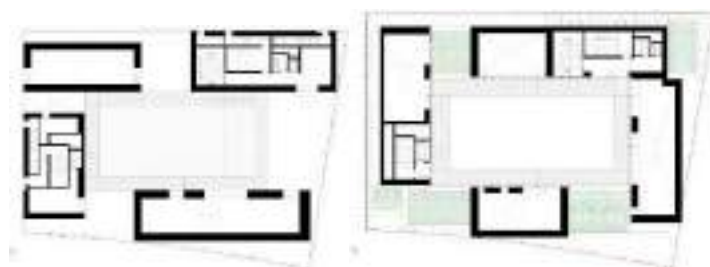


Рис. 6. План павильона Марокко



Рис. 7. Павильон Марокко

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Эксперимент «Городской план Дубая 2040» показывает возможность создания среды, адаптирующей технологии и инновации и способствующей развитию умных городов, умной мобильности и логистики для решения самых насущных городских проблем будущего. Экосистема, создаваемая подобный проектом, послужит испытательной площадкой питательной средой для нового мышления и позволит выработать инновационные подходы к мобильности, производству энергии, здравоохранению и многому другому;
- Инновационная экосистема Дистрикт 2020 обеспечит среду для работы и образа жизни, которая будет постоянно развиваться, чтобы соответствовать меняющимся потребностям будущих работников и жителей;
- Поощрение жителей собираться вместе и наслаждаться многочисленными достопримечательностями и местами в экосистеме, способствовать сбалансированному образу жизни и личному благополучию. Таким образом, Дистрикт 2020 станет местом для процветающего сообщества;
- Города, согласно идеям эксперимента в Дубае, должны быть более устойчивыми, чтобы учитывать здоровье и благополучие граждан. Они также должны быть лучше оснащены для реагирования на любые чрезвычайные изменения и лучше справляться с любым будущим экономическим спадом.

ВЫВОДЫ

1. На «Экспо Дубай 2020» был применен и реализован принцип гибкости городского плана и архитектурных типологий в единстве с инновационными цифровыми технологиями;
2. Принцип гибкости, примененный в проекте, соответствует идее достижения устойчивости среды, что позволяет заложить фундамент для устойчивого обитания в городе будущих поколений;
3. Место проведения выставки, а также все технологии и инфраструктуры, реализованные на этой территории, предусматривают повторное использование для формирования гибкого общества, способного меняться и приспосабливаться к меняющимся условиям и потребностям;
4. Проект эффективно дополняется стратегиями энергосбережения и использования; нормами «зеленых зданий» и условиями для их достижения; требованиями к формированию адаптивных зданий, гибких сред с хорошими характеристиками и долгим сроком службы;
5. Повторное использование ресурсов, энергосбережение, инновационные экологические норма в системе с применяемым принципом гибкости обеспечивают формирование устойчивой среды нового типа;
6. Одной из наиболее важных рекомендаций для устойчивого развития является создание прочных и хорошо функционирующих зданий и сооружений, чтобы сократить нерациональное использование природных ресурсов. «Если здание не поддерживает изменения и повторное использование, у вас есть только иллюзия устойчивости». [15]

ЛИТЕРАТУРА

1. Щ. К. и. К. Р. «Обзор интеллектуальной архитектуры» Дахран, Саудовская Аравия «Международная конференция ASCAAD «2004 «с. 138.
2. J. Woetzel «J. Remes «B. Boland «K. Lv «S. Sinha «G. Strube «J. Means «J. Law «A. Cadena ,V. von der Tann « "УМНЫЕ ГОРОДА: ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БОЛЕЕ ЖИВОГО БУДУЩЕГО" Глобальный институт Маккинси, 2018.

3. У. СКОТТ-ДЖЕКсон , Э. МАЙО "Преобразование вовлеченности, счастья и благополучия: воодушевление людей, команд и наций." Лондон «Palgrave Macmillan» 2018 «с. 241-245.
4. "Проектно-технический отдел" Муниципалитет Дубая .
5. В. Е. D. 2020 "Общепрограммная стратегия устойчивого развития," Дубай, ОАЭ05007 «-STG-P990000-SU-000001 Revision 4 13 «февраля 2017.
6. "Городской план Дубая 2040," 14 04 2021. Режим доступа: <https://u.ae>. Дата обращения:28.11.2021
7. P. Pintos "Тематические районы Expo Dubai 2020," 31 10 2021. Режим доступа: <https://www.archdaily.com> ,Дата обращения:06.11.2021
8. А. Бутти Аль Мухайрби "Комплексная энергетическая стратегия Дубая до 2030 года" Дубай « генеральный секретарь Высшего совета энергетики Дубая.2020 «
9. "Аль Сафат - система экологичного строительства в Дубае," Дубай «Муниципалитет Дубая» 2020 «с. 127
10. "Будущее Expo 2020 Dubai," 2021. Режим доступа: www.expo2020dubai.com, Дата обращения: 08.11.2021
11. "Связь. Создавать. Инновации," Дубай «district2020.ae» 2020 «с. 6
12. "Лучшие здания, чтобы помочь людям процветать," Международный институт строительства WELL « Режим доступа: www.wellcertified.com, Дата обращения:06.11.2021
13. К. Харрук «"OUALALOU + СНОI Павильон Марокко на Экспо 2020 Дубай," 11 06 2020. Режим доступа: www.archdaily.com. Дата обращения:08.11.2021
14. Х. Абдель « "Павильон Марокко," 26 07 2021. Режим доступа: www.archdaily.com. Дата обращения:06.11.2021
15. Кнехт «"Проектирование для разборки и демонтажа," Архитектурный рекорд» 2003 «с. 147.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ГОРОДА

Е. Ю. Зайкова¹, С. С. Феофанова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lena_landscape21@mail.ru

²sonyafeofanova@mail.ru

Аннотация.

В статье рассматриваются принципы и методы моделирования элементов зеленой инфраструктуры с помощью градостроительных технологий на городских территориях с зелеными насаждениями общего пользования. Авторы предлагают использовать «зеленую инфраструктуру» в масштабе города и использовать аббревиатуру ЗИФ – зеленая инфраструктура. Авторы выявили, что одна из важных особенностей зеленой инфраструктуры – многофункциональность. Одни и те же элементы зеленой инфраструктуры в различных градостроительных масштабах могут осуществлять различные назначения. Авторы считают, что устойчивая растительность в городе может существовать только на основе применения эко-технологий, которые связаны с новыми возможностями в инженерной подготовке территорий и сферой благоустройства. В дальнейшем развитии исследования авторы планируют создать модели применения зеленой инфраструктуры как системы управления ливневыми водами и разработать методологические основы градостроительного проектирования с эко-технологиями.

Улицы составляют значительную часть земель, находящихся в государственной собственности, что дает уникальную возможность модернизации систем инженерной подготовки территории с точки зрения сбора, перемещения и использования поверхностной воды в экологических и эстетических целях. Ведь компоненты зеленых улиц не только поддерживают окружающую среду, но и активно влияют на улучшение здоровья населения и благосостояние общества.

Первые проекты благоустройства улиц 2000-х годов сводились к простой замене твердого покрытия улиц и увеличению числа зеленых насаждений. Сейчас пешеходные коммуникации переводят человека не просто на другой уровень – выше или ниже, а в обновленное функциональное пространство, мотивированное новым социокультурным сценарием с поддержкой эко-технологиями [1].

Уже сегодня наиболее ответственные города поставили в центре своего развития вопросы снижения негативного влияния на природную среду, инвестируя в озеленение и развитие природоохранных комплексов, повышение качества воды, развитие альтернативной энергетики и снижение энергопотребления. Яркие примеры таких городов — Сидней, Сингапур, Ванкувер, Торонто, Хельсинки, где внедрение «зеленых» стандартов строительства стало одним из основных аспектов градостроительной политики этих стран, и наблюдаются разные социально-экономические модели, которые формируются в разных климатических условиях.

Регуляторная политика и планы действий по внедрению дождевых садов и биодренажных конструкций уже разработаны и одобрены в Америке, Азии, Австралии, Европе и Великобритании. Эта система помогает лучше собирать и распоряжаться водными ресурсами во всем мире, особенно в крупных городах [2].

Табл. 1. «Зеленые решения» городов мира













| метод ЗИФ | экологическая выгода | фото-пример |
|--|---|--|
| восстановление растительного покрова на территориях с нарушенным ландшафтом | уменьшение шумового загрязнения |  |
| | снижение количества пыли | |
| | сбалансированное использование антропогенных пустошей | |
| устройство водопроницаемого покрытия в пешеходных зонах за счет съемных элементов твердых покрытий | уменьшение объема ливневых сточных вод |  |
| | обеспечение устойчивости зеленых компонентов | |
| создание дождевых садов | альтернатива техническим системам отвода воды |  |
| | восполнение запасов грунтовых вод | |
| | профилактика локальных затоплений | |
| | повышение привлекательности городской среды | |
| | улучшение качества воздуха | <p>Экологический район Булонь Бьянкур, Париж, Франция. (фото Зайкова Е.Ю.)</p> |

| | | |
|--|---|---|
| создание «зеленых улиц» в городе | зонирование уличного пространства |  |
| | снижение температуры жару | |
| | защита от ветра | |
| | увеличение количества зеленых насаждений | |
| | предотвращение эрозии почвы | Разделительная полоса в Шанхае, Китай. (фото В.А. Нефедов) [3] |
| формирование «зеленого каркаса» города | поддержание биоразнообразия городских животных и растений |  |
| | снижение интенсивности прямой солнечной радиации | |
| | уменьшение городского «острова тепла» | |
| | | «Зеленый каркас» в плане развития нового высокотехнологического города Тенга, Сингапур. (фото Феофанова С.С.) |

Как правило, препятствиями для внедрения интегрированного управления ливневыми водами являются нехватка ресурсов и знаний, поскольку экологическая инженерия не является основной компетенцией служб строительного комплекса. Интегрированное управление ливневыми водами набирает вес и постепенно становится преобладающей парадигмой управления ливневыми водами в мировой градостроительной политике [4].

В столице продолжают создавать комфортную городскую среду — обновлять улицы, набережные и другие общественные пространства. Рассмотрим наиболее известные примеры измененных городских территорий в Москве с 2013 года до настоящего времени и определим использовались ли «зеленые решения» при благоустройстве.

Табл. 2. Анализ благоустроенных территорий в г. Москва.

| территория благоустройства | фото фиксация территории | положительные стороны | отрицательные стороны |
|--|---|--|--|
| 2013 год Крымская набережная, Москва |    <p>фото Зайкова Е.Ю.</p> | архитектурные элементы с многочисленным озеленением образуют небольшой рельеф для разнообразия места и разделения пешеходных потоков | нет организованного сбора воды с территории |
| 2020 год разделительная полоса на Ленинском проспекте, Москва |    <p>фото Феофанова С.С.</p> | высажены клены и спирея (лиственный кустарник) повышение безопасности дорожного движения | разделительная полоса с растительностью находится выше уровня дороги, что препятствует сбору дождевой воды на участках зеленых насаждений отсутствие хвойных растений нет регулярного полива |
| 2021 год набережная острова Балчуг, Москва |    <p>фото Е. Самарина</p> | организованный водосток наличие небольшого уклона на тротуаре для отвода воды повышение эстетической привлекательности улиц города | газон находится выше уровня тротуарной плитки, что препятствует сбору дождевой воды на участках зеленых насаждений |
| 2021 год Павелецкая площадь, Москва |    <p>фото М. Мишина</p> | различные уклоны на территории площади для направленного сбора воды в ливневки | отсутствие швов между плитками на тротуаре препятствует быстрому отводу воды газоны отделены от площади бордюром, что препятствует сбору дождевой воды |

Таким образом, главным недостатком всех благоустроенных территорий в Москве является разделение газонов и тротуаров бордюром, который препятствует сбору дождевой воды на участках зеленых насаждений. В рассмотренных примерах отсутствуют проницаемые покрытия, что также затрудняет управление ливневыми водами.

Основной трудностью в практическом использовании концепции зеленой инфраструктуры является ее интеграция в существующую систему градостроительства и внедрение в городскую политику.

Новая политика должна поощрять и облегчать комплексные решения – развитие пригодных для жизни, комфортных, привлекательных, устойчивых и приспособляемых к изменению климата городских районов, сочетая пространственное планирование (достаточную зеленую инфраструктуру, качество зеленых зон) [5], устойчивую мобильность (дизайн зеленых улиц, зеленые автостоянки), энергоэффективность (дизайн пассивного охлаждения, зеленые крыши и стены), климатическую нейтральность (биоразнообразие, сохранение природных территорий, восполнение компонентов второй природы и воссоздание биотопов средствами технологий, диверсификация экосистемных услуг) и другие аспекты.

Другими словами, необходим целостный, комплексный подход-планирование, проектирование и внедрение многофункциональных и многоцелевых городских пространств, полностью способных обрабатывать ливневую воду на месте [6]. Анализ затрат и выгод демонстрирует более высокое соотношение с помощью применяемой зеленой инфраструктуры и природных решений по сравнению с обычными решениями ливневой канализации. Рассмотрение ливневой воды в качестве ресурса и экономическая устойчивость интегрированного управления ливневыми водами могут быть облегчены путем ценообразования ливневого стока.

Поэтому для обеспечения устойчивого озеленения в городской среде необходимо использовать эко-технологии по сбору поверхностной дождевой воды в градостроительном масштабе. С помощью градостроительного анализа территории определяются места размещения зеленой инфраструктуры, участки переустройства инженерных коммуникаций для управления ливневыми водами [7]. Хранение, перераспределение и рациональное использование ливневых вод создаст благоприятные условия для роста зеленых насаждений. Осознанное, математически обоснованное создание зеленых улиц принесет множество практических преимуществ всем пользователям городской среды (рис. 1).



Рис. 1. Схематическое изображение гипотезы исследования.

В настоящее время зеленая инфраструктура использует знания различных дисциплин и наук, включая охрану природы, ландшафтную экологию, городское и региональное планирование, а также географический анализ и информационные системы. Такое комплексное изучение вопроса позволяет сформировать целостный подход в проектировании системы озеленения.

Экологические выгоды от внедрения зеленой инфраструктуры в городскую среду можно обозначить следующие:

- управление урбанизацией на градостроительном уровне (или разных градостроительных уровнях в структуре городского пространства);
- модернизация инженерной подготовки территории, с акцентом на водные системы, где присутствует подражание природным системам;
- новое формирование природного каркаса городов на основе технологий, имитирующих природные процессы;
- эко-реконструкция центральных частей городов;
- градостроительное зонирование с экологическими приоритетами для городских коммуникаций;
- сохранение и поддержание биологического и ландшафтного разнообразия на уровне, необходимом для поддержания способности природных систем к саморегуляции и компенсации последствий антропогенной деятельности;
- предотвращение, выявление, пресечение всех видов нелегального использования объектов животного мира, их незаконного оборота;
- сокращение использования искусственных почвогрунтов, реализация мер, направленных на восстановление естественных свойств почв;
- обеспечение компенсационного озеленения;
- принятие мер в целях восстановления биологического и экологического потенциала антропогенно нарушенных и естественных почв города Москвы.

Таким образом, ЗИФ является естественным решением экологических проблем города, которая приносит множество практических преимуществ, например: изменение эко-показателей, социокультурного сценария и психологического комфорта в восприятии городского пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайкова Е.Ю. Экологический взгляд на семантические и декоративно-художественные черты ландшафтного объекта // Вестник РУДН, серия Агрономия и животноводство [Электронное издание] М.: РУДН. - 2015. - №3. – С. 7 – 17.
2. Михайлова С., Марианна Б. Дождевые сады как элемент системы устойчивого развития города // [Электронное издание] Здания высоких технологий. – 2017. -№1. – С. 55-60.
3. Нефедов В.А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: Любавич – 2012. – 317 с.
4. Christopher Kloss. Managing wet weather with green infrastructure // Low Impact Development Center [Электронное издание] – 2008. – 15 с.
5. Sara Meerow, Joshua P. Newell. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: Growing resilience in Detroit // Landscape and Urban Planning. 2017. Vol. 159. P. 62-75.
6. Ted Scott. Bioretention Illustrated: A Visual Guide for Constructing, Inspecting, Maintaining and Verifying the Bioretention Practice // [Электронное издание] CSN TECHNICAL BULLETIN – 2013. №10. – 95 с.
7. Timothy Dennis Youngquist What is green infrastructure? An evaluation of green infrastructure plans from across the United States [dissertation] / Timothy Dennis Youngquist // Dissertation master of community and regional planning, Iowa State University, 2009. Community and Regional Planning
8. S. H. Saroop & D. Allopi Enhancing sustainable infrastructure with the aid of the Green Infrastructure Toolkit. [dissertation] / S. H. Saroop & D. Allopi // Durban University of Technology, South Africa, 2013.
9. Giles Thomson, Peter Newman. Green Infrastructure and Biophilic Urbanism as Tools for Integrating Resource Efficient and Ecological Cities // Urban Planning 6 (2021) 75-88.
10. Carolyn Anne Fahey. A new dimension in green infrastructure: the case of the green wall [dissertation] / Carolyn Anne Fahey // Dissertation Master of Urban and Regional Planning, Newcastle University, 2010.
11. Andreucci M. B. Progressing Green Infrastructure in Europe [dissertation] / M. B. Andreucci // Southampton, UK, 2013.
12. Teresa Ronka, Krista Muurinen. A new link in Helsinki // Topos magazine. Open Space [Электронное издание] – 2013. - № 85. – С. 92 – 96.
13. Ethan M. Dropkin, Nina Bassuk and Trevan Signorelli. Woody Shrubs for Stormwater Retention Practices USA // [Электронное издание] Cornell University. School of Integrative Plant Science, Horticulture Section – 2014. – 56 с.
14. Anastasia Chatzimentor, Evangelia Apostolopoulou, Antonios D. Mazaris A review of green infrastructure research in Europe: Challenges and opportunities // Landscape and Urban Planning. 2020. Vol. 198. P. 62-75.
15. Luyuan Li, Pieter Uyttenhove, Veerle Van Eetvelde. Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk – A methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent // Urban Planning. 2020. Vol. 8. P. 62-72.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Д. В. Карпов¹, Ю. В. Анисимов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dv.karpov@mgou.ru*

²*anisimov-u@yandex.ru*

Аннотация

Статья посвящена проблеме эффективного функционирования и устойчивости открытых общественных пространств в условиях всеобщей цифровизации и социо-медийного развития общества. Авторы, используя методы системного анализа, исследуют основные механизмы взаимодействия и взаимовлияния социальных сетей и общественных пространств на примере парка «Зарядье» и городских пространств г. Ступино. Рассматриваются возможности и особенности использования аккаунтов и контентов соцсетей, обеспечивающих оперативную публичную оценку качества и совершенствование существующих ОП. Выявляются технологические культурные и социальные аспекты проектирования общественных пространств для успешного взаимодействия с «новыми» медиа. Проведенный анализ дает основание утверждать, что социальные сети сейчас являются одним из главных факторов формирования общественного мнения. Все проекты, затрагивающие общественный уклад, проходят этап бурной оценки в социальных сетях, результаты которой могут показать, насколько успешна была их реализация. На основе анализа упоминаний, обсуждений, проведения опроса в соцсетях возникает возможность эффективной реновации общественных пространств города. Предложены актуальные подходы к проектированию и эксплуатации городских пространств, а также рекомендации по реновации ОП города Ступино, Московской области с учетом новых медиа.

ВВЕДЕНИЕ

Воздействие социальных сетей на общественное сознание остается очень высоким. Современные медиа становятся главным объектом обсуждения в различных отраслях науки. Социологи, психологи, политологи, экономисты, маркетологи и журналисты рассматривают социальные сети как новую культурную и социально-экономическую реальность, сходясь во мнении, что цифровизация становится важным фактором трансформации культурологических ценностей и установок общества.

В настоящее время все более обостряется проблема эффективного функционирования открытых общественных пространств города. С развитием социальных сетей человечество получило инструмент оперативного оценочного суждения по проблемам городского развития. Основными платформами обсуждения и высказывания своей точки зрения, а также формирования и распространения общественного мнения являются такие социальные сети, как VK, Instagram, Facebook, Telegram, TikTok и др.

Поскольку действия пользователей, их высказывания фиксируются, имеют цифровые следы, возникает удобное, уникальное исследовательское поле. Интернет-пространство исследователями рассматривается как собрание ценной информации, размещенной отдельными пользователями, сообществами пользователей на форумах, в чатах, блогах, социальных сетях, сайтах и касающейся различных сфер их жизни (здоровья, общения, интересов, проблем территориального развития, политических предпочтений и пр.) [6].

В последнее время социальные сети играют решающую роль как источник информации не только для аудитории, но и для традиционных средств массовой

информации. Они выполняют те главные задачи, которые принадлежат СМИ, а потому могут полноправно быть новым видом медиа [15].

Параллельно с этим процессом мегаполисы переходят к активному развитию общественных пространств города, обеспечивая потребность горожан в реальных социальных контактах. Например, в Москве, начиная с 2011 года, выполнено благоустройство 732 парковых территорий, 410 улиц и городских площадей [11].

Степень успешности реализации этих проектов сегодня демонстрируют, обсуждают и оценивают социальные сети. Примером активного принятия общественных пространств является большое количество позитивных упоминаний в социальных сетях парка «Зарядье», северного речного вокзала, парка «Тюфелева роща», что приводит к росту посещаемости этих мест. Взаимосвязь общественных пространств и социальных сетей сейчас выходит на первый план, и мы, как исследователи, должны понимать механизмы этого взаимодействия.

Следует выделить основные аспекты необходимости обращения к социальным сетям при разработке пространственных концепций проектирования городской среды:

- социологический: расширяются формы коммуникации между людьми, вызванные как интересом к различным видам музыкального и художественного творчества, так и высокими технологиями, обеспечивающими с помощью фото и видео фиксацию событий и реальных сценариев в публичном пространстве, возможности делиться и обмениваться впечатлениями в социальных сетях; при этом расширяется социально-возрастная структура посетителей и сфера их взаимодействия, что накладывает особые требования на художественно-смысловую и функциональную организацию территории; проведение социологического опроса, с использованием социальных сетей повышает объективность и оперативность в принятии решений на стадии проектирования объекта и в процессе его эксплуатации.

- экономический: социальные сети становятся новым двигателем экономики, предлагая инвесторам перспективную площадку для реализации идей и предпринимательского таланта;

- культурный: социальные сети требуют создания контента в интересных и необычных пространствах, отмеченных символами и знаками традиционной и современной культуры, обладающих новыми смыслами и художественной выразительностью. Это работает в двух направлениях: и привлекает людей в пространство, и рекламирует его в интернете;

- технологический: социальные сети требуют наличие гаджетов, которым необходимо стабильное подключение к сети «Интернет» и возможность подзарядки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выработки методики использования такого инструмента мы должны понимать, как работают социальные сети. Их механика работы направлена на таргетированную трансляцию контента. Таргетинг — рекламный механизм, позволяющий выделить из всей имеющейся аудитории только ту часть, которая удовлетворяет заданным критериям (целевую аудиторию), и показать рекламу именно ей. Хорошим «таргетом» в социальных сетях является твоя трансляция опыта, в ненаучной среде это можно назвать «сарафанным радио» [8].

Для анализа данных, полученных из социальных сетей, в настоящее время доступен ряд технологий. Из-за значительного объема данные хранятся в распределенных базах данных, это позволяет обеспечить надежное хранение и масштабируемость [14]. В обработке таких данных также доминирует распределенный подход, реализуемый в рамках парадигмы MapReduce [2]. Одним из популярных наборов инструментов для распределенного хранения и обработки данных является фреймворк Apache Hadoop [1], который включает набор программных компонентов для работы с данными. В качестве

методологической базы при работе с текстовой информацией, полученной из социальных сетей, используется Natural Language Processing - набор методов, который позволяет определять смысловую нагрузку, выявлять тематическую и интонационную окраску текста [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье сделана попытка обобщить опыт влияния социальных сетей на оценку уровня популярности общественных пространств, а также их проектирование и эксплуатацию.

Благодаря соцсетям реклама парка «Зарядье» привела к тому, что он бьёт все рекорды по упоминанию в сети Instagram [7]. Данные были предоставлены аналитическим центром Brand Analytics. Более 400 миллионов сообщений, которые оставляли русскоязычные пользователи в популярных соцсетях, использовались в исследовании. Для анализа выбрали праздничную неделю, когда столица отмечала свой 870-й юбилей – с 6 по 12 сентября [7] (Рис.1).

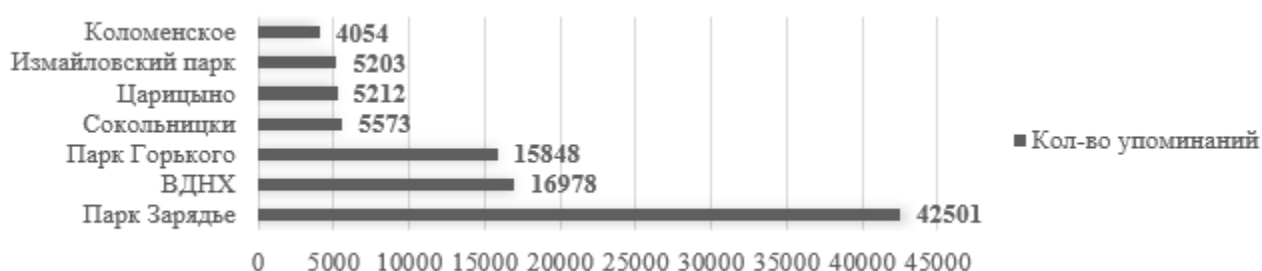


Рис. 1. Диаграмма количества упоминаний парков в период празднования 870-летия города Москвы (Источник: stroi.mos.ru)

В чем же заключается успешность проекта? Проведенный анализ упоминаний парка в социальных сетях позволил выделить несколько точек, которые имеют максимальное притяжение для жителей. Первой точкой является смотровая площадка, нависающая над Москвой-рекой (рис. 2). Это архитектурно-планировочное решение упоминается в каждой второй публикации, что приводит к постоянному притоку новых посетителей, так как люди сами хотят там оказаться и сфотографироваться.



Рис. 2. Панорамная смотровая площадка над рекой с видами на Кремль (Источник: skyscrapercity.com)

Второй точкой притяжения парка является зона амфитеатра (рис. 3), которая привлекает посетителей своим многофункциональным наполнением. Здесь не только можно создавать контент, проводить встречи, но и слушать выступления уличных

артистов, так как парк предоставляет возможность выступления начинающим артистам. Этот фактор наиболее интересен, так как он работает не только на PR в медиа-среде, но на развитие креативной индустрии. На основе опыта функционирования парка Зарядье можно выделить две тенденции, которые находят отклик в социальных сетях. Первая — это объекты, которые вызывают эмоциональный отклик и заставляют выложить их изображение в социальные сети, вторая – мультифункциональность общественного пространства.



Рис. 3. Большой амфитеатр, крупнейшая открытая площадка в историческом центре столицы (Источник: archi.ru)

Эти тренды напрямую влияют на проектирование объекта, призывают нас исследовать методы привлечения внимания пользователей социальных сетей и внедрять технологические новшества. Так, в настоящее время невозможны проекты без внедрения единой системы Wi-Fi, без создания мест зарядки гаджетов, интерактивно-информационных панелей. Данные технологии уже активно внедряются в системе «Умные остановки» в городах России. Система «Умные остановки» является элементом интеллектуальной транспортной системы города и, фактически, одним из не исследованных мини-общественных пространств города [10]. Для принятия решений по использованию новых технологий, применяемых в «Умных остановках», в процессе разработки общественных пространств, надо расчленить основные элементы и понять их функциональное наполнение. Сейчас остановки наполняются информационными табло, навигационными экранами, точками доступа WiFi и другими элементами. Информационное табло позволяет отслеживать график движения автобусов, троллейбусов и маршрутных такси. Таким образом пассажиры узнают, сколько времени осталось до прибытия нужного им транспорта. В парковом пространстве этот информационный источник может являться рекламным объектом или же стать интерактивным арт-объектом, куда люди направляют свои фотографии и видеоматериалы.

Навигационное интерактивное табло становится современным элементом разгрузки потоков людей в общественном пространстве, например, вы выбираете определенный маршрут путешествия, и с вами взаимодействуют только те элементы навигации, которые задействованы в маршруте.

Следует отметить, что социальные сети используются и для разрешения конфликтов. Для погашения конфликтов, связанных со строительством спорных объектов или реализации градостроительных программ, ущемляющих интересы жителей, городская администрация привлекает экспертов, транслирующих посредством соцсетей возмущенному населению профессиональные заключения, придающие легитимность действиям властей. Эта методика отработана в развитых странах: «Цель оправдывает средства, поэтому власть даровала нам право во имя устойчивого развития навязать жителям свое видение» [3]. Эксперт может авторитетно заявлять, что: «Как планировщик

он куда лучше разбирается в том воздействии, которое окажет строительство, а также в его целесообразности» [4]. В случае парка «Зарядье» были привлечены эксперты, убеждавшие население через СМИ: «Это гениальный парк и лучшее произведение архитектуры за последние 10 лет» [13]. Что не могло не повлиять на активную посещаемость парка.

Социальные сети как инструмент можно использовать на стадии концепции проекта, закладывая объекты, которые могут стать «медийным центром» пространства. Данный термин выводит урбанист и медиатеоретик, профессор Мельбурнского университета Скотт Маккуайр в своей книге «Геомедиа. Сетевые города и будущее общественного пространства», основываясь на современном поведении человека. Скотт считает, что медиacentры в общественном пространстве станут новой вехой их развития [9].

В результате анализа современных социальных сетей, их взаимодействия с общественными пространствами, можно определить основные подходы к проектированию территории:

- 1) Пространство должно содержать в себе элементы, вызывающие желание зафиксировать место на фото или видео, идентифицировать себя с местом пребывания или поделиться новаторскими решениями городских ландшафтов с коллегами или друзьями;
- 2) На стадии проектирования должны закладываться технологические элементы для поддержания цифровой экосистемы общественного пространства: WiFi-сеть, система подзарядки гаджетов;
- 3) Пространство должно быть информационно наполненным, соответствующим образом оборудованным и интерактивным.
- 4) Пространство должно включать места высокой активности и многообразного ее проявления, различные сценарии, импровизации, перформансы и т.п.

Изучив, как с помощью социальных сетей производить оценку пространств, авторами было проведено исследование общественных пространств города Ступино, Московской области, одного из представителей малых городов средней полосы России.

Для исследования были взяты основные общественные пространства города: Бульвар Победы, площадь перед МФЦ «Мои Документы», Красноармейский сквер, Площадь Ленина.

Данные пространства являются структурообразующими элементами города, которые не только выполняют эстетическую задачу организации пространства, но и социальную функцию города.

Анализ был проведен с помощью автоматизированной системы анализа аккаунтов в социальных сетях и с помощью геометок и хештегов [11].

Первой территорией исследования стала площадь перед МФЦ «Мои документы» (рис. 5). Как можно видеть социальные сети не проявляют интереса к данному пространству, ни что не привлекает жителей к упоминанию данной территории в своих аккаунтах и контенте, а вот в городских новостях «Интернет» идет большое количество упоминаний о несостоятельности главной функции этой территории. Очевидно, что пребывание в этом пространстве дискомфортно и не вызывает положительных эмоций.

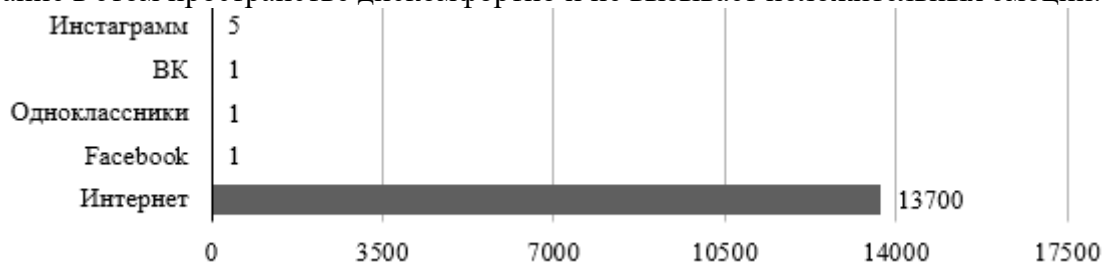


Рис. 4. График упоминаний площади при МФЦ в интернете

Красноармейский сквер до 2010 года являлся центральным местом социокультурной жизни города, так как в здании, образующем ансамбль сквера, находился ЗАГС. С уходом данной функции ушёл основной поток посетителей, поскольку центральный памятник сквера, посвященный красногвардейцам, несет только сакральную функцию.

Анализ упоминаний в соцсетях выявил тенденцию спада медиаактивности данной территории и, соответственно, сокращение числа посетителей (рис. 5).

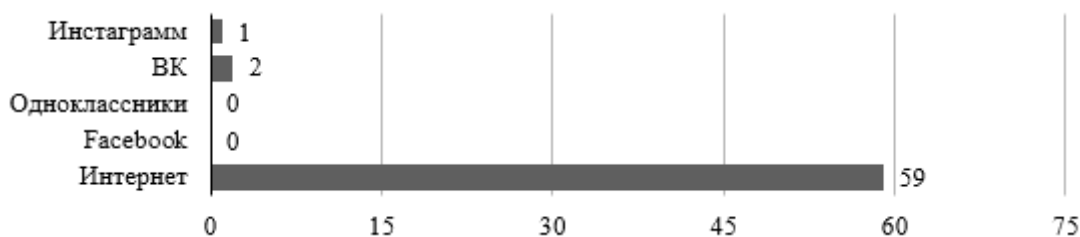


Рис. 5. График упоминаний Красноармейского сквера в интернете

Бульвар Победы является основной пешеходной зоной города, он делится на две части проспектом Победы, каждая из них развивается совершенно по-разному. Западная часть уступает восточной по функциональному и эстетическому наполнению. Это видно на графике рисунков 7 и 8. Восточная территория активно упоминается с одобрением, посетители часто фотографируют объекты городского дизайна. Наиболее высокая активность была характерна в момент завершения благоустройства территории. А вот популярность западной части резко снижается, в связи с утратой привлекательных объектов, которые бы могли взаимодействовать с посетителями (рис. 6 и 7).

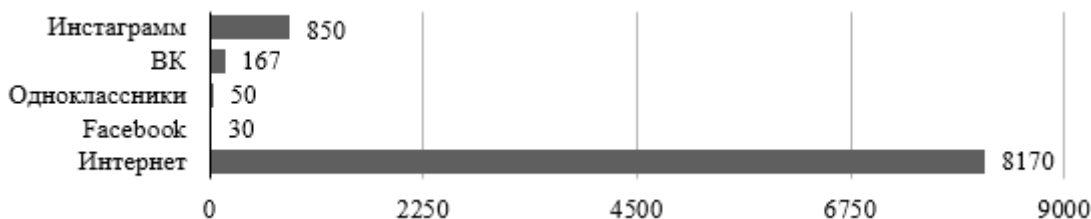


Рис. 6. График упоминаний Бульвара Победы в интернете (западная часть)

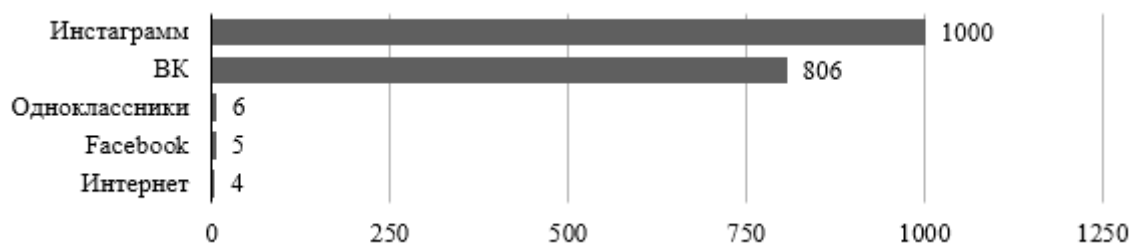


Рис. 7. График упоминаний Бульвара Победы в интернете (восточная часть)

Центральным общественным пространством города является площадь Ленина. На ней недавно была произведена реновация, которая получила отрицательный отклик (рисунок 9) в социальных сетях. Сегодня наблюдается сокращение количества посетителей, и теперь площадь используется преимущественно как транзитная территория.



Рис. 9. График упоминаний площади Ленина в интернете

Использование соцсетей как инструмента оценки и формирования ОП г. Ступино показало:

1. практически все упомянутые объекты требуют реновации, обеспечивающей multifunctionality их использования;

2. необходимость комплексного подхода к градостроительному решению системы общественных пространств, архитектурно-ландшафтному и дизайнерскому формированию всех элементов системы пространств, включая места для отдыха, социального общения, цифровых медиа, развивая различные сценарии организации среды.

ВЫВОДЫ

Активное использование социальных сетей как инструмента оценки и предпроектного исследования - перспективное направление в плане совершенствования методики реновации ОП и др. городских объектов (изучения спроса, получения оценки функционирования построенных объектов, получения информации от городских сообществ, товариществ для достижения качественных градостроительных, архитектурных и дизайнерских решений городской среды.

Сейчас информационное общество требует определённых технологических, функционально-планировочных и художественно-смысловых решений в проекте, чтобы удовлетворять потребности населения в мультимедийной сфере. Мы как градостроители должны использовать потенциал взаимодействия социальных сетей с объектами, заранее закладывать объекты, которые стали бы не просто местами притяжения, но и новыми медиа объектами.

Необходимо учитывать технологическую составляющую для поддержания системы коммуникации пространства с посетителями, закладывать точки Wi-Fi, продумывать места для зарядки гаджетов и др. объекты городской среды. Данные решения не только откроют пространство для разных жителей города, но и создадут привязанность человека к этому пространству, желание посещать его регулярно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Apache Hadoop. Режим доступа: <https://hadoop.apache.org/>. Дата обращения: 5.10.2021.
2. Gunder, M. After the Post-Modern Abyss: Is the Discourse of Sustainability Really Planning's Saving Grace or Road to Perdition? // Planning Education & Sustainability: Sustaining Planning Education. Conference Proceedings. 2005. PP. 17-18.
3. Lammel, R. Google's MapReduce Programming Model - Revisited // Science of Computer Programming. – 2008. – Т. 70, № 1. PP. 1-30.
4. Leffers, D. Conflict in the face of planning? Power, knowledge, and hegemony in planning practice. In E. Gualini (Ed.), Planning and Conflict: Critical Perspectives on Contentious Urban Developments // Oxford: Routledge. 2015. PP. 127-144.
5. Young, T. Cambria E. Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing // IEEE Computational Intelligence Magazine. 2017.
6. Касьянов, В.В. К вопросу о специфике методов социологии Интернета // Историческая и социально-образовательная мысль. 2017. Т. 9, № 2-3. С. 120-124.
7. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. Режим доступа: <https://stroj.mos.ru/news/park-zariad-ie-b-iet-riekordy-po-kolichiestvu-upominanii-v-instagram>. Дата обращения: 15.10.2021.

8. Лебедев, Ю. В. Сарафанное радио как инструмент маркетинга // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 1. С. 51-52.
9. Маккуайр С. Геомедиа // Москва: Strelka Press. 2018. С. 265.
10. Маслухин, Н. Как провести время ожидания транспорта с пользой: «умные» остановки в России и в мире // ГосВопрос. Дата обращения: 7.11.2021.
11. Медиалогия. Мониторинг СМИ и соцсетей. Инструмент оценки эффективности коммуникаций. Режим доступа: <https://www.mlg.ru/>. Дата обращения: 27.06.2021.
12. Москва 24. В Москве к 2020 году благоустроят 45 улиц и 183 парка. Режим доступа: <https://www.m24.ru/news/gorod/28012020/105342>. Дата обращения: 5.11.2021.
13. Печенкина Ю. Атракцион, чудо или портал в ад: что обсуждали на круглом столе сторонники и противники «Зарядья» // Strelka. Режим доступа: <https://strelkamag.com/ru/article/zaryadye-park>. Дата обращения: 7.10.2021.
14. Система извлечения и анализа текстовых данных из социальных сетей для образовательного учреждения / К.А. Лехов и др. // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. №1. С. 128-136.
15. Стинс О. Новые медиа // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 8: Литературоведение. Журналистика. 2008. № 7. С. 98-106.

РЕТРОСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ И УПАДКА РОССИЙСКИХ УСАДЬБ

Т. А. Луконина¹, И. В. Аксёнова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹tan-kop@yandex.ru

²aks-abc@mail.ru

Аннотация

Объектом рассмотрения являются исторические усадебные комплексы России, представляющие собой богатейший пласт отечественной культуры. В связи с изменением социальных условий и утратой первоначального назначения было потеряно огромное количество усадеб, а оставшиеся, за немногим исключением, находятся в плачевном состоянии. Восстановление и сохранение этих уникальных объектов не только архитектурного, но и духовного наследия, возможно только на основе научных методов реставрации, основанных на глубоком историко-архитектурном исследовании. В статье выполнен исторический экскурс по этапам формирования, развития и упадка усадеб, характерным для большинства рассматриваемых объектов. Такой подход позволяет целостно взглянуть на проблематику исторических усадеб и в дальнейшем разработать программы по их сохранению и активному включению в современную жизнь конкретного района.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих столетий исторические усадьбы в России являются материальным недвижимым воплощением истории страны. В связи с большей сохранностью основной упор в данной работе делается на дворянские усадьбы второй половины XVII-начала XX вв., которые, как правило, представляли собой ансамбль жилых, хозяйственных, репрезентативных и храмовых сооружений и территорий. Поэтому наряду с общим термином «русская усадьба» уместно ввести уточняющее понятие «исторические усадебные комплексы» (ИУК).

ИУК являлись семейными гнездами, центрами национальной культуры, рассеянными практически по всей территории России. Благодаря этим центрам происходил культурный обмен и гармоничное смешение культуры города и провинции. Судьба усадебного строительства не проста, а современное состояние большинства усадеб трагично. Официально практически все сохранившиеся на сегодняшний день усадьбы являются объектами культурного наследия, внесёнными в государственной реестр. Однако государственных средств на их восстановление и даже консервацию недостаточно, а существующие программы государственно-частного партнёрства малоэффективны. По результатам исследования авторов в наиболее благополучном Московском регионе лишь 50% усадеб находятся в благоприятном состоянии: 11% музеефицированы, 39% находятся в эксплуатации [1]. Отсутствие стройной политики и решительных действий в отношении остро стоящей проблемы полного исчезновения чудом сохранившихся усадеб свидетельствует о недооценке их значения. При этом усадьбы, обладая колоссальной культурной, исторической, художественной ценностью при условии грамотно выбранной новой функции могут снова стать центрами социального, рекреационного, экономического притяжения и развития [2]. Для этого, прежде всего, должна быть проведена комплексная научная реставрация, предусматривающая документированное обоснование проведения реставрационных работ, опирающихся на исторические исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основе анализа специальных литературных источников по усадьбам, а также историко-архивных изысканий по отдельным объектам в РГИА, были выполнены обобщения и систематизация существующих данных, позволившие составить хронологические схемы развития и упадка усадебных комплексов, а также по качественным критериям их классификацию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии со словарём В.И. Даля *усадьба* («усада», «усадище», «усадбище») – «господский дом на селе со всеми ужожами (строениями), садом, огородом и пр.» [3]. Отдельно следует выделить схожие определения: «вотчина» и «поместье». *Вотчина* – «комплекс феодальной земельной собственности (земли, постройки, живой и мертвый инвентарь) и связанных с нею прав на феодально-зависимых крестьян», переходивший по наследству [4]. *Поместье* – разновидность вотчинной собственности, а именно – земельное владение, предоставлявшееся «за воинскую или государственную службу в России в конце XV — начале XVIII веков» [5].

Усадьбы получили распространение практически у всех сословных групп России. По материальному положению существует двойная классификация понятия усадьбы в зависимости от сословия владельца: мелкопоместные, среднепоместные и крупнопоместные усадьбы, если владелец — помещик или вотчинник; для купцов и вольных крестьян, не имевших права на владение крепостными, — бедные, средние и зажиточные усадьбы. По функциональному назначению усадьбы делились на репрезентативные, жилые и хозяйственные (см. рис. 1).



Рис. 1. Типология русских усадеб XVI-нач. XX вв.

Этапы формирования русской усадьбы

Этапом зарождения русской усадьбы (согласно позиции Н.Н. Врангеля [6]) можно считать «боярские хоромы» XVI-XVII вв., для которых было характерно утилитарное назначение. Уездные помещики не преследовали в усадебных строениях репрезентативных целей, и, как правило, строили одноэтажные дома, укрывая их от посторонних глаз и располагая ближе к хозяйственным постройкам [7]. Даже самые

зажиточные усадьбы этого периода строились из дерева, в связи с чем, часто уничтожались пожарами и до настоящего времени не сохранились.

«*Золотым веком*» русской усадьбы принято считать середину XVIII-середину XIX вв. Его начало обусловлено изданием Петром III манифеста о вольности дворянства (1762 г.), а затем жалованной дворянству грамоты Екатерины II (1785 г.), позволявшей служилым дворянам заниматься сельским хозяйством. С этого времени представители высшего сословия стали активно обустривать свои загородные поместья. Рост количества городов и усадеб, разделение России на губернии и уезды сопровождалось раздачей земель и формированием культуры городской и сельской жизни. Дворянские усадьбы в этот период занимали определенную нишу между понятиями столицы и провинции, а по территориальному расположению в совокупности составляли в некотором смысле архипелаг [8]. В начале «золотого века» первые крупные усадьбы в основном возводились иностранными архитекторами (Кирияново, Ляличи, Жерновка – Кваренги; Ольгово – Кампорези; Перово – Растрелли, Новознаменка, Заречье – Трезини, Вильповицы – Фельден), но в дальнейшем их успешно заменили отечественные, зачастую крепостные архитекторы (С.Ф. и П.И. Аргуновы, А.Н. Воронихин, А.Ф. Миронов, С.Е. Татаринов, И.И. Свиязев, И.С. Семенов), сумевшие успешно перенять мастерство зарубежных мастеров, внося свою лепту в самобытность русской архитектуры [9-12].

Самые «старые» усадьбы, дошедшие до сегодняшнего дня, принадлежат данному временному промежутку, и их стиль начал формироваться только со второй половины XVIII в. В этот период огромное значение приобретает репрезентативная сторона быта, гармония природы и архитектурно-планировочных решений. Если в первой половине XVIII века усадьбы проектировались по простым планировочным схемам, то к концу XVIII – началу XIX в. планировочное развитие усадеб значительно обогатилось за счет использования свободной планировки местности с учетом всех ландшафтных особенностей. Господский дом чаще всего, в отличие от периода зарождения русской усадьбы, строился в наиболее возвышенном месте (в том числе на искусственно созданных холмах), откуда открывался красивый вид.

В период расцвета в состав ИУК входили архитектурный ансамбль, парковое окружение, сельскохозяйственные и лесные угодья, сельские поселения. В основной состав построек за редким исключением входили: главный господский дом (ядро архитектурного ансамбля), храм и хозяйственные постройки. Парковая зона могла быть дополнена беседками, гротами, горками, эрмитажем, руинами, монументами. Как правило, создавалась и особая гидросеть: каскады прудов, водные лабиринты, искусственные острова [13]. Вышеуказанную типологию русских усадеб (рис. 1) применительно к ИУК «золотого века» (и иногда более позднего периода) можно дополнить следующими критериями [14] и систематизировать (см. рис.2).

В зависимости от бытового уклада и образа жизни на территории усадебного комплекса протекали различные виды деятельности: жилая, рекреационная, хозяйственная, религиозная, доходная, гостевая, лечебная, научная, музейная, мемориальная, судебная [15], а основными архитектурными стилями были ампир, классицизм, барокко, рококо, романтизм.

«*Серебряным веком*» русской усадьбы считается эпоха после земельной реформы 1861 года, привнесшей радикальные изменения в структуру усадебного хозяйства и быта. Это привело к объективному сокращению числа поместий. На фоне, казалось бы, неизбежного заката помещичьей культуры появились признаки возрождения, но уже в новых экономических и культурных формах. Владельцами имений – купцами и промышленниками - постепенно формировалась новая типология поселений: наряду с жилыми и надворными постройками возникали строения производственного типа.

Главной функцией поздних русских усадеб «серебряного века» стало обеспечение горожан комфортным загородным жильём. Но, не смотря на заметное снижение статуса усадьбы, превращение её в дачу, сдаваемую внаём, тысячи усадеб даже в самых

отдаленных участках продолжали оставаться своего рода островками культуры в российской глубинке [16].

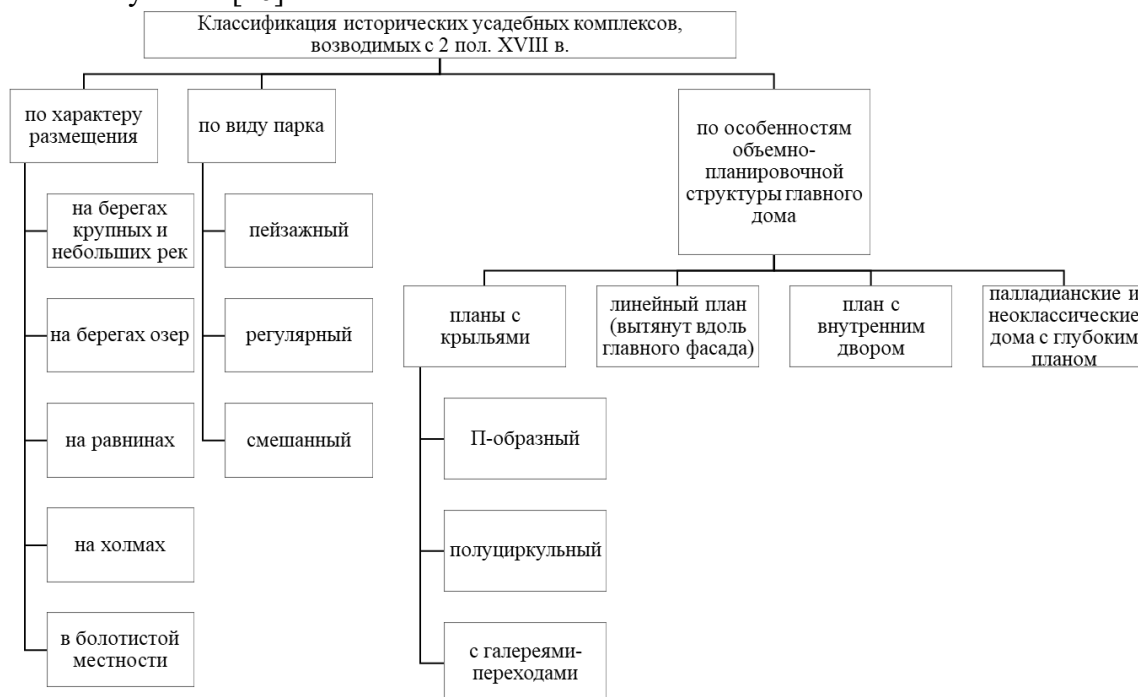


Рис. 2. Классификация устройства исторических усадебных комплексов (ИУК), возводимых с 2 пол. XVIII в.

В архитектуре усадьбы рубежа XIX – XX вв. наблюдается поразительная стилистическая дробность и своеобразное смешение стилей: мотивы готики, европейского монументального ренессанса, экзотика Востока, образы древних боярских теремов, европейских рыцарских замков или сельских коттеджей придали неповторимости внешнему облику усадебных зданий. В этот период появился новый архитектурный стиль модерн, ярко проявившийся в России с 1903 по 1907 год, но не ставший главным и единственным стилем «серебряного века».

Этапы упадка русской усадьбы

Трагическая судьба русской усадьбы прослеживается с самого раннего и благополучного периода их существования. Вследствие частых перемен фаворитов при дворе Екатерины II, а также бесхозяйственности некоторых владельцев, уже в кон. XVIII в. многие усадьбы приходили в запустение [17]. Во время войны 1812-го года значительное количество усадеб, расположенных западнее Москвы, сгорели или подверглись значительным разрушениям.

Однако основным кризисом стала упомянутая выше отмена в 1861 г. крепостного права. Данное явление можно смело охарактеризовать как начало *первого этапа упадка русской усадьбы*. Множество пригородных имений погибло, ещё ряд поместий были перепрофилированы под фабрики и заводы, превращены в дачи, сдаваемые внаём, продаваемые купцам и разбогатевшим крестьянам.

Предвестником окончания усадебной эпохи стала революция 1905 года и связанные с ней народные бунты, прокатившегося по многим помещичьим усадьбам и приведшие к частичному, а иногда и полному их разгрому [18].

Вторым этапом упадка русской усадьбы можно считать период, начиная с 1917 года и весь последующий XX век. После установления новой власти уничтожалось многое, что напоминало о Российской Империи, в том числе, и усадьбы, как символ дворянства. Причём в отличие от стихийного народного мародерства 1905 г. пагубная деятельность производилась представителями новой власти, как правило, вопреки волеизъявлению местных крестьян, мирным образом получивших от бывших господ права на управление хозяйством [19-20]. По данным А.И. Комеча, в течение XX века исчезло 95% усадеб,

существовавших на момент начала столетия [21]. Некоторым благом для русской усадьбы послужила распространенная практика приспособления под новые нужды: больницы, диспансеры, пансионаты, институты, училища, детские дома. Более мягким вариантом использования, позволившим сохранить основные черты прежних комплексов, была передача военным и творческим союзам: Марфино, Архангельское, Щельково, Суханово. Благодаря новой функции, несмотря на зачастую неделикатное обращение, эти усадьбы были обеспечены охраной, отоплением, профилактическими и ремонтными работами, поддерживающими их состояние. И только выдающиеся усадебные комплексы - Останкино, Кусково, Архангельское и усадьбы, имеющие мемориальный характер (Ясная поляна, Карабиха, Мелихово, Поленово) – стали музеями.

Началом *третьего этапа упадка русской усадьбы* можно считать кон. XX в. - годы перестройки и распада СССР. В результате упадка и закрытия практически всех социальных учреждений, сформированных в советские годы, усадьбы остались без надзора и полностью лишились какой-либо защиты [22]. Это оказалось губительнее «грубого» приспособления времён СССР. К большому сожалению, разрушение брошенных на произвол судьбы бесхозных усадеб продолжается и по сей день.

Для наглядности предлагается рассмотреть этапы формирования, развития и упадка русской усадьбы на схеме (см. рис. 3).

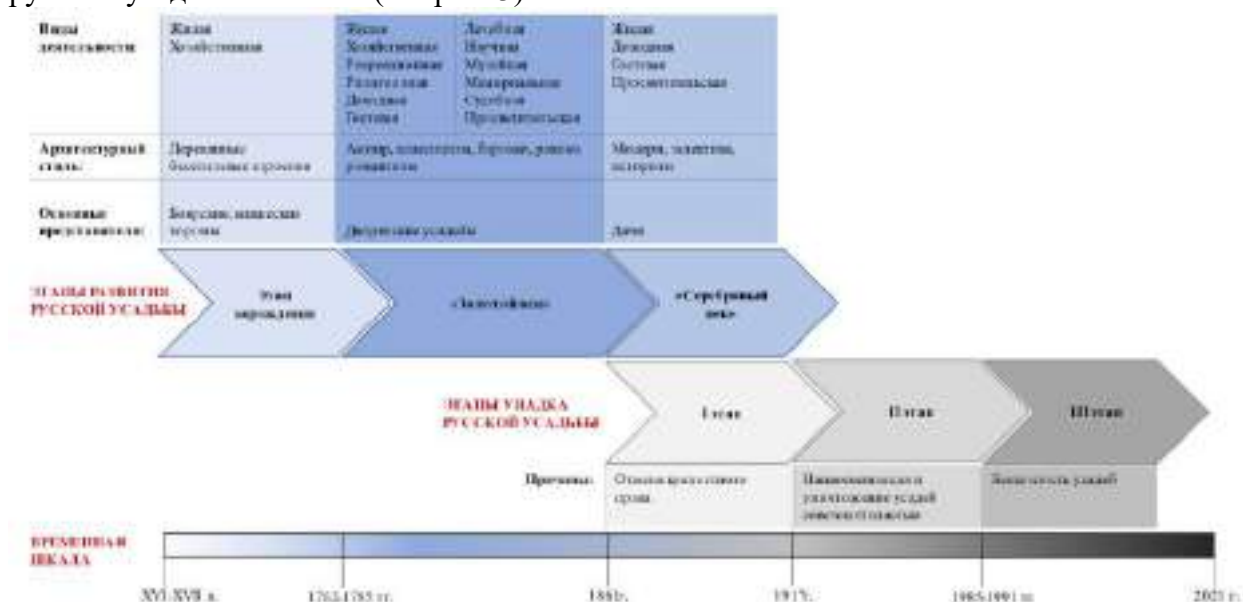


Рис. 3. Этапы развития и упадка русской усадьбы.

ВЫВОДЫ

Краткий исторический экскурс позволяет целостно рассмотреть историю возникновения, развития и упадка русской усадьбы, обозначить причины смены этапов, а также их особенности.

Исторические усадебные комплексы, пройдя непростой путь, пережив периоды войн, революций, радикальных и болезненных перемен в государстве исчезают в связи с медлительностью в политике их сохранения. Чудом сохранившиеся на сегодняшний день остатки усадеб мы теряем одну за другой, превращая памятники в объекты археологии. А учитывая современные темпы застройки пригородных зон жильем и дачную амнистию, память о них может остаться лишь "на бумаге". И это происходит в эпоху развитой экономики, науки, техники, отсутствия крупных войн, бедствий и потрясений и, к сожалению, утраченной в перестроечные годы национальной культурной общности.

Проведенный ретроспективный анализ существования русской усадьбы преследовал цель привлечения внимания к их исторической, архитектурной и культурной ценности, которая с течением времени будет лишь возрастать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луконина Т.А. Сохранение и адаптация исторических усадебных комплексов как неотъемлемая часть концепции устойчивого развития // Перспективы науки. №3 (114). 2019. С. 214-222.
2. Aksenova I., Lukonina T. Integration of Historical Manor Complexes into the Urban and Suburban Infrastructure//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 365. – P. 1-10.
3. Даль В.И. Толковый словарь // Режим доступа: <https://www.slovardalja.net/word.php?wordid=41579>. Дата обращения: 19.08.2021.
4. Веселовский С.Б. К вопросу о происхождении вотчинного режима // М.: Институт истории; Рос. ассоциация научно-исслед. ин-тов обществ. наук. 1926. С. 128.
5. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.) // СПб. 1890—1907.
6. Врангель Н.Н. Помещичья Россия // Старые годы. 1910. № 7. С. 5-80.
7. Болотов А.Т. Жизнь и приключения Андрея Болотова: Описанные самим им для своих потомков: В 3 т. Т. 1: 1738-1759 // Вс. ст. С. Ронского; Примеч. П. Жаткина, И. Кравцова. М.: ТЕРРА, 1993. С. 25.
8. Евангулова О.С. Художественная «вселенная» русской усадьбы // М.: Прогресс-Традиция. 2003. С. 7-17.
9. Безсонов С. В. Крепостные архитекторы // М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
10. Панов В. А. Архитектор А. Н. Воронихин: очерк жизни и творчества // М.: Изд-во Всес. акад. Архитектуры. 1937.
11. Аксенова И. В. Село Сергиевское, Алмазово тож // М.: Именинник, 2014. С. 120. ISBN 978-5-905231-02-5.
12. Галиченко А. А. Алупка: Дворец и парк. — К.: Мистецтво, 1992. — ISBN 5-7715-0352-5.
13. Топорина В.А., Голубева В.И. Русская провинциальная дворянская усадьба как природное и культурное наследие // М.: URSS. Российский фонд фундаментальных исследований. Режим доступа: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1920264#1. Дата обращения: 25.08.2021.
14. И. В. Краснобаев. Сохранение сельских усадеб: проблемы и перспективы // СПб.: Коло, 2013. – 168.
15. Полякова М.А., Савинова Е.Н. Русская провинциальная усадьба XVII – начало XX века // М.: Издательство «ЛомоносовЪ». 2011. С. 26-27.
16. Нащокина М.В. Русская усадьба серебряного века // М.: Улей. 2007. С. 20-25.
17. Георги И.И. Описание российско-императорского столичного города Санкт-Петербурга и достопамятностей в окрестностях онаго // СПб.: При Имп. Шляхет. сухопут. кад. Корпусе. 1794.
18. Врангель Н.Н. Старые усадьбы. Очерки истории русской дворянской культуры // СПб.: Академическая типография «Наука» РАН. 1999. С. 68.
19. Рассказова Л.В. Разгром дворянских усадеб (1917-1919): официальные документы и крестьянские практики // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). №2 (15). 2010. С. 44-49.
20. Л. Иванова. Вывоз из усадеб художественных ценностей. Альманах «Памятники Отечества», «Мир русской усадьбы», М.: Издательство «Русская книга». 1993. С. 71-72.
21. Комеч А.И. Правовая ситуация в области охраны архитектурного наследия // Охрана и реставрация архитектурного наследия России. Организационно-правовые и экономические проблемы : мат. Всеросс. конф. М.: Информационно-издательский отдел РААСН, 2000. С. 24
22. Чекмарев А.В. Архитектурное наследие России: первое десятилетие XXI // Архитектура изменяющейся России: состояние и перспективы. М.: КомКнига. 2010. С. 238-261.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНАЯ СТРУКТУРА ПРИРЕЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ ПОВОЛЖЬЯ

Т. А. Фадеева¹, Ю. В. Анисимов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹alfad321@icloud.com

²anisimov-u@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается влияние реки на пространственное развитие поселений, анализируются прибрежные территории как базовые природные компоненты формирования функционально-планировочной структуры города. Исследование проводилось с целью выявления проблем освоения и использования прибрежных территорий для дальнейшей разработки принципиальных подходов к их интеграции в структуру города. В работе, на основе использования методов картографического исследования, и анализа исторического развития городов Поволжья, а также привлечения российского и зарубежного опыта выявляются этапы освоения долин реки Волги, противоречия и проблемы функционального использования этих территорий, негативные стороны существующего зонирования, отмечается неэффективное и нерациональное использование территорий, делается вывод о необходимости радикального переосмысления подходов и разработки концепции реновации приречных территорий на принципах устойчивого развития. С учетом существующего отечественного и зарубежного опыта намечаются основные тенденции и принципиальные основы реновации функционально-планировочной структуры прибрежных территорий.

ВВЕДЕНИЕ

Реки играют значительную роль в развитии городов. Водотоки на протяжении веков были источником поддержания жизнеспособности поселений и их жителей. Они способствовали развитию сельского хозяйства и торговли. Расположение городов у водоемов также было важно для обороны и коммуникаций. Множество аспектов, обеспечивающих большие возможности экономического и хозяйственного развития города, сыграли значительную роль в выборе прибрежных территорий реки как места поселения. На протяжении многих десятилетий интенсивное промышленное и нередко стихийное освоение прибрежных территорий крупных городов страны привело к разбалансированному развитию, экологическим нарушениям и негативным преобразованиям речных ландшафтов. Цель работы выявить качественные преимущества развития городов на реках, провести сравнительный анализ взаимодействия городской планировки с крупной рекой, как функционально развивалось это взаимодействие, какие проблемы оно породило, какие принципиальные подходы необходимо развивать для сознания гармоничной среды на приречных территориях приволжских городов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы методы картографического анализа, систематизации и сравнительного анализа. В градостроительной аналитике были использованы исторические картографические материалы, исторические и актуальные планы городов Астрахани, Волгограда, Саратова, Самары. Авторы также ознакомились с исходными данными, проектами охранных зон и генеральными планами перечисленных городов, а также с материалами и общими сведениями о реке Волге, примерами реабилитации прибрежных территорий.

Благодаря этому удалось систематизировать приречные города с точки зрения их пространственного развития относительно реки, выявить их проблемы и возможности для развития прибрежных территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Роль реки в формировании городской структуры меняется вместе с развитием города. Поволжские города, возникшие в XVI-XVII вв., имели в своей основе крепости, которые строились по единому образцу. Структура и вид городов были примитивными и определялись, прежде всего, их оборонительным назначением. Краткое описание этих городов приводит А. И. Шахматов: “Город состоял из крепостной стены, очень редко каменной, обыкновенно же деревянной из цельных брусьев...стены эти обносились валом, а между ним и стеной устраивался ров. За городской стеной внутри города находились: соборная церковь с площадью, около же приказная изба, воеводский дом, изба губного старосты и казенный амбалы для хранения казенного имущества...” [1].

Увеличение численности населения сопровождалось ростом городской ткани в долине реки. Города сначала располагались на одной стороне реки, а потом соединялись с противоположным берегом с помощью переправ и мостов. В результате такого развития городские структуры точечно концентрируются на прибрежных территориях с развитием в глубину территории, вдоль главных дорог – связей с другими городами и поселениями. Исторический центр города располагался у реки и развивался от этой точки в сторону новых территорий. До конца XVIII века планировка имела нерегулярный, но линейный характер, а затем превратилось в систему главных улиц и площадей в среде однородной застройки прибрежных и глубинных территорий. Это было характерно для таких современных городов как Астрахань, Саратов и Самара. Исключением является Волгоград (Царицын), планировочная организация которого развивалась преимущественно вдоль реки [2].

В XVIII-XIX вв. свободная ландшафтная планировка города сменилась регулярной. Работа по составлению планировок началась с середины XVIII вв. Планы городов утверждались Екатериной II, и на их основании велось строительство. Активно осваивались берега как под жилую застройку, так и под торговые, складские и производственные функции. Регулярная городская планировка имела большие практические преимущества: удобство сообщения, ясность ориентиров, простота в межевании территории под застройку.

Ретроспективный анализ прибрежных территорий, показал значительное влияние водотоков на развитие городов. Реки создает естественный коридор, который пересекает весь город или проходят вдоль него, соединяя городские районы (Рисунок 1). Эта естественная артерия представляет собой большой потенциал для устойчивого развития, прежде всего являясь основой формирования экологического каркаса, создания социально активных мультифункциональных публичных пространств города, тем самым приобретая потенциальный объемно-пространственный ресурс для эффективной реновации и регенерации идентичности города [3].

Долина Волги была основополагающим фактором в формировании композиции города. Самара, Волгоград и Астрахань получили свое преимущественное развитие параллельно руслу реки. Исключением является Саратов, сетка улиц которого направлена под 45 градусов относительно Волги по направлению Московского тракта и Глебушева оврага [4].

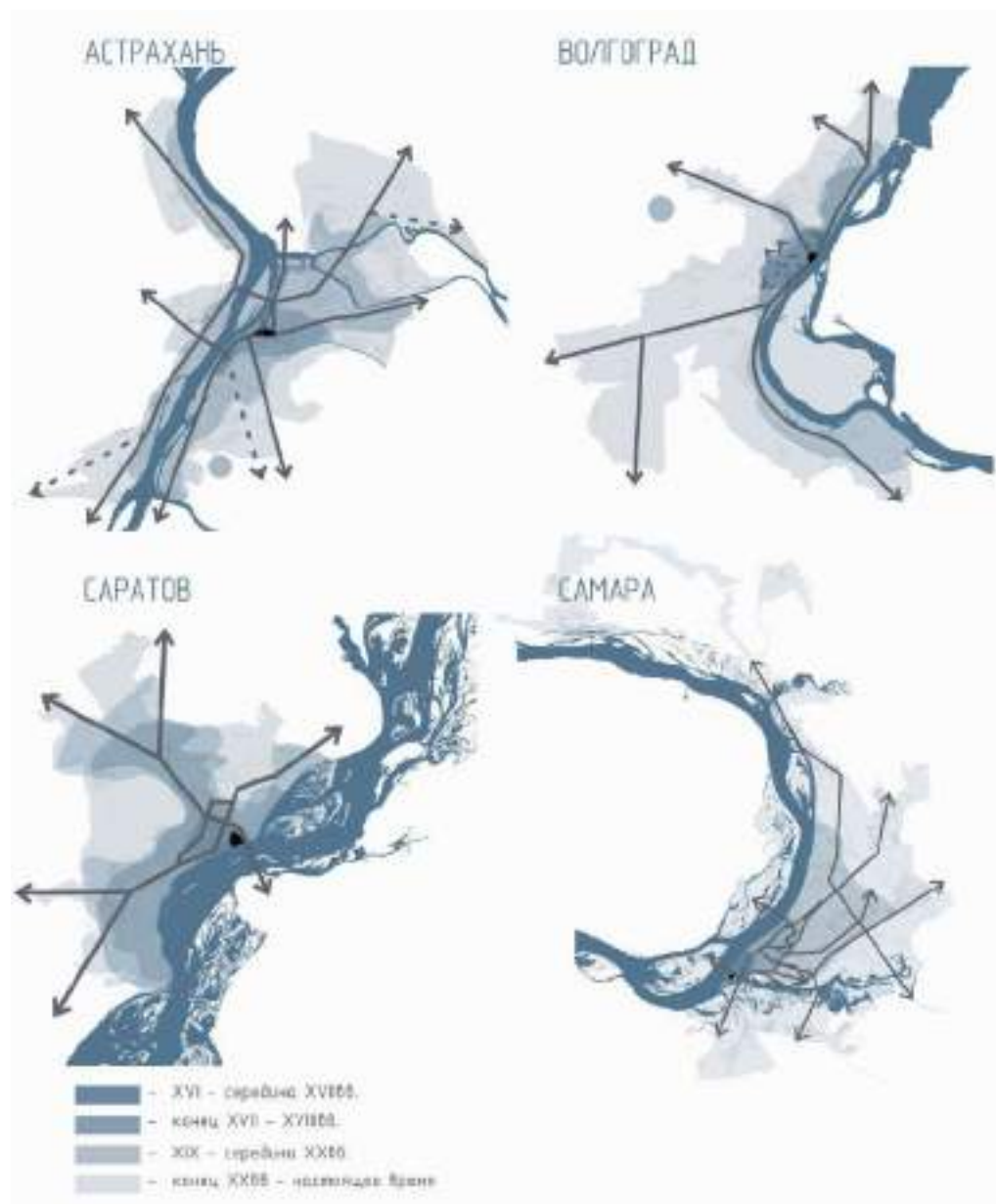


Рис.1. Историко-генетические модели развития городов [автор Фадеева Т.]

К началу XX века, несмотря на различия в возникновении и формировании планировочной структуры, города Поволжья приобрели ряд общих черт в использовании прибрежных территорий, а именно:

1. наличие на прибрежной территории крупных промышленных узлов,
2. неразвитый ландшафтно-экологический каркас
3. отсутствие четкого функционального зонирования [5].

В таких поволжских городах как Самара, Саратов и Волгоград наблюдается строгая дифференциация улично-дорожной сети, слабовыраженные выходы городских коммуникаций к воде, активное освоение побережья под коммунально-складские и промышленные объекты.

Главная проблема функционального зонирования заключается в некоей отстраненности реки от города. Это объясняется тем, что Волга долгое время использовалась как путь сообщения, а ее берега и долины малых рек были застроены производственными и складскими объектами [6, 7]. С конца XIX – начала XX века прибрежные пространства расценивались как непригодные для строительства территории из-за труднодоступности и высокой затопляемости в период половодья и паводка, они являлись городскими коммунально-складскими зонами периферийного характера [8].

Так, например, планировка Астрахани сформировалась не только относительно Волги, но и реки Кутум и Варвациевского канала (Рисунок 2). Прибрежная территория сохранила свой естественный потенциал. Основная часть парковых и прогулочных пространств сформированы вдоль водных артерий. Можно условно выделить основной круг прогулочно-рекреационного пути в черте междуречья [9].

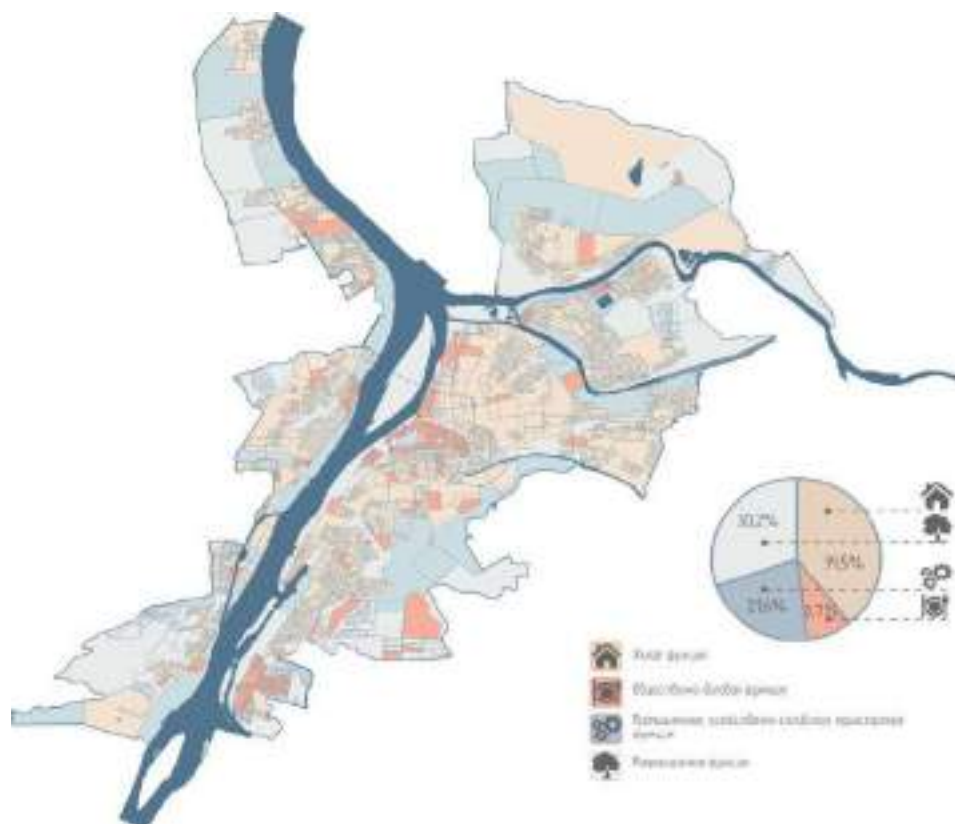


Рис. 2. Функциональное зонирование г. Астрахани [автор Фадеева Т.]

В Волгограде планировочная структура города имеет линейный характер и представлена продольными (параллельными) и поперечными (перпендикулярными) руслу реки магистралями и улицами. Продольные улицы, например, проспект Ленина, служат для связи между отдельными районами города, а поперечные – для взаимосвязи города и реки (Рисунок 3). Вместе с тем, значительную часть побережья занимают промышленные предприятия. Благоустроенной и используемой как городское общественное пространство остается только набережная в центральной части города.

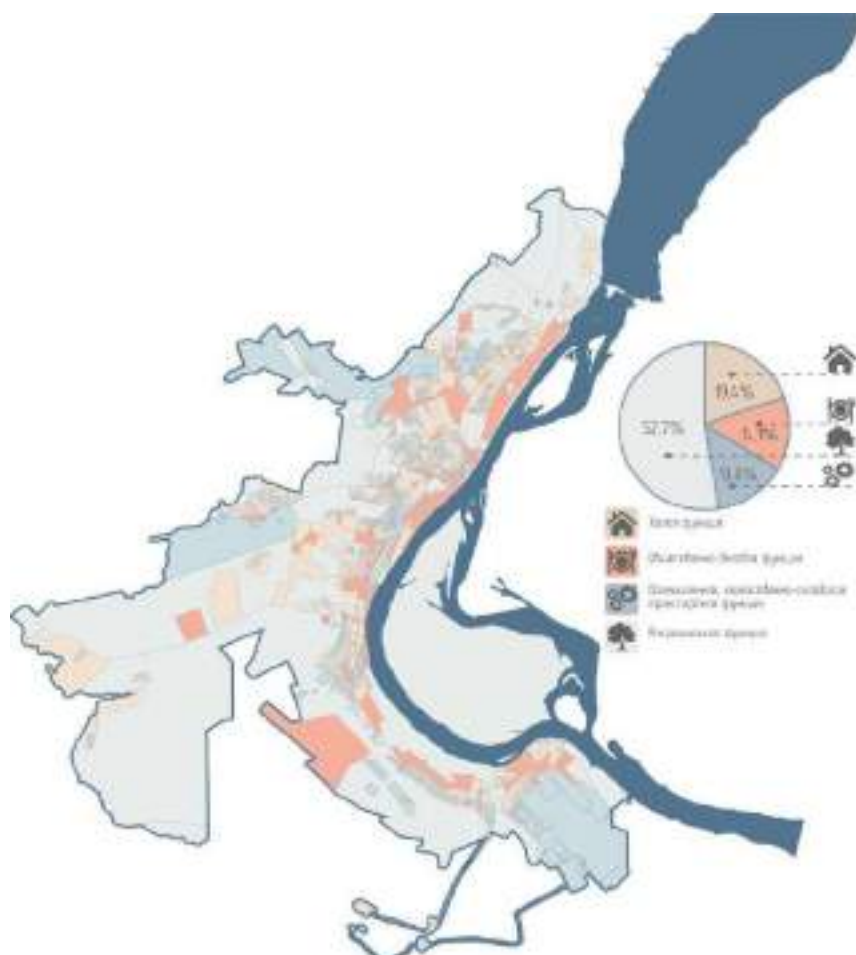


Рис. 3. Функциональное зонирование г. Волгограда [автор Фадеева Т.]

В городе Саратов функциональное зонирование сложилось под влиянием сложного рельефа. Центральная часть города, включая прибрежную зону, застроена зданиями средней этажности. Единственная благоустроенная рекреационная зона является набережная в центральной части (Рисунок 4).

Ближе к периферии связи городской жилой и общественной застройки с рекой отсутствуют из-за доминирующей промышленной функции на прибрежных территориях. На противоположном берегу реки Волги, где располагается город Энгельс, городские открытые пространства занимают значительные территории, представлены рекреационными зонами, санаториями и турбазами.

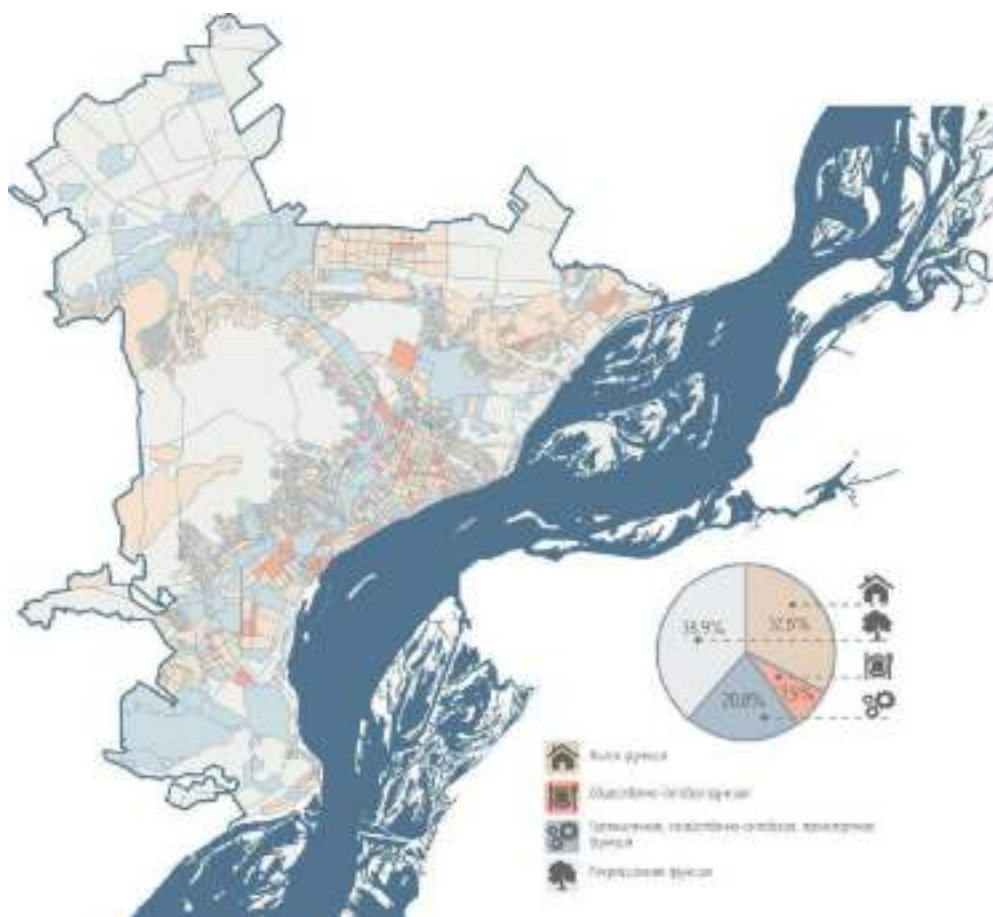


Рис. 4. Функциональное зонирование г. Саратова [автор Фадеева Т.]

Функциональное использование набережных Самары является более гармоничным относительно остальных городов Поволжья, благодаря насыщенной рекреационной функции прибрежной территории (Рисунок 5) [10]. Появление набережных связало систему зеленых пространств, прогулочных путей и городских пляжей. Но, несмотря на благоустройство, связь города и реки была утрачена не только планировочно, но и визуально. Из-за плотной застройки промышленных территорий связь с Волгой была разорвана [11].

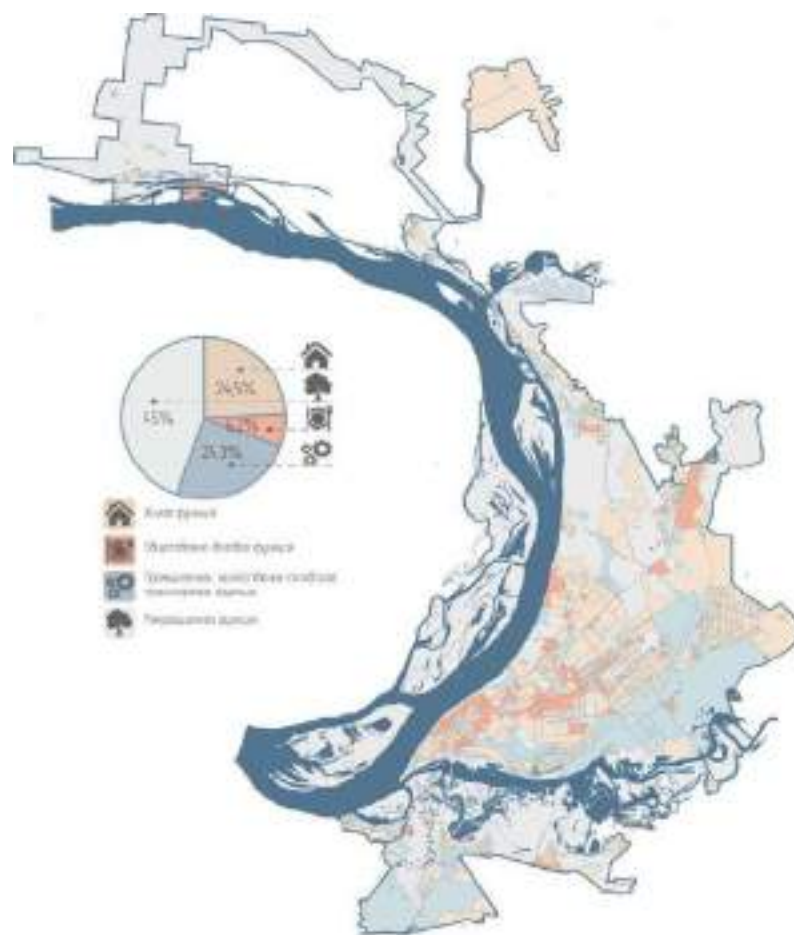


Рис. 5. Функциональное зонирование г. Самары [автор Фадеева Т.]

Существует немало количество методов преобразования территорий. Концепции использования потенциала реки поднимает вопросы о свойствах и функциях, которые можно разместить на реке. Основная идея состоит в том, чтобы приблизить все возможные (необходимые) городские функции к руслу. В связи с характером реки относительно ее расположения, необходимо назначить полностью свободные места и зоны, которые позволяют вводить только функции, которые востребованы жителями, представляют интерес для инвесторов и поддерживают устойчивое развитие территории. Объекты недвижимости, размещенные на реке, дают возможность для развития и оживления территории, что обеспечивает дополнительное преимущество.

На примере города Саратов можно наблюдать тенденцию увеличения протяженности обустроенной набережной, а также вывода промышленных предприятий с прибрежных территорий. Появляются не только новые прогулочные маршруты вдоль береговой линии, но и новые жилые, торговые и общественно-деловые зоны, которые позволяют оживить территорию [12].

На протяжении многих лет можно наблюдать тенденцию к ревитализации и активным преобразованиям прибрежных территорий. Один из многих примеров успешной работы оживления речных районов является мадридский Рио-парк, где вместо автострады, идущей вдоль реки, был создан парк длиной 10 километров [13]. Встречаются и примеры радикального преобразования. Так, для улучшения качества общественной функции, повышения безопасности горожан и защиты застройки от наводнения на месте реки в г. Вроцлав (Польша) создан бульвар Ксаверия [14].

Водотоки наряду с зелеными зонами создают экологически чистые коридоры, которые положительно влияют на окружающую среду, что поддерживает природное разнообразие города. Они регулируют температуру и улучшают циркуляцию воздуха.

Благодаря экологической направленности, прибрежные зоны создают идеальные условия для отдыха и занятий спортом, составляя важные рекреационные зоны, повышающие уровень жизни в городе [15].

ВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

1. реки оказывают важное социально-экономическое, историко-культурное и экологическое влияние на градостроительное развитие и пространственную организацию территории поселений;
2. существует ряд проблем освоения и использования прибрежных территорий, таких как:
 - неудовлетворительное экологическое состояние отдельных фрагментов прибрежных ландшафтов, связанное с нерациональным использованием и низким уровнем технического освоения;
 - отсутствие устойчивых функционально-планировочных и визуальных связей города и реки;
 - нарушение целостности водно-зеленого каркаса города, обеспечивающего биоразнообразие, благоприятный микроклимат в городе и комфортный отдых на побережье и на воде;
 - недоступность прибрежных территорий из-за транспортных коммуникаций, отсекающих город от берега, складских и производственных построек, сложного рельефа;
3. необходимо радикально переосмыслить подходы к реновации приречных территорий, их архитектурно-ландшафтному преобразованию. Город со своими рекреационными и другими многофункциональными общественными пространствами, визуальными и физическими связями, должен максимально развернуться к реке, обеспечивая тем самым потребности горожан в разнообразных видах отдыха, спорта и развлечений, в том числе на воде, при этом поддерживая и обогащая речной ландшафт, органично включая его в структуру экологического каркаса города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахматов. А.И. Исторические очерки г. Саратова// elibrary.sgu.ru Саратов, 1891. С. 50. Режим доступа: <http://elibrary.sgu.ru/djvu/books/758.pdf>. Дата обращения: 07.08.2021
2. Гуляницкий Н.Ф. Русский регулярный город на традиционной основе // Архитектурное наследство М., 1981. - С. 1. Режим доступа: http://www.niitiag.ru/pub/arkhitekturnoe_nasledstvo/arkhitekturnoe_nasledsto_archive. Дата обращения: 11.09.2021
3. Осятинский А.И. Строительство городов на Волге// bookree.org Саратов, 1965. С. 7. Режим доступа: <https://booksee.org/book/1349791>. Дата обращения: 14.09.2021
4. Дорожук Н.Р. Градостроительные особенности прибрежных территорий // International scientific review Тула, 2016. С.2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gradostroitelnye-osobennosti-pribrezhnyh-territoriy/viewer>. Дата обращения: 14.09.2021
5. Литвинов Д.В. Анализ функционального зонирования прибрежных зон крупных городов Поволжья. Д.В. //Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. Самара, 2011. С. 58. Режим доступа: <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/53959/37295>. Дата обращения: 21.09.2021
6. Литвинов Д.В. Градоэкологический анализ характера озеленения прибрежных территорий крупных городов среднего Поволжья. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальная и экономическая география. Самара, 2011. С. 58. Режим доступа: <https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/53959/37295> /. Дата обращения: 19.09.2021
7. Чугусов Д.А., Шукуров И.С. Ландшафтно-градостроительная организация рекреационных зон в структуре прибрежных территорий //Сборник докладов II Международной научно-практической конференции. / Москва,МИСИ- МГСУ, 2019. С.
8. Водяник А.Р. Природный каркас городов - мост из прошлого в будущее. // «УРТ» №2\2016. Ростов-на-Дону, 2016. С. 3. Режим доступа: <https://urtmag.ru/public/336>. Дата обращения: 13.10.2021
9. Новинская Н.А., Бардынина Е.В., Моргун Н.А. Архитектурно-градостроительное формирование нового общественного пространства в городе Астрахань // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. Ростов-на-Дону, 2018. №4(26). С5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/arkhitekturno->

- gradostroitelnoe-formirovanie-novogo-obschestvennogo-prostranstva-v-gorode-astrahan/viewer /. Дата обращения: 24.10.2021
10. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах // Москва, 2010. С. 53. Режим доступа: <http://books.totalarch.com/n/0617>. Дата обращения: 13.10.2021
 11. Ахмедова Е.А. Стратегическое направление градостроительного развития поаволжских городов в генеральных планах нового поколения среды // Вестник ОГУ. Самара, 2007. С. 160. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskie-napravleniya-gradostroitelnogo-razvitiya-povolzhskih-gorodov-v-generalnyh-planah-novogo-pokoleniya/viewer>. Дата обращения: 24.10.2021
 12. Меркушев С.А. Набережные крупнейших городов Урала и Поволжья и их возможности в повышении attractiveness городской среды // Географический вестник. Пермь, 2019. №1(48). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/naberezhnye-krupneyshih-gorodov-urala-i-povolzhya-i-ih-vozmozhnosti-v-povyshenii-attractivnosti-gorodskoy-sredy/viewer/>. Дата обращения: 05.11.2021
 13. Lerner J. Acupuntura urbana// Editora Record/Rio de Janeiro, 2003. Режим доступа: <https://iaac.net/acupuntura-urbana-jaime-lerner/>. Дата обращения: 05.11.2021
 14. Wejchert K. Elementy kompozycji urbanistycznej // Publisher Arkady /Warszawa, 1974. Режим доступа: <https://docer.pl/doc/ns8nxx8>. Дата обращения: 05.11.2021
 15. Adler D. Story of cities #37: how radical ideas turned Curitiba into Brazil's 'green capital' // The Guardian, 2016. Режим доступа: <https://www.theguardian.com/cities/2016/may/06/story-of-cities-37mayor-jaime-lerner-curitiba-brazil-green-capital-global-icon>. Дата обращения: 25.10.2021

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ НАВОДНЕНИЙ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ ВЬЕТНАМА

В. М. Нгуен¹, Е. Ю. Зайкова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*mikenguyen@mail.ru*

²*lena_landscape21@mail.ru*

Аннотация

Наводнение - глобальная проблема, особенно для прибрежных стран. Хошимин расположен рядом с морем, имеет небольшую среднюю высоту местности и высокое среднегодовое количество осадков, поэтому часто страдает от наводнений. Кроме того, высокий уровень урбанизации увеличил плотность застройки города, тем самым увеличил риск наводнений. В мире проблема наводнений рассматривалась и эффективно решалась во многих странах, таких как: Сингапур, Австралия, США, Китай и т. д. с помощью применения решений GI (Green Infrastructure - Зеленая Инфраструктура). Однако в городе Хошимин применение вышеупомянутых решений для проблемы наводнений еще значительно ограничено. Большинство предлагаемых решений на данный момент заключается в увеличении пропускной способности города, например: модернизация дренажной системы, установка временных насосных станций, поднятие дорог и поднятие пола зданий. Это решения, которые затратны и считаются неустойчивыми, они решают только временную проблему, а задачи градостроительства прогнозировать решение вопроса долгосрочно во времени, управляя процессом урбанизации.

Цель исследования - предложить некоторые решения зеленой инфраструктуры для управления урбанизацией, связанной с рисками наводнений и проблемами уплотнения застройки на берегах рек и каналов в г. Хошимин в рамках концепции устойчивого развития.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с растущей урбанизацией и воздействием дождевых вод в городах на наводнения и людей, управление водными ресурсами в городских районах считается очень важной задачей [1]. Тенденция планирования и управления рисками городских наводнений постепенно сместилась от традиционного подхода (Серая инфраструктура – Grey infrastructure), который часто решает только одну проблему (уменьшение наводнения), к более устойчивому и многоцелевому подходу (Зеленая инфраструктура - Green infrastructure GI) [2]. Городской дренаж, вместо того, чтобы считаться проблемой, рассматривается с точки зрения его потенциала (например, пополнение подземных вод, улучшение окружающей среды и микроклимата) [3]. На этой основе было разработано и реализовано множество проектов и программ в направлении управления рисками наводнений с помощью решений зеленой инфраструктуры, таких как: LID (развитие с низким уровнем воздействия), WSUD (Водочувствительный городской дизайн), SUDS (Устойчивая дренажная система), Sponge City (Губчатый город, город-губка) и др., которые обеспечивают высокую эффективность, не только помогая уменьшить наводнения, но и увеличивая адаптивность города к наводнениям, поддерживая водный баланс, улучшая окружающую среду, экологию города [4].

Во Вьетнаме наводнение является неотложной проблемой, особенно в крупнейших и больших городах из-за высокой скорости урбанизации. Город Хошимин признан одним из городов, пострадавших от наводнения наиболее серьезно [5]. Однако управление рисками наводнений с помощью решений зеленой инфраструктуры не получило широкого распространения. Большинство мер по борьбе с наводнениями в Хошимине следуют тенденции предотвращения попадания воды в город с помощью системы дамб,

увеличивая способность отвода воды через дренажной системы или путем поднятия дорог и полов зданий. [6] [7]. Вышеупомянутые меры могут решить проблему наводнения немедленно, однако они имеют скрытые риски, когда экстремальные погодные явления происходят чаще и непредсказуемо [8]. Помимо наводнений, уплотнение застройки в контуре рек и каналов также считается очень серьезной проблемой и тесно связано с повышенным риском наводнений в Хошимине [9].

Основываясь на цели предоставления решений двух насущных проблем города Хошимина, при изучении международного опыта проектов и программ по управлению рисками наводнений с помощью решений зеленой инфраструктуры, в статье предлагаются некоторые планировочные решения для снижения риска и ущерба от наводнений города Хошимин и крупных городах Вьетнама в устойчивом направлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ и оценка опыта реализации проектов и программ по снижению наводнений с решениями зеленой инфраструктуры в некоторых странах по всему миру, чтобы найти решения, подходящие для условий крупнейших и больших городов Вьетнама, например, в г. Хошимин. В статье выбираются страны на разных континентах мира с разными климатическими и природными, социально-экономическими условиями для полноценной оценки мер по управлению рисками наводнений.

Метод моделирования используется для представления текущего состояния территории и планировочных решений по ее реструктуризации.

Граница исследования

Район 8 - один из центральных районов города, прилегающий к пригородным районам, площадью 1880 га, обладающий сложной системой каналов. Рельеф района 8 относительно равнинный, средняя высота 1,2 метра [10]. Сочетание топографии с высокой плотностью рек делает район 8 одним из самых уязвимых районов Хошимина для наводнений. Кроме того, район 8 также является одним из центральных районов Хошимина с высокой плотностью населения 22240 человек / км² [11] и самой сложной ситуацией с уплотнением контуров канала в городе. По статистике Департамента строительства за 2019 год в этом районе более 10 000 домов расположены в прибрежной зоне, которые выходят на канал (рис. 1) [12].



Рис. 1. а Снимок ДЗЗ района 8 [13] - б. Карта уплотнения застройки в контуре канала Дой, района 8

Результаты исследования

Путем анализа мер и результатов, достигнутых в проектах по управлению рисками наводнений с помощью мер GI в Сингапуре (программа ABC) [14], Австралии (WSUD) [15], США (LID) [16], Китае (Sponge City) [17], планировочные решения для управления риском наводнений и проблемы уплотнения застройки в контуре рек и каналов города Хошимин предлагаются следующим образом:

- Разуплотнение застройки вдоль реки и канала, возвращение водозащитной зоны.

- Увеличение емкости водохранилища города, путем увеличения проницаемости.
- Понижение отметок рельефа части территории с целью образования зеленых котлованов на участке, создавая пространство для хранения воды при сильном дожде или подъеме речной воды.

Например, в Районе 8 следующие предлагаемые меры градостроительного планирования:

- Территории применения включают: территория вдоль каналы, промышленные и ремесленные зоны.

Решения:

Территория вдоль канала:

- + Реструктуризация территории вдоль канала в направлении интеграции, расслоить берег канала для увеличения площади канала, когда вода поднимается. Такая территория может стать зоной парка или пешеходной коммуникацией с низкой водой (рис. 2).

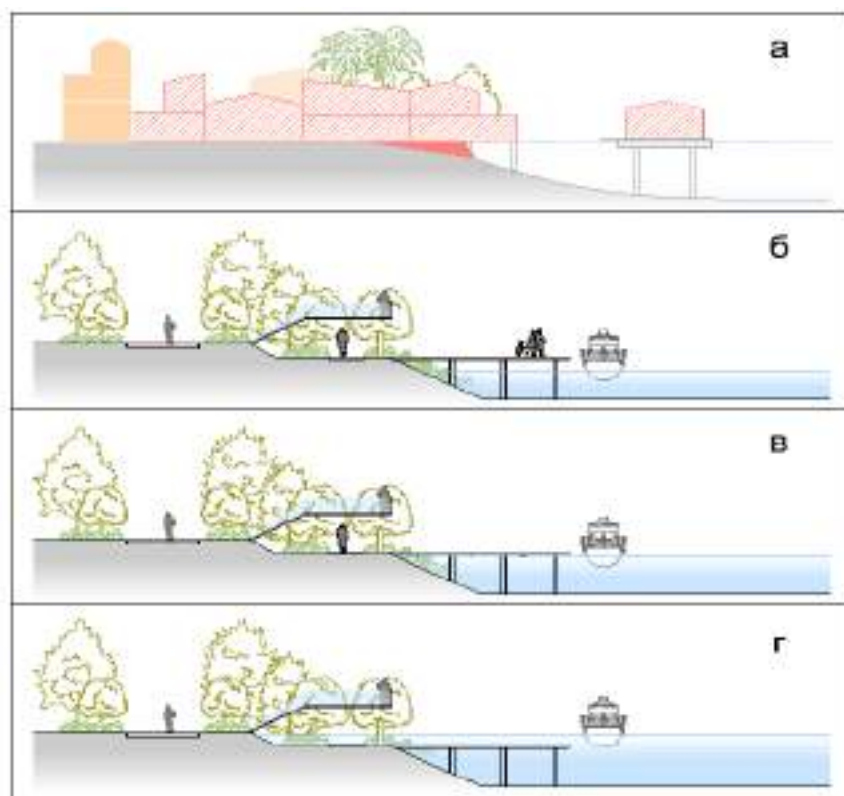


Рис. 2. Модель территории вдоль канала до и после разуплотнения и реструктуризации.

- а) Текущее состояние, б) в) г) Территории вдоль канала после разуплотнения и реструктуризации в уровнях канала.

- + Устроить пешеходные маршруты, ведущие к каналу.
- + В зависимости от площади полосы земли вдоль каналов устраивают парки или маршруты для пеших и велосипедных прогулок.
- + Обустройство причалов вдоль каналов для обслуживания водного транспорта, туризма и развлечений, то есть создание нового социокультурного сценария в устойчивой среде;
- + Сохранить произведения исторического значения вдоль рек и каналов с целью интеграции их в новый сценарий устойчивого развития и эко-технологий градостроительного прогнозирования.

Промышленные и ремесленные зоны (рис. 3):

+ Превращение промышленных и ремесленных зон в парки и/или жилые кварталы и группы для переселения.



Рис. 3. Промышленные и ремесленные зоны района 8, г. Хошимин

- Эффекты:

+ Пространство вдоль канала гибко используется в зависимости от уровня воды в канале.

+ Увеличить пространство для хранения воды и увеличить водоудерживающую способность для данной территории за счет увеличения зеленых насаждений и снижения части берега канала.

+ Зеленая полоса вдоль канала помогает снизить скорость потока воды и очистить её поверхностный сток перед тем, как она попадет в канал.

+ Улучшение водной среды, а также экосистемы водной поверхности за счет пополнения грунтовыми водами, улучшения микроклимата и увеличения городской красоты.

+ Создать пространство для отдыха жителей и игр детей разных возрастных групп с увеличением доступа к воде, что обеспечивает здоровье и безопасность жизнедеятельности людей.

+ Переселение людей на резервные территории с новой природой в шаговой доступности, расположенных в непосредственной близости к прежним местам проживания, помогает стабилизировать их жизнь и работу.

+ Предложенная модель способствует развитию туризма и водного транспорта.

ВЫВОДЫ

На основе изучения мирового опыта по управлению рисками наводнений тенденции применения решений зеленой инфраструктуры предлагаются некоторые планировочные решения, соответствующие условиям города Хошимин с целью решить две насущные проблемы города - наводнение и уплотнение застройки в контуре рек и каналов.

Предлагается подробная оценка эффективности планировочных решений по их способности снижения наводнения (снижение высоты, времени и площади наводнения) в городе Хошимин с учетом социально-экономических условий.

В дополнение к планировочному решению, для устойчивого управления риска наводнений, необходимо применить комбинацию технических мер, таких как: зеленая крыша, биосвейл, дождевой сад, водопроницаемый асфальт, газонная плитка, зеленые школьные дворы и др. Кроме того, модернизация канализационной системы и разделение ливневых и бытовых стоков, также необходимо рассмотреть для реализации.

Для того, чтобы эффективно осуществлять меры по управлению рисками наводнений, необходимо актуализировать политику в отношении переселения, общения, привлечения инвестиций и разумных бюджетных ассигнований для обеспечения жизнедеятельности города и людей. Строительная деятельность требует строгого управления и контроля. Кроме того, поощрение и создание условий для применения решений по сбору и повторному использованию дождевой воды также очень важно для управления рисками городских наводнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Chocat, P. Krebs, J. Marsalek, W. Rauch, W. Schilling. Urban drainage redefined; from stormwater removal to integrated management // *Water Science and Technology*, Vol. 43, №. 5, 2001. С. 61-68.
2. C.F. Fratini, G.D. Geldof, J. Kluck & P.S. Mikkelsen. Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality // *Urban Water Journal*, Vol. 9, №. 5, 2012. С. 317-331.
3. Richard A., Lian L., Sarah W., Paul S., Louise W., Celeste M., Adrian S., Tony W. & Sarah M. Water-sensitive urban design: opportunities for the UK // *Proceedings of the ICE-Municipal Engineer*, Vol. 166, №. 2, 2013. С. 65-76.
4. Davis M., Naumann S. Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding // In: *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*. Springer, Cham, 2017. С. 123-137.
5. Нгуен В.М. Зайкова.Е.Ю. Проблемы градостроительного развития терри-торий в контуре каналов города Хошимин и теоретические предпосылки их решения // *биосферная совместимость: человек, регион, технологии*, Vol. 3, №. 31, июль-сентябрь 2020. С. 80-93.
6. Зунг. Д.Н. Наводнение в г.Хошимин, "мягкий" подход // *ASHUI*. 2011. URL: <https://ashui.com/mag/index.php/tuongtac/phanbien/55-phanbien/4272-ngap-lut-tai-thanh-pho-ho-chi-minh-huong-tiep-can-mem.html> (дата обращения: 26.05.2020).
7. Конг Х. Премьер-министр подписал постановление об устранении препятствий для реализации проекта на 10 миллиардов донгов // *VNExpress*. 2021. URL: <https://vnexpress.net/thu-tuong-ky-nghi-quyet-go-vuong-du-an-10-000-ty-dong-4256820.html> (дата обращения: 13.11.2021).
8. Soz S.A., Kryspin-Watson J., Stanton-Geddes Z. *The Role of Green Infrastructure Solutions in Urban Flood Risk Management*. Washington, DC.: World Bank, 2016.
9. Нгуен В.М. Зайкова .Е.Ю. Изучение влияния городской застройки на поверхностный сток на примере района 8 города Хошимина // *Градостроительство и архитектура*. 2021. Vol. 3. №. 44. С. 145-156.
10. Hong X. *Geography and natural resources of district 8, Ho Chi Minh City* // *District 8. Hochiminh city*. 2014. URL: <http://www.quan8.hochiminhcity.gov.vn/pages/dieu-kien-tu-nhien.aspx> (дата обращения: 3.10.2021).
11. Статистический ежегодник Хошимина, Хошимин, 2018..
12. Динь Шон, Ха Май. «Сломанный» план по переселению 20 000 домов вдоль каналов и каналов [Электронный ресурс] // *Thanh niên: [сайт]*. [2020]. URL: <https://thanhnienvn.com/tai-chinh-kinh-doanh/vo-ke-hoach-di-doi-20000-can-nha-ven-kenh-rach-1227795.html> (дата обращения: 09.09.2020).
13. Google Earth [Электронный ресурс] URL: <https://earth.google.com/> (дата обращения: 15.September.2020).
14. Valerie Chew, editor. *The active, beautiful, clean waters programme: Water as an Environmental Asset*. 1st ed. Singapore: Urban Systems Studies, 2017. 59 С.
15. Stephen Cook, Marjorie van Roon, Lisa Ehrenfried, James LaGro, Qian Yu. WSUD "Best in Class"—Case Studies From Australia, New Zealand, United States, Europe, and Asia, // In: *Approaches to Water Sensitive Urban Design*. Woodhead Publishing, 2019. С. 561-585.

16. Matos, C., Briga Sá, A., Bentes, I., Pereira, S., Bento, R. An approach to the implementation of Low Impact Development measures towards an EcoCampus classification. *Journal of environmental management // Journal of environmental management*, Vol. 232, 2019. C. 654-659.
17. Liu Y. Reviews of Sponge City in China // *New Water Policy & Practice Journal*, Vol. 4, №. 1, Apr 2017. C. 57-62.
18. Zaykova E.Y. Postindustrial space: Integration of green infrastructure in the center, middle and periphery of the city // *Scopus, Springer Geography*, 2018. C. 106-107
19. Zaykova E.Y. Healing landscapes in the multifunctional hybrid objects // *Proceedings of the Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering*, 2019, (227969), C. 347–355
20. Zaykova E.Y. Formation methods of hybrid urban spaces in the historic city center // *Scopus, E3S Web of Conferences*, 2019, 97, 01031
21. Zaykova, E.Y. Green Spice for the Megacity and Urbanization // *Scopus, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, 869(2), 022014
22. Zaykova E.Y. Strategies ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects // *IPICSE 2020*, Vol. 1030, 2020. C. 10

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

О.Ю. Лептюхова¹, Н.А. Гордиенко²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*oy-2@mail.ru*

²*nadiagordienko4@gmail.com*

Аннотация

Со временем города расширяются, что приводит к растущей градостроительной нагрузке на социальную инфраструктуру города, возникает дефицит объектов социального назначения. На сегодняшний день градостроительная ситуация в городах складывается таким образом, что зачастую объекты культурного наследия (далее – ОКН) занимают особо ценные городские территории. Это сложные объекты, которые нуждаются в реставрации и правильном содержании, это требует финансовой поддержки. Один из способов сохранения ОКН – приспособление для использования в хозяйственной жизни города, как правило, в качестве социальных объектов. Поэтому стоит остро вопрос включения объектов культурного наследия в хозяйственную жизнь города. В данной статье представлены результаты анализа использования ОКН при реновации территорий в г. Москве. Предметом исследования является использование ОКН в условиях реновации. Объект исследования – проекты планировки территорий реновации в г. Москве. Автором была проанализирована существующая роль ОКН в городской среде, проведен анализ существующего опыта реновации, выявлены основные социальные объекты, под которые могли бы использоваться ОКН в зависимости от их текущего состояния, городских потребностей в объектах социальной инфраструктуры и территории вокруг них.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью разработки устойчивой стратегии развития и преобразования неэффективно используемых территорий города. На сегодняшний день главной задачей специалистов-градостроителей является обеспечение развития территорий внутри уже сформированной планировочной структуры населённых пунктов, что предотвратит их искусственное территориальное расширение.

Города, как живые организмы, построены на ряде каркасов, зависящих друг от друга и обеспечивающих жизнедеятельность всего организма. Основными каркасами города являются природный и транспортный, между ними формируется ткань города. В то же время сама ткань города формируется обществом, населяющим его. Таким образом мы можем выделить ещё один каркас – социальный, который также взаимосвязан с двумя предыдущими и зависит от них. ОКН – это объекты недвижимости и исторически, связанные с ними территории, произведения живописи, скульптуры, объекты науки и техники, возникшие в результате исторических событий, представляющие археологическую, архитектурную, историческую, градостроительную и иную ценность. ОКН подразделяются на три вида: памятники, ансамбли, достопримечательные места [1]. Объект культурного наследия может использоваться в качестве социально-бытовых нужд, удовлетворяя городские потребности. Его территория становится составной частью социального каркаса города, и включается в жизнь города. Чем лучше благосостояние ОКН, тем большую ценность имеет прилегающая территория и тем ценнее его вклад в формирование качественной городской среды. Использование ОКН позволяет следовать полицентричной стратегии развития городов путем формирования их локальных центров. Равномерное распределение различных функциональных зон в планировочной структуре способствует уменьшению скопления людей в городских центрах, что делает городскую среду более благоприятной для жизнедеятельности человека. Современное использование

ОКН приведёт к развитию социально-экономического потенциала населенных мест. Данный метод развития территории отвечает основным принципам комплексного устойчивого развития территории, так как историческая среда становится центром притяжения на территории освоения, а также способствует развитию социальной сферы жизнедеятельности человека.

ОКН в целях их сохранения нуждаются в выполнении ряда специфических мероприятий, что накладывает ограничения на градостроительное использование их и прилегающей территории и, соответственно, требует дополнительных финансовых затрат при освоении или реконструкции территории. Приспособление ОКН для современного использования является одним из способов его сохранения, включающим реставрационные работы. На сегодняшний день, как показал анализ литературных источников, опыт использования ОКН довольно однообразный: либо для текущего использования с сохранением исторического функционального назначения, например, здания гимназий, больниц, культовые и культурные объекты до сих пор продолжают действовать и выполняют свою роль, либо консервация объекта для последующей музеефикации [2].

Однако имеется ряд исследований на тему приспособления ОКН для современного использования, которые показывают положительный результат: территории ОКН обретают новую жизнь, при этом не теряя своих исторических свойств, которые очень важны для установления исторической связи между человеком и территорией, на которой он живёт. Так, например, Митрофанова А.В. и Филиппов Ю.Ю. в своей работе «Актуальные проблемы использования объектов культурного наследия исторических городов в туристических целях (на примере города Калининграда)» разработали методику, благодаря которой возможно классифицировать ОКН по степени их сохранности и предлагают унифицированный подход к классификации ОКН с целью их использования в туристических целях [3]. Исследователи считают, что важнейшим этапом при определении будущего функционального назначения ОКН является качественный и глубокий анализ существующей городской среды, который поможет сделать правильный выбор в отношении использования ОКН [4]. Новый подход к разделению ОКН на три основных категории предлагают Ю.М. Бердюгина и Ю.Ю. Курашов по таким критериям как: «историчность, подлинность, целостность, сохранность, целостность территории, наличие исторической среды, возможность использования, наличие проекта охранных зон» [5]. Также в своей работе Ю.М. Бердюгина выделяет критерии приспособления ОКН такие как: «возможность приспособления ОКН для современного использования, определение частей ОКН являющиеся предметом охраны или не вошедших в предмет охраны, изменения замещающие подлинные элементы ОКН, изменения, дополняющие ОКН, недопустимость утраты подлинности» [6]. Отмечается, что на законодательном уровне не отображена роль ОКН как градообразующего ресурса в стратегическом планировании и развитии городских и сельских поселений, скорее наоборот присваивается статус обременяющего фактора. По словам Э.А. Шевченко, установленное законом определение ОКН не отображает его ценность для любого поселения, тем самым не учитывает ОКН как дополнительную возможность его развития [7]. Развитие инфраструктуры в городе с учётом исторических территорий позволит ОКН «стать комплексом, обеспечивающим развитие отдельной сферы жизнедеятельности территории или даже определять её полностью» [8]. Нерациональное использование пустырей за границей поселений можно избежать, используя градостроительный потенциал ОКН. Рассмотрение территорий ОКН в качестве базы, на которой могут развиваться новые функции, возможно только при соблюдении всех норм и методических рекомендаций по сохранению и приспособлению ОКН. ГОСТ Р 55528-2013 указывает, что при приспособлении ОКН для современного использования невозможно изменение его элементов, являющихся предметом охраны ОКН. [9].

Сегодняшний опыт показывает, как в уже сложившейся городской среде можно улучшить условия проживания населения посредством преобразования существующих жилых территорий. Одним из пунктов гарантии программы реновации, проводимой в г. Москве, является – создание комфортной и качественной городской среды [10]. Улучшение жилищных условий влечет за собой значительное развитие и модернизацию социальной инфраструктуры города.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование было выполнено методом анализа. В ходе исследования для анализа были выбраны территории, для которых утверждены проекты планировки в целях реализации программы реновации [11]. Территории изучались на предмет их взаимного расположения с территориями ОКН. А также предполагалось ли проектом на стадии его разработки использование данных ОКН в качестве объектов социальной инфраструктуры. Данный анализ поможет выявить виды социальных объектов, предлагаемых к строительству в условиях реновации, а также покажет каким образом происходило взаимодействие с ОКН в данных проектах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данный момент на территории Москвы разработаны проекты планировки для 86 территорий, включенных в программу реновации. Мною были проанализированы все проекты планировок и выявлены 26 территорий, находящиеся на территориях ОКН, либо на территориях защитных или охранных зон ОКН, что составляет 30 % от всех территорий. Данные проекты планировки были проанализированы на факт перспективного использования ОКН, а также для составления перечня планируемых к строительству объектов социального обслуживания.

В статье представлены фрагменты проектов планировок территорий реновации с основными характерными ситуациями по взаимному расположению территорий ОКН и территорий проектов планировки с обозначением объектов социального обслуживания, территории ОКН, их охранных и защитных зон.

На рисунке 1 представлена территория проекта планировки территории микрорайонов 1,14,18 Бабушкинского района, в границах которой частично находится выявленный ОКН достопримечательное место «Застройка центральной части города Бабушкина, кон. 1930-х гг., нач. 1950-х гг.», ОКН станция "Лосиноостровская" Московско-Ярославского направления Северных железных дорог, начало XX в. и его охранные и защитные зоны. В качестве мероприятий по охране объектов культурного наследия проектом планировки устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», также предусматривается разработка проекта зон охраны объекта культурного наследия регионального значения (ансамбля) «Станция «Лосиноостровская» Московско-Ярославского направления Северных железных дорог, начало XX века». На территории проекта планировки предлагается к размещению здание торгово-офисного комплекса, культурно-образовательного комплекса, двух учебных корпусов на 350 мест и двух зданий с дошкольными группами на 200 мест [12]. Использование выявленного ОКН достопримечательное место «Застройка центральной части города Бабушкина» осуществляется в качестве жилых зданий и парка культуры и отдыха, здание ОКН станция «Лосиноостровская» используется в качестве поликлиники.



Рис. 2. Граница территории проекта планировки территории микрорайонов 1,14,18 Бабушкинского района

На рисунке 2 представлена территория проекта планировки территории микрорайонов 37-38, 39 района Северное Измайлово, граница которой граничит с ОКН «Сад-Синегарий на Щелковском шоссе» и с его охранной зоной. В качестве мероприятий по охране объектов культурного наследия проектом планировки устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации». Проектом планировки предусматривается строительство двух зданий образовательной организации (дошкольное образование) на 200 и 125 мест, детской школы искусств на 285 мест и здания образовательной организации (общее образование) на 625 мест [13]. Использование ОКН осуществляется в качестве парка культуры и отдыха, сквера.



Рис. 3. Граница территории проекта планировки территории микрорайонов 37-38, 39 района Северное Измайлово

На рисунке 3 представлена территория проекта планировки территории микрорайонов 15,16,17,18 Дмитровского района, на которой расположен выявленный ОКН «Дом культуры». В качестве мероприятий по охране объектов культурного наследия проектом планировки устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», а также после проведения историко-культурной экспертизы земельных участков. Проектом планировки предусматривается строительство здания образовательной организации (общее образование - 600 мест, дошкольное образование - 150 мест) на 750 мест, двух зданий образовательной организации (общее образование) на 200 и 400 мест, двух зданий образовательной организации (дошкольное образование) на 175 мест, детской музыкальной школы, здания отдела внутренних дел, реконструкция трёх многоквартирных домов авторской архитектуры под социальные объекты различного назначения [14]. На данный момент в здании не осуществляется общественно-деловая деятельность, по открытым данным объект считается долгостроем.



Рисунок 4. Граница территории проекта планировки территории микрорайонов 15,16,17,18 Дмитровского района

На рисунке 4 представлена территория проекта планировки территории микрорайонов 2, 3 Лосиноостровского района, в границах которой частично находится выявленный ОКН достопримечательное место «Застройка центральной части города Бабушкина, кон. 1930-х гг., нач. 1950-х гг.» и частично попадают охранная и защитная зоны ОКН станция "Лосиноостровская" Московско-Ярославского направления Северных железных дорог, начало XX в. В качестве мероприятий по охране объектов культурного наследия проектом планировки устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации». Проектом планировки предусматривается строительство здания образовательной организации (общее образование) на 700 мест, здания образовательной организации (общее образование - 150 мест, дошкольное образование - 150 мест), двух зданий образовательной организации (дошкольное образование) на 200 и 150 мест, физкультурно-оздоровительного комплекса [15]. Использование выявленного ОКН достопримечательное место «Застройка центральной части города Бабушкина» осуществляется в качестве жилых зданий и парка культуры и отдыха, здание ОКН станция «Лосиноостровская» используется в качестве поликлиники.



Рис. 5. Граница территории проекта планировки территории микрорайонов 2, 3 Лосиноостровского района

На рисунке 5 представлена территория проекта планировки территории микрорайонов 13, 14, 20, 123, 123а Головинского района, на территории которой частично находится охранный зона ОКН Усадьба «Грачевка, XVIII-XIX вв. – Парк» и охранный зона ОКН 2. Усадьба "Михалково". В качестве мероприятий по охране объектов археологического наследия проектом планировки устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться после проведения историко-культурной экспертизы земельных участков. Проектом планировки предусматривается перепрофилирование и реконструкция дома авторской архитектуры под детско-юношеский досуговый центр, строительство объекта здравоохранения, трёх зданий образовательной организации (дошкольное образование) на 225, 175 и 175 мест, корпуса дома культуры "Онежский", храма на 500 прихожан, торгово-бытового объекта, трёх зданий образовательной организации (общее образование) на 550, 550 и 350 мест и физкультурно-оздоровительного комплекса [16]. В юго-западном флигеле ОКН усадьбы «Михалково» расположена гостиница, территория усадьбы является городским парком, усадьба «Грачевка» используется в качестве областной больницы.

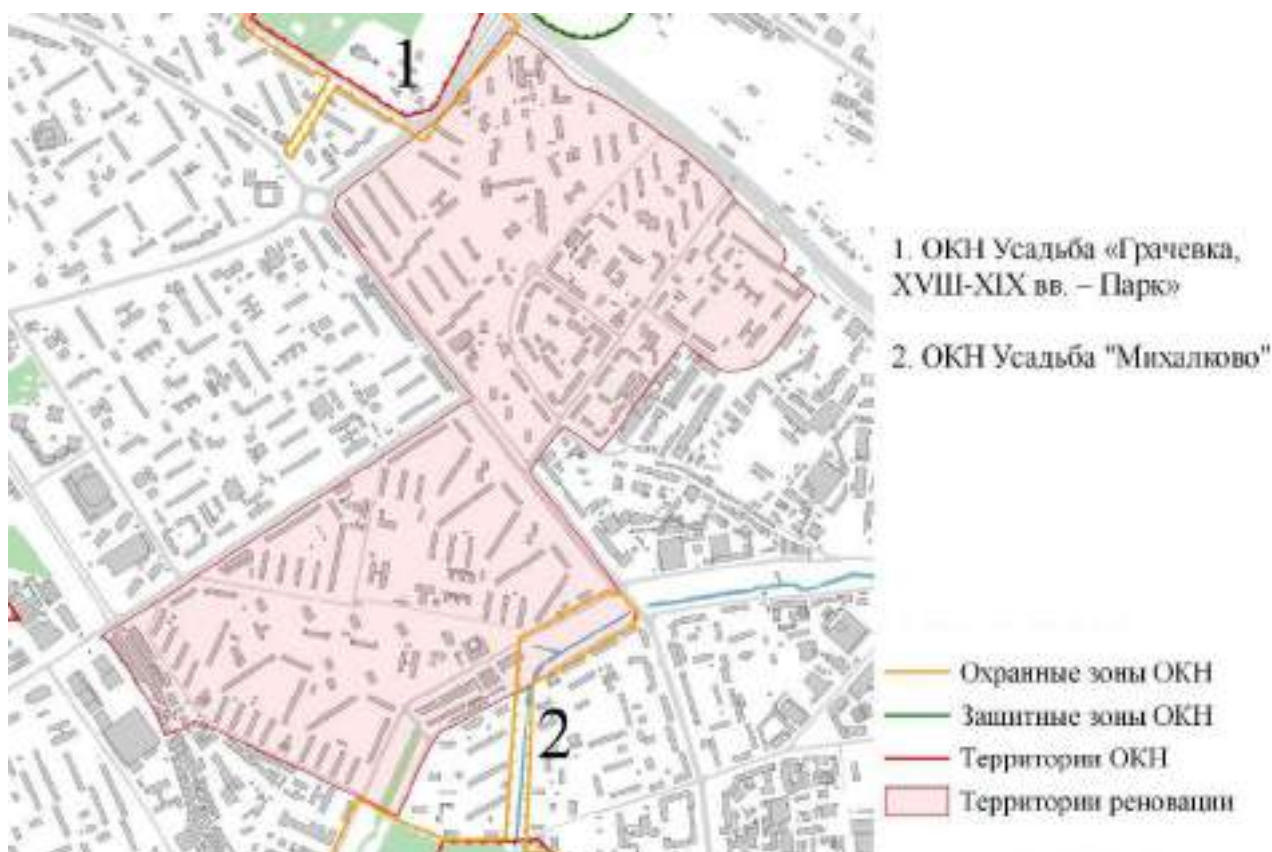


Рис. 6. Граница территории проекта планировки территории микрорайонов 13, 14, 20, 123, 123а Головинского района

На рисунке 6 представлена территория проекта планировки кварталов 36, 37, 38 района Зюзино, на территории которой находится ОКН федерального значения «Усадьба, XVIII-XIX вв.», ОКН федерального значения «Церковь Бориса и Глеба 1694 гг.», выявленный ОКН «Усадьба Прозоровских – Бекетовых, Зюзино». В качестве мероприятий по охране объектов культурного наследия, в том числе объектов археологического наследия проектом планировки предусматривается разработка и установление требований к градостроительным регламентам в границах территории охранной зоны памятника истории и культуры, устанавливается, что все строительные работы должны осуществляться в соответствии с требованиями Федерального закона № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», а также после проведения историко-культурной экспертизы земельных участков. Проектом планировки предусматривается строительство двух многоуровневых наземных паркингов, двух зданий образовательной организации (дошкольное образование) на 150 мест, здания образовательной организации (общее образование) на 700 мест, дворца культуры, физкультурно-оздоровительного комплекса с катком и двух зданий многофункционального комплекса с подземным гаражом [17]. Использование ОКН «Усадьба, XVIII-XIX вв.» и «Усадьба Прозоровских – Бекетовых, Зюзино» осуществляется в качестве музея, ОКН «Церковь Бориса и Глеба 1694 гг.» является действующим православным храмом,



Рис. 7. Граница территории проекта планировки территории кварталов 36, 37, 38 района Зюзино

Анализ проектов планировки показал, что при разработке проектов были учтены все мероприятия по защите ОКН, в том числе объектов археологического наследия, а именно: проектирование и проведение земляных, строительных и иных работ должно осуществляться при условии соблюдения требований, установленных Федеральным законом от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации», к осуществлению деятельности в границах территории объекта культурного наследия, включенного в реестр, и при условии соблюдения режима содержания зоны охраняемого культурного слоя [1]. Ни в одном проекте не был использован ОКН в качестве объекта социального обслуживания.

Можно выделить ряд объектов социального обслуживания, предусматриваемых практически в каждом проекте, например: объекты общего и дошкольного образования, физкультурно-оздоровительные комплексы, объекты здравоохранения. Кроме наиболее распространенного перечня объектов на данных территориях планируются к размещению многофункциональные центры дополнительного образования, музыкальные и художественные школы, административные центры, дома культуры, торговые и офисные объекты, а также предлагается проведение реконструкции многоквартирных домов авторской архитектуры под социальные объекты различного назначения.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования была установлена градоформирующая роль ОКН, дающая как возможности для комплексного развития городских территорий, так и выступающая как ограничивающий фактор, наделяющий зоны своего воздействия ограничительными регламентами. Существующий опыт реновации в Москве показал отсутствие какого-либо вмешательства по отношению к ОКН, а также учет законодательных ограничений по отношению к территориям ОКН. Опыт существующих исследований показывает, что вопрос приспособления ОКН для современного использования остается открытым и требует тщательной проработки. Безусловно задействование территорий ОКН в проектах планировки даёт исключительно положительный эффект, который приводит как к развитию социальной инфраструктуры, так и к сохранению исторического наследия. К каждой территории должен быть обеспечен индивидуальный подход в зависимости от существующего состояния социальной инфраструктуры в городе. Необходима разработка индивидуального метода использования ОКН в качестве социального объекта для каждого вида

ОКН, учитывающая его целостную структуру, связь с местом где он находится и его отличительных и конструктивных особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ;
2. Кальницкая Е.Я. Новые пути музеефикации памятника архитектуры: Михайловский замок // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2008. № 75. С. 123-131;
3. Митрофанова А.В., Филиппов Ю.Ю. Актуальные проблемы использования объектов культурного наследия исторических городов в туристических целях (на примере города Калининграда) // Современные проблемы сервиса и туризма. 2017. Т. 11. №2. С. 61-71;
4. Линч К. Образ города. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.;
5. Бердюгина Ю.М., Курашов Ю.Ю. Разработка критериев статуса объекта культурного наследия (часть 2) // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2016. №4. С. 44-48;
6. Бердюгина Ю.М. Критерии приспособления объекта культурного наследия для современного использования // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2018;
7. Шевченко Э.А. Градостроительные проблемы сохранения историко-культурного ресурса России // Academia. Архитектура и строительство. 2011. №4. С. 99-104;
8. Лаврухин А.Н. Фактор историко-культурного наследия в системе жизнедеятельности города // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 180;
9. ГОСТ Р 55528-2013 «Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. памятники истории и культуры. Общие требования» [Электронный ресурс] // Правовая система Консультант Плюс (дата обращения: 25.10.2021);
10. Фонд реновации: [Электронный ресурс]. URL: <https://fr.mos.ru> (дата обращения 15.10.2021);
11. О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве: постановление Правительства Москвы от 1 августа 2017 г. № 497-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 07.10.2021);
12. Об утверждении проекта планировки территории микрорайонов 1, 14, 18 Бабушкинского района города Москвы: постановление Правительства Москвы от 24 января 2020 г. № 37-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021);
13. Об утверждении проекта планировки территории микрорайонов 37-38, 39 района Северное Измайлово города Москвы: постановление Правительства Москвы от 4 августа 2020 г. № 1200-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021);
14. Об утверждении проекта планировки территории микрорайонов 15, 16, 17, 18 Дмитровского района города Москвы: постановление Правительства Москвы от 14 августа 2020 г. № 1284-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021);
15. Об утверждении проекта планировки территории микрорайонов 2, 3 Лосиноостровского района города Москвы: постановление Правительства Москвы от 18 августа 2020 г. № 1334-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021);
16. Об утверждении проекта планировки территории микрорайонов 13, 14, 20, 123, 123а Головинского района города Москвы: постановление Правительства Москвы от 26 августа 2020 г. № 1394-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021);
17. Об утверждении проекта планировки территории кварталов 36, 37, 38 района Зюзино города Москвы: постановление Правительства Москвы от 1 сентября 2020 г. № 1408-ПП [Электронный ресурс] // Официальный сайт мэра (дата обращения 21.10.2021).

ЭКОЛОГИЯ, ТУРИЗМ И ТЕХНОЛОГИИ КАК ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Е. Ю. Зайкова¹, Э. Е. Чеснакова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*lena_landscape21@mail.ru*

²*evelinaeva@yandex.ru*

Аннотация

Данная статья посвящена проблемам развития территорий Крайнего Севера. Анализ выявления туристического потенциала проводится на примере села Териберка в Кольском районе Мурманской области. В работе выявляются основные причины существующих трудностей, а также особенностей развития подобных территорий с учетом постановки проблемы, ее обоснованием и первыми выводами, связанными с актуальностью формирования туристических зон и потенциала северных территорий.

Целью исследования служит выявление потенциала рассматриваемой территории, а также прогнозирование её развития с учетом климатических условий формирования маршрутов, как для местного населения, так и для туристического потока. Предметом исследования служит село Териберка, в свою очередь объектом исследования является выявленные преимущества и недостатки территории для последующей планировки и комплексного благоустройства в условиях Крайнего Севера.

В ходе исследования использовался метод анализа и сбор статистических данных, а также были поставлены задачи, которые позволили выявить основные преимущества и недостатки выбранной местности. Результаты статьи могут быть использованы в последующем исследовании и формировании концепции развития территории Крайнего Севера с точки зрения туристического потенциала, данных климатических условий и с использованием градостроительных решений на основе новых технологий благоустройства.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «Крайний север» подразумевает разнообразие определений и географических местоположений, однако в действительности далеко не все знают о том, что практически половина территорий России относится к его регионам. Характерными особенностями рассматриваемых земель являются вечномёрзлые грунты, содержащие ледяные включения, которые сохраняют подобное состояние от трех и более лет [1].

В настоящий момент развитие территорий Крайнего севера и предотвращение их деградации являются одними из актуальных проблем ввиду их экономического и природного потенциала, который, в свою очередь, определяет специальные требования к проектированию, строительству, а также эксплуатации зданий и сооружений [2].

При анализе территорий Крайнего Севера, включая регионы и приравненные к ним территории, нельзя не отметить их роль для российской экономики, которая продиктована наличием естественных конкурентных преимуществ.

Прежде всего, речь идет о внушительных запасах уникальных природных ископаемых. Просторы Арктики являются одними из ключевых мест сосредоточения крупнейших в мире месторождений, таких как золото Колымы, никель и платина Норильска, алмазы Якутии и Архангельской области, нефть и газ Западной Сибири, включая арктический шельф [3].

В следующую очередь, стоит отметить великолепный экологический потенциал, ведь Арктика в своем роде является районом формирования глобального климата [4].

Также необходимо обратить внимание на тот фактор, что в сравнении с заселенными южными территориями характерными особенностями северных территорий является

обширность и недостаточная освоенность, что обуславливает минимальный уровень антропогенного воздействия на экосистемы Арктики и, в свою очередь, благоприятно сказывается на их сохранности.

В то же время необходимо также отметить и то, что у подобных территорий есть ряд проблем, которые следует обозначить для формирования задач и рационального подхода к их решению. К подобным вопросам относятся:

- экстремальные природно-климатические условия, включающие сильные ветры и низкие температуры;
- высокий уровень миграции, следствием которого является низкий уровень демографии [5];
- износ основных фондов, в частности речь идет о промышленной, транспортной и энергетической инфраструктуре;
- низкий уровень устойчивости экономических систем, а также их зависимость от незначительного антропогенного воздействия.

Актуальность проблематики освоения территорий Севера неоспорима. Как уже было сказано ранее, более половины территории нашей страны занимают регионы Сибири и Севера с их суровыми условиями для жизнедеятельности.

Для детального рассмотрения была выбрана территория небезызвестного села Териберка, расположенного на Кольском полуострове Мурманской области. Вследствие этого был выявлен ряд задач, предоставленных для решения:

- проведение ретроспективы выбранной территории;
- проведение анализа существующего использования территории;
- определение основных преимуществ и недостатков выбранной местности;
- получение статистических данных, при помощи опроса местного населения и туристов, для выявления востребованности территории и определения ее потенциала.

В связи с обозначенными преимуществами и проблемами можно сказать, что подобные территории имеют крайнюю необходимость в рациональном подходе к формированию комфортной среды, а также повышению как уровня жизни местного населения, так и укрепления туристического роста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование было проведено методом анализа и тестирования. В ходе работы для анализа была выбрана территория Крайнего Севера, а именно село Териберка в Кольском районе Мурманской области, являющееся центром одноименного сельского поселения, расположенное на Мурманском берегу Кольского полуострова в устье одноименной реки, при впадении её в губу Териберскую Баренцева моря [6].

Основное направление заключается в том, чтобы выявить потенциал рассматриваемой местности и определить, насколько суровые климатические условия и отдаленность территории влияют на ее посещаемость.

Анализ поможет продвинуться в последующем исследовании и выявить ключевые потребности на основе благоприятных и неблагоприятных критериев как с туристической, так и с экологической точки зрения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В последние годы среди многообразия вариантов путешествий набирает популярность такой вид как экотуризм [7], основной фокус которого направлен на посещение природных территорий, относительно незатронутых антропогенным воздействием. Такой выбор обусловлен потребностью людей в необходимости отдыха от ежедневной городской рутин. Согласно статистическим данным, большая часть населения нашей страны отдает предпочтение в пользу заграничных природных угодий, и этому есть логичное объяснение. Подобная ситуация связана, в первую очередь, с плохой рекламой и низким спросом, которые подкрепляет ограниченная доступность местности.

Территории Крайнего Севера многообразны и достаточно обширны, поэтому для подробного рассмотрения было решено выбрать одно из наиболее известных туристических мест - село Териберка в Мурманской области [8]. Красота пейзажей, скалы и пляжи, возможность взглянуть на такое чудо природы как Северное сияние – всё это привлекает поток туристов и определяет потенциал территорий. Однако Териберка поражает еще и упадком местного населения: из 5000 на данный момент в селе проживает менее 1000 человек, что говорит о его низком уровне жизни и обилии деградирующих территорий. Основным обликом села служат многоквартирные дома, находящиеся в полузаброшенном состоянии, старые деревянные домики рыболовов и кладбище кораблей.

Стоит отметить и то, что село расположено в зоне тундры. Климат субарктический, в связи с этим зимнее время сравнительно тёплое, но ветренное, а летний период недолгий и, как правило, прохладный. Средняя температура в феврале достигает $-7,7^{\circ}\text{C}$, а в июле – $12,5^{\circ}\text{C}$, период полярной ночи на рассматриваемой территории длится в течение 43 суток [9].

Расцвет села Териберка пришелся ориентировочно на послевоенное время, в тот период в рабочем состоянии были рыболовецкие колхозы, судоремонтные мастерские, рыбозаводы, на фермах разводили скот, а также велось активное строительство жилья. Однако в 1960-х территория начала приходить в упадок в связи с новыми крупнотоннажными суднами, которые не могли зайти в протоки Лодейной Губы, на которой располагался рыбозавод и судоремонтные мастерские. Рыбный промысел стал развиваться в Мурманске, а обслуживание флота пришлось на Североморск, куда из Териберки перенесли райцентр. Вплоть до 2012 года инфраструктура поселка находилась в упадке (рис.1), в селе царил повальная безработица. В начале 2012 года здесь открылась рыбная фабрика «СиФудРус», но уже через три года работа была приостановлена из-за дефицита сырья, вызванного ростом курса валют.



Рис.1 Село Териберка

а) состояние дорожно-тропиночной сети

б) вид на Баренцево море

Несмотря на серьезный упадок и обилие деградирующих территорий, рассматриваемая местность поражает нетронутой природой и своими достопримечательностями. Основными точками притяжения являются водопады Батарейский и Териберский, знаменитое кладбище кораблей (в летний период во время отливов есть возможность спуститься вниз и посмотреть на них изнутри), песчаный пляж, а также так называемый пляж «яйца динозавров». В связи с этим можно выделить основные преимущества территории, такие как:

- бюджет поездки, связанный с недостаточной развитостью района, однако это никак не сказывается на уникальности и красоте местности;

- обособленность и удаленность от современной жизни, которые способствуют единению с природой;
- оригинальность в соотношении с более известными туристическими локациями, такими как Байкал или Алтай.

Однако, наряду с выявленными преимуществами, есть ряд недостатков, которые невозможно игнорировать:

- проблема транспортной системы. Территория села имеет выгодное положение ввиду соседства с такими странами как Норвегия (180 км), Швеция (500 км), Финляндия (280км), тем не менее транспортная доступность особенно в зимний период затруднена. Это связано с нерегулярностью автобусных маршрутов, дорога занимает достаточно много времени и только в последние годы ведется реконструкция дорожного полотна, ведущего к рассматриваемой местности;
- неразвитость региона. Проблемы численности населения накладывают свой отпечаток на современное состояние Териберки, многие точки питания и гостиницы с годами приходят в упадок;
- отсутствие рациональных и продуманных туристических маршрутов и системы навигации. Налаживание данной системы позволило бы туристам просто и быстро ориентироваться на местности;
- отсутствие развлекательной инфраструктуры широкого спектра. На данный момент известно, что Териберка интересна как в холодное время года (с учетом зимних видов спорта и развлечений), так и в летнее. Однако на сегодняшний день, согласно опросам туристов и местного населения, возможности рассматриваемой территории ограничены.

Малые поселения с подобным потенциалом нуждаются в благоустройстве, таким образом, в 2017 году на внутрипоселковых дорогах впервые появляется асфальтобетонное покрытие, а также строятся несколько многоквартирных домов. Несмотря на процесс деградации территорий, возможно, именно благодаря ему Териберка стала туристической Меккой. Известность данного поселка обусловлена Северным сиянием, которое привлекло большой поток туристов со всего мира, это существенно повлияло на жизнь местного населения: произошел рост количества рабочих мест, вместе с тем значительно подорожала земля в районе Старой Териберки.

На базе социальной сети vk.com был проведен опрос: “В какое время года поездка в село Териберка окажется наиболее успешной?” (рис.2).



Рис.2 Диаграмма наиболее выгодного времени года для посещения рассматриваемой территории

Мнения разделились, однако 75% опрошенных выбрали вариант «зимнее время», при этом многие аргументировали это тем, что именно в период полярных ночей с 30

ноября по 12 января можно лицезреть Северное сияние, 16% опрошенных выбрали вариант «летнее время», также пояснив, что в промежуток времени между 21 мая и 23 июля будет период полярных дней, 6% выбрали «осеннее время» аргументируя свой выбор многообразием пейзажей тундры и благоприятной погодой, и только 3% выбрали вариант «весеннее время».

Опрос как местных жителей, так и туристов показал, что выбранная территория действительно является перспективной для дальнейшего проектирования. На сегодняшний день уже есть информация о создании особо охраняемой природной территории регионального значения природного парка «Териберка» [10], что подтверждает гипотезу о том, что выбранная местность, несмотря на климатические особенности и местоположение только начинает свой путь развития в туристическом плане.

В связи с этим существует крайняя необходимость в благоустройстве отдаленных территорий региона, которые имеют уникальные туристические возможности [11]. В основе исследований лежит цель – показать, чем богат и интересен Русский Север, найти новые точки развития малых городов и сельских поселений и способствовать децентрализации российской культурной жизни. У Териберки высокий потенциал и резерв территорий для того, чтобы стать новой Арктической Меккой не только для туристов из России, но и из-за рубежа.

ВЫВОДЫ

В заключении хотелось бы подчеркнуть актуальность рассмотрения территорий Крайнего Севера. Целью исследования было выявление потенциала рассматриваемой территории, а также прогнозирование её развития с учетом климатических условий формирования маршрутов, как мест приложения труда для местного населения, так и для туристического потока. В работе были рассмотрены основные преимущества и недостатки местности, также был проведен ретроспективный анализ, опрос местного населения и туристов, по результатам которых можно сказать точно: Териберка в действительности приближена к «столице доступной Арктики».

В настоящее время одними из ключевых проблем являются деградирующие территории и высокий уровень миграции, однако с учетом проведения опроса было выявлено, что за последние два года в районе рассматриваемой местности значительно повысился уровень притока туристов как из России, так и из ближайших северных стран, таких как Норвегия, Швеция и Финляндия. По официальным данным правительства Мурманской области, в год Териберку посещают 438 тысяч человек, 67 тысяч из них — иностранцы [12]. Местные жители отмечают, что наибольший поток иностранных туристов приходится на Китай, это обусловлено сравнительно низкими затратами, потраченными на поездку.

В данной работе ключевой акцент направлен на развитие туристического потенциала, но в то же время стоит отметить основные направления для дальнейшего исследования. В связи с учетом основных показателей, касающихся сурового климата, перед нами встает ряд новых задач, относящихся к тематике градостроительного прогнозирования с экоориентацией территорий на устойчивое развитие в северных широтах. В случае с рассматриваемой территорией необходимо обратить внимание на климатические условия, диктующие свои правила, а именно ветровой и водный режим Териберки. Такие проекты как «Проблемы пыльных бурь: способы защиты и макроструктуры в ландшафтной архитектуре» [13], а также «The new Hondsbossche dunes» [14] позволяют нам получить больше информации об экологической ситуации, казалось бы, заброшенных территорий, имеющих схожие проблемы с Териберкой. Основное преимущество подобных местностей - это уникальный природный комплекс, в связи с этим главной задачей в будущем исследовании является рациональное благоустройство территорий, с учетом как сохранения естественной среды, посредством введения новых

экотехнологий, в том числе использования макро-геопластических конструкций [15], так и формированием благоприятных условий для пребывания людей на территории в условиях цикличности приливов и отливов на побережье.

Интерес к территории с годами только подогревается, село Териберка действительно является востребованным и при должном развитии туристических маршрутов, инфраструктуры и внедрении защитных мероприятий градостроительного благоустройства, появится возможность вывести рассматриваемую территорию градостроительными решениями на новый уровень экономического развития, что поспособствует популяризации места, увеличению турпотока при активном учете климатических особенностей. За счет этого повысится потенциал и будут оправданы экономические затраты на вложения в туристические и экоориентированные проекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г.А. Благоустройство // Заполярье. 1953. 31 мая. С. 4;
2. Акопян А. А., Потехин А. А., Будко А. А., Тышкевич А. В. Особенности строительства зданий и сооружений в условиях Севера // Сборник статей XII Международной научно-практической конференции «World science: problems and innovations». Пенза: Изд-во «Наука и просвещение», 2017. с. 352-354;
3. И.С. Грамберг, Н.П. Лавров, Д.А. Додин [и др.] Арктика на пороге третьего тысячелетия: ресурсный потенциал и проблемы экологии // СПб., 2000. С.15;
4. В.И. Сморгачева Арктика – регион мира и глобального сотрудничества: (институциональные предпосылки устойчивого развития) // Издательство РАГС, 2003. 246 с.;
5. А. Путилин Вахта в два десятка лет // Нефтегазовая вертикаль. 2004. №11. Режим доступа: <http://www.ngv.ru/article.aspx?articleID=20882>. Дата обращения: 13.10.2021;
6. Село Териберка // Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Териберка_село. Дата обращения - 15.10.2021;
7. Russia discovery // Лучшие места для экотуризма в России. Режим доступа: https://www.russiadiscovery.ru/news/ecotourism_v_rossii/. Дата обращения: 17.10.2021;
8. Buro247 // 10 лучших направлений для путешествий по России. Режим доступа: <https://www.buro247.ru/lifestyle/travel/17-apr-2017-travelling-in-russia.html>. Дата обращения: 20.10.2021;
9. База данных Climate energy.ru // Климатические характеристики села Териберка за последние годы. Режим доступа: https://climate-energy.ru/weather/spravochnik/wdsp/climate_sprav-wdsp_22028061.php#anchor1 Дата обращения: 03.11.2021;
10. Министерство природных ресурсов, экологии и рыбного хозяйства Мурманской области // Создание природного парка "Териберка". Режим доступа: <https://mpr.gov-murman.ru/activities/napravleniya/okhrana-okruzhayushchey-sredu/09.oort/teriberka/>. Дата обращения: 03.11.2021;
11. Зайков К. С., Кондратов Н.А., Кудряшова Е.В., Липина С.А., Чистобаев А.И. Социальная и экономическая география. Сценарии развития арктического региона // (2020-2035 гг.): статья журнала «Арктика и Север» - 2019 г.;
12. Коммерсантъ. // На краю ночи. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4179066>. Дата обращения: 03.11.2021;
13. Зайкова Е.Ю., Абдегалиева А.Е., The problem of dust storms: protection methods and macro-structures in landscape architecture // ВЕСТНИК РУДН №4 2016 год на английском языке в рамках международной конференции 12-14 сентября 2016 года “Megacities 2050: environmental consequences of urbanization in Europe” (выходит из печати) стр.85-92;
14. West 8 // The new Hondsbossche dunes. Режим доступа: https://www.west8.com/projects/hondsbossche_and_petteimer_zeewering/. Дата обращения: 05.11.2021;
15. Zaykova, E. Strategies ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects // IPICSE 2020 (ноябрь 2020) 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. 1030 012065 Режим доступа: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530>. Дата обращения: 07.11.2021.

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО КАРКАСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОЙ ЗАСТРОЙКИ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

В. В. Агупова¹, Е. Ю. Зайкова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*viktoriya.agupova@mail.ru*

²*lena_landscape21@mail.ru*

Аннотация

Процесс урбанизации спровоцировал повышение антропогенного воздействия на городскую среду, появление новых градостроительных проблем, связанных с формированием природного каркаса. Ухудшение экологической ситуации в городах привело к разработке концепции устойчивого развития.

Для реализации данной концепции необходимо воссоздать и восстановить природные компоненты городской среды, пересмотреть нормативы градостроительного проектирования, уменьшить негативное антропогенное воздействие на территории с учетом применения новейших технологий, создать единую непрерывную систему озелененных территорий. Формирование современного природного каркаса города требует комплексного подхода.

Существующие нормативы градостроительного проектирования частично противоречат друг другу, а на практике не соблюдаются вовсе. Это приводит к деградации природного каркаса города в целом, поэтому требуется доработка нормативов и их согласованности на федеральном, региональном и местном уровнях.

Современная модель природного каркаса – это целостная структурированная система, состоящая из сохраняемого природного ландшафта среды и интегрируемого искусственно созданного природного компонента, требующая решения градостроительных проблем на макси, миди и мини-уровнях.

ВВЕЕНИЕ

Выбранная тема обусловлена очевидными проблемами в сфере градостроительного проектирования, связанная с архитектурно-планировочными и функциональными решениями организации жилых территорий с точки зрения формирования природного каркаса городов России, а также современными экологическими тенденциями организации и приёмами благоустройства жилых зон [1]. Для реализации концепции устойчивого развития территорий необходимо снизить количество неблагоприятных территорий жилых зон, сформировав новые пространства для жизнедеятельности населения с учетом градостроительных технологий и применения нормативов градостроительного проектирования [2].

Природный каркас территории – совокупность всех экосистем, образующих пространственную структуру, которая создает экологическую устойчивость территории, предотвращая деградацию существующего ландшафта [3]. Природно-экологический каркас является механизмом реализации концепции устойчивого развития, направленным на сохранение экологической стабильности территории [4].

Концепция сохранения и развития природного каркаса территорий базируется на следующих принципах:

- создание целостной системы зеленого каркаса с определенными режимами использования [5];
- реформация нормативно-правовой базы экологического каркаса и его юридическое закрепление;
- внедрение экономических механизмов сохранения экологического каркаса;

- создание системы управления и контроля за соблюдением реализации нормативов градостроительного проектирования;
- воссоздание целостности природных компонентов за счет применения современных технологий строительства.

В современных условиях увеличения антропогенного воздействия человека на природную среду и дефиците природных ресурсов, существующая система нормативных показателей, применяемая в России, требует пересмотра многих подходов и принципов градостроительного проектирования и прогнозирования. Технологический прогресс открывает новые возможности для реализации альтернативной сбалансированной стратегии сохранения и развития природного каркаса городских территорий [6].

Цель работы: исследовать и систематизировать нормативы градостроительного проектирования современных жилых зон, выявить проблемы, связанные с сохранением и развитием природного компонента городской среды, с целью формирования комфортных и экологически безопасных условий для жизни населения.

Задачи работы:

- провести анализ нормативов градостроительного проектирования, связанных с озеленением жилых зон;
- выявить проблемы формирования природного каркаса при проектировании новой застройки жилых территорий;
- предложить структуру природного каркаса города;
- сформулировать предложения для решения проблем в целях реализации концепции устойчивого развития территорий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на изучении и сопоставлении нормативов градостроительного проектирования, генеральных планах, литературных и графических данных.

Объект исследования: система природного каркаса города Воронежа.

Предмет исследования: нормативы градостроительного проектирования по озеленению городских территорий.

Границы исследования:

В круг рассмотрения попадают нормативы градостроительного проектирования, определяются методы проектирования природных компонентов в современной жилой застройке.

Гипотеза исследования:

Состоит в том, что современные нормативы градостроительного проектирования противоречат друг другу, тенденция развития природных компонентов в современных жилых кварталах должна стать одной из основных принципов градостроительного проектирования в целях формирования устойчивого развития территорий и новой структуры природного каркаса.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным документом стандартизации в сфере градостроительства в Российской Федерации является СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*» [7]. Данный документ распространяется на проектирование новых и реконструкцию существующих городских и сельских муниципальных образований на территории Российской Федерации. Требования, содержащиеся в данном документе, уточняются региональными нормативами градостроительного проектирования и местными нормативами градостроительного проектирования.

Основная концепция развития природного каркаса городской среды состоит в создании непрерывной системы озелененных территорий [8]. Планировочная структура жилых территорий формируется в увязке с архитектурно-планировочными условиями элементов на различных уровнях природного каркаса, сложившимися в конкретной территориальной зоне, функциональным зонированием и планировочной структурой поселения в целом с учетом и природных особенностей территории [9].

Природный каркас состоит из глобального и локального уровней. Структура природного каркаса города представлена на Рисунке 1.



Рис. 1. Схема структуры природного каркаса города

К основному структурному элементу природного каркаса на макси-уровне относятся особо охраняемые природные территории, создающие непрерывную сеть озелененных территорий общего пользования в увязке с иными открытыми пространствами. Экологический каркас необходимо рассматривать как комплексно – на глобальном уровне, так и детально - на локальных уровнях. Локальный уровень необходимо разделить на миди- и мини-уровни, которые являются связующими элементами в рамках создания целостного природного компонента городской среды. На миди- и мини-уровне необходимо предусматривать взаимное размещение жилых домов с общественными зданиями и сооружениями, улично-дорожной сетью, озелененными территориями общего пользования различного уровня.

На глобальном уровне к природному каркасу относятся рекреационные зоны, представленные в составе карт функциональных зон генерального плана муниципального образования, а также зоны рекреационного назначения в составе карт градостроительного зонирования правил землепользования и застройки.

К рекреационным зонам относятся территории, занятые лесами, скверами, парками, садами, прудами, озёрами, водохранилищами, пляжами, а также, иные территории, используемые и предназначенные для отдыха, туризма, занятий физической культурой и спортом [10].

На глобальном уровне природный каркас города Воронежа отображен на карте функциональных зон генерального плана города Воронежа [11], на карте градостроительного зонирования правил землепользования и застройки города Воронежа [12]. На рисунке 2 представлена карта функциональных зон городского округа города Воронежа. По данным положения о территориальном планировании в составе генерального плана города Воронежа рекреационная зона составляет 23 590,16 га, что составляет 39,4% от общей площади городского округа.

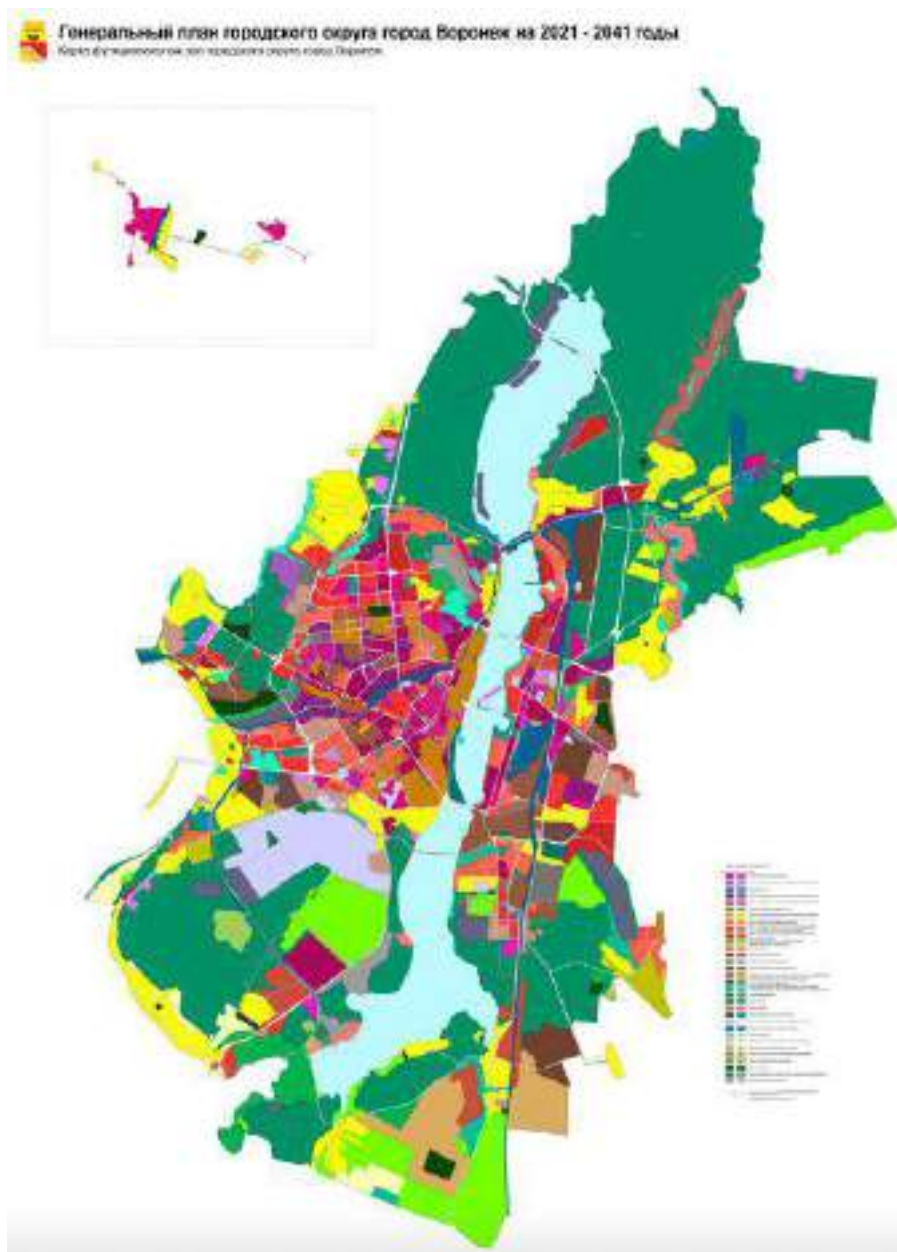


Рис. 2. Карта функциональных зон города Воронежа

На локальном уровне выделяются миди- и мини-уровни, которые в рамках организации структуры жилых территорий соответствуют следующим видам функционально планировочным элементам: жилой район (миди-уровень), жилой микрорайон (мини-уровень), жилой квартал (мини-уровень), являющиеся объектами документов территориального планирования и документов по планировке территории [13]. Данные элементы классифицируются по площади занимаемой территории в соответствии с СП 42.13330.2016 (в соответствии с региональными нормативами градостроительного проектирования Воронежской области [14] и местными нормативами градостроительного проектирования г. Воронежа [15]):

- для района характерна площадь до 250 га (от 80 до 250 га);
- для микрорайона характерна площадь до 60 га (до 80 га);
- для квартала характерна площадь до 6 га (до 20 га).

На основе анализа градостроительной документации выявлены нормативные показатели по озеленению территории жилых образований и представлен сравнительный анализ (Табл. 1).

Табл. 1. Анализ градостроительной документации

| Документ | Нормативный показатель | | | |
|--------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | Для города | Для района (от 80 до 250 га) | Для микрорайона (до 80 га) | Для квартала (до 20 га) |
| | Площадь элемента территории, % от общей площади территории; м ² /чел | | | |
| СП 42.13330.2016 | 10 м ² /чел | 6 м ² /чел | - | - |
| РНГП Воронежской области | 16 м ² /чел | - | 25% | 6 м ² /чел |
| МНГП г. Воронежа | 10 м ² /чел | 6 м ² /чел | 6 м ² /чел | 6 м ² /чел |

В результате сравнительного анализа выявлено:

- в нормативной документации выделяются следующие показатели: для города, для района, для микрорайона, для квартала;
- для микрорайона и для города показатели по обеспечению озеленения различны, некоторые показатели отсутствуют;
- показатели в каждом документе для одной и той же планировочной структуры частично противоречат друг другу, что говорит о недостаточном взаимодействии органов, составляющих, контролирующих и утверждающих данные документы.

Частичное противоречие между нормативными показателями отражает реальную проблему для реализации концепции устойчивого развития территорий и вводит в заблуждение градостроителей, или происходит намеренный выбор минимально разрешенных показателей для уменьшения экономических затрат на благоустройство и озеленение и для увеличения общей продаваемой площади жилых кварталов в целях повышения эффективности проектного предложения.

Также в СП 42.13330.2016 нормируется время доступности до городских парков не более 30 мин и районных парков не более 20 мин.

Несмотря на наличие нормативов реальная ситуация обстоит иначе: нормативы градостроительного проектирования по озеленению зачастую не соблюдаются. На основе данных пояснительной записки Генерального плана города Воронежа обеспеченность рекреационными территориями составляет 5,5 м²/чел при нормативе 10 м²/чел. Время доступности до рекреационных объектов составляет в среднем 45 минут, что также противоречит нормируемым показателям.

Существующие природные компоненты города Воронежа находятся в неудовлетворительном состоянии. Природный каркас города не развивается несмотря на то, что территория города позволяет расширять и увеличивать природные компоненты городской среды.

ВЫВОДЫ

Существующие нормативы градостроительного проектирования требуют доработки и согласованности на федеральном, региональном и местном уровнях. Четкое структурирование системы природных компонентов и применение современных технологий позволит реализовать концепцию устойчивого развития территорий. Необходимо пересматривать природный каркас города, увеличивать количество и улучшать качество природных компонентов, начиная с соблюдения нормативов на мини-уровне.

Природный каркас должен представлять единую модель, состоящую из сохраняемого природного ландшафта среды и интегрируемого искусственно созданного природного компонента в данных климатических условиях. Такая модель связана не

только с охраной природы, но и с изменением нормативных показателей градостроительного проектирования в совокупности с преобразованием управления и контроля в сфере природопользования и строительства.

Современная модель не отрицает существующую систему территориального планирования, а способствует восстановлению деградирующих систем природных компонентов и уменьшению негативного воздействия. Только при использовании такой модели возможна реализация концепции устойчивого развития территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролова Е.В., Носов А.Н. Благоустройство городов: основные проблемы и тенденции. Материалы ивановских чтений – 2016. – 3 стр. – Библиогр.: с. 292 – 294.;
2. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве / Пер. с англ. В. Л. Глазычева: Под. Ред А. В. Иконникова. – М.: Стройиздат, 1986. – 264 с.: ил. – Перевод. Изд. : A theory of good city form/ Kevin Lynch/ - The MIT Press.;
3. Анфимова А.Ю. Благоустройство территории как фактор устойчивого развития городов /А.Ю. Анфимова, В.В. Жолудева, Н.Ф. Мельниченко. Муниципальная академия. – 2020. – 7 стр. – Библиогр.: с. 138 – 145.
4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ — [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ Дата обращения: 10.11.2021;
5. Zaykova, E.Y. Postindustrial space: Integration of green infrastructure in the center, middle and periphery of the city. Scopus, Springer Geography, 2018, pp. 106–117
6. В.Л. Глазычева. Места, где обитает душа: Архитектура и среда как лечебное средство/Пер. с англ. В.Л. Глазычева. - М.: Издательство "Ладья", 2000 - 280 с: ил. ISBN 5-7068-0122-3;
7. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* — [Электронный ресурс]. — Режим доступа —URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054209> Дата обращения: 10.10.2021;
8. Об утверждении границ и режимов особой охраны территорий отдельных памятников природы областного значения и о внесении изменений в постановление администрации Воронежской области от 28.05.1998 № 500 [Текст]: Постановление правительства Воронежской области от 25.03.2021 №127 // Б.и. – 173 стр. Дата обращения: 10.10.2021;
9. Zaykova, E. Green Spice for the Megacity and Urbanization. Scopus, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 869(2), 022014;
10. Зайцев А.Д. Изменение трендов практики озеленения общественных пространств городов России. Успехи современной науки. – 2019. – 4 стр. – Библиогр.: с. 29-33.;
11. Генеральный план городского округа город Воронеж. [Текст]: решение Воронежской государственной думы от 25.12.2020 № 137-V // Б.и. Дата обращения: 10.10.2021;
12. Правила землепользования и застройки городского округа город Воронеж. [Текст]: решение Воронежской государственной думы от 25.12.2009 № 384-II с изменениями от 27.10.2021// Б.и. – 346 стр. Дата обращения: 10.11.2021;
13. Zaykova, E. Strategies ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects, IPICSE 2020 (ноябрь 2020) 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. 012065 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530>;
14. Региональные нормативы градостроительного проектирования Воронежской области [Текст]: Приказ управления архитектуры и градостроительства Воронежской области от 9.10.2017 № 45-01-04/115 // Б.и. Дата обращения: 17.10.2021;
15. Местные нормативы градостроительного проектирования города Воронежа [Текст]: решение Администрации городского округа город Воронеж Воронежской области от 27.07.2010 № 650 // Б.и. – 72 стр. Дата обращения: 17.10.2021.

КОНЦЕПТ «ГАБИТУС» И ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВЗАИМОСВЯЗИ ФОРМ ПРОЖИВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

А. Е. Балакина¹, А. С. Павлюк²

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
balakinaae@mail.ru
alena.pavliuk20@gmail.com*

Аннотация

В статье рассматривается и дается определение понятию «габитус» с точки зрения преемственности поколений, рассматривается изменение форм проживания и производственной деятельности на протяжении нескольких веков – от дореволюционной России до сегодняшних дней, выделяется три этапа взаимосвязи между местом проживания и местом трудовой деятельности: на первом этапе трудовая деятельность связана с натуральным хозяйством, а место проживания расположено в непосредственной близости к нему. На втором этапе происходит урбанизация, трудовая деятельность представлена работой на производстве, а место проживание могло быть на отдалении от него, это противоречит нашей природе и концепции габитуса. В современной ситуации место трудовой деятельности представлено офисом, а место проживания – спальным районом, который располагается на большом расстоянии от него, что также противоречит нашей сущности. Далее делается прогнозирование будущего, в качестве альтернативы сложившейся ситуации предлагается современное объединение коливинга и коворкинга. В этом случае люди возвращаются к первоначальной идее объединения места проживания и трудовой деятельности в обновленном формате.

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа направлена на исследование и выявление взаимосвязи форм проживания и производственной деятельности в современной городской среде в концепции габитуса. Понятие «габитус» дословно с латинского переводится как «внешность, наружность». Оно позаимствовано из философии Пьера Бурдьё. «Габитус» – это принцип преемственности поколений, при котором учитывается социальная предрасположенность человека, возникающая на основе сложившихся установок предыдущих поколений. Кроме того, габитус включает в себя опыт индивидуальной истории человека.

В данной статье рассматривается исторический контекст, способствующий изменениям во взаимосвязи, габитуса и формирование нескольких исторических этапов.

На протяжении многих веков габитус предопределял поведенческие особенности жизни людей: их цикл жизни основывался на тех традициях и ценностях, которые передавались из поколения в поколения. Габитус позволяет в социальных практиках соединить воедино прошлое, настоящее и будущее.

При этом в ходе времени привычки постепенно менялись и преобразовывались и не оставались статичными. Развитие технологий, урбанизация и демографические переходы также влияли на эти изменения.

В данной работе будет рассмотрено, как происходили изменения и будет сделан прогноз дальнейшего развития взаимосвязи форм проживания и производственной деятельности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель

Выявить изменения во взаимосвязи форм проживания и производственной деятельности в концепции габитуса.

Задачи

1. Дать расшифровку концепции «габитус» и современных понятий «коливинг», «коворкинг»
2. Рассмотреть исторические изменения во взаимосвязи в формах проживания и производственной деятельности в концепции «габитус» в контексте России
3. Рассмотреть исторические изменения данной взаимосвязи на зарубежных примерах
4. Выявить предпосылки дальнейших изменений во взаимосвязи в формах проживания и производственной деятельности

Терминология

Понятие коливинга и коворкинга

В данной работе приведены предпосылки для перевода производственной деятельности и форм проживания на формат коливинга и коворкинга – современных пространств для проживания и реализации рабочей деятельности, которые нередко размещены в едином комплексе.

Коливинг – это новый тип совместного проживания, подразумевающий размещение людей с общими ценностями и намерениями. На уровне пространства коливинг предоставляет две зоны. Первая зона обширная и общественная, включающая в себя площадку для общения – такие помещения как кухню, столовую и общий холл. Помимо этого, в общественной зоне располагается рабочие пространства, представленные коворкингом. Вторая зона более закрытая, в ней расположены личные комнаты проживающих. Таким образом, у проживающих в коливинге есть личное пространство, а также возможность социального взаимодействия с группой людей с общими ценностями, схожими взглядами на жизнь и схожим родом деятельности. В современном мире люди нередко оказываются изолированными от общества. Данное пространство позволит избежать этой проблемы.

Коворкинг – это современный тип организации трудового процесса, который подразумевает деятельность большого числа людей над своими самостоятельными и независимыми проектами в одном пространстве. Благодаря этой системе есть возможность экономии на аренде и создание атмосферы креативности.

Габитус. Философия П. Бурдьё

Согласно философии Пьера Бурдьё, современное общество можно разделить на множество социальных полей. В каждом таком поле существуют свои виды деятельности, иерархия и символы. Примером таких областей может быть искусство, информационные технологии, строительство и т.д. Поскольку коливинг является местом, где располагаются люди единых взглядов и видов деятельности, то, можно сказать, что в дальнейшем, при переходе на такой тип проживания, социальные поля будут неразрывно связаны с типом коливинга.

В каждом поле действуют люди, их действия автономны. Чтобы подчеркнуть это, П.Бурдьё вводит понятие «агент», им является каждый самостоятельно действующий человек. В процессе социализации, агенты с раннего возраста усваивают принципы и установки общества, которые встраиваются в них и становятся естественной основой их действий, что представляет понятие габитус. Таким образом, габитус является совокупностью всех оснований, которые определяют поведение человека и которые возникли благодаря усвоению социальных установок.

"Habitus, – отмечает Бурдьё, – продукт истории, производящий индивидуальные и коллективные практики в соответствии со схемами, порождаемыми историей. Он обуславливает активное присутствие прошлого опыта, который, существуя в каждом организме в форме схем восприятия, мыслей и действия, гарантирует “правильность” практик, и их постоянство во времени более надежно, чем все формальные правила и эксплицитные нормы. Такая система предрасположенностей, т.е. присутствующее в настоящем прошедшее, устремляющееся в будущее путем воспроизведения однообразно структурированных практик... есть тот принцип преемственности и регулярности, который отмечается в социальных практиках". [1]

Таким образом, концепция габитуса заключается в обосновывании принципов прогнозирования будущего с помощью преодоления антиномии (детерминизма и свободы).

Концепцию габитуса можно проследить при изучении исторических изменений во взаимосвязи форм проживания и производственной деятельности. Помимо этого, данная теория позволит предположить дальнейшее их развитие.

Концепция взаимосвязи трудовой деятельности и места проживания

В истории России долгое время устройство быта было predeterminedено заранее. В условиях натурального крестьянского хозяйства состав пищи определялся выращенными полевыми и огородными культурами [2]. Таким образом, понятие работы для крестьянина представлялось как деятельность земледельца.

Работа регулировалась традициями, естественными и религиозными циклами года. В этот период не было четкого различия между временем на работу и временем для личной и домашней жизни, поскольку работа и семейная жизнь в этом случае включала в себя содержание дома и регулировалась религиозным календарем и естественными циклами [3].

В то время понятие дома и работы были неотрывно связаны друг с другом. Навыки ведения хозяйства, а также строительства новых домов и расположение зонирования в них передавались из поколения в поколение и, исходя из этого, служили, примером концепции габитуса. В то же время жизнь в поселениях являлись примером социальных полей, поскольку в них среди людей существовала своя иерархия, система ценностей и свои символы. Каждый ребенок проходил процесс социализации и усваивал установки и принципы общества, которые впоследствии стали естественной основой его действий. При этом в общине дети много времени проводили не только непосредственно с родителями, но и с другими взрослыми.

На рубеже 19-20 веков Россия была полностью аграрной страной, однако в начале 20 века ситуация изменилась. Первым шагом к урбанизации стала аграрная реформа П.А.Столыпина, поскольку одной из задач его реформы стало увеличение притока рабочей силы в город из деревни, а общая цель состояла во всемерном укреплении государственности, в модернизации общества. [4]

Позднее, в 1920-30е годы начался активный процесс урбанизации. Он был тесно связан с советской индустриализацией. Основные этапы урбанизации страны заключались в плановом размещении по стране производств, привлечении кадров из сельской местности, создание системы всеобщего образования, обеспечение жилищного строительства [5].

Энергоемкие производства требовали сосредоточения трудоспособного населения [6]. В этот период происходила принудительная привязка трудовых ресурсов к месту труда, при этом рабочая сила формировалась из крестьянства.

Исследователи советской урбанизации пишут о том, что серьезным недостатком урбанистического процесса в СССР являлся разрыв между количественными показателями переселения масс деревенского населения в города и утверждением городского образа жизни как феномена культуры [7]. Они констатируют, что темпы

территориальной концентрации населения опережали «процессы адаптации вчерашних сельских жителей к городскому образу жизни, усвоение ими городской культуры, новой системы ценностей» [8].

Немаловажно упомянуть и о процессе урбанизации в США, поскольку исторически идея коливинга берет свое начало именно там. В данном случае концентрация населения в городах произошла несколько раньше, в период с 1865 по 1920е годы.

В этот период власть видела необходимость в увеличении производственных сил заводов, и это означало, что там находится сосредоточение возможностей для осуществления трудовой деятельности, а места работы находятся под контролем [9]. В этот момент возникает четкая граница между домом с одной стороны, и специально отведенным рабочим местом с другой стороны [10]. Схожие границы возникают между рабочим временем и временем досуга, проведенным в семейном кругу. [11].

Это подтверждает философия Генри Форда: «Когда мы на работе, мы должны полностью погружаться в работу. Когда мы отдыхаем, мы должны полностью отдаваться развлечениям. Не следует смешивать несколько действий одновременно. После того, как работа выполнена, наступает время отдыха и никак иначе» [12]. Кроме того, Г. Форд впервые ввел понятие восьмичасового рабочего дня. При этом подразумевалось, что 24 часа, из которых состоят сутки, будут поделены на три части: 8 часов работы, 8 часов отдыха и проведения досуга и 8 часов сна.

Позднее подобные тенденции наблюдаются и в процессе становления урбанизации в СССР – с этого момента работа и проведение досуга стали для человека разрозненными понятиями, а также был определен восьмичасовой рабочий день.

Таким образом, резкое изменение привычных сельских условий на городские стало тяжелым испытанием для людей. В этот момент их принцип преемственности предыдущих поколений в отношении единства дома и досуга был нарушен и тяжело переживался людьми. Кроме того, были разрушены их устоявшиеся традиции и ценности, которые имели большое значение в их жизнях. Это повлекло за собой проживание длительного стрессового периода.

Позднее, через несколько поколений, произошла постепенная адаптация к городским условиям, однако такая жизнь в любом случае накладывает на людей свой отпечаток.

Однако это до сих пор осталось ресурсозатратным механизмом, в котором людям тяжело находиться. Им приходится жить в постоянном психическом напряжении.

Современная ситуация

В современной ситуации жизнь в России качественно изменилась: жилая часть представлена не бараками и коммунальными квартирами, а многоквартирными домами. Рабочая функция из фабрик с ненормированным рабочим графиком по 12-14 часов в сутки [13] переместилась в формат офисов и бизнес-центров с более спокойным режимом работы.

Несмотря на то, что жизнь сильно поменялась, и уровень комфорта значительно увеличился, на сегодняшний день в территориальном смысле понятия дома и работы также являются разрозненными: мегаполисы обладают крупными масштабами. Нередко для того, чтобы попасть из дома на работу, необходимо преодолеть большое расстояние и потратить несколько часов времени. Таким образом, если путь от дома до работы занимает полтора часа, то в неделю человек тратит около 10 часов жизни просто на перемещения. Если вновь обратиться к идее Г.Форда о делении суток на 3 равных части, то можно сказать, что рабочий день в этой ситуации действительно равен восьми часам, однако время на перемещения от дома до работы и обратно идет в счет времени, которое исходно было отведено под проведение досуга или сон.

Поскольку города растут и расширяются, то с каждым годом расстояния между домом и работой становятся все больше и больше, а значит, все больше времени, которое отведено для отдыха, мы тратим на перемещение.

В данном случае, когда идея Г.Форда выполняется, не в полной мере, а на перемещения мы тратим все больше и больше времени, можно опираться на наш габитус, как на путь воспроизведения прошлых структурированных практик и их включение в настоящее. Поскольку габитус подразумевает стремление сохранения дома и работы как единого целого, можно отметить, что естественным продолжением течения жизни будет переход вновь на объединение дома и работы, но в более современном подходе – в виде коливинга и коворкинга.

Дополнительным доказательством справедливости данной теории является пример западных стран: в США также прошел процесс урбанизации, но в более ранний период, а на сегодняшний день одной из передовых реализованных идей является объединение людей в пространстве коливинга и коворкинга, которые тесно связаны друг с другом.

При этом коливинг представляет собой пространство для жизни, а коворкинг, в свою очередь, предоставляет место для работы. Когда они являются единой структурой, временные затраты на дорогу до места работы минимализированы. Проживающие в коливинге имеют общие ценности и сферу деятельности, что поддерживает идею разделения современного общества на социальные поля, которую транслирует П.Бурдьё в концепции габитуса

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, данная идея представляет собой возвращение к истокам на новом, более комфортном уровне: у проживающих в коливинге будет больше времени для проведения досуга.

Коливинг предлагает условия, при которых человек остается в городе, но при этом окружает себя комфортной средой. Теперь место для работы, проведения досуга и для сна расположены в шаговой доступности. Есть возможность направлять все время на продуктивную деятельность или на отдых, не затрачивая множество часов на передвижения.

При этом, поскольку в коливинге размещаются люди с общими ценностями и интересами, то будут рождаться свои, новые социальные поля. Они будут оказывать влияние на будущее поколение. В коливинге все продумано для развития семей – предусмотрены семейные комнаты, пространства для детей виде детских игровых комнат и детских площадок. Это позволит новому поколению воспитываться в комфортной среде как с архитектурной точки зрения, так и с социальной. Новое поколение будет возвращаться в новых условиях, больше напоминающих общину, когда с детьми будут взаимодействовать все жители, а не только непосредственные родственники, как в современной ситуации.

Таким образом, оставшись в городских условиях и используя принцип коливинга, есть возможность адаптировать отрицательные аспекты городской жизни.



Рис. 1. Периодизация изменений во взаимосвязи проживания и производственной деятельности

ВЫВОДЫ

В данной работе дана расшифровка концепции «габитус» по философии П.Бурдьё, а также современных понятий «коливинг» и «коворкинг».

Помимо этого, рассмотрена концепция «габитус» и изменения во взаимосвязи форм проживания и производственной деятельности в современной урбанизированной местности.

Кратко рассмотрена история первоисточника идеи коливингов – США.

Детально изучен исторический контекст, способствующий данному изменению, выделено три этапа изменений, первый из которых относится к дореволюционной России, когда понятие места проживания было непосредственно связано с локацией трудовой деятельности, поскольку деятельность была представлена натуральным хозяйством. На втором этапе произошла концентрация населения в городах, а трудовая деятельность была представлена работой на производстве, в этой ситуации место проживания и место размещения трудовой деятельности были разделены, и противоречили нашей природе (габитусу). На третьем этапе представлено прогнозирование будущего, где предполагается воссоединение рабочей и жилой функции в ключе коливинга и коворкинга, что будет соответствовать габитусу.

Данный вариант позволит сэкономить временные затраты на дорогу до работы. Принцип коливинга позволит людям объединиться в группы по интересам. Он позволит создать новые, современные социальные поля, в которых в дальнейшем есть возможность возвращать новые поколения. Таким образом, реализуется идея возвращения к исходным обычаям на новом, более комфортном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В.Леденева. Современная социальная теория: Бурдьё, Гидденс, Хабермас. Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 1995. – С. 19
2. В.Б. Безгин. Традиции крестьянского быта конца XIX – начала XX веков (пища, жилище, одежда). // Вестник ТГТУ. — 2005. — Том 11. № 4. — С. 1052—1061.
3. Anthony P (ed.). The Ideology of Work. London: Tavistock Publications — 1977
4. Белхароев Х.У. Аграрная реформа П.А. Столыпина. // Бизнес в законе — 2009 — С. 32-34
5. Сенявский А. С. Урбанизационный процесс в СССР в экономическом измерении: структурные и институциональные аспекты // ВТЭ. — 2019. — № 2. — С. 147—161.
6. Меерович М. Г. Уникальность урбанизации в СССР // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 2. – С. 9—16.
7. Пивоваров, Ю.Л. Основы геоурбанистики: Урбанизация и городские системы : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Л. Пивоваров. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 232 с.
8. Пивоваров, Ю.Л. Урбанизация России в XX веке: представления и реальность / Ю.Л. Пивоваров // Общественные науки и современность., 2001. – № 6. – С. 101–113., с. 102
9. Thompson EP Time, Work-Discipline, and Industrial Capitalism. Past & Present 38(1),1967 — с. 56–97.
10. Edgell S. The Sociology of Work: Continuity And Change In Paid And Unpaid Work. 2nd Edition. London ; Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd. — 2012
11. Bittman M. Working Time. In: Edgell S, Gottfried H, and Granter E (eds) The SAGE Handbook of the Sociology of Work and Employment. SAGE Publications Ltd, 2016 — с. 520–540.
12. Henry Ford, cited in Beynon, 1975 — 26
13. Л.И. Бородкин, Т.Я. Валетов, Ю.Б. Смирнова, И.В. Шильникова. Жилье фабричного рабочего в период дореволюционной индустриализации: сравнительный анализ архивной документации двух крупных мануфактур // Историко-экономические исследования. 2007. Т. 8. № 2

ПРИНЦИПЫ СОХРАНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ УСАДЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПРИМЕРЕ УСАДЬБЫ ФОН ДЕРВИЗА В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Петрова¹, Л. В. Петрова²

¹ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 105005, г. Москва, ул. Казакова, д. 15,

¹A.Bagrntseva29@yandex.ru

²ms.petrovalora@yandex.ru

Аннотация

Предметом исследования являются принципы работы с объектами усадебного наследия на основе методов включения их в структуру населенного пункта. Тема сохранения русских усадеб в современной науке недостаточно изучена. В частности не рассматриваются вопросы, связанные с провинциальными мелкопоместными усадьбами. Интерес исследователей направлен в основном на изучение истории русской усадьбы, а не на методы сохранения и развития усадебных территорий. Цель исследования заключается в выявлении принципов работы с усадьбами и их территориями с учётом экономических, функциональных и культурных особенностей. Необходимо определить условия для прекращения разрушения объектов усадебного наследия, включения их в жизнедеятельность населения, сохранения и развития аутентичности усадьбы. В качестве методов исследования применяются изучение и обобщение существующего опыта, проведение анализа на основе него. В качестве примера рассматривается усадебно-промышленный комплекс фон Дервиза в п. Старожилово. На основе анализа выделяются потенциальные возможности сохранения и развития усадьбы. Результаты исследования представлены основными принципами сохранения усадебного наследия, необходимыми для дальнейшей разработки единого подхода в вопросе приспособления усадеб.

ВВЕДЕНИЕ

Исторические усадьбы являются важной частью культурного наследия России, а также символом целой эпохи в истории нашей страны. Поэтому тема их сохранения звучит сегодня особенно актуально. В дореволюционной России насчитывалось около 80 тысяч усадебных комплексов, в начале 21 века их количество сократилось до 7 тысяч. Сегодня усадебное наследие подвергается пожарам, вандализму, зачистке под застройку.[1] В Едином государственном реестре объектов культурного наследия народов России зарегистрировано около 3 тысяч усадеб. Исторических комплексов с сохранившимися постройками едва наберется несколько сотен. [2] Поэтому необходимо создание концепции сохранения усадебного наследия, направленной на включение усадеб в жизнь городов и сельских поселений. Необходимо структурировать существующий опыт ревитализации объектов усадебного наследия и выявить основные принципы включения усадеб в жизнь населения, привлечения туристического потока и сохранение архитектурно-художественной идентичности. Цель исследования состоит в определении принципов, которые необходимо учитывать в процессе разработки новых архитектурных решений. Задачи исследования состоят в определении возможных новых функций усадебных комплексов, объёмно-планировочных и стилистических решений новых объектов на их территориях. Решение этих задач позволит сформулировать единый подход в вопросе сохранения и развития русских усадеб.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве методов исследования были использованы изучение и обобщение, анализ.

В результате анализа было выявлено, что наибольшее количество исторических усадеб, нуждающихся в восстановлении, находится на территориях Московской, Липецкой, Ленинградской, Смоленской и Рязанской областей. Территория Рязанской области богата памятниками природы и культуры, такими как: храмы и монастыри, национальные заповедники, дома-музеи, археологические памятники (Рис.1).

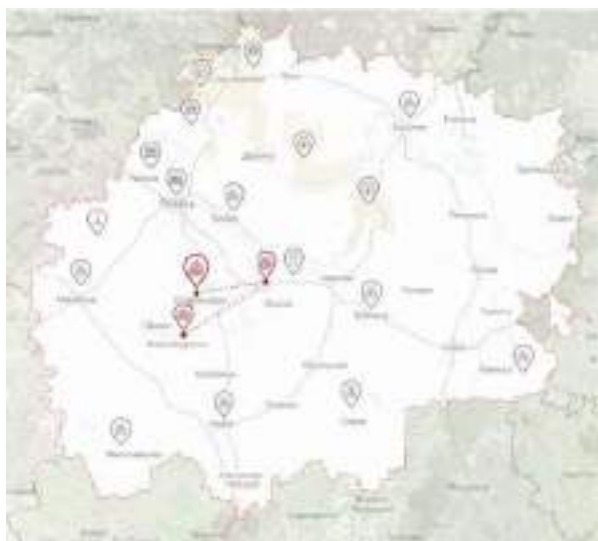


Рис. 1 Карта Рязанской области с указанием памятников природы и культуры

Особое место среди них занимают усадьбы семьи фон Дервизов в с. Кирицах и в д. Сохе, а также усадебно-промышленный комплекс в п. Старожилово (Рис.2).



Рис.2 Схема расположения усадеб фон Дервизов

В качестве территории для исследования был выбран усадебно-промышленный комплекс в п. Старожилово, который представляет собой архитектурный ансамбль в неоготическом стиле 19 века. Комплекс включает в себя территорию бывшей усадьбы и Старожиловский конный завод (Рис. 3,4) — единственное в мире крупное хозяйство, занимающееся разведением и выращиванием лошадей русской верховой породы, которые являются национальным достоянием. [3]



Рис. 3 Усадебный дом в п. Старожилово



Рис. 4 Главная конюшня

Усадебно-промышленный комплекс фон Дервиза является объектом культурного наследия федерального значения и нуждается в реставрации. В ходе исследования комплекса было выявлено, что производственный корпус, жилой дом, здание тренинг-конюшни и здание кузницы находятся в неудовлетворительном состоянии, здание зерносклада — утрачено.

Представители российской комиссии ЮНЕСКО дали высокую оценку объекту, отметив, что комплекс, является уникальным достоянием страны и мира и может стать масштабным историческим центром России. В данный момент в связи с планируемой реставрацией объекта требует решения вопрос дальнейшего развития территории и функционирования комплекса. [4]

Сохранение усадебно-промышленного комплекса тесно связано с проблемой его использования. Об эффективности использования можно говорить, если его характер компенсирует актуальные потребности населения. Однако методы восстановления усадьбы с включением ее в структуру населенного пункта, как главной точки притяжения населения, до сих пор мало изучены. [13] Поэтому в основе исследования лежит гипотеза о развитии усадебно-промышленного комплекса фон Дервиза как местного центра. Подтверждение этой гипотезы достигается путем выявления основных направлений развития региона, изучения возможностей усадьбы и внешних факторов среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В числе сохранившихся усадеб выделяются 2 группы, различающиеся по виду использования – музеи и здравницы. Эти группы определились еще в советское время и до сих пор абсолютно преобладают в количественном отношении. Использование усадеб в качестве разного рода здравниц – домов отдыха, санаториев, больниц и т.п. – в России особенно распространено, и это придает своеобразие современному российскому опыту использования усадеб. [5] Как правило, для такого использования они берутся в аренду на долгий срок, но в последнее время организации идут и на их приобретение, поскольку приобретение недвижимых объектов культурного наследия разрешено действующим законодательством РФ. Близкий и тоже довольно распространенный вид их

использования – детские дома, дома-интернаты и т.п. учреждения. Но сохранность усадебных комплексов при этих видах использования различается радикально, и разница в сохранности зависит, как правило, не столько от историко-культурной ценности, сколько от их близости к Москве или Санкт-Петербургу, а также от пользователя усадьбы. В функционировании усадеб как здравниц и т.п. заведений изначально заложена проблематичность использования их культурно-познавательного потенциала: они не открыты для публики настолько, чтобы этот потенциал мог использоваться. Гораздо лучше обстоят дела с музеями-усадьбами. Их доля в общем количестве сохранившихся усадеб мала, но использование культурно-познавательного потенциала, а в среднем и сохранность оказываются наилучшими. Еще в советское время в кругу музеев-усадоб едва ли не самыми распространенными стали мемориальные усадьбы – принадлежавшие в свое время выдающимся деятелям отечественной культуры. Это общеизвестные усадьбы Пушкинского заповедника, Ясная Поляна, Спасское-Лутовиново и многие другие. Особое внимание государства именно к ним, при общем его невнимании к усадебному наследию, стало еще одной чертой своеобразия российского опыта использования усадеб. [6] Но перманентные трудности бюджетного финансирования, усугубленные экономическим кризисом, заставляют музеи-усадьбы искать способы частичного самообеспечения. Положительный, но, к сожалению, редкий пример в этом смысле представляет собой музей-усадьба «Остафьево»-«Русский Парнас» под Москвой. В перспективах его развития – не только музей и соответствующая музейная и выставочная деятельность, но и реставрационное училище, кафе, периодические массовые мероприятия, возможности конных прогулок, детская площадка и многое другое, решающее и культурные, и экономические задачи. [7]

Определение новых функций для усадебно-промышленного комплекса фон Дервиза ограничивается формой использования его территории. В ходе изучения охранного обязательства объекта культурного наследия «Промышленно-усадебного комплекса фон Дервиза» было выяснено, что на территории промышленной части комплекса запрещено капитальное строительство (Рис.5).



Рис. 5 Схема использования территории усадебно-промышленного комплекса фон Дервиза

Таким образом, предполагается только реставрация существующих объектов с сохранением их первоначальных функций или музеефикация. [10] Во избежание дальнейшего разрушения усадьбы наиболее перспективным направлением является музеефикация с постепенной реставрацией. Для этой цели возможно создание историко-информационного центра, главной функцией которого будет сохранение усадебно-промышленного комплекса, а также других объектов наследия в этом регионе, путем привлечения туда людей для культурного просвещения и отдыха. Это позволит

объединить несколько направлений деятельности: научно-исследовательское, культурно-досуговое, просветительское.

С точки зрения плана территориального развития Старожиловского района, преобладающими направлениями являются развитие туристической и сельскохозяйственной отраслей. Историко-культурное наследие Старожиловского района представлено большим количеством памятников истории, археологии, культуры, имеющими историческое и художественное значение. В пределах муниципального образования расположено: 65 памятников археологии, архитектуры и истории, что свидетельствует о высоком потенциале в развитии туристической сферы. [8] Так как п. Старожилово расположен в центральной части Рязанской области, в 56 км от Рязани, рекреационная и просветительская функции историко-информационного центра могут осуществляться на региональном уровне. Усадебно-промышленный комплекс занимает центральное положение в структуре поселка и сообщается с дорогой регионального значения (Рис.6). Такое расположение обеспечивает хорошую доступность общественного транспорта (Рис.7). Вариативность проезда до историко-информационного центра обеспечит комфортные условия для его посещения туристами.



Рис.6 Схема расположения комплекса



Рис. 7 Схема транспортной доступности в структуре поселка

Историческая застройка усадебно-промышленного комплекса фон Дервиза напрямую влияет на выбор стилистических приемов фасадного решения для современного объекта историко-информационного центра. Среди подходов к размещению современных объектов в исторической застройке наиболее обоснованы приемы архитектурной мимикрии и нейтральности, подразумевающие органичное

вписание объекта в историческую застройку и создание архитектурной среды нейтральной по формам, пластике, материалам по отношению к ней. [9]

На основе анализа современных объектов, поддерживающих тему исторической преемственности, можно сформулировать следующие приемы художественной выразительности таких объектов:

- соотношение пропорций проектируемого объекта с историческими постройками;
- создание силуэта в структуре общей панорамы усадебно-промышленного комплекса (увязка с высотами и силуэтом окружающей застройки);
- многоплановость фасадов, как способ выявления различных по функции и значимости объектов;
- работа с поверхностями и их фактурами;
- внесение в облик знаковых элементов, отвечающих образу окружающей исторической застройки.

ВЫВОДЫ

Сохранение и дальнейшее развитие усадебных комплексов возможно при индивидуальном подходе к каждому из них, изучению и анализу внешних факторов, а также направлений развития населенного пункта в целом. В результате изучения территории усадебно-промышленного комплекса фон Дервиза в п. Старожилово были сформулированы следующие принципы сохранения и развития усадеб:

- Анализ векторов развития региона для выявления возможных направлений деятельности усадьбы и поиска новых функций;
- Определение потенциальных возможностей усадеб с учетом их состояния и форм разрешенного использования;
- Соотнесение перспективных направлений развития региона с потенциальными возможностями усадьбы и создание уникальной концепции использования усадьбы;
- Определение ключевой ценностной характеристики усадьбы и элементов ее аутентичности

Сохранение знаковых культурных ориентиров, таких как усадьбы, способствует устойчивому развитию регионов. Часто восстановление исторического архитектурного облика, традиций и духа места может привлечь к себе горожан и туристов и помогает вдохнуть новую жизнь в сельские районы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный фонд возрождения русской усадьбы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fondus.ru/usadby>. – Дата доступа: 01.11.21.
2. Исторические усадьбы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://историческиеусадьбы.рф/>. – Дата доступа: 01.11.21.
3. Старожиловский конный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dostoyanie.info/ryazanskaya-oblast/starozhilovskij-konnyj-zavod/>. – Дата доступа: 7.02.21.
4. Усадьба-конезавод СТАРОЖИЛОВО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vadimrazumov.ru/525088.html>. – Дата доступа: 7.02.21.
5. Бунин А.В., Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства. - М.: Стройиздат, 1979. - Т. 1.
6. Краснобаев, И.В. Сохранение сельских усадеб: проблемы и перспективы / И.В. Краснобаев. – СПб: Коло, 2013.
7. Гречухин, В.А. Перед небытием и после небытия (К вопросу дворянской усадебной культуры в сельской России). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artemyevo-10.narod.ru/2002/pered.htm>. – Загл. с экрана.
8. СХЕМА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СТАРОЖИЛОВСКОГО РАЙОНА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ «Комплексный анализ состояния территории Старожиловского муниципального района Рязанской области» / . – Москва : , 2011.
9. М.Ю. Лимонад, Н.А. Трубицына, С.А. Трубицына, М.А. Харебина. Методическое пособие по выполнению курсовых проектов, ВКР «Здания и сооружения музейно-туристического сервиса: визит-центры, гостинично-туристические комплексы, клубы исторической реконструкции, сервисные пикеты,

- музейные пути и дороги» ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, 2016. - 209 с. //электронное издание/
10. Комеч, А.И. Правовая ситуация в области охраны архитектурного наследия / А.И. Комеч // Охрана и реставрация архитектурного наследия России. Организационноправовые и экономические проблемы. – М. – 2000. – С. 24.
 11. Лоуэнталь, Д. Прошлое – чужая страна / Д. Лоуэнталь; пер. с англ. А.В. Говорунова. – СПб. : Владимир Даль [и др.], 2004. –606 с.
 12. Чекмарев А.В. Архитектурное наследие России: первое десятилетие XXI века // Архитектура изменяющейся России: Состояние и перспективы. М. : КомКнига, 2010. С. 238—263.
 13. Швидковский О.И. Использование памятников как главное условие их сохранения // Проблемы охраны и современного использования памятников архитектуры : мат. Междунар. коллоквиума ИКОМОС ЭССР, Таллин, 4—7 июня 1985 г. Таллин : Валгус, 1987. С. 68—72.

ЛАНДШАФТНЫЙ УРБАНИЗМ КАК КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА С СОХРАНЕНИЕМ ПРИРОДНОГО КАРКАСА В УСЛОВИЯХ РЕНОВАЦИИ ПРОМЗОН В МОСКВЕ

Е. Ю. Зайкова¹, Н. А. Семенова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹lena_landscape21@mail.

²natatata217@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассматривается новое направление в градостроительной деятельности - ландшафтный урбанизм. Целью данного исследования является определение ландшафтного урбанизма как подхода в градостроительстве, который способствует не только поддержанию, структурированию и формированию пространственных связей для городских экосистем и рекреационных зон, но и формированию концепции развития городского пространства путем сохранения природного каркаса в условиях реновации промзон, которые зачастую занимают выгодные местоположения в структуре города и могут стать недостающими, но необходимыми элементами градозоологического каркаса.

Для реализации исследования проведен анализ существующих практик, публикаций, проектов и конкурсов, мнений специалистов в данной области, проведено сравнение методов развития системы природного каркаса города, а также сформированы первые теоретические выводы по поводу концепции, позволяющей внедрить в эту систему территории бывших и действующих промзон, реновированных с применением экотехнологий.

ВВЕЕНИЕ

Проблема недостатка и недоступности зеленой инфраструктуры актуальна и всегда остро ощущалась в крупных и крупнейших городах. И, несмотря на то что большинство современных проектов в области архитектуры и градостроительства базируется на принципах экологичности и устойчивого развития, нет единой системы городских и природных ландшафтов.

Современные условия жизни в городах приводят к повышению уровня стресса. Уровень урбанизации растет, в связи с чем увеличивается плотность застройки и объемов производства, а фактор живой природы, как естественный способ снижения внутреннего напряжения, страдает.

Особенно остро проблема отсутствия единой системы зеленого каркаса стала ощущаться жителями городов в период самоизоляции при стремительном распространения коронавирусной инфекции. Большая часть городских озелененных территорий была закрыта для посетителей. Городское население долгое время находилось в заточении в своих квартирах и «прогуляться», насытиться кислородом, вырабатываемым зелеными насаждениями или получить моральную разгрузку при созерцании природы, можно было только открыв окно. Передвигаться можно было в пределах района, но лишь с особой необходимостью. Все это говорит о том, что те жители, район которых был более оснащен элементами зеленого каркаса, чувствовали себя лучше.

Существуют различные проекты и конкурсы по комплексному благоустройству городских парков, заказников, набережных, зон отдыха, площадей; по редевелопменту как бывших, так и действующих промзон; программы комплексного благоустройства улиц, целью которых в различной степени является развитие тех или иных территорий, как путем разработки планировочных решений, позволяющих максимально сохранить

естественный и создать искусственный ландшафт, так и внедрение экоориентированных приемов и технологий.

Необходимость интегрировать, связывать в единую экологическую сеть различные по своему функциональному назначению объекты озеленения является важной составляющей формирования устойчивого и здорового города сейчас и в будущем.

Для реализации исследования был выявлен ряд задач:

- поиск материалов, анализ научной и публицистической литературы, мнений специалистов, определение методов исследования;
- выявление теорий и способов формирования природного каркаса города на разных уровнях рассмотрения (макроуровень, мезоуровень, микроуровень);
- поиск реализованных проектов в качестве примеров, позволяющих подтвердить теорию реновации промзон с применением экотехнологий в проектировании, которые могут работать в рамках развития природного каркаса города;
- формирование выводов по поводу предложенной концепции.

Чарльз Вальдхайм, профессор и заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры Высшей школы дизайна Гарвардского университета, в книге «Ландшафт как урбанизм» пишет о том, что для мегаполиса XXI века важно развитие традиционной городской формы, сопровождающей экологические, инфраструктурные или экономические изменения. [1]

С точки зрения процесса реновации промзон, который активно продолжает свое развитие в России и мире, ландшафтный урбанизм может рассматриваться в контексте направления, способного реанимировать ценные городские территории, используемые действующими промышленными зонами, путем внедрения технологий экопроектирования без изменения функционального назначения объектов, а также в контексте современной концепции развития и модернизации городского пространства путем изменения функционального назначения территорий бывших промзон. [2, 3]

Также значительная часть бывших и действующих производственных территорий в Москве располагается вблизи водных артерий, что позволяет еще более разнообразить экологический каркас города при их реновации и модернизации, так как в таких случаях возможно применение «голубых и зеленых» технологий в планировке и проектировании, которые позволяют использовать не только территорию суши, но и водные поверхности. [4]

Симбиоз градостроительной и ландшафтной практики методом экопроектирования обеспечивает устойчивое развитие градостроительной структуры и позволяет прогнозировать градостроительные процессы на далекую перспективу. А это уже вопросы управления урбанизацией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения поставленных задач и реализации исследования было принято решение руководствоваться методами изучения, анализа, сравнения и обобщения (синтеза).

Изучение литературы, мнений специалистов, анализ отечественного и зарубежного опыта, выявление методик формирования единой системы экологического каркаса города – эти методы исследования способствуют пониманию, каким должен быть природный каркас города и как в его системе могут быть использованы территории действующих и бывших производственных и коммунально-складских зон в условиях реновации и модернизации.

Также используется метод сравнения с целью определения наиболее важных составляющих рассмотренных теорий формирования систем природного каркаса города.

Метод же обобщения или синтеза позволяет свести в единое целое данные, полученные

в результате изучения, анализа, сравнения и способствует формированию научной гипотезы, а также первых теоретических выводов по заявленной проблеме.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Городская ткань, согласно ландшафтному урбанизму, должна формироваться посредством системы связанных ландшафтных пространств.

По мнению градостроителей, архитекторов и экспертов в области зеленых технологий, дискутирующих на тему проектирования здорового города в интервью для журнала «Проект Россия», город необходимо рассматривать как сложный организм со своими внутренними системами, но эти системы должны корректно функционировать и взаимодействовать между собой. По структуре градоэкологический каркас должен состоять из элементов мезоуровня и макроуровня. [5]



Рис. 8. Структура градо-экологического каркаса города

Также согласно исследованиям Центра архитектурных инициатив Архитектурной школы МАРШ, было выявлено, что на пересечении природного и городского ландшафта возникают урбогеосистемы. По уровню сложности они выше естественных, так как здесь повышен уровень загрязненности, отсутствуют природные почвы и т.д. Система экологического каркаса, представляющая собой систему природных и условно-природных геосистем, предложенная МАРШ, была частично дополнена в результате исследования. Поэтому локальным выводом в работе является то, что экологическим каркасом города может являться система природных и условно-природных геосистем, состоящая из разных по иерархии элементов:

1. Ядро – минимально измененные участки ландшафта, где сохраняются естественные связи между компонентами. Самодостаточная по функционированию

элементов

экосистема

с максимальным видовым разнообразием, характерным для данного природного комплекса (лесопарки, водохранилища с береговой зоной и т.д.);

2. Площадные элементы ландшафта – площади, парки, дворы, пруды, сады и т.д.;

3. Территории после реновации, которые отличаются экологичностью в проектировании (территории бывших промзон, преобразованные в рекреационные пространства, территории действующих промзон, в процессы производства которых внедряются эко-технологии);

4. Связи (коридоры) – улицы, бульвары, реки, каналы, системы дворов. [6]

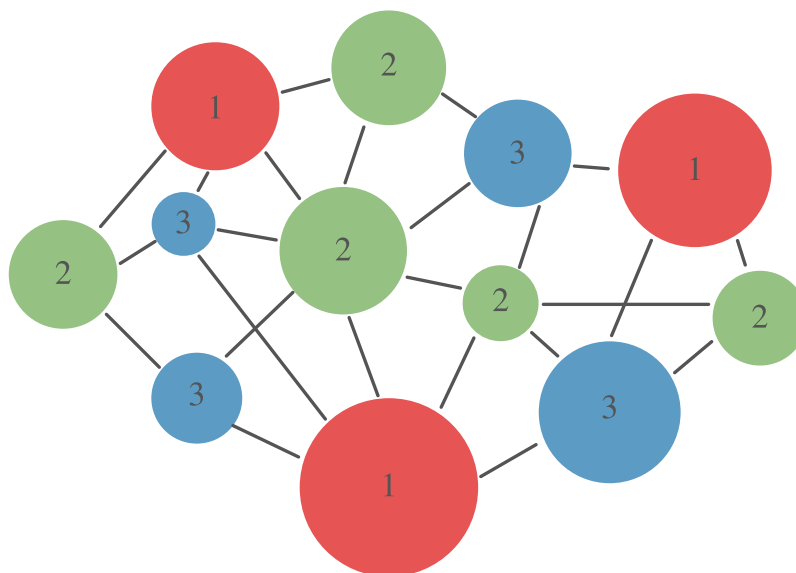


Рис. 9. Структура системы природных и условно-природных геосистем

На сегодняшний день существуют примеры, позволяющие говорить об эффективности преобразования промзон в рамках ландшафтного урбанизма в контексте улучшения экологии территории, универсальности ее функционального назначения и эстетической привлекательности.

Одним из таких примеров из европейского опыта является инженерный объект – электростанция (очистные сооружения), расположенная на севере Германии в районе Мюнстер к северо-востоку от города Штутгарт близ реки Неккар. В результате реконструкции здесь было создано единое природно-градостроительное пространство: были модернизированы сооружения для сбора, хранения и очистки воды, в структуру зданий и сооружений были интегрированы зелёные компоненты и эксплуатируемые крыши, также были решены вопросы ресурсосбережения путем перераспределения дождевой воды.

Внедрение технологий способствует частичному избавлению от ограждений и несет образовательно-научный характер. Все это способствуют не только социально-экономическому развитию, но и поддержанию экологического баланса. Таким образом, «вредные и опасные» очистные получают возможность стать одним из условно-природных элементов экологического каркаса города.



Рис. 3. Электростанция Штутгарт-Мюнстер в Германии после реконструкции



Рис. 4. Электростанция Штутгарт-Мюнстер в Германии после реконструкции



Рис. 5. Электростанция Штутгарт-Мюнстер в Германии после реконструкции

По мнению многих исследователей, человеку необходимо быть рядом с природой и ощущать ее присутствие. В научных работах, связанных с зеленой архитектурой промышленных объектов, главной мыслью является то, что грамотная реконструкция промышленных территорий с применением системного подхода в ландшафтной реорганизации может улучшить общие экологические характеристики городской среды, расширив зону компенсационного озеленения уже на подходах к промышленным территориям. [7]

ВЫВОДЫ

В заключение хочется отметить, что заявленная проблема, действительно, актуальна и требует изучения. Природный каркас города как система позволяет реализовать экоориентированные принципы территориального планирования и градостроительного проектирования в целях устойчивого развития.

Для реализации исследования был проведен анализ материалов (научных статей, публикаций, лекций и интервью специалистов), а также реализованных градостроительных проектов, что позволило выявить существующие концепции формирования природного каркаса города на разных уровнях рассмотрения (макроуровень, мезоуровень, микроуровень).

Рассмотренные концепции, а также анализ существующего опыта в экопроектировании послужили толчком к определению возможных вариантов привлечения резервных территорий, реновируемых с применением экотехнологий в проектировании промзон, для формирования единой системы экологического каркаса.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ландшафтный урбанизм в градостроительстве является новой идеологией проектирования, планирования и реконструкции городских пространств и деградирующих территорий.

Обращение к комплексному междисциплинарному подходу подводит к переосмыслению традиционных градостроительных практик. Поэтому для формирования единой системы экологического каркаса Москвы предлагается привлекать территории существующих и бывших производственных объектов, которые могут стать полноправными элементами урбогеосистемы, работающими в рамках экологического каркаса города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gray Ch. D. From emergence to divergence: modes of landscape urbanism. School of Architecture Edinburgh College of Art 2005 - 06.
2. Зуева К.В. Ландшафтный урбанизм в градостроительстве // Волгоград. Архитектурные исследования. № 3. 2019. С. 38-44;
3. Редевеопмент промзон // Официальный сайт Комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы. Режим доступа: <https://stroj.mos.ru/renovaciya-promzon>. Дата обращения: 03.11.2021;
4. Руано М. пер. Н.Г. Благовидовой Экологическое градостроительство: учеб. пособие // Москва. МАРХИ. 2014. С. 53-56;
5. Водяник А., Заливухин И., Поляков А., Радионова Е., Андрианов А., Герасименко А. Экология как технология. Как спроектировать здоровый город // Профессиональный журнал по архитектуре, градостроительству, строительным технологиям и дизайну в России «Проект Россия». 2020. Режим доступа: <https://prorus.ru/interviews/ehkologiya-kak-tehnologiya-kak-sproektirovat-zdorovyj-gorod/>. Дата обращения: 03.11.2021;
6. Бодня М. Экологический каркас города. Функции и принципы проектирования // Центр архитектурных инициатив Архитектурной Школы МАРШ. 2017. Режим доступа: <https://medium.com/@marchlab.info/экологический-каркас-города-функции-и-принципы-проектирования-182bd435f799>. Дата обращения: 03.11.2021;
7. Зайкова Е.Ю. Зеленая архитектура промышленных объектов // Urban magazine. От чего зависит качество нашей жизни [2]. 2014. С. 97-104;
8. Красильникова Э.Э. Зеленый каркас – зеленая инфраструктура города // Семинар по приоритетному проекту. Комфортная городская среда. 2016. Режим доступа: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/LP_zel_kar.pdf. Дата обращения: 03.11.2021;
9. Адырбаев Д., Андрианов А., Власов А., Давыдов И., Кучерявая М., Лызлова П., Мальцева В., Павлова П., Пан М., Попов С., Михаил Разумовский М., Решетников В., Седлецкая М., Соловьева А., Черников А., Чернова И. Агенство стратегического развития «Центр» // Типология производственных территорий и лучшие практики редевелопмента. МОСКВА RE:ПРОМЫШЛЕННАЯ. Москва. 2017-2018. С. 19-37;
10. Zaykova, E.Y. Postindustrial space: Integration of green infrastructure in the center, middle and periphery of the city. Scopus, Springer Geography, 2018, pp. 106–117;
11. Zaykova, E.Y. Healing landscapes in the multyfunctional hybrid objects. Proceedings of the Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering, 2019, (227969), pp. 347–355;
12. Zaykova, E. Green Spice for the Megacity and Urbanization. Scopus, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 869(2), 022014;
13. Zaykova, E. Strategies ensuring the Stability of Natural and Urbanized Biotopes in the Hybrid Multifunctional Objects, IPICSE 2020 (ноябрь 2020) 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Научно-технический кто-то энг. 1030 012065 <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203435530>;
14. Мухиддинова Р.К. Ландшафтно-экологический подход в градостроительстве как фактор улучшения окружающей среды // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2020. № 2 (50). С. 164-168;
15. Чибилёва В.П., Чибилёв А.А. Природно-экологический каркас как способ управления территорией: анализ понятий // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2018. № 17-5. С. 24-26;
16. Лобов М.И., Гоженко А.И. Особенности формирования экологических каркасов промышленных городов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. № 4-1 (132). С. 68-72.

БИОМИМЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В СОЗДАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

А. А. Коста¹, Н. С. Любин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KostaAA@mgsu.ru

²liubin.nikita@gmail.com

Аннотация

В данной статье проводится аналитическое исследование реализованных архитектурных проектов, выполненных на основе биомимикрии: Дома Совета 2 (Council House 2) в Мельбурне, Водного куба в Пекине и Театра Эспланада в Сингапуре. По каждому проекту дано краткое описание, анализ использования природного аналога, делается вывод, какие принципы устойчивой архитектуры были отражены. Авторы ссылаются на зарубежные исследования по каждому примеру. Результаты структурированы в сравнительную таблицу по следующей схеме: объект исследования – проектные задачи – биоаналоги – результаты. Сделан вывод об актуальности рассматриваемой проблемы и необходимости дальнейших исследований.

ВВЕДЕНИЕ

В свете новых открытий об энергосбережении и энергоэффективности проводится много исследований для решения энергетических проблем [1-2]. Одним из таких подходов является биомимикрия. Поскольку энергоэффективность в архитектуре является серьезной проблемой [3], необходимо предпринять дальнейшие шаги, чтобы снизить потребление энергии в зданиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве материалов данного исследования были использованы зарубежные научные труды, посвященные проблеме применения биомимикрии в архитектуре [4-6]. На основе этого, были выбраны наиболее интересные архитектурные проекты и проведен их сравнительный анализ.

1. Дом Совета 2 (CH2), Мельбурн

Это «зеленое» здание, которое в настоящее время находится в Мельбурне, Австралия. Дизайн проекта был очень нетипичным, так как в нем использовался совершенно новый подход к проектированию подобного сооружения (рис. 1). В проекте был использован проблемно-ориентированный подход [7]. CH2 - это олицетворение искусства и науки.



Рис. 1 – дерево как природная идея для Дома Совета 2, Мельбурн.

Биомиметический подход виден во всем проекте. Западный фасад - это эпидерма дерева. При проектировании северного и южного фасада были использованы конструктивные особенности веток дерева – вентиляционные трубы размещены снаружи здания (рис. 2). Еще одна стратегия, взятая из природы – это кожная система. Фасад состоит из эпидермиса (внешней оболочки) и дермы (внутренней кожи). «Дерма» здания состоит из внешней зоны, в которой расположены лестницы, лифты, каналы, балконы, солнцезащитные кремы и листва, а внутренняя линия определяет протяженность «пожарного отсека». Дерма была разработана с использованием облегченной конструкции и использованием стального каркаса. Эпидермис обеспечивает необходимые условия пребывания, включая естественное освещение и затенение для здания, создавая при этом полузамкнутую среду [8-10].



Рис. 2 – концепт фасада проекта.

В этом проекте были отражены следующие принципы устойчивой архитектуры:

- Здание взаимодействует с окружающей средой
- Здание учитывает местный климат и культуру
- Правильная ориентация здания

2. Водный куб, Пекин

Водный куб, также известный как Пекинский национальный плавательный комплекс, был построен в основном для Олимпийских игр 2008 года. 4-этажное здание было спроектировано Криссом Боссе, Тристамом Карфрэ, архитекторами PTW, CSCEC, CCDL и Agur. Биомиметический подход виден в ограждающих конструкциях здания. Фасад имитирует пузыри воздуха в воде (рис. 3).



Рис. 3 – пузыри воды как природная идея для Водного куба, Пекин.

Фасад здания был разработан на основе Задачи Кельвина, а структура разработана с естественной модели пузырьков в мыльном растворе. Несмотря на то, что геометрическая структура является регулярной, если смотреть под определенным углом, она кажется

совершенно случайной и органичной. В результате создаются ощущение воды как внутри, так и снаружи.

Water Cube использовал биомимикрию в поисках геометрической формы, которая увеличивала площадь поверхности в трехмерном пространстве, обеспечивая при этом энергоэффективность [11-12]. В этом проекте были отражены следующие принципы устойчивой архитектуры:

- Создание отзывчивой и комфортной среды
- Важность геометрии и формирования естественной формы
- Здание взаимодействует с окружающей средой
- Правильная ориентация здания

3. Театр Эспланада, Сингапур

Двухэтажное здание было спроектировано архитектурными фирмами DPA и MWP. Театр Эспланада расположен в заливе недалеко от реки Сингапур. Решение использовать биомиметический подход было принято после того, как первоначальный дизайн подвергся критике за использование слишком большого количества стекла. Дизайн также подвергся критике за невосприимчивость к тропическому климату Сингапура. Таким образом, новый дизайн был направлен на создание здания, которое соответствует окружающей среде и культуре, но не является слишком традиционным. Фасад здания, основанный на биологической аналогии тропического фрукта дуриана, уникален, поскольку обеспечивает подходящее затемнение в жарком климате Сингапура (рис. 4).



Рис. 4 – плод фрукта дуриана как природная идея для Театра Эспланада, Сингапур.

Каждая оболочка содержит солнцезащитные козырьки, созданные из алюминия. Форма создает ощущение умиротворения и типична для некоторых традиционных азиатских культур [13]. На восточном и западном фасадах, где больше всего солнца и тепла, находятся самые длинные зонтики. Театр представляет собой стальную конструкцию. Он содержит внутреннюю решетку и систему распорок, которые соединяют как внутренний, так и внешний слой. Во многих помещениях театра использовались натуральные материалы, такие как дерево и камень. Большинство этажей вымощены камнем. Внутренние стены облицованы песчаником. Треугольные шторы изготовлены из изоляционного стекла с алюминиевыми креплениями, образующими угол в промежуточных точках.

Благодаря динамическому солнцезащитному экрану здание стало достопримечательностью. В то же время биомиметический подход решил проблемы, вызывающие беспокойство общественности [13-15]. В этом проекте были отражены следующие принципы устойчивой архитектуры:

- Создание отзывчивой и комфортной среды
- Важность геометрии и формирования естественной формы
- Здание учитывает местный климат и культуру
- Правильная ориентация здания

• Ограждающие конструкции позволяют проникать естественному свету, в то же время защищая интерьер от возможного перегрева

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Табл. 1. Сравнительная таблица

| Объект | Проектные задачи | Причины выбора аналогии | Результат |
|--------------------|---|--|--|
| 1. СН2 | <ul style="list-style-type: none"> • Энергоэффективность • Комфорт пребывания • Взаимодействие с окружающей средой • Устойчивость | <ul style="list-style-type: none"> • Использование интегральных решений • Ограждающая конструкция реагирует на изменения окружающей среды • Деревья энергоэффективны • Функциональная модель для сложных задач | <ul style="list-style-type: none"> • Естественное освещение и вентиляция экономят до 65% затрат на энергопотребление • Воздух на 100% фильтруется • Взаимодействует с окружающей средой |
| 2. Водный куб | <ul style="list-style-type: none"> • Энергоэффективность • Поступление естественного света • Изоляция внутренней и внешней среды | <ul style="list-style-type: none"> • Использование геометрических фигур и форм • Поверхностное натяжение пузырьков уменьшает площадь поверхности • Эффект прозрачности воды | <ul style="list-style-type: none"> • Снижение энергопотребления на 30% • Снижение искусственно-го освещения на 55% • Материал фасада (ETFE) сберегает энергию |
| 3. Театр Эспланада | <ul style="list-style-type: none"> • Учет климатических условий • Создание системы затенения • Соответствие национальному колориту | <ul style="list-style-type: none"> • Использование геометрических фигур и формы • Защита от жары, с помощью шипов • Форма дуриана обеспечивает оптимальный вид для местной культуры | <ul style="list-style-type: none"> • Комфорт для пользователей • Защита от жары • Естественное освещение • Улучшение энергоэффективности |

ВЫВОДЫ

По результатам аналитического исследования можно сделать вывод, что биомиметический подход имеет значительный потенциал для достижения энергоэффективности в архитектуре. Также стоит отметить необходимость дальнейший исследований данной проблемы для достижения лучших результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968> Дата обращения: 07.11.21.
2. Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду // Инженерный вестник Дона, 2012, №4(2). Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1298> Дата обращения: 07.11.21.
3. Wilby R.L. Perry G.L.W. Climate change, biodiversity and the urban environment: a critical review based on London, UK // Progress in Physical Geography. 2006. Vol. 30. P. 73–98.

4. Kennedy, E., Fecheyr-Lippens, D. Biomimicry: a path to sustainable innovation // *Design Issues*. 2015. Vol. 31(3), P. 66-73.
5. Pedersen Z. Ecosystem services analysis for design of regenerative built environments // *Building Research and Information*. 2012. Vol. 40. P. 54-64. doi.org/10.1080/09613218.2011.628547
6. Benyus J. *Biomimicry: Innovation Inspired By Nature*. William Morrow. 2002. P. 320.
7. Solga A., Cerman, Z. The dream of staying clean: Lotus and biomimetic surfaces // *Bioinspiration and biomimetics*. 2008. Vol. 2. P. 34-35. doi.org/10.1088/1748-3182/2/4/S02
8. Hoogland M., Bannister, P. COUNCIL HOUSE 2 (CH2) IN REVIEW // Australian Institution of Refrigeration, Air-conditioning and Heating, Preloved Building Conference. 2013. Vol. 11. P. 1-15.
9. Zari M.P. Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation // *Archit. Sci.Rev*. 2010. Vol. 53(2). P. 172–183.
10. Hes D., Bayudi R. COUNCIL HOUSE 2 (CH2), MELBOURNE CBD: A GREEN BUILDING SHOWCASE IN THE MAKIN // *Conference on Sustainable Building South East Asia*. 2005. Vol. 4. P. 11-13.
11. Kassem B., Faysal A. Towards Novel and Appropriate Smart Buildings “Beijing Water Cube” // *13th International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development*. 2017. Vol. 2. P. 13-22.
12. Ford N., Parsons R., Kua P. *Building Evolutionary Architectures*. O'Reilly Media, Inc. 2017. P. 190.
13. Gruber P., Imhof B. Patterns of Growth – Biomimetics and Architectural Design // *Buildings*. 2017. Vol. 7. P. 1-32. doi.org/10.3390/buildings7020032
14. Cai Yu. *Esplanades – Theatres on the Bay: A Revitalised Waterfront for the Arts* // *Independent Study Modules (University Scholars Programme)*. 2003. P. 74.
15. Zakaria F. Esplanade - Theatres on the Bay. 2016. Режим доступа: https://eresources.nlb.gov.sg/infopedia/articles/SIP_1827_2011-08-05.html. Дата обращения: 07.11.21.

ЗАХИ ХАДИД: «КИНЕТИЧЕСКИЕ МОРФОЛОГИИ» И ПОИСК ПЛАСТИЧЕСКИХ ФОРМ

Ю. В. Юровская

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
wmelek@mail.ru*

Аннотация

З. Хадид постоянно ведёт поиск новой пластики архитектурных форм. В основе построений лежит утверждение, что формы способны к движению и видоизменению в пространстве, подобно «живым организмам», являющимся частью «бионической среды», в которую они должны быть впоследствии интегрированы. Заха характеризует их как «кинетические морфологии», которые отражают абстрактные представления. Становление таких «морфологий» у архитектора проходит двумя путями: живописных репрезентаций с использованием различных способов искажений, неправильных перспектив; и квазиматематическим, аналитическим, с включением в процесс проектирования различных компьютерных шифров, скриптов, параметрических алгоритмов. Перевод абстрактных представлений, авторских «морфологий» у Захи осуществляется путем построения моделей, инсталляций в ходе выполнения курсовых проектов со студентами с последующей апробацией идей, подходов и разработанных форм в выставочных помещениях и инсталляционных площадках на крыше Музея Дизайна в Лондоне.

ВВЕДЕНИЕ

Статья направлена на рассмотрение особого феномена в художественном поиске З. Хадид – «кинетических морфологий», последствия и воплощения которого ложатся в основу узнаваемой авторской пластики. Актуальную проблему для архитектурной науки составляют два разрабатываемых положения: рассматриваются и исследуются не только, и не столько сами существующие (построенные или запроектированные) архитектурные формы, но и составляющие другой параллельный им план формо- и смыслообразования – проектные мифологии архитектора. Формы рассматриваются и анализируются не просто как статичные постройки, а как пребывающие в постоянном развитии, становлении. Сделанные в работе наблюдения могут быть использованы в учебном проектировании, при изучении существующих методов формообразования. Отдельные приёмы и подходы могут быть применены в практике проектирующих архитекторов, обогатить язык искомых архитектурных форм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье рассматриваются архитектурные и учебные проекты, эскизы, сопроводительные тексты к проектам, отдельные высказывания Захи Хадид и интервью, которые она давала западным критикам. Всё это даёт пищу для наблюдения, анализа и создания исследовательских моделей, отражающих творчество архитектора, её пространственные построения и образный строй архитектурных объектов, а также создающих основу для понимания смыслов, в них вкладываемых.

В исследовании используется сравнительный анализ подачи материалов, выполненных архитектором в разные периоды творчества. Поэтому материалы представлены в синхронии, переводящей отдельные моменты творчества и работы с формами в один смысловой план, как бы в одно время, протекающее перед наблюдателем, производится их сопоставление, в результате которого выявляются стоящие за ними устойчивые образно-семантические структуры. Используются структурно-семиотические методы прослеживания этапов проектирования и становления архитектурных форм и образов и самой индивидуальности художника – процессуальный подход, разработанный

в ряде исследований [19,20]. Производится реконструкция творческих действий архитектора, воссоздание положений его проектной мифологии, направляющих и наделяющих особыми смыслами её работу с формами. Особо важным для настоящей работы представляется положение о том, что исследование обращается к самому моменту создания архитектурного произведения, к проектному рассуждению архитектора, которое для данного анализа совершается «здесь и сейчас».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Понятие «кинетические морфологии» – термин Захи Хадид, который подразумевает «развитие кинетических пространственных построений, а также то, как такие структуры могут быть органично [бесшовно, *seamlessly*] интегрированными в городскую среду, чтобы увеличить её функциональные, пространственные, объёмные и семиотические потенциальные возможности [*capacities*]». ¹¹ Данное определение предполагает движение и видоизменение форм в пространстве, а кроме того, проектные действия, которые направлены на моделирование подобных морфологических изменений и преобразований среды, где они совершаются. Причём у Захи такое моделирование приобретает не случайный, а закономерный характер, совершается неким устойчивым, раз из раза повторяемым способом образа действия. Несмотря на великое многообразие используемых ею форм и мотивов, отсылающих к различным культурным контекстам, сам ход проектного действия всегда обладает чертами сходства, узнаваем, как бы стоит на «автопилоте» у архитектора.

Кроме того, у Захи архитектурная форма предполагает некое природоподобие. Её морфогенез, прохождение стадий роста, искажения, «напластования» сопоставимы с логикой развития «живой системы». Причём, как правило, она работает не с какой-то отдельной формой, а с целым семейством, «грибницей», «сотами» или «муравейником» форм. Архитектор ведет поиск узнаваемых прототипов, аналогов в жизни, внимательно наблюдает за процессами в окружающей среде и пытается их воспроизвести, строя вокруг них свою проектную мифологию.

Хадид делает следующую запись: «После того, как идентифицированы соответствующие биологические построения [*organizations*], методология состоит в том, чтобы идентифицировать и представить в абстрактном виде [*abstract*] морфологические, тектонические и геометрические качества и свойства исследуемого феномена, т.е. перевести их логику из области биологии в абстрактную цифровую среду посредством создания цифровых кинетических моделей и анимации, чтобы стимулировать и протестировать трансформации и их системные, тектонические и геометрические пределы в логике абстрактных систем». ¹¹

Другими словами, архитектор созерцает различные биологические системы, наблюдая за жизнью отдельных организмов и сообществ с тем, чтобы извлечь оттуда необходимую для себя информацию и получить «живительный импульс» для своего творчества, «усвоить мотив». Затем следует этап формализации, обобщения, «присвоения» или «интериоризации» информации, перевода на языки собственного проектирования, представления в абстрактном, отвлечённом виде с выделением значимых для себя элементов и правил их сочетания.

Можно сказать, что она разрабатывает целую серию таких формальных языков – «морфологических, тектонических и геометрических» – для описания «качеств и свойств» комплексных и сверхсложных биологических феноменов. Морфология связана с организацией формы, «вырыванием формы из контекста», представлением её частей, образованием целых коалиций, конгломератов из форм. Тектоника выражает чуть ли не движение земных плит, «напластование» слоёв, входящих в сложную форму, сплавов, воображаемые «силовые поля и токи» участка, взаимные опирания фрагментов формы, а то и вовсе «состояния полёта» [*flight*], «экстатика», – попирающее «силу земного тяготения».

Геометрия у Захи не может быть простой, – «избегайте простых углов и геометрий», – даже «тектоники Малевича» у неё «изгибаются», вытягиваются, повисают в воздухе, расставляются по определённой траектории, создавая мнимое движение. Живое для неё имеет свою постоянно изменяемую «покровную» геометрию поверхностей, и она как бы выхватывает отдельные «кадры», фиксирует состояния этой постоянно не-до-формированной формы на-пол-пути в своём извечном становлении. Такие природные изъятия ложатся в основу её архитектурных геометрий. Теперь задача – выявленные «качества и свойства» живого перевести на цифровой язык, представить в виде набора параметров, с которыми можно манипулировать, записать формулами, составить псевдоматрицы, взаимно увязать, а также определить разумные пределы их совместного действия в конкретной городской среде, и отобрать оптимальные результаты, оценить их. Однако сама Заха остаётся художником.

Все эти операции и математические эксперименты – всего лишь повод, чтобы возбудить фантазию художника, обозначить направление её поиска, совершить выбор. Сюда подключается её собственная артистическая натура, интуитивное чутьё, память творца, а рука сама ведёт поиск, набрасывая метки, делая росчерки, заливая цветные пятна, глаз совершает путешествие вокруг нового существа – становящегося архитектурного объекта. [18; 11]

Отсюда следует, что имеют место как минимум два бионических начала, которые «играют» в архитектурном произведении – природное, созерцаемое и моделируемое архитектором, и его собственная эмоциональная природа, присущая всему его организму и выражаемая его глазом и рукой.

В разные периоды её творчества у Хадид доминируют то один, то другой способ представления:

1. Художественные поиски с помощью живописи, многослойных наложений эскизов, подачи проектов с помощью использования искаженных перспектив [11].
2. Поиски, связанные с параметризмом, в основе которых лежит анимация какого-либо процесса, компьютерного программирование движения, действия [12].

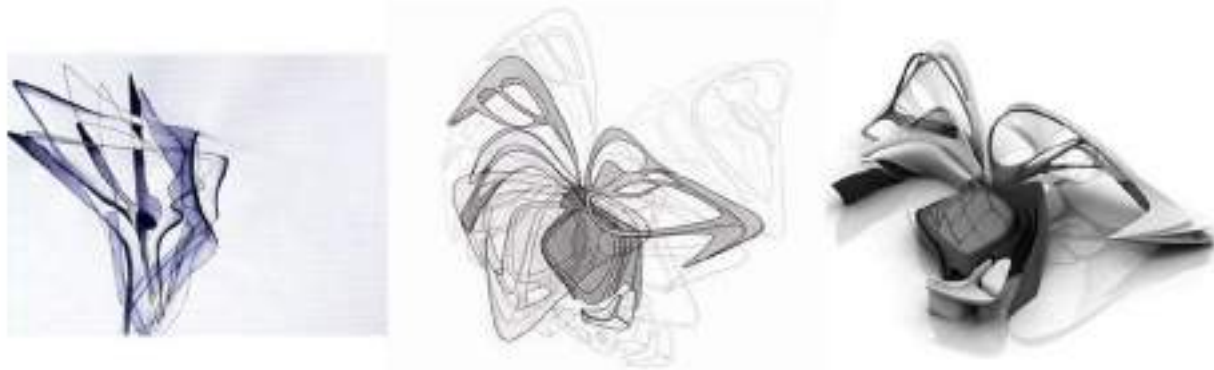


Рис. 1. Графические и параметрические поиски архитектурных форм З. Хадид

Заха начинает работу над проектом с быстрой динамической зарисовки, которая зачастую представляет собой набор направленных штрихов или криволинейных замкнутых контуров. Далее она накладывает [overlapping] нескольких эскизов один на другой, в результате чего создаётся тиражирование контура с внесением корректировок, показывается череда преобразований на одном листе, своего рода графическая «анимация». На данном этапе техника рисования напоминает процесс создания мультфильма. Рисунок начинает выглядеть паутиной, сотканной из многократно пересекающихся линий. Наподобие арабского орнамента он заключает в себе потенцию бесконечного развёртывания.

В своих графических рисунках Заха стремится к эффекту изображения разных моментальных состояний будущей формы на одном листе. Подобно рисункам П. Пикассо к книге Овидия «Метаморфозы» [8], где контуры людей изображаются в нескольких

ракурсах одновременно, благодаря чему происходит моментальная трансформация в виде движения головы, разворота, слияния тел, Заха изначально мыслит в двухмерной композиции из графических линий будущий объем в нескольких проекциях. Линия у Пикассо обнаруживает способность к непрерывным метаморфозам; она то перетекает из очертаний одного тела в очертания другого, едва заметно изменяя при этом свой характер; то обращается на обе стороны одновременно, совмещая в себе два контура. При всей гибкости линейного плетения оно таит в себе строгий конструкционный замысел и является в полном смысле слова композиционной формой.

Этот же приём у Захи можно увидеть при переводе объёма из двухмерного вида в трехмерный, когда изображение подаётся в нескольких перспективных ракурсах одновременно. З. Хадид намеренно увеличивает количество точек схода и поворачивает объёмы под разными углами. Всё это также происходит по заданному невидимому пути, вдоль которого создаётся коллаж из точек зрения. Умело «переключая визуальные скорости», она создаёт ощущение постоянного изменения, становления форм на глазах у зрителя.

Хадид со студентами на учебных занятиях, для поиска формы навеса могла, например, обратиться к анимации раскрытия бутона цветка ипомеи или к листьям растения. Цель исследования – наблюдение и анализ биологической системы, перевод её на язык абстракции и проработка в форму параметрической компьютерной модели с последующей реализацией инсталляции в масштабе 1:1. В результате первой фазы работы – наблюдение и анализ – было важно выделить особенную «био-кинетическую функциональность» системы (пневматические, химические, механические процессы) [1], а также перформативные и формальные качества: выделить определённые параметры реакции её на среду, изменение поверхностной структуры, цвета, полупрозрачности/прозрачности и др. Когда многообещающий феномен был найден, сложные взаимоотношения между вышеупомянутыми элементами были систематизированы и переведены на цифровой/параметрический язык, из них формируются некие прото-архитектурные модели, которые тестируются в отношении их качеств как городская мебель, элементы фасада, офисные интерьеры, покрытия, структуры или интерьерные пространства. В течение второй фазы Музей Дизайна в Лондоне выступает в качестве виртуальной экспериментальной площадки: части здания заменяются, расширяются или видоизменяются для того, чтобы еще больше отточить изначально простые кинетические системы в новом пространственном и функциональном контексте. На третьей фазе, посвящённой переводу компьютерной модели в реальный прототип, происходит поиск и тестирование подходящих материалов для создания способной к изменению структуры. Например, в студенческом проекте «Листы» для эластичности мембраны, которая должна была растягиваться в 5 раз и иметь лёгкий вес, физически испытывались лайка, неопрен, резинки. Также тестировались материалы, которые были перфорированы в разных направлениях. Перфорация была сделана для сокращения площади поверхности для управления ветряными воздействиями и для увеличения эластичных характеристик. Тесты были проведены на закрепленном с одного конца образце размером 500x500 мм и растянутом с других концов. Их результаты были отсортированы исходя из процента деформации и силы, применяемой для достижения

эластичности.



Рис. 2. Студенческий проект «Листы [folias]– кинетический прототип»

ВЫВОДЫ

В результате рассмотрения динамических изменения форм в ходе проектирования З. Хаид выявлены особые «кинетические морфологии». Эти поиски ложатся в основу конкретных проектов и несут потенциал непрерывности, вливаясь в поток преобразований, который она ведёт с формами. Заха изымает, являет миру лишь только выборки из этого потока, которые обретают конкретику, обрастают деталями. Но интерес данного исследования обращён к моменту порождения самих этих «кинетических морфологий». Следует заметить, что весь творческий процесс Захи Хаид насквозь мифологизирован. Можно говорить о «малом мире» художника, который она сама стремится предьявить и объяснить своей «команде», единомышленникам, студентам и посетителям её построек, горожанам и задача исследователя – постараться продолжить раскрытие этого авторского мира, начатое самим мастером методами адекватными её творчеству.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fluid Totality. Studio Zaha Hadid Projects 2000-2015. University of Applied Arts Vienna / ed. by Institute of Architecture Z. Hadid and P. Schumacher. – Basel: Birkhauser Verlag GmbH, 2015. 232 p.
2. Total Fluidity. Studio Zaha Hadid Projects 2000-2010. University of Applied Arts Vienna / ed. by Institute of Architecture Z. Hadid and P. Schumacher. – Springer-Verlag/Wien, 2011. 252 p.
3. Заха Хаид в Государственном Эрмитаже: Каталог выставки. – СПб., 2015.
4. Арнхейм, Р. Динамика архитектурных форм. – М.: Стройиздат, 1984
5. Заха Хаид. Интервью и текст Владимира Белоголовского // Проект классика. – М., 2008. – №25. – с. 182-191.
6. Добрицына И.А. Концепции биоморфизма и параметризма в современной архитектуре: проблемы и перспективы. Концепции биоморфизма и параметризма в современной архитектуре: проблемы и перспективы. Academia. Архитектура и строительство, (3) 2019, С. 51–57.
7. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования в архитектуре. – М.: Архитектура-С, 2005.
8. Публий Овидий Назон. Метаморфозы. – М.: Художественная литература, 1977.
9. Эйзенштейн, С.М. Из заметок о собственном рисовании (Дополнение к статье Дисней) / публ. и ком. Н.И. Клеймана // Проблемы синтеза в художественной культуре. – М.: Наука, 1985. С. 264-284.
10. Obrist Hans Ulrich (2008). Zaha Hadid. The Conversation Series. – Koln: Walter Konig, 2008. 136 p.
11. Schumacher, Patrik. The Autopoiesis of Architecture. Vol. 1-2. – Chichester (UK): John Wiley & Sons Ltd., 2011-2012.
12. Lynn, G. Animate Form. – Princeton: Princeton Architectural Press, 1999. 128 p.
13. Юровская, Ю.В. Искажение в рисунке, живописи и машинном копировании как источник пластических трансформаций в творчестве Захи Хаид [Электронный ресурс] // Architecture and Modern Information Technologies. – 2016. №. 1 (34). – Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2016/1kvart16/urov/abstract.php>
14. Юровская, Ю.В. Компьютерное моделирование форм и деформаций в творчестве Захи Хаид // Наука, образование и экспериментальное проектирование: тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, 2–6 апреля 2017 г. Т. 1. – М.: МАРХИ, 2017. С. 394-396.

15. Юровская, Ю.В. К вопросу о понимании пластики в архитектурном формообразовании (на примере творчества Захи Хадид) // Наука, образование и экспериментальное проектирование: тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, 2–6 апреля 2018 г. Т. 1. – М.: МАРХИ, 2018. С. 216-217.
16. Юровская, Ю.В., Адамов О.И. Тенденции пластического формообразования в системе обучающего проектирования Захи Хадид и Патрика Шумахера // Архитектура и строительство России. – 2019. № 3 (231). С. 102-115.
17. Юровская, Ю.В., Адамов О.И. Проявление пластических образов в архитектуре Захи Хадид в ходе индивидуальных становлений архитектора // Архитектура и строительство России. – 2021. № 1 (237). С. 80-87.
18. Адамов, О.И. Пётр Митурич и Заха Хадид: анимированное пятно и преобразование в пластическую форму // Пространство ВХУТЕМАС: Наследие. Традиции. Новации: Материалы всероссийской научной конференции, 17-19 ноября 2010 г. / сост. О.И. Адамов, Ю.П. Волчок; отв. ред. Г.В. Есаулов, Н.К. Соловьёв. – М.: МАРХИ, МГХПА им. С.Г. Строганова, 2010. С. 65-68.
19. Адамов, О.И. Образы пространственных построений в творческом процессе архитектора. Мастера Русского Авангарда: А.А. Веснин, И.А. Голосов, И.И. Леонидов, К.С. Мельников, В.Е. Татлин: автореф. дис. канд. архитектуры: 18.00.01– М.: МАРХИ, 2000. 30 с.
20. Сипкин, П.А. Творческая концепция Рема Кулхааса: представление, модели, воплощение: автореф. дис. канд. архитектуры: 05.23.21– М.: МАРХИ, 2015. 33 с.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕВИТАЛИЗАЦИИ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В МОНОГОРОДАХ ТЭС РОССИИ

Н. А. Самойлова¹, Н. А. Астахова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹grado@mgsu.ru

²natalya_asta@mail.ru

Аннотация

Предмет исследования – моногорода Российской Федерации, в которых градообразующим производством является тепловая электростанция (ТЭС). Объектом исследования является градостроительная ревитализация предприятия. Цель исследования: пространственный научно-практический и нормативно-правовой анализ существующего влияния ТЭС на устойчивое развитие поселения. На примере моногорода Новомичуринск Рязанской области Центрального федерального округа рассмотрен процесс ревитализации градообразующего предприятия «Рязанская государственная районная электрическая станция» (Рязанская ГРЭС) и сформулированы предложения по трансформации территории поселения с целью улучшения сложившейся экологической ситуации, развития новых производств и улучшения социальной ответственности. Градостроительные предложения для ревитализации градообразующего предприятия в моногороде Новомичуринск актуальны для других городов России, на территории которых располагаются ТЭС. Представленные градостроительные мероприятия служат практической реализации принципов «Зеленых» стандартов строительства и ESG-принципов осуществления производственной деятельности на территории.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день на территории Российской Федерации насчитывается 320 моногородов, большая часть из которых находится в зоне риска или в кризисном состоянии. Из этого списка 6 моногородов имеют градообразующее предприятие ГРЭС (государственная районная электрическая станция) в виде тепловой электростанции (ТЭС) – Амурская область поселок городского типа Прогресс, Республика Бурятия поселок Гусиноозерск, Кемеровская область город Калтан, Приморский край поселок Лучегорск, Рязанская область город Новомичуринск и Тульская область город Суворов (рисунок 1) [1]. ТЭС оказывают значительное влияние на экологию поселений за счет большого количества вредных выбросов в атмосферу как на территории производства электроэнергии, так и на окружающей территории.

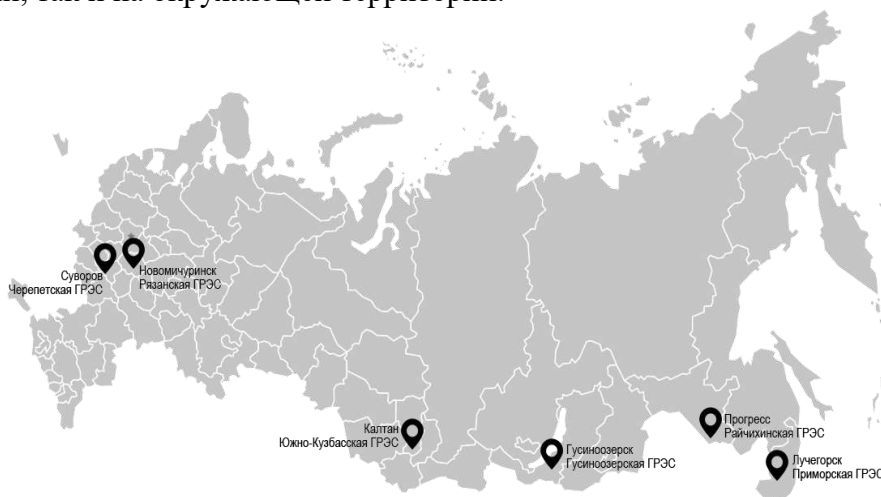


Рис. 1. Расположение моногородов ТЭС на территории Российской Федерации

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования проведен пространственный научно-практический и нормативно-правовой анализ существующего влияния ТЭС на устойчивое развитие поселения, натурные наблюдения местного жителя за многолетний период, изучение и обобщение современных тенденций применения «Зеленых» стандартов строительства [2,3] и ESG-принципов осуществления производственной деятельности на территории [4].

На начало 2021 года на долю тепловых электростанций, согласно данным системного оператора единой энергетической системы [5], приходится 66,6% мощности и 59,3% выработки электроэнергии в структуре, то есть ТЭС являются основными источниками электроэнергии в России.

Учитывая положения Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 года [6], утвержденной распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р в Схему территориального планирования Российской Федерации в области энергетики [7], утвержденную распоряжением Правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 1634-р, неоднократно вносились изменения в части реконструкции линий электропередач, в том числе для Рязанской ГРЭС.

Новомичуринск – это один из моногородов ТЭС, «Рязанская ГРЭС» занимает 6 позицию в списке мощнейших тепловых электростанций в европейской части России. Загрязняющие выбросы Рязанской ГРЭС оказывают влияние на экологию и за пределами города Новомичуринска – на Пронский район и Рязанскую область [8-11] в целом (рисунок 2). Данная проблема стоит достаточно остро в моногородах ТЭС России и требует переосмысления и предложений по решению сложившейся неблагоприятной экологической обстановки, социальной напряженностью жителей, зависящих от производственной деятельности градообразующего предприятия.

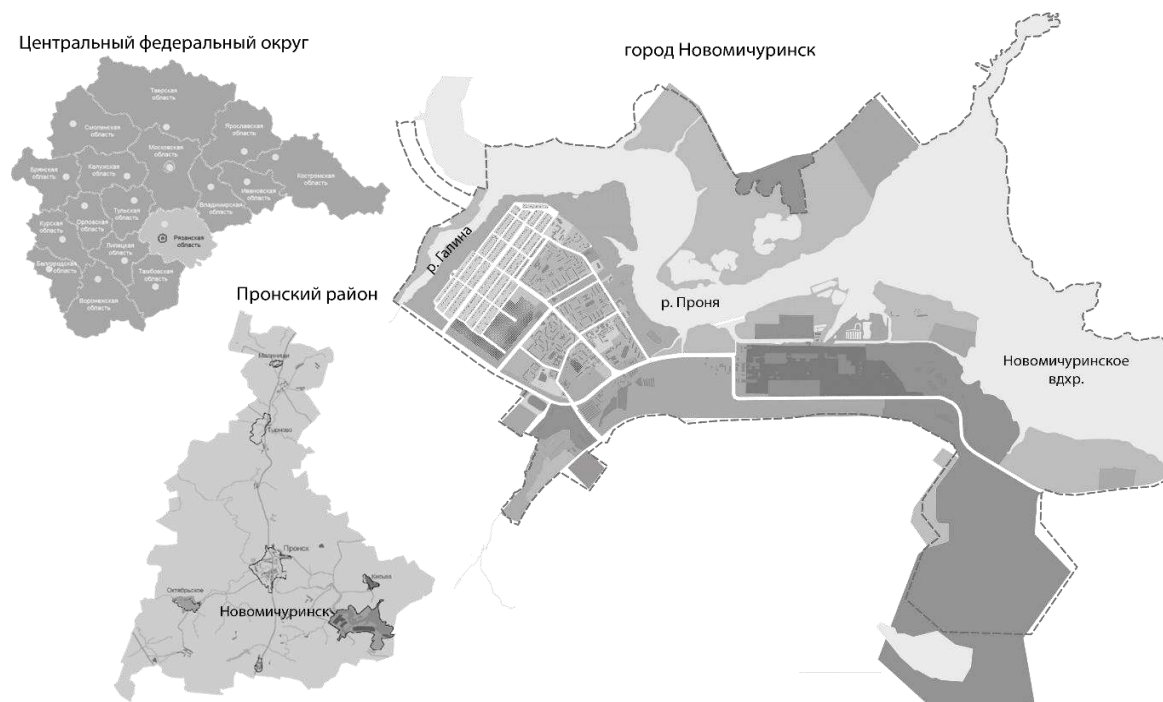


Рис. 2. Местоположение г. Новомичуринска Пронского района Рязанской области в ЦФО России

В Новомичуринске в состав Рязанской ГРЭС в настоящее время входит 7 энергоблоков. Из них для четырех энергоблоков первой очереди строительства ТЭС (ввод в эксплуатацию в 1970-е годы) и одного нового энергоблока (ввод в эксплуатацию в 2016 г.) основным топливом является уголь: около 70% - бурый уголь Канско-ачинского угольного бассейна, 30% - бурый уголь Подмосквовного угольного бассейна. А два энергоблока (ввод в эксплуатацию в 1980 г.) второй очереди строительства ТЭС работают на природном газе. В 2008 году в состав Рязанской ГРЭС вошла ГРЭС-24, которая имеет в

своем составе один энергоблок, работающий на основном виде топлива – природном газе. Резервным топливом для всех энергоблоков ТЭС является мазут [12].

Основным источником загрязнения окружающей среды г. Новомичуринск является Рязанская ГРЭС. Площадь территории Рязанской ГРЭС составляет 169 га, площадь территории золоотвала – 389,32 га. На территории ТЭС (рисунок 3) 25 % занимают строения для хранения и обработки угля, которые обеспечивают работу 4-х энергоблоков электростанции, а именно: склад хранения угля и золоотвал. Площадь, которую занимает склад угля на территории станции, составляет 26,73 га, а вместе с золоотвалом эта площадь увеличивается до 416,05 га. На территории города Новомичуринск располагается промышленная зона площадью 389 га, которая имеет санитарно-защитную зону 300 м и используется в качестве утилизации продуктов горения станции.

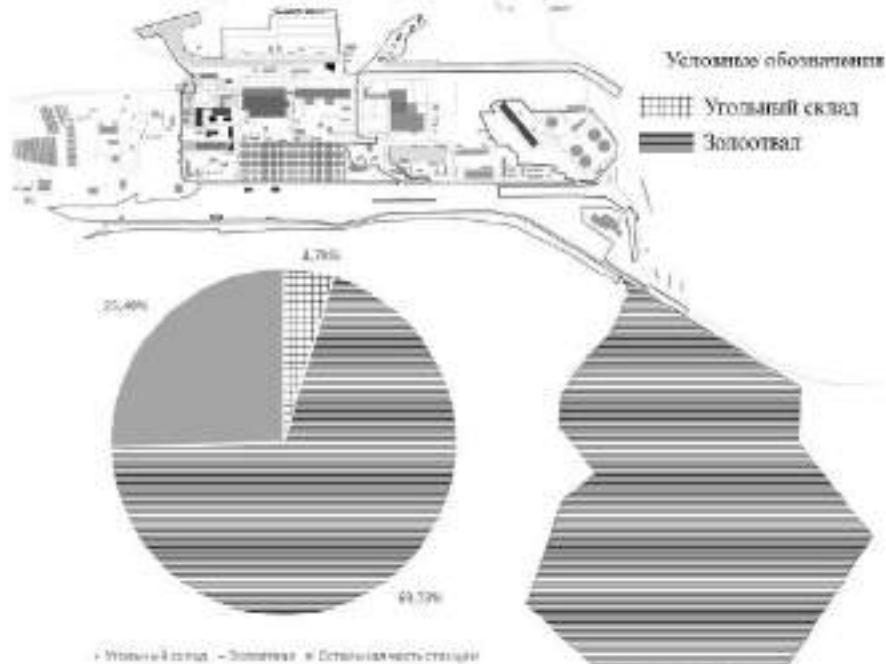


Рис. 3. Существующее использование территории Рязанской ГРЭС.

Основной вид загрязнения, происходящий от станции – это вредные вещества, поступающие в атмосферу в процессе сгорания топлива, используемого на электростанции. Интенсивность воздействия на экологию в значительной степени зависит от вида топлива для энергоблоков.

Содержание загрязняющих выбросов для различных видов топлива может иметь разницу в несколько раз. Относительные величины загрязняющих газовых веществ наиболее велики для мазута. При сгорании мазута в атмосферу выделяются такие вещества как SO_2 , NO_2 и V_2O_5 , их суммарная вредность может варьироваться от 9,08 до 25,11, в зависимости от вида мазута. При использовании в качестве топлива угля в атмосферу выделяются вещества SO_2 и NO_2 , а также вырабатывается зола. Суммарная вредность угля варьируется от 8,47 до 22,96.

Таким образом наиболее экологичным видом топлива для тепловой электростанции является природный газ, так как при его сгорании в атмосферу выделяется в основном NO_2 и его суммарная вредность составляет 4,07, что меньше суммарной вредности угля и мазута как минимум в два раза [13]. Выгода от использования природного газа в качестве основного вида топлива для ТЭС заключается также в том, что при его сгорании не выделяется продуктов горения в виде золы, которые необходимо утилизировать.

Помимо выбросов, во время эксплуатации в большом объеме производятся продукты горения в виде золы, для которой необходимо специальное место утилизации – золоотвал. Такие сооружения являются источниками загрязнения, которое имеет длительный характер и могут создать экологические проблемы для обширного участка территории. В золошлаковых отходах содержится большое количество соединений

алюминия, железа, хрома, марганца, а также ванадий, галлий и германий. Такие вещества ассимилируются с почвой близлежащих территорий и создают непригодные условия для жизнедеятельности на данной территории [14].

Альтернативным источником топлива для ТЭС может служить водород. В последние годы ведутся исследовательские работы по модернизации существующих энергоблоков ТЭС в части снижения негативного влияния на окружающую среду за счет замены основного вида топлива с газа на водород. Такие разработки сделают возможным использование сжиженного водорода в качестве основного топлива, для эксплуатации электростанций путем модернизации существующих газотурбинных установок [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Переход на более экологичный вид топлива – газ, в сравнении с углем, создает новые возможности для градостроительных изменений на территории производства ТЭС [16,17] и в поселении (рисунок 4), а именно ревитализации территории занятой угольным складом (за ненадобностью склада угля в следствии замены существующих угольных турбин на турбины, которые работают на природном газе) и рекультивации нарушенных территорий, являющихся накопленным «экологическим ущербом» в предыдущие периоды хозяйственной деятельности (ликвидация золоотвала с целью улучшения экологической обстановки данной территории и использование ее в дальнейшем для нового строительства) [18].

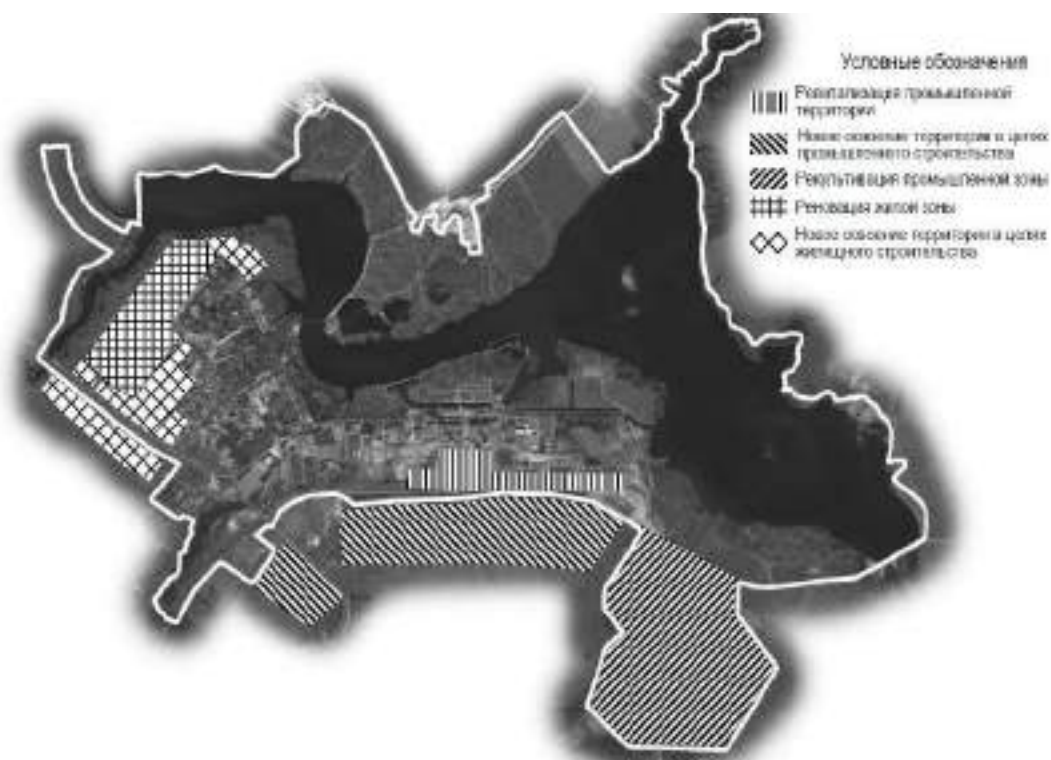


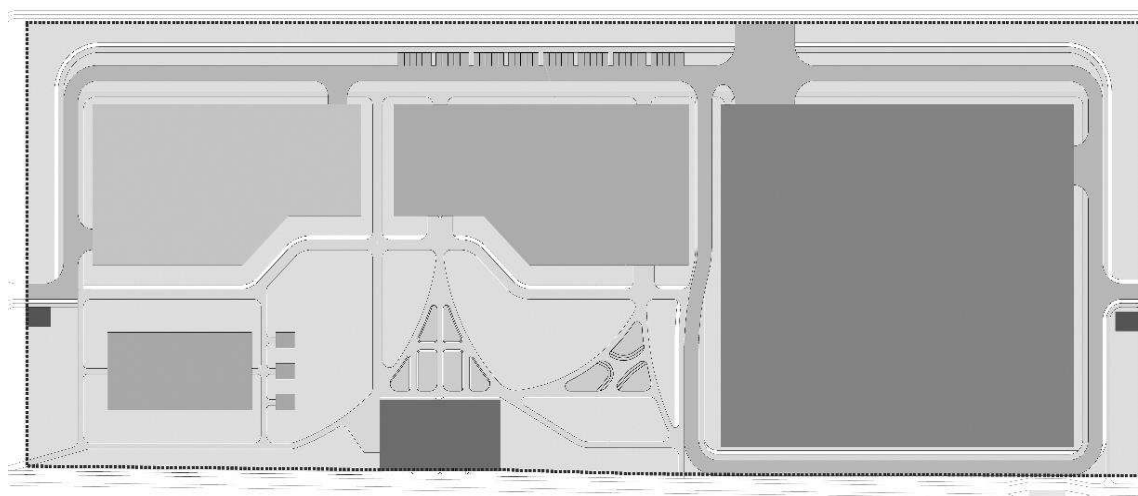
Рис. 4. Варианты площадок для градостроительной трансформации в моногороде Новомичуринск Рязанской области.

С учетом международных стандартов «зеленого» планирования эта территория может быть использована под возведения иных предприятий, которые смогли бы обеспечить новыми рабочими местами город, привлечь новые инвестиции и увеличить привлекательность поселения для новых жителей. Строительство нового предприятия, согласно «зеленым стандартам», позволит обеспечить устойчивое развитие поселения, что в перспективе сделает населенный более привлекательным для жизни и экологически безопасным для человека [19].

Предлагается градостроительная трансформация в виде ревитализации ТЭС, а именно переход станции полностью на природный газ, что не только уменьшит влияние

на окружающую среду, а позволит также освободить площади, которые ранее использовались для хранения угля и утилизацию продуктов горения, под новое строительство [19]. Таким образом реконструкции будут подвержены 4 энергоблока, которые в дальнейшем предположительно будут функционировать на топливе в виде природного газа.

На первом этапе представляется целесообразной ревитализация угольного склада (рисунок 5). На освободившейся территории в качестве нового строительства предполагается возведение центра обработки данных (ЦОД) - специализированное здание для размещения серверного и сетевого оборудования [20]. Такие здания потребляют большое количество энергии для функционирования оборудования и будет выгодно построить такое производство в непосредственной близости от источника выработки электроэнергии на ТЭС с учетом важных для ЦОД требований по бесперебойной поставке энергии большой мощности.



Условные обозначения

- | | |
|--|---|
| ● Здание дата-центра | ● Спортивные площадки |
| ● Здание офисных помещений | ● Объекты рекреации |
| ● Зданий надземной автостоянки | ● Дорожное полотно |
| ● Здания контрольно пропускных пунктов | ● Пешеходные дорожки |
| ● Здание заведения общественного питания | ● Велосипедные дорожки |
| | Граница территории проектирования |

Рис. 5. Проект ЦОД на территории градостроительной трансформации бывшего угольного склада ТЭС

Строительство ЦОД является актуальным, так как постоянное развитие информационных систем и необходимость хранения большого объема данных для крупных компаний только возрастает.

Месторасположение вблизи Московского региона способствует размещению ЦОД, что позволит сохранить моногород Новомичуринск путем частичной диверсификации градообразующего предприятия и ревитализации части его территории, то есть изменение разрешенного вида использования территории ТЭС с «земель для размещения тепловых станций» на «земли для размещения административных зданий» [19].

Градостроительные трансформации в моногороде с учетом сложившейся ситуации нужно проводить на основе «зеленых» стандартов. Предлагается проектировать и эксплуатировать ЦОД, а также утилизировать угольный склад в соответствии с «зелеными» стандартами строительства как отечественными, так и зарубежными, например, в соответствии с международным стандартом оценки BREEAM, с целью устойчивого развития данной территории.

На основе таблицы BREEAM Communities [21] (по-русски, градостроительный этап оценки объекта) составлен перечень мероприятий из 38 пунктов (подготовлена подробная таблица - не приводится), необходимых для соблюдения «зеленых» стандартов. Данные мероприятия разделены на несколько этапов [3, 21]:

первый этап описывает мероприятия, которые необходимо провести в процессе подготовки концепции строительства и заключается в оценке влияния проекта на поселение в целом с участием заинтересованных участников градостроительной деятельности (ЗУГД) – пункты GO 01, SE 01-04, RE 01-03, LE 01, LE 02, TM 01;

второй этап заключается в конкретном обследовании территории градостроительного планирования с целью нахождения градостроительных решений для устойчивого развития территории - пункты GO 02, GO 03, SE 05-13, LE 03-05, TM 02-04;

на третьем этапе проводится детальный анализ объекта градостроительного проектирования, добавление различных деталей необходимых для устойчивого развития территории - пункты GO 04, SE 14-17, RE 04-07, LE 06, TM 05, TM 06.

ВЫВОДЫ

Учитывая значение роли моногородов ТЭС в энергобалансе страны в результате проведения исследования сформированы следующие предложения для ревитализации градообразующих предприятий по выработке энергии:

1. изучение и анализ стратегических документов федерального уровня в части изменений объектов федерального значения в области энергетики, в том числе изменений их основного вида топлива для осуществления рабочих процессов;
2. изучение и анализ документов территориального планирования Российской Федерации в части изменений объектов федерального значения в области энергетики, и обеспечение стыковки с документами территориального планирования субъектов РФ и документами территориального планирования муниципальных образований;
3. использование международного стандарта BREEAM communities (градостроительство) в качестве основы для проработки градостроительной трансформации на территории градообразующего предприятия в соответствии с «зелеными» стандартами и ESG-принципами осуществления производственной деятельности на территории.

В России имеется ряд «зеленых» стандартов, однако, представляется важным использовать накопленный зарубежный опыт учета и согласования интересов заинтересованных участников градостроительной деятельности (ЗУГД) на ранней стадии проработки изменений объекта капитального строительства, которые оказывают существенное влияние на все три уровня (федеральный, региональный и местный) использования как градообразующего предприятия (что имеет особое значение для моногородов ТЭС); такие интересы ЗУГД закладывают реальное влияние на устойчивое развитие территории (экологическую, социальную и экономическую ситуацию). После апробации и адаптации стандарта BREEAM communities в Российской Федерации возможна легализация такого стандарта для использования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность ректору НИУ МГСУ П.А. Акимову, президенту НИУ МГСУ В.И. Теличенко за совместную с Академией BRE (Великобритания) программу BREEAM AG и адаптацию международной оценки BREEAM к отечественной нормативно-технической базе (BREEAM RU).

ЛИТЕРАТУРА

1. Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) (с изменениями на 21.01.2020). Распоряжение Правительства РФ от 29 июля 2014 г. № 1398-р. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420210942> Дата обращения 09.11.2021.
2. Бабкина Д.О., Янова Р.Ю., Попов А.В., Сорокоумова Т.В. Международные стандарты «Зеленой архитектуры», перспективы применения и адаптации к условиям России. // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 1. С. 70–74.
3. Самойлова Н. А. Международный стандарт оценки воздействия на среду жизнедеятельности BREEAM Communities (градостроительство) в России // Вестник МГСУ. Том 16. Выпуск 9. 2021. С. 1168–1181.
4. Что такое ESG? Простыми словами о новом капитализме // Аргументы и Факты. 2021. Режим доступа: https://aif-ru.turbopages.org/aif.ru/s/society/ecology/chto_takoe_esg_prostymi_slovami_o_novom_kapitalizme?lite=1. Дата обращения 20.10.2021.
5. Единая энергетическая система России. Режим доступа: <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2021/>. Дата обращения 09.11.2021.
6. Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71599734/> Дата обращения 09.11.2021.
7. Схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики. Распоряжение Правительства РФ от 1 августа 2016 г. № 1634-р. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420369441>. Дата обращения 09.11.2021.
8. Схема территориального планирования Пронского муниципального района. Постановление правительства Рязанской области от 28 октября 2009 г. № 301. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/906504693> Дата обращения 09.11.2021.
9. О подготовке проекта Генерального плана муниципального образования – Новомичуринское городское поселение Пронского муниципального района Рязанской области. Постановление Главного управления архитектуры и градостроительства Рязанской области от 05.11.2020 г. № 787-п Режим доступа: <https://base.garant.ru/36124146/> Дата обращения 09.11.2021.
10. Генеральный план муниципального образования – Новомичуринское городское поселение Пронского муниципального района Рязанской области. Режим доступа: <https://fgistp.economy.gov.ru/>. Дата обращения 09.11.2021.
11. Об утверждении Схемы территориального планирования Рязанской области. Постановление правительства Рязанской области от 28 октября 2009 г. № 301 (с изменениями на 29.12.2020). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/906504693>. Дата обращения 09.11.2021.
12. Годовой отчет ПАО «ОГК-2» за 2020 г. Протокол № 15 от 21 июня 2021 г. Режим доступа: <https://www.ogk2.ru/upload/iblock/184/184aa05ccd9621739947919414eafb2a.pdf>. Дата обращения 29.09.2021.
13. Взаимодействие ТЭС и окружающей среды // Экология урбанизированных территорий. 2015. С. 194–198.
14. Черенцова А. А., Олесник С. М. Оценка золошлаковых отходов как источник загрязнения окружающей среды и как источник вторичного сырья // Научно-технический журнал «Горный информационно-аналитический бюллетень». 2013. С. 230–241.
15. Козляков В. В., Козлякова О. В., Сажин В. Б., Буток А. С. Применение водорода в теплоэнергетических установках нового поколения // Успех в химии и химической технологии. 2010. С. 116–122.
16. Рекомендации по рекультивации отработанных золошлакоотвалов тепловых электростанций /Департамент эксплуатации энергосистем и электрических станций. 1997. С. 5–8.
17. Скобелева Е. А., Черняева И.В. Биосферосовместимые технологии в строительстве, архитектуре и градостроительстве: расчет уровня реализации функций города // Учебное пособие. Саратов: Вузовское образование. 2020. С. 105.
18. Самойлова Н.А. Градостроительная инновационная технология: прообраз информационной модели регулирования среды жизнедеятельности// Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 95–106
19. Ревитализация градообразующего предприятия «Рязанская ГРЭС» в прибрежной зоне моногорода Новомичуринск Рязанской области (ТЭС – дата центр) // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. 2021. С. 212-214.
20. Центр обработки данных (ЦОД). Технические рекомендации по проектированию и устройству / Практическое пособие. С. 151.
21. BREEAM Communities technical manual. 2012. С. 19-148. Режим доступа: https://www.breeam.com/communitiesmanual/#resources/otherformats/output/10_pdf/20_a4_pdf_screen/sd202_breeam_communities_1.2_screen.pdf. Дата обращения: 09.11.21.

АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В КРУПНЕЙШИХ ГОРОДАХ, НА ПРИМЕРЕ МОСКВЫ

И. А. Бахирев¹, А. А. Чернышов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹top11011@yandex.ru

²achernyshov@genplanmos.ru

Аннотация

Исследование является продолжением серии статей и посвящено теме разработки принципов размещения застройки с высокой интенсивностью освоения территорий относительно транспортно-коммуникационной системы. В данной статье проведен системный анализ транспортно-коммуникационной инфраструктуры Москвы по бассейнам магистральных улиц. Выполнен графо-аналитический анализ провозной способности нескольких видов транспорта относительно характеристик городской территории. Приведены выводы о целесообразности организации маршрутов общественного транспорта.

ВВЕДЕНИЕ

В современное время в Москве укоренилась тенденция повышения плотности застройки. Например, двигателем данной тенденции в настоящее время является программа реновации. В рамках которой размещается застройка, плотность которой значительно превышает среднее значение в 2000 кв.м./Га [1-4].

Например, в ЮВАО утверждено 10 проектов планировки реновации, 8 из которых обслуживаются Волгоградским проспектом [5-6]. Суммарный прирост составит 140 тысяч жителей, 100 из которых будут реализовывать свои корреспонденции через Волгоградский проспект, который уже в современное время исчерпал запас пропускной способности и не обеспечивает беспрепятственное движение.

Увеличение плотности застройки в границах ППТ района Выхино-Жулебино составляет 30%, по сравнению с существующей [7]. И превышает среднюю плотность застройки по округу почти в 4 раза. При ближайшем рассмотрении характеристик планируемой застройки – плотность застройки в границах одного участка может достигать от 50 до 60 тысяч кв.м/Га, что существенно будет повышать плотность застройки земельного участка и увеличивать концентрацию населения на единицу площади.

Тенденция повышения плотности застройки территорий обусловлена несколькими факторами. Первым фактором является ограниченное количество привлекательных территорий, с позиции развитости инфраструктур – изменение баланса территории сложившейся застройки является капиталоемким мероприятием. Вторым фактором является высокий спрос на жилищное строительство [8], что в совокупности с первым фактором делает экономически целесообразным решением повышение технико-экономических параметров (ТЭП) застройки.

Опыт публичных обсуждений показывает, что размещение застройки с высокими ТЭПами вызывает беспокойство местных жителей в части транспортной инфраструктуры. Современные условия транспортного обслуживания Москвы заключаются в недостаточности провозной способности магистральной улично-дорожной сети (УДС). Так, размещение застройки с высокими ТЭПами влечет возрастание нагрузки на транспортную инфраструктуру, и в конечном итоге ухудшает транспортное обслуживание территории – возрастает время поездки, снижается комфорт перемещения.

Целью исследования является определение принципов размещения застройки с высокой интенсивностью освоения территории крупных и крупнейших городов, с позиции обеспечения транспортного обслуживания населения. Объектом рассмотрения являются крупные территориальные единицы Москвы – районы и группы районов. Предметом исследования является нагрузка на транспортно-коммуникационную систему (ТКС).

Достижение цели исследования осуществляется путем решения следующих задач:

1. Выявление закономерностей формирования транспортной нагрузки
2. Анализ провозной способности транспортно-коммуникационной системы
3. Формирование принципов планирования

По результатам социологического обследования, методом анкетирования, установлено: 60% экономически активного населения Москвы отправляются в поездку утренние часы «пик», с 7:00 до 9:00 утра с трудовыми целями, а общая доля поездок с трудовыми целями составляет более 75% [9]. На основании данного факта можно заключить, что утренние часы «пик» являются самыми нагруженными и формируют значительную долю корреспонденций, а при проведении исследования допустимо пренебречь корреспонденциями, не относящимся к трудовым, так как их общее число существенно меньше и происходит вне часов пиковой нагрузки.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки провозной способности транспортно-коммуникационной системы был проведен эксперимент с математической моделью сети массового обслуживания [10-11]. Модель была составлена для абстрактной группы двух микрорайонов равной площади и идентичной застройки, транспортно-коммуникационная система представлена только в виде УДС, улицы которой были равнозначны в соответствии с принципом Вардропа [12]. По итогам моделирования установлено, что при оценке провозной способности УДС необходимо оценивать наиболее узкие сегменты УДС, которые обеспечивают транспортные связи с другими территориями города. Важно отметить по результатам моделирования, что роль местной и районной УДС низкая относительно объема корреспонденций на магистральной УДС, что подтверждается эмпирическим опытом на примере Москвы (рисунок 1).

Например, Восточный административный округ Москвы, территория которого обслуживается преимущественно Щелковским шоссе.



Рис.1. Макромодель транспортных потоков ВАО в утренний час «пик» в программном комплексе ЕММЕ

Щелковское шоссе обеспечивает транспортные связи для районов: Метрогородок, Гольяново, Северное Измайлово, восточное Измайлово и Измайлово. По аналогии с географической наукой, данные территории являются «бассейном» Щелковского шоссе [13]. Так, провозная способность бассейна Щелковского шоссе в значительной мере ограничена в двух сечениях: на пересечении с СВХ по направлению в центр, МКАД по

направлению в область, и не сможет обеспечить перемещение большего количества водителей, чем способный пропустить сечения.

Табл. 1. Характеристики бассейна Щелковского шоссе

| | площадь района, Га | Население, чел | Экономически активное население | Выезд в час пик | Выезд в час пик на ИТ | Выезд в час пик на ИТ с учетом дефицита МПТ | Рабочие места, ед | Дефицит МПТ, ед. | Дефицит МПТ, % | Площадь застроенной территории, Га |
|---------------------|--------------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|---|-------------------|------------------|----------------|------------------------------------|
| Метрогородок | 348 | 34287 | 16115 | 5237 | 1309 | -464 | 21831 | -5716 | -35 | 73,7 |
| Гольяново | 907,8 | 152391 | 71624 | 23278 | 5819 | 2811 | 37029 | 34595 | 48 | 148,7 |
| Северное Измайлово | 417,7 | 83872 | 39420 | 12811 | 3203 | 1950 | 15423 | 23997 | 61 | 64,9 |
| Измайлово | 605,7 | 102005 | 47942 | 15581 | 3895 | 1730 | 26647 | 21295 | 44 | 87,5 |
| Восточное Измайлово | 240 | 69823 | 32817 | 10665 | 2666 | 1823 | 10374 | 22443 | 68 | 40,5 |
| всего | 2519,2 | 442378,0 | 207918 | 67573 | 16893 | 7850 | 111304,0 | 96614 | 46 | 415,3 |

Транспортно-коммуникационная система на данных территориях представлена также Сокольнической и Арбатско-Покровской линиями метрополитена, МЦК, а также маршрутами НГПТ, что существенно повышает общую мощность ТКС до 110,4 тыс. пасс./ч суммарно.

Табл. 2. Провозная способность ТКС бассейна Щелковского шоссе

| УДС | прив.ед/ч | Метро | тыс. пасс/ч | НГПТ | пасс/час |
|--------------------------|-----------|---------------------------|-------------|--------------------------|----------|
| Щелковское шоссе в центр | 3840 | Сокольническая линия | 43,3 | Щелковское шоссе в центр | 5680 |
| Щелковское ш. в обл | 3840 | Арбатско-Покровская линия | 38,9 | Щелковское ш. в обл | 3570 |
| Измайловское ш. в центр | 1250 | МЦК | 12,9 | Измайловское ш. в центр | 750 |
| Всего | 8930 | всего | 95,1 | всего | 6430 |

Суммарная мощность ТКС значительно превышает запрос на транспортные услуги, которые существуют на данной территории. Так как дневное экономически активное население Москвы превышает постоянное население, в силу большого объема трудовой миграции из Московской области, а соответственно формируется и большую потребность на транспортные услуги, которые должна обеспечить ТКС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления потенциала городских территорий воспринять интенсивную застройку требуется дополнительное наблюдение за другими бассейнами города. Территории выбираются в периферийной части города по наличию географических ограничений по транспортным связям с другими территориями. Так, дополнительно были проанализированы территории бассейнов Боровского шоссе, Ярославского шоссе, Дмитровского ш., Волоколамского ш. и территория ЮЗАО. По результатам получена номограмма «провозная способность – плотность населения».

Провозная способность-плотность населения

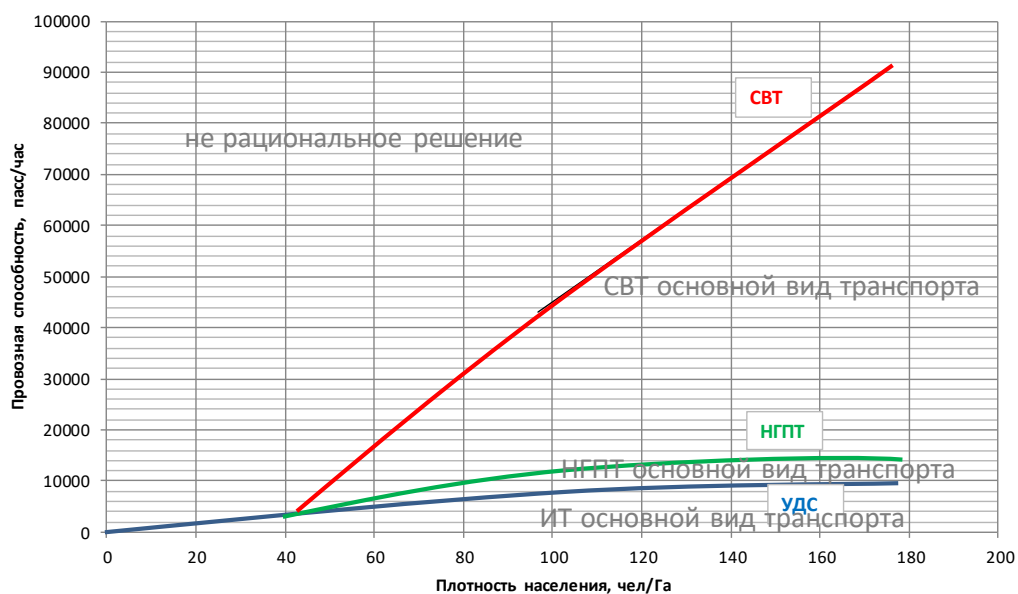


Рис. 2. Номограмма применимости видов транспорта в зависимости от плотности населения

Данная номограмма демонстрирует применимость трех основных видов транспорта относительно развития территории – чем больше плотность населения, тем выше спрос на транспортные услуги, однако данный тезис справедлив только в условиях моноцентрической планировочной структуры, так как для полицентрической структуры характерно большее количество внутрирайонных корреспонденций. Номограмму следует интерпретировать следующим образом:

- УДС обеспечивает основные транспортные связи поселения и его частей, индивидуальный транспорт является основным в тех населенных пунктах, плотность населения в которых не превышает 40 чел./Га, что соответствует сельским и малым городским населенным пунктам [14], НГПТ как вид транспорта, стоит применять при наличии социального запроса на общественный транспорт, так как экономически невыгоден, в связи с низкой загрузкой маршрутов.

- Увеличение плотности населения влечет за собой исчерпание территориальных ресурсов, которое ограничивает развитие УДС. Значительно возрастает значение НГПТ, как общегородского вида транспорта, имеющего приоритетное развитие. Развитие НГПТ позволит в значительной мере повысить провозную способность УДС, при минимальных экономических затратах. Совокупность УДС и НГПТ способна обеспечить провозной способностью территорию с высокой плотностью населения в 180 чел./Га, но при условии малой площади – не более 180 Га.

- При исчерпании территориальных ресурсов территории и истощении запаса провозной способности УДС и НГПТ, целесообразным является строительство линий СВТ. На пике провозной способности критического перегона линия СВТ способна обеспечить транспортные связи для территории площадью 300 Га с плотностью населения 160 чел./Га (при условии обеспечения социальных стандартов).

Результаты носят предварительный характер в силу малой выборки измерений, а также наличия допущений в части планировочной и функциональной структуры поселения, характерных только Москве. Для обеспечения достоверности результатов необходимо провести расчеты иных территорий.

ВЫВОДЫ

Завершая анализ современной Москвы, можно заключить:

1. При планировании транспортных связей необходимо выявить и учесть объем внешних корреспонденций, прибывающих в город из системы расселения;
2. Транспортная нагрузка на ТКС прямо пропорциональна площади застроенной территории в современных условиях;
3. Отсутствие системы скоростного внеуличного транспорта в значительной мере ограничит интенсивность застройки городской территории;
4. Площадь проезжих частей магистральная улично-дорожная сети общегородского значения должна занимать не менее 10-12% площади от площади застроенной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДОМ.РФ: [сайт] / учредитель АО «ДОМ.РФ». – Москва, 2021 - URL: <https://дом.рф/wp-content/uploads/2016/11/Plotnost-zastrojki-v-megapolisah.pdf> (дата обращения 17.09.2021). – Текст: электронный.
2. РБК: [сайт] / учредитель ГК «РосБизнесКонсалтинг». – Москва, 2021 - URL: <https://realty.rbc.ru/news/577d26eb9a7947a78ce92830> (дата обращения 17.09.2021). – Текст: электронный.
3. ЦИАН: журнал о недвижимости: электронный журнал. - URL: <https://stat.cian.ru/stati-zastroj-zastroennoe-za-50-let-plotnost-moskvu-vyroslo-v-5-gaz-292328/> (дата обращения 17.09.2021). – Текст: электронный.
4. Комплекс градостроительной политики и строительства Москвы: [сайт]. – Москва, 2017 - URL: <https://stroj.mos.ru/novaia-programma-rienovatsii-piatietazhiek> (дата обращения 26.09.2021). – Текст: электронный.
5. О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве: № 497-ПП с 01.08.2017 – Текст: электронный. // Комплекс градостроительной политики и строительства Москвы: [сайт]. – Москва, 2017 - URL: <http://mos.stroj.ru/> (дата обращения 24.05.2019)
6. Официальный сайт Мэра Москвы: [сайт] – 2017. - URL: <https://www.mos.ru/city/projects/renovation/> (дата обращения 26.10.2021). – Текст: электронный.
7. Программа реновации в Москве и Санкт-Петербурге, список домов под снос, новые дома: [сайт] – 2017. - URL: <https://renovaciya5.ru/all/sem-zhilykh-korpusov-postroyat-v-vykhino-zhulebine-po-programme-rienovatsii-v-2023-godu-novosti-goroda-sajt-moskvu> (дата обращения 01.10.2021). – Текст: электронный.
8. Яндекс.Дзен: [сайт] / учредитель ООО «Яндекс». – Москва, 2012 URL: <https://zen.yandex.ru/media/prostayedv/deficit-vtorichnogo-jilia-v-moskve-pravda-ili-vydumka-rieltorov-6046a3c9665e4413f3eb494a> (дата обращения 02.10.2021). – Текст: электронный.
9. Чернышов А.А., Купка Ю.О., Бахирев И.А. Анализ мобильности населения Москвы в современные условия // Устойчивое развитие территорий. сборник докладов III Международной научно-практической конференции. - 2021. –С. 116-121.
10. Чернышов А.А., Купка Ю.О., Бахирев И.А. Методика оценки развитости УДС Москвы показателем относительной площади // Устойчивое развитие территорий. сборник докладов III Международной научно-практической конференции. - 2021. –С. 121-125.
11. Вентцель Е.С. Исследования операций. С.203.
12. Студопедия: [сайт]. – 2014. - URL: https://studopedia.ru/2_62829_printsip-varropa.html (дата обращения 02.10.2021). – Текст: электронный.
13. Википедия: [сайт]. – 2001. - URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 02.10.2021). – Текст: электронный.
14. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2016 № 1034/пр. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/552304870> (дата обращения 24.05.2019). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Техэксперт. – Текст: электронный.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ МНОГОКВАРТИРНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В РФ

А. А. Матюхин¹, Л. В. Анисимова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹a.matuxin2011@yandex.ru

Аннотация

В данной статье авторы обращают внимание на проблему отсутствия единых статистических показателей, индикаторов, характеризующих качество среды, вводимой в эксплуатацию многоквартирной жилой застройки и уровень комфорта проживания в ней. На текущий момент официальная статистика оперирует количеством квадратных метров вводимого жилья, что не дает представления о качестве новой создаваемой среды. Данная работа направлена на анализ существующего Индекса качества городской среды с целью выборки индикаторов, которые могут стать базой для формирования индекса качества, характеризующего среду многоквартирной жилой застройки, на основе которого в дальнейшем может быть получена более полная характеристика создаваемых пространств. По результатам анализа сделаны выводы о достаточности выявленной выборки индикаторов и обозначены дальнейшие направления исследовательской работы.

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно на протяжении последних пяти лет в Российской Федерации вводится порядка 80 млн кв. м общей площади (далее ОП) жилых помещений, из которых больше половины приходится на многоквартирные дома (далее МКД) (рис. 1). За первые девять месяцев 2021 года объем введенного жилья достиг 62,7 млн кв. м, что превышает показатель аналогичного периода 2020 года на 31,2 %. [2] Таким образом, темпы ввода нового жилья сохраняются. Исходя из расчетной нормы площади 30 кв. м на одного человека (стандартное жилье) можно укрупнено подсчитать, что порядка 1,4 млн человек в 2020 году могли заселиться в новые многоквартирные дома. Данная цифра сопоставима с населением Екатеринбурга (1,5 млн чел. по данным Росстата на 1 января 2021 г. [7]).



Рис. 1. Динамика объемов ввода жилья в РФ (по данным Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ [2])

Таким образом, в последние годы в РФ вводится объем жилья, способный удовлетворить потребности в жилищном фонде нового «города-миллионера». Стоит отметить, что статистика не отражает качество создаваемой среды, а также не предоставляет данных по которым можно было бы сделать вывод о том, является ли создаваемая среда комфортной для проживания. Последнее особенно актуально в свете Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», где создание «комфортной и безопасной среды для жизни» было определено в качестве цели развития РФ [6], а также в свете действия федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» в составе национального проекта «Жилье и городская среда». [4,5]

Авторы данной статьи обращают внимание на проблему отсутствия единых статистических показателей, индикаторов, характеризующих качество среды, вводимой в эксплуатацию многоквартирной жилой застройки и уровень комфорта проживания в ней. Данная работа посвящена анализу существующих инструментов оценки таких территорий, ключевых параметров, характеризующих их качество, в отечественной практике. Результаты проведенного исследования станут базой для дальнейшего изучения вопроса оценки качества данных территорий, выявления критериев оценки, учитывающих современные подходы к изучению влияния окружающей урбанизированной среды на жизнедеятельность и здоровье человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования в данной работе является Индекс качества городской среды, разработанный в рамках действия федерального проекта «Формирование комфортной городской среды».

Предметом исследования являются индикаторы данного индекса, оценивающие качество среды, формируемой многоквартирной жилой застройки.

В ходе работы авторы анализировали индикаторы Индекса качества городской среды, область их применения, а также методику расчета. В результате, авторами была сформирована выборка индикаторов, относящихся к оценке качества среды, формируемой многоквартирной жилой застройки. Каждый индикатор был рассмотрен авторами в контексте системного подхода к рассмотрению проблемы формирования комфортной среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как было отмечено ранее, в статье делается акцент на среде, формируемой многоквартирной жилой застройкой. Качество среды и качество жизни человека являются связанными понятиями, причем качество жизни представляется более общей категорией, составной частью которой является качество среды. Качество жизни можно определить как комплексную характеристику положения человека в обществе, включающую социально-экономические, политические, культурно-идеологические, экологические факторы и условия проживания человека. Исследования в этой области отечественных ученых (А.И. Субетто, Н.С. Бондарев, В. Бобков, П. Мстиславский, М.Б. Лига, А.Г. Чупрякова, В.А. Шабашев) говорят о том, что состояние окружающей среды и ее качество являются предпосылками формирования достойного качества жизни. [9,11,13,17] В связи с этим, оценка качества среды представляется инструментом, с помощью которого человек может более осознанно выбирать место своего проживания.

На данный момент в Российской Федерации разработан Индекс качества городской среды (авторы: Агентство ипотечного жилищного кредитования (АО «АИЖК», с 2018 г. – АО «Дом.рф») и КБ «Стрелка»). Данный индекс закреплен в Методике формирования Индекса качества городской среды, утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 23 марта 2019 г. № 510-р. [3] Индекс рассчитывается на основе 36 индикаторов и направлен на оценку городской среды в целом по 6 группам критериев, однако в нём

присутствует деление на типы пространств, среды которых выделяется «жилье и прилегающие пространства». Данный блок авторы индекса предлагают оценивать по 6 индикаторам (табл. 1). [3]

Табл. 1. Выборка индикаторов из индекса качества городской среды, характеризующая «жилье и прилегающие пространства».

| Тип пространства | Критерии | | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|---|---|--------------------------|
| | Безопасность | Комфортность | Экологичность и здоровье | Идентичность и разнообразие | Современность и актуальность среды | Эффективность управления |
| Жилье и прилегающие пространства | №1 Доля населения, живущего в аварийном жилье, в общей численности населения (%) | обеспеченного централизованными услугами тепло-, водо-, электроснабжения и водоотведения, в общем объеме жилого фонда (%) №3. Количество вывезенных твердых коммунальных отходов на душу населения (тыс. тонн) | №4. Разнообразие жилой застройки (ед.) | №5. Разнообразие услуг в жилой зоне (ед.) | расположенных на земельных участках, в отношении которых осуществлен государственный кадастровый учет, в общем количестве многоквартирных домов | |

Приведенные индикаторы относятся к объективным, то есть качество среды определяется через параметры объективных условий. [14] Стоит подробнее остановиться на каждом критерии и соответствующем индикаторе.

Критерий «безопасность» авторы индекса предлагают характеризовать через долю населения аварийного фонда. Данный индикатор актуален при оценке существующей среды, где имеется аварийное жилье, однако в условиях нового строительства нецелесообразен. Если рассмотреть безопасность не только с точки зрения проживания, но и с точки зрения времяпровождения на территории, то в таком случае индикаторы, отвечающие за безопасность, могут оценивать освещенность пространства (подобный индикатор авторами индекса был применен для оценки «общественно-деловой инфраструктуры и прилегающих пространств»), степень общественного контроля, о котором пишет Дж. Джейкобс как об одном из важнейших критериев безопасности [8], скорость и возможность проезда автотранспорта, а также архитектурно-планировочная организация территории с точки зрения анализа типологии дворов. [1]

Критерий «комфортность» разработчики индекса предлагают характеризовать через долю фонда, одновременно обеспеченного водоснабжением (в т.ч. горячим), водоотведением, отоплением, газом или напольными электрическими плитами. Данный индикатор оценивает инженерное обеспечение, однако не охватывает комфорт пребывания в среде и комфорт взаимодействия с ней, которые могут быть выражены наличием навигационной инфраструктуры, площадок различных типов, сомасштабностью человеку пространства и объектов, доступностью среды для различных категорий граждан.

Критерий «экологичность и здоровье» описывается индикатором, характеризующим долю отправленных на переработку и утилизацию отходов. Приведенный индикатор отвечает за поддержание экологической обстановки. Если рассмотреть этот вопрос с иных сторон, то при оценке стоит также учитывать влияние самих зданий, применяемых материалов и архитектурно-планировочных решений на здоровье человека как физическое, так и психологическое.

Критерий «идентичность и разнообразие» авторы индекса характеризуют через разнообразие жилой застройки. Индикатор оценивает степень монотонности среды, однако с точки зрения количественного разнообразия фасадов, не учитывая специфику экстерьеров (монотонность фасадов, с большим количеством обширных гладких стен, поверхностей, которые приводят к ухудшению визуальной среды). [10,12,15,16]

Критерий «Современность и актуальность среды» оценивается через разнообразие услуг в жилой застройке. Индикатор определяет площадь участков нежилого назначения в среде (в процентах), что позволяет оценить степень смешения функций на территории, однако не дает представления о временной дифференциации использования этих объектов и функциональной дифференциации. Также индикатор не дает представления о внедренных современных технологиях управления такими территориями.

Критерий «Эффективность управления» разработчики индекса характеризуют долей МКД, расположенных на поставленных на кадастровых учет земельных участках. Индикатор позволяет оценить упорядоченность правоотношений, что способствует формированию ответственности жителей за свою среду и дает возможности управления ее развитием.

Таким образом, можно говорить, что приведенная выше выборка индикаторов оценивает среду с определенных сторон, однако не дает полной характеристики качества среды многоквартирной застройки, что требует дальнейшего изучения вопроса, в том числе с изучением опыта исследователей других стран с целью формирования комплексной системы индикаторов.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа индекса качества городской среды, авторами была сформирована выборка индикаторов, оценивающих качество среды, формируемой многоквартирной жилой застройкой.

Также авторами было выявлено, что выявленные индикаторы относятся к объективным индикаторам.

В ходе анализа достаточности выявленной выборки, авторами было установлено, что приведенные индикаторы описывают среду многоквартирной застройки с определенных сторон и могут стать базой для разработки комплексной системы индикаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Matiukhin A.A., Anisimova L.V. Typology of courtyards in apartment block development based on planning openness and permeability // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Volume 1926. Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1926/1/012021>. Дата обращения: 29.10.2021
2. Мониторинг объемов жилищного строительства : официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishnaya-politika/8/>. Дата обращения: 10.11.2021
3. Об утверждении методики формирования индекса качества городской среды : распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.03.2019 № 510-р. Режим доступа: <http://government.ru/docs/36153/>. Дата обращения: 21.10.2021
4. Паспорт национального проекта «Жилье и городская среда» : утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda/>. Дата обращения: 10.11.2021
5. Паспорт приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды» : утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 18.04.2018. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.ru/docs/14194/> Дата обращения: 21.02.2020
6. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. N 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года". Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012>. Дата обращения: 10.11.2021
7. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям : официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим обращения: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. Дата обращения: 10.11.2021
8. Джейкобс Дж. Смерть и жизнь больших американских городов / Пер. с англ.; 3-е изд., испр. – М. : Новое издательство, 2019. – 512 с.
9. Замалетдинова Л.Р. Понятие и структура качества окружающей среды (экосоциологический подход) // Вестник Чувашского университета. 2009. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-struktura-kachestva-okruzhayushey-sredy-ekosotsiologicheskiiy-podhod>. Дата обращения: 29.10.2021
10. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. – СПб : Питер, 2005. – 412 с.

11. Ильченко И.А. Качество среды обитания и качество жизни в контексте проектирования развития муниципального образования // Вестник Таганрогского института управления и экономики. 2015. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-sredy-obitaniya-i-kachestvo-zhizni-v-kontekste-proektirovaniya-razvitiya-munitsipalnogo-obrazovaniya>. Дата обращения: 25.10.2021
12. Кидуэлл Пол. Психология города. Как быть счастливым в мегаполисе / Пол Кидуэлл ; пер. с англ. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 288 с.
13. Косинский П.Д., Бондарев Н.С., Бондарева Г.С. Качество среды обитания и ее влияние на качество жизни населения региона // Фундаментальные исследования. 2017. № 8 (часть 1). С. 180-184
14. Спиридонов С.П. Индикаторы качества жизни и методологии их формирования // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2010. №10-12 (31). С. 208-223
15. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что плохо. – М. : Видеоэкология, 2006. – 509 с.
16. Эллард. К. Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / К. Эллард ; пер. с англ. – 3-е изд. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – 288 с.
17. Энгельгард А.Э., Липовка А.Ю., Федченко И.Г. Международный опыт индексирования качества городской среды // Урбанистика. 2018. №4. С. 77-87

3D-ПРИНТИНГ В АРХИТЕКТУРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ

А. А. Коста¹, Е. С. Шафрай², Сюй Шичуан³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*KostaAA@mgsu.ru*

²*ShafrayES@mgsu.ru*

³*ShichuangXu@hotmail.com*

Аннотация

Данная статья рассматривает возможности, преимущества и сложности использования 3d-принтинга в архитектурном образовании. В статье представлен обзор актуальной зарубежной литературы по 3d-принтингу, рассмотрены кейсы его использования в различных сферах и в архитектуре, описаны этапы работы с использованием 3d-принтинга для архитектурного образования для создания макетов сложных «бионических» форм. В теоретической части статьи рассматриваются: история 3d-принтинга как часть аддитивных технологий, особенности технологии 3d печати, дается краткий обзор 3d принтеров, а также рассматриваются этапы (алгоритм) использования 3d-принтинга в архитектурном образовании для выполнения архитектурных макетов. В практической части исследования представлена работа магистранта по проектированию «Музея воды» и рассмотрен пример 3d-принтинга основного объема – градирни, в которой сделано функциональное приспособление под музей, основанное на использовании конструктивной оболочки.

ВВЕДЕНИЕ

Аддитивные технологии (к которым относится 3d-принтинг) появились относительно недавно и продолжают развиваться, меняя и дополняя традиционные процессы работы в креативных сферах. Параметрические и «бионические» формы требуют новых инструментов для их точного 3d-моделирования, визуализации, и макетирования. Поэтому рассмотрение возможностей применения 3d-принтинга в архитектурном образовании в России является актуальным. Опыт 3D-печати для макетирования вместе с 3D-моделированием являются желательными для использования, поскольку они позволяют создавать уникальные проекты, без ограничений, связанных со сложностью использования бионики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании использованы следующие основные методы работы:

- 1) Обзор зарубежной литературы;
- 2) Изучение и анализ кейсов (case study);
- 3) Описание этапов работы с использованием 3d-принтинга для архитектурного образования.

Обзор литературы

В современном обществе использование цифровых инструментов и новых технологий, таких как 3d-моделирование и 3d-печать, постоянно увеличивается в соответствии с цифровизацией экономики и общества в мире в XXI веке. В отличие от сравнительно более продолжительной истории использования и развития 3d-моделирования с помощью программного обеспечения для автоматизированного проектирования (САПР), технология 3d-печати была разработана в начале 1990-х годов и продолжает развиваться по сей день [1].

Рост применения 3d-печати вполне вероятно будет продолжать расти, включая новые развивающиеся отрасли, а также существующие отрасли: медицина и

стоматология, дизайн продукции и мода, от высокотехнологичных отраслей машиностроения до повседневных применений и другие [2, 3]. Примеры применения представлены в Табл. 1. С 4-й промышленной революцией происходит расширение использования 3d-печати из-за процесса преобразования экономики и общества в сторону цифровых технологий.

Таблица 1. Применение 3d-принтинга в различных сферах

| в медицине | в строительстве | в архитектуре | в объектном дизайне | в моде |
|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |
| [4] | [5] | [6] | [7] | [8] |

Кроме того, позволяя инженерам и многим другим профессионалам (включая архитекторов, дизайнеров, создателей моды, стартап разработчиков и т. д.) материализовать свои идеи, 3d-печать делает креативный процесс намного более эффективным, чем это было раньше (в сравнении с традиционными способами прототипирования и изготовления). Сочетание 3d-моделирования и 3d-печати дает больше возможностей для разработки проектов и создания высококачественного *UX-дизайна (user experience)*.

Последние несколько лет показали динамичный рост рынка 3d-печати в России и в мире. 3d-печать все больше и больше используется частными лицами, компаниями и организациями. Поэтому существует широкий спектр доступных настольных 3d-принтеров - от профессиональных до любительских моделей. Однако, несмотря на недавние тенденции к созданию гораздо более удобных устройств и простого в использовании интерфейса, это требует обучения и может включаться в образовательный процесс.

Текущая ситуация и рынок 3d печати

3d-печать используется для печати самостоятельно разработанной 3d-модели, а также существующей 3d-модели в форматах STL или G-code. Бурный рост различных сервисов (например, использование веб-сайтов и платформ, услуги 3d-печати) привел к появлению и необходимости соблюдать правовые нормы и законы (например, 3d-печать и будущее интеллектуальной собственности, 2018 г. [9]).

На рынке 3d-печати важную роль играет интеллектуальная собственность (включая патенты, товарные знаки, права на дизайн и другие виды интеллектуальной собственности). [9] показал, что деятельность 3d-принтинга была сконцентрирована в нескольких странах (США, Япония, Германия, Франция, Великобритания, Южная Корея и Китай), исходя из данных из первых патентных заявок [9]. Одна из проблем, связанных с активацией и популяризацией использования 3d-печати, связана с законами и нормативными актами и их соблюдением, а также с активацией онлайн-рынка.

В настоящее время веб-сайты Thingiverse и i.materialise.com предоставляют онлайн-услуги для обмена 3d-моделями [10, 11]. Это требует четкого понимания и соответствия нормам интеллектуальной собственности для дальнейшего развития.

В России 3d-принтинг сравнительно недавно, и ожидается, что баланс в применении 3d-принтеров сместится в сторону применения профессиональных 3d-принтеров в отличие от «домашних» принтеров [12]. В строительстве 3d-печать связана с применением строительных роботов [13].

История 3d-принтинга и особенности технологии

История 3d-печати насчитывает около 3-х десятилетий, и это новый инструмент и развивающаяся отрасль [2]. Согласно [2], рост индустрии 3d-печати может быть связан с увеличением компаний по производству 3d-принтеров, начиная от компаний, таких как Stratasys, Voxeljet, ExOne и 3D Systems, Z Corp, до многих других организаций. Стоимость 3d-принтеров и рост числа ее клиентов, от профессиональных дизайнеров до пользователей-любителей, возник за рубежом в связи с феноменом 'maker' movement.

Кроме того, важность такого подхода, как What You See Is What You Get (WYSM / YG), описывает «быстрый» характер технологии *аддитивного производства*, или AM (*Additive manufacturing*), в которую включается 3d-печать - процесс аддитивного построения модели слой за слоем.

В 3d-печати много разных технологий. Стандарт ISO / ASTM 52900 был создан в 2015 году для стандартизации всей терминологии, а также классификации каждого из различных методов 3d-печати [14].

На следующей иллюстрации показаны технологии и материалы для 3d-печати (Рис. 1).

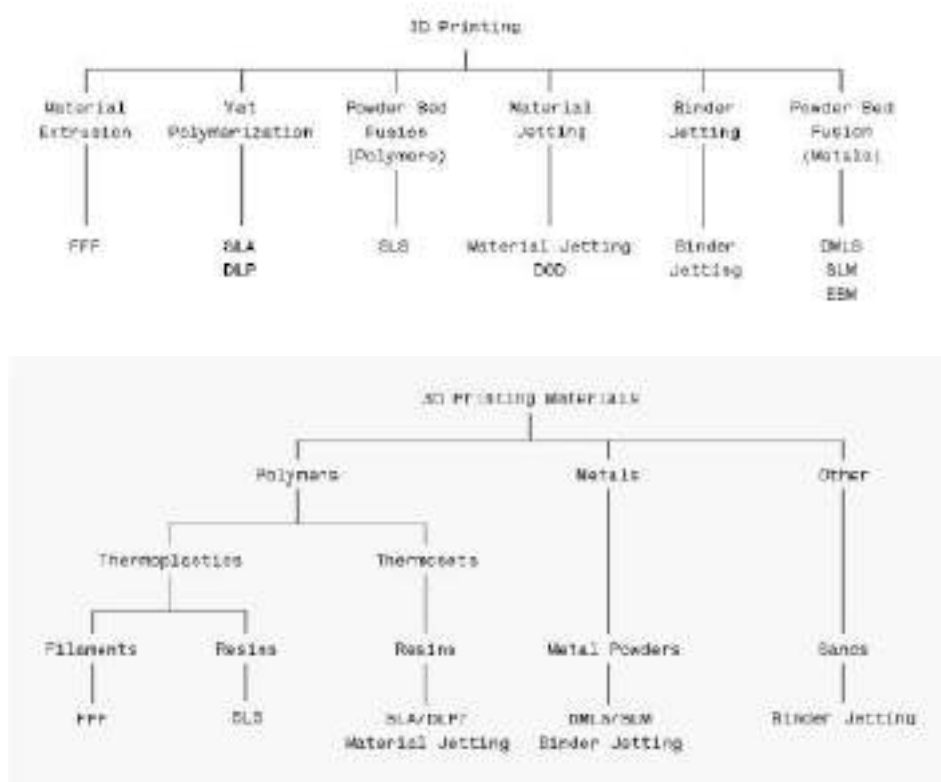
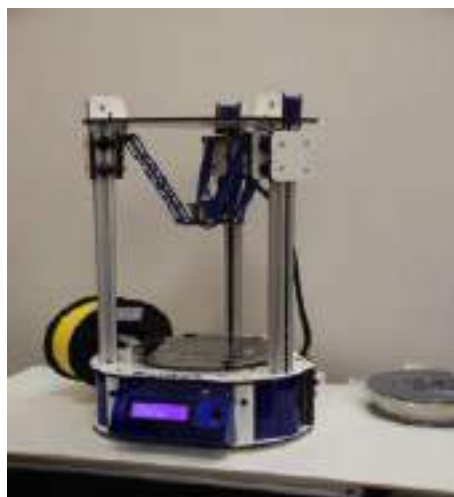


Рис 1. Типы 3d-принтеров и материалов. Источник [15]

Наиболее распространенной технологией экструзии материалов является производство плавных волокон или *Fused Filament Fabrication (FFF)*, или обычно называемое моделированием наплавления *Fused Deposition Modeling (FDM)*.

Как правило, 3d-принтеры можно разделить на промышленные и настольные потребительские принтеры. Настольные потребительские принтеры на основе филамента включают такие широко используемые типы, как Cartesian Printers и Deltabots (Рис. 2).



Типичный Cartesian 3D-принтер (a Deezmaker Bukobot Duo) [2] Deltabot 3D-принтер (the SeeMeCNC Orion) [2]

Рис. 2. FFF 3D-принтеры: Cartesian и Deltabots 3d-принтеры

Одна из основных трудностей использования 3d-принтеров объясняется необходимостью понимать, как работает механизм принтера (Kits vs Assembled Printers/ комплекты или собранные принтеры). Комплект позволяет лучше подготовиться к внесению изменений в аппаратное и программное обеспечение в дальнейшем, однако требует больших знаний и опыта.

Для разных целей и отраслей важна осведомленность обо всех технологиях и материалах 3d-печати. Учитывая, что технология FFF для плавления филамента (катушек или картриджей с материалом, как правило, диаметром 1,75 мм или 3 мм) и укладки расплавленного филамента слой за слоем для формирования объектов часто используется, именно на нее следует обратить внимание в образовании.

Использование 3d-принтинга в архитектурном образовании

Рассматривая рабочий процесс (алгоритм) для 3d печати, мы можем выделить различные этапы:

- 1) Создание 3d-модели с использованием 3d-моделирования (например, в AutoCAD, SketchUp, Blender и др).
- 2) Подготовка файлов для 3d-печати (например, в одной из программ: Slicer Ultimaker CURA, Simplify3d, Prusaslicer, Pathio, ideamaker и т. д.) и настроек файлов STL и G-CODE
- 3) Выбор филамента, настройка параметров 3d-принтера (например, качество, скорость, заполнение, оболочка, охлаждение, поддержки и другие) и 3d-печать. Постобработка возможна, она может включать удаление опор, если они использовались для некоторых частей модели.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В практической части исследования представлена работа магистранта по проектированию «Музея воды» и рассмотрен пример 3d-принтинга основного объема – градирни, в которой сделано функциональное приспособление под музей, основанное на использовании конструктивной оболочки.

Тема проекта: Морской тематический музей – «Музей воды»

Введение в проект: реконструкция промышленных градирен. Градирня (от нем. *Gradiere* – сгущать соляной раствор; первоначально градирни служили для добычи соли выпариванием) – устройство для охлаждения большого количества воды направленным потоком атмосферного воздуха. Иногда градирни называют также охладительными башнями.

Задача проекта – сделать функциональное приспособление с тематикой «Музея воды», основанное на использовании конструктивной оболочки технологически амортизированной градирни (или нескольких градирен). Проект кратко представлен на Рис. 3.



Вдохновение: водный мир подо льдом



Визуализация проекта

Рис. 3. Студенческий проект «Музей воды» – магистрант Сюй Шичуан, науч. рук. доц., к. арх. Коста А.А.

Сферы, висящие в верхней части музея воды, создают тихое подводное ощущение для нижнего пространства. В проекте предусмотрена комбинация функций: музей воды (структура и форма получены из градирни), офисы и отель (6 отдельных зданий). Музей в форме круглой платформы соединен длинным коридором с шестью отдельными зданиями уникальной формы. Беспорядочная комбинация последовательностей содержит именно неупорядоченный закон природы – бесконечность. Проект состоит из трех программ: точек (7 зданий), линий (коридоров) и поверхностей (платформ).

Этапы 3d-печати основного объема градирни представлены на Рис. 4.



Рис. 4. Этапы 3d-печати основного объема градирни

ВЫВОДЫ

Выполненный в теоретической части статьи обзор литературы показал, что 3d-принтинг как часть аддитивных технологий появился в России и в мире относительно недавно, продолжает развиваться, меняя и дополняя традиционные процессы работы в креативных сферах.

Установлено, что важной частью творческого процесса в современных условиях является 3d-печать. Параметрические и «бионические» формы требуют новых инструментов для их точного 3d-моделирования, визуализации, и макетирования. Поэтому рассмотрение возможностей применения 3d-принтинга в архитектурном образовании в России является актуальным.

Представленная в практической части статьи работа магистранта по проектированию «Музея воды» даёт наглядные представление об этапах 3d-принтинга основного объема.

Доказано, значение 3d-печати и других современных технологий демонстрации, визуализации, а также 3d-моделирования (VR, AR и т.д.) в России и в мире будет продолжать расти, и их внедрение в архитектурный образовательный процесс является объективным трендом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Choi, S J, Bae, Y H, Lee, I H, & Kim, H. Latest Research Trends of 3D Printing in Korea // Journal of the Korean Society for Precision Engineering. 2018, №35(9), С. 829-834.
2. Horvath J., Cameron R. Mastering 3D printing. – Berkeley, CA : Apress, 2014. – С. 85.
3. Horvath J., Cameron R. Prototyping and 3D Visualization //Mastering 3D Printing. – Apress, Berkeley, CA, 2020. – С. 289-296.
4. Mohammed M. I. et al. Advanced auricular prosthesis development by 3D modelling and multi-material printing //DesTech 2016: Proceedings of the International Conference on Design and Technology. – Knowledge E, 2017. – С. 37-43.
5. Vatin N. I. et al. 3D printing in construction // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – №. 1. – С. 27.
6. Rael R., San Fratello V. Printing architecture: Innovative recipes for 3D printing. – Chronicle Books, 2018.
7. Kang H. D. Analysis of furniture design cases using 3D printing technique //The Journal of the Korea Contents Association. – 2015. – Т. 15. – №. 2. – С. 177-186.
8. Valtas A., Sun D. 3D printing for garments production: An exploratory study //Journal of Fashion Technology & Textile Engineering. – 2016. – Т. 4. – №. 3. – С. 1-4.
9. Intellectual Property Office (2018, March). 3D Printing and Intellectual Property Futures. Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/757767/3D-printing.pdf Дата обращения: 17.11.21.
10. Thingiverse – Digital Designs for Physical Objects. Режим доступа: <https://www.thingiverse.com/> Дата обращения: 17.11.21.
11. Online 3D Printing Service. Режим доступа: <https://i.materialise.com/en> Дата обращения: 17.11.21.
12. Калашник О. А., Москалева М. Ю., Комиссарова М. А. Развитие малого бизнеса в России в сфере 3D-печати //Глобализация экономики и российские производственные предприятия. – 2018. – С. 57-61.
13. Дорофеев Е. П., Кучеренко П. В. 3D технологии в современной архитектуре //Аллея науки. – 2019. – Т. 1. – №. 7. – С. 6-11.
14. ISO/ASTM 52900-2015. Additive manufacturing – General principles Terminology. Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/69669.html> Дата обращения: 17.11.21.
15. Redwood B., Schöffner F., Garret B. The 3D printing handbook: technologies, design and applications. – 3D Hubs, 2017.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Ю. В. Алексеев¹, И. В. Кузнецов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*alekseev-grado@yandex.ru*

²*elias96@mail.ru*

Аннотация

Активное развитие различных систем города, в том числе его транспортно-пешеходной инфраструктуры, порождает различные градостроительные проблемы, которые требуют новых планировочных решений уличной и внеуличной транспортных систем, а также улично-дорожной сети в комплексе с жилыми и общественными зданиями, составляющими основу комфортной среды жизнедеятельности людей. Новые решения предполагают взаимосвязь «плоскостных» решений в уровне поверхности земли поселений и решений в «вертикальном» направлении, что подразумевает освоение надземного и подземного уровней, что может привести к рациональной архитектурно-планировочной организации компонентов территорий и типов зданий и сооружений. В представленной работе на теоретической базе модели пространственной организации градостроительных образований, предложенной профессором Ю.В. Алексеевым, рассмотрены особенности и специфика включения подземного пространства в планировочную структуру компонентов селитебных зон и типов жилых и общественных зданий и сооружений, которые влияют на уровень комфорта городской среды.

ВВЕДЕНИЕ

Следствием интенсивного развития различных систем города, в том числе и транспортной, являются различные градостроительные проблемы не только планировочного характера [1, 2], но также и экологического, социального или экономического [3]. Значительные территории города занимают бывшие промышленные, коммунально-складские и хозяйственно-бытовые зоны с включением в них неструктурированной жилой застройки [4]. Для таких территорий требуется активная интенсификация функционального использования [5, 6]. Примером таких компонентов градостроительных образований могут служить городские территории, прилегающие к полосе отвода железных дорог и включающие компоненты наземной, надземной и подземной городской среды, а также типы зданий и сооружений транспортно-пересадочных узлов (в том числе комплексов железнодорожных вокзалов). Обширные территории вдоль железных дорог зачастую можно считать депрессивными. В основном, такая ситуация связана с российским законодательством, которое строго ограничивает функциональную ёмкость таких территорий, играющих важную роль экологического барьера между территориально-пространственной средой железной дорогой и жилой застройкой [7]. Однако, за счёт активного строительства подземной транспортной инфраструктуры (в частности метрополитена) и высокого градостроительного потенциала такие территории обладают высокой инвестиционной привлекательностью [8].

Факт неэффективного использования всех возможных пространственно-планировочных компонентов среды приводит градостроителей к поиску новых и оптимизации уже имеющихся возможностей компонентов данных территорий и типов зданий и сооружений территориально-пространственных объектов. Эти новые возможности определяются особенностями и спецификой взаимосвязи пространственного размещения компонентов городских районов (в том числе и привокзальных) и типов зданий и сооружений как в уровне земли, так и под её поверхностью. Такой подход в планировании обеспечивает разграничение транспортно-пешеходных потоков путём

разведения их в разных уровнях (на поверхности земли и под землёй) и сокращение площади застроенной территории в пользу значимых для города и его населения открытых городских пространств [1, 9].

Взаимосвязь путей движения транспорта и пешеходов в разных уровнях влияет на объёмно-пространственные и архитектурно-планировочные решения жилой, общественной и промышленной застройки, в том числе на депрессивных территориях города, к которым можно отнести и районы, прилегающие к железной дороге [9, 10, 11]. К компонентам и типам таких зон можно отнести транспортно-пересадочные узлы, железнодорожные вокзалы и станции, привокзальные площади, линейные объекты подземной инфраструктуры и т. д. Их взаимосвязь обеспечивает эффективное функционирование наземного, надземного и подземного пространства. Градостроительное планирование и архитектурно-строительное проектирование в таком ключе позволяет осуществить организацию различных компонентов и типов среды жизнедеятельности людей как в «плоскостном», так и в «пространственном» развитии города, и это прослеживается на примере мирового опыта проектирования и строительства [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для осуществления научной и практической деятельности в области градостроительного проектирования профессором Ю.В. Алексеевым была предложена теоретическая модель пространственной организации компонентов и типов территориально-пространственных объектов застройки поселений (рис. 1) [13]. Согласно этой модели, в комплексе градостроительных образований поселений существует 4 типа объектов: объект I представляет собой пространства замкнутого построения (здания и сооружения), объект II – пространства открытого построения (территории поселений в уровне земли), объект III – недра земли и объект IV – пространство полуоткрытого построения (эксплуатируемые крыши) [14, с. 73].

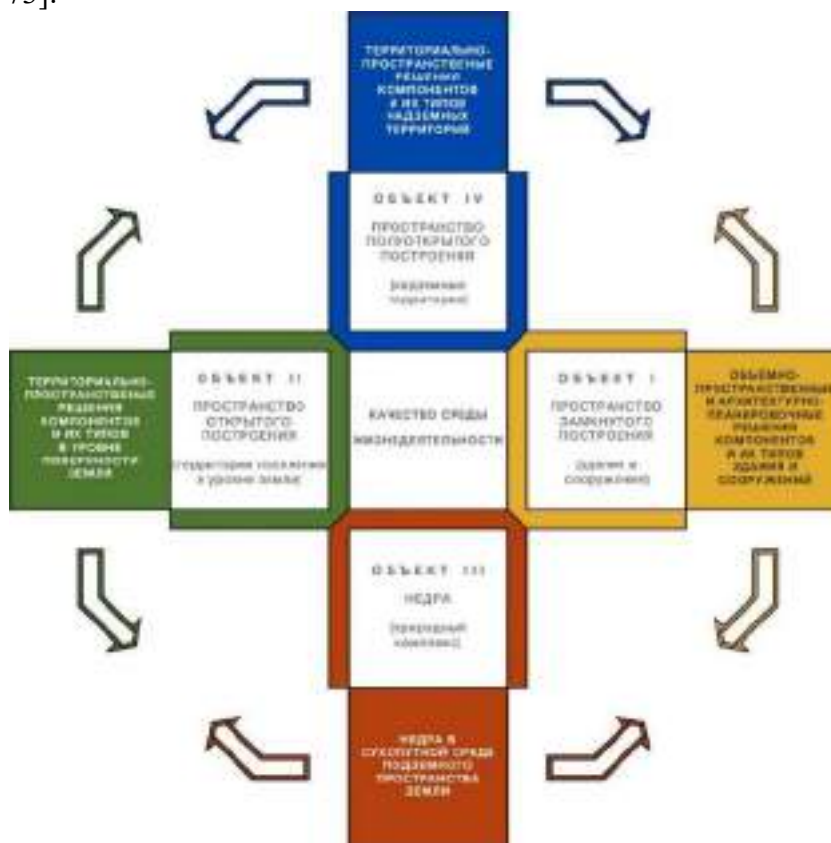


Рис. 1. Упрощённая схема модели пространственной организации компонентов и типов территориально-пространственных объектов застройки поселений (по Ю.В. Алексееву)

Учёт взаимосвязи этих четырёх территориально-пространственных объектов I, II, III и IV позволяет эффективно использовать подземные объекты при реконструкции и новом строительстве компонентов и типов жилой застройки в непосредственной близости от комплексов железнодорожных вокзалов и вдоль железных дорог [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно упомянутой модели, типы зданий и сооружений жилой застройки в зоне влияния транспортно-пересадочных узлов, в том числе и железнодорожных вокзалов, а также общественных зданий и комплексов, обеспечивающих оптимальное функционирование селитебных зон, представляют собой объект I, то есть пространства замкнутого построения. В то время как застроенные территории, а также полоса отвода железных дорог и санитарный разрыв являются, согласно этой модели, объектом II, то есть пространством открытого построения. Связка объектов I и II составляет наиболее распространённый тип жилых районов, в том числе и тех, которые примыкают к железнодорожным вокзалам. Однако её нельзя считать полной, так как не учитываются компоненты и типы ещё двух объектов (III и IV), то есть недра земли под компонентами и типами объектов I и II и надземные территории над ними.

В отечественной практике подземное пространство под жилой застройкой и привокзальными районами активно используется, как правило, в крупнейших городах-мегаполисах, таких как Москва, и, кроме того, в крупнейших столицах субъектов Российской Федерации, таких как Казань. Обширная эксплуатация подземных ресурсов наблюдается в крупных транспортно-пересадочных узлах и на прилегающих к ним территориях, особенно если в неразрывной связи с междугородним вокзалом работают системы городского рельсового электротранспорта, метрополитена и т. д. Ярким примером такого комплекса может служить комплекс Комсомольской площади, на которой расположены Казанский, Ленинградский и Ярославский вокзалы. Наиболее показательным недавним примером освоения подземного пространства под привокзальной площадью является Павелецкая площадь, где с 2015 г. по настоящее время ведётся строительство многоуровневого подземного торгово-развлекательного комплекса. В Казани в 2013 г. Привокзальная площадь была кардинально преобразована. Одним из основных этапов реконструкции было создание подземной автостоянки с благоустроенной пешеходной площадью в уровне поверхности земли. Многочисленные предложения по глобальной реконструкции привокзальной площади с освоением подземного пространства появлялись и в Самаре. Так, в 2017 г. коллективом самарских авторов в лице профессора В.Л. Пастушенко, доцента О.С. Рыбачевой и магистранта Е.Е. Негодяевой в рамках выпускной квалификационной работы было предложено проектное решение такой реконструкции [15].

Включение компонентов и типов подземных зданий, сооружений и помещений активно наблюдается и за рубежом. Примеры использования подземного пространства известны ещё с древних времён. Например, оно весьма характерно для Древнего Рима в виде комплекса подземных катакомб или подземной канализационной системы, известной как Большая или Великая Клоака. Продолжает осваиваться подземное пространство этих древних городов и в современном мире. Так, известны примеры станций метрополитена, например, под площадью Пьяцца Маджоре. Есть и множество других примеров. Так, ещё в 1966–1970 гг. недалеко от железнодорожного вокзала в Мюнхене была реконструирована подземная часть площади Карлплац, в 2011 г. была произведена повторная реконструкция, в результате чего площадь обрела пятиуровневый подземный общественный центр, обслуживающий население города и приезжающих туристов. Интересен пример привокзальной площади в Берне, которая приобрела свой современный облик после 50-х гг. XX в. В подземное пространство были опущены пути железной дороги, а также другие коммуникации, такие как пешеходные, багажные и почтовые тоннели. На уровне земли появились общественные здания, такие как здание почтового

отделения и комплекс автовокзала. В австрийской столице, городе Вене, в 2010–2015 гг. на замену Южному вокзалу был построен новый – Центральный. Вокруг него стал формироваться новый жилой район, обладающий различными компонентами и типами территориально-пространственных объектов, включающими жилые здания, объекты социальной инфраструктуры, места приложения труда. Главной особенностью объёмно-пространственного и архитектурно-планировочного решения этого вокзального комплекса и окружающей его жилой застройки является приподнятые как пути, так и само здание вокзала, а также транспортно-пешеходная связь районов в уровне поверхности земли, что всё вместе планировочно взаимосвязано с подземными помещениями вокзала.

ВЫВОДЫ

В результате такой организации и координации участников профессиональной деятельности – специалистов в области градостроительства, архитектуры, строительства, экономики, охраны окружающей среды и т. д. – в соответствии с предложенной профессором Ю.В. Алексеевым теоретической моделью (рис. 1) [16] обеспечивается единство видения особенностей и специфики взаимосвязи территориально-пространственных объектов застройки поселений, в том числе жилых районов, расположенных в зоне влияния железнодорожных вокзалов, представленными компонентами и типами пространств замкнутого построения (зданиями и сооружениями), полукрытого построения (надземными территориями, включающими в себя и эксплуатируемые крыши), открытого построения (городскими территориями в уровне поверхности земли, в том числе полосами отвода железных дорог и территорий санитарных разрывов) и объёмно-пространственных ресурсов недр земли (подземными зданиями, сооружениями и помещениями) [6]. Возрастающий интерес архитекторов и градостроителей по всему миру к рассмотренным компонентам и типам городской застройки показывает необходимость расширения научных сведений о подземной урбанистике в рамках приведённой теоретической модели взаимосвязи территориально-пространственных объектов I, II, III и IV.

Таким образом, пространственная организация различных градостроительных образований, включённых в структуру жилых районов, функционально и территориально прилегающих к полосам отвода железных дорог и территориям железнодорожных вокзалов и станций, оптимально укладывается в приведённую теоретическую модель, которая включает в себя четыре основных объекта, отличительных по их территориально-пространственным решениям: пространство замкнутого (здания и сооружения), полукрытого (эксплуатируемые крыши) и открытого (территории поселений) построения, а также недра земли (подземные пространства, здания, сооружения и помещения). Жилая и общественная застройка привокзальных городских территорий в той или иной степени обладают компонентами и типами каждого из приведённых в модели территориально-пространственных объектов (I, II, III и IV). Международный опыт проектирования, строительства и реконструкции показывает особую актуальность расширения теоретической базы и развития научно-практических исследований территориально-пространственных объектов III (подземные пространства) и IV (надземные пространства). Освоение и эффективное использование подземного пространства жилой застройки привокзальных городских территорий способны помочь переосмыслить подход к пространственной организации как жилых зон, так и транспортных комплексов в их структуре [11].

Включение данной модели в систему научно-исследовательских работ и проектной архитектурно-градостроительной деятельности должно быть взаимосвязано с системой высшего профессионального образования в сфере градостроительства, архитектуры и строительства, обеспечивающего подготовку участников профессиональной деятельности на единой методологической основе [17]. При таком подходе будет обеспечено поэтапное развитие не только рассмотренных компонентов и типов городской застройки, но и всех

компонентов и типов территориально-пространственных объектов I, II, III и IV, что может позитивно сказаться на решении задач устойчивого развития городских территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин А.Г., Шапиро О.А. Новые аспекты структурной организации производственных территорий крупных Поволжских городов // Реконструкция городов Среднего Поволжья: межвузовский сборник. Казань: КХТИ, 1988. С. 49-53.
2. Виноградов К.И., Гасанова Е.А. Специфика функционирования «островных» территорий в структуре современного города // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции. Самара: СамГТУ, 2021. С. 220-228.
3. Лекарева Н.А. Градостроительная организация транзитных прирельсовых территорий // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 47-49.
4. Кузнецов И.В. Архитектурно-градостроительная концепция реновации привокзальных районов крупнейших городов / И.В. Кузнецов; науч. рук. Е.А. Ахмедова // Дни науки - 2020. 75-я научно-техническая конференция обучающихся СамГТУ: сборник тезисов докладов. Самара: СамГТУ, 2020. С. 293-294.
5. Алексеев Ю.В., Дешев В.Ю. Условия реализации транспортной системы Москвы в полосе отвода железных дорог // Жилищное строительство. 2009. № 7. С. 20-23.
6. Алексеев Ю.В. Оценка объемно-пространственных параметров подземных объектов // Архитектура и строительство России. 2015. № 11-12 (215-216). С. 2-5.
7. Артемьева А.С., Доценко С.И. Концепция переноса железнодорожных вокзалов Москвы с реновацией существующих зданий и территорий путевой инфраструктуры к ним // Градостроительство. 2012. № 6 (22). С. 28-38.
8. Жоголева А.В., Навас В.Н. Рельсовый транспорт как инструмент развития периферийных районов крупного города // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и градостроительство: сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции. Самара: СамГТУ, 2021. С. 252-264.
9. Руднева Н. Транспортная система в жилых районах и микрорайонах // Жилищное строительство. 1968. № 6. С. 13-14.
10. Агранович Г.М. Промышленная архитектура - белая ворона или синяя птица? // Архитектура. Строительство. Дизайн. 1998. № 3 (9). С. 62-71.
11. Самогоров В., Шапиро О. Формирование рациональной структуры производственных зон города // На стройках России. 1986. № 9. С. 48-51.
12. Гудь И.Д., Ахмедова Е.А. Новые транспортные системы в мегаполисах // Градостроительные проблемы поволжских мегаполисов. Самара: СамГТУ, 2017. С. 91-101.
13. Алексеев Ю.В. Подход к оценке эволюции научных проблем в системе управления градостроительной деятельностью // Архитектура и строительство России. 2019. № 4 (232). С. 16-21.
14. Градостроительные основы развития и реконструкции жилой застройки / Ю.В. Алексеев, Г.Ю. Сомов, В.М. Ройтман и др.; Под общ. ред. Ю.В. Алексеева. Москва: АСВ, 2009. 640 с.
15. Негодяева Е.Е., Пастушенко В.Л., Рыбачева О.С. Концепция реконструкции Комсомольской площади в городе Самаре // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн: сборник статей. Самара: СамГТУ, 2017. С. 213-216.
16. Алексеев Ю.В. Совершенствование системы образовательной и научно-проектной деятельности на базе методологии пространственной организации поселений // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 4. С. 23-29.
17. Алексеев Ю.В. Необходима системная взаимосвязь направлений «градостроительство», «архитектура», «строительство» в профессиональном образовании // Архитектура и строительство России. 2020. № 1 (233). С. 22-31.

АРХИТЕКТУРА ОБЩЕЖИТИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ ТВОРЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ

Д. Е. Коровайцева¹, А. В. Попов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹dasha.krv@mail.ru

Аннотация

Сегодня для иногородних студентов острой проблемой является не всегда комфортные условия проживания в общежитии, предоставляемом вузами. В особенности это проявляется в общежитиях творческих вузов. В рамках исследования были проанализированы здания общежитий в зарубежной практике и сделаны обобщающие выводы на основе сравнения с отечественной практикой проектирования. В настоящее время проблема представляется особенно актуальной в связи с активизацией строительства студенческих общежитий в том числе для творческих вузов в нашей стране и необходимостью переосмысления принципов их проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня для абитуриентов из различных регионов существует возможность получать образование в любом вузе страны. Студент к месту учебы зачастую переезжает на значительные расстояния от своего дома. Одной из важнейших задач является обустройство комфортного быта на новом месте для широкого контингента обучающихся.

Большинство существующих общежитий на территории РФ были построены в советское время. Они часто строились по одним и тем же типовым проектам для многих вузов страны, без учета специализации.

Здания общежитий представляют собой монофункциональные объекты, включающий жилые комнаты, часто минимально допустимой площади и минимально необходимый перечень дополнительных обслуживающих и подсобных помещений. Такая организация жилища для студентов отрицательно влияет на усвоение необходимых компетенций [1-9]. Отдельное внимание необходимо уделить архитектурной организации общежитий для студентов творческих вузов. В данный момент для студенческого жилища вузов с творческминаправлениями подготовки нормативно увеличена площадь встраиваемых шкафов на 1,5 м², что часто представляется недостаточным [10]. Также в современных реалиях возникает потребность в полностью обустроенном месте для обучения в дистанционном формате, где студенты смогут заниматься непосредственно профильными предметами [11-12].

На результаты обучения влияет как среда для организации самого учебного процесса, так и среда, в которой живет студент и реализует свои базовые потребности в отдыхе, питании, учебе и т.д [4].

Сложившееся положение требует пересмотра принципов проектирования общежитий творческих вузов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выявления современных тенденций проектирования студенческих общежитий творческих вузов в мире были изучены зарубежные проекты, реализованные в XXI веке. Рассмотрено студенческое жилище, представленное отдельными зданиями общежитий, расположенных в Европе, Австралии, американской и азиатской части мира. На рисунке 1 представлена карта расположения проанализированных объектов.



Рисунок 10 Расположение проанализированных объектов.

В работе применен системный анализ при использовании информации из открытых источников (библиотеки, архивы, сайты проектных бюро и т.д.): планов, фасадов и разрезов объектов, фотографии, аналитические схемы организации зданий, описание. Исследование состояло из трех этапов: первый – поиск и сбор данных, второй – систематизация объектов по выделенным параметрам, третий – обработка полученной информации и определение тенденций в проектировании за рубежом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Реализация проектов развития студенческого комплекса оказывает воздействие на всю прилегающую территорию и способна соответствовать местным и региональным стратегиям развития города и региона, в особенности развития транспортных систем, смежных с комплексом территорий, экономического роста города и защиты окружающей среды. Эта территория - точка роста капитализации городского пространства. Особое значение для студенческого общежития, имеют рекреационные территории и общественные пространства [5].

Показательным примером организации студенческого жилья для творческих вузов может быть общежитие North Hall школы дизайна Род-Айленда в Провиденс, США, спроектированное бюро NADAAA. (Рисунок 2).



Рисунок 2. а) Студенческое общежитие RISD North Hall от NADAAA, Провиденс, США, 2019 год; б) Вид творческой мастерской на 1-ом этаже; в) План типового этажа.

Принцип организации объемного решения здания заключался в том, чтобы связать объект с контекстными элементами окружающей среды за счет формирования линий

карниза, террас, сдвигов в объеме. Благодаря продуманному вкладу сообщества университетского городка в планировочное решение, были включены общие пространства для общения, творчества, размышлений и самовыражения, адаптированные для удовлетворения разнообразных потребностей сегодняшних студентов, изучающих искусство и дизайн. В здании есть пространства, которые облегчают образовательный и творческие процессы: общественные залы, студия, галереи, окрасочная камера. Большинство комнат решены двухместными с минимальным набором мебели, душевые и туалет располагаются отдельно от жилых помещений на этаже [13].

Интересным объектом с множеством социальных функций является общежитие RMIT Bundoora West Student Accommodation, архитектурной студии RMA в Бандооре, Австралия (Рисунок 3). В здании находится различные места общего пользования, такие как: общая кухня, гостиная с телевизором, бильярдом и настольным теннисом, учебные комнаты, помещения с проекторами и места для проведения видеоконференций, две тематические игровые зоны, открытая терраса с местом для барбекю. Спроектирована особая лаунж-зона отдыха для аспирантов. Пространство включает в себя специальные оборудованные ниши для индивидуальных занятий или небольших групп.



Рисунок 3 а) Студенческое общежитие RMIT Bundoora West Student Accommodation от RMA, Бандоора, Австралия, 2016 год; б) Вид лаунж-зоны; в) План 2-го этажа.

Общежитие располагает различным выбором комнат от одноместных спален соединенных в блок до отдельных комнат и апартаментов с индивидуальным санузлом [14].

В настоящий момент существует тенденция по реставрации зданий общежитий с восстановлением первоначально заложенных функций и привнесением новых, соответствующих современным потребностям. Так архитекторы из бюро Atela Architectes восстановили в Париже, Франция студенческое жилье Maison du Mexique Rehabilitation построенное Jorge Medellin в 1952 году (Рисунок 4).



Рисунок 4 а) Студенческое общежитие Maison du Mexique Rehabilitation восстановленное Atela Architectes, Париж, Франция, 2015 год; б) Вид столовой; в) План типового этажа.

Был восстановлен главный вход в здание, полностью отреставрированы все фасады, воссозданы первоначальные обеденные залы на каждом этаже. Здание галерейного типа поделено на два блока – 5 и 3 этажа, соединенных в цокольном и первом уровнях. На обоих концах каждого блока находятся общие помещения (туалеты и кухни с восстановленными столовыми). Все общественные помещения (аудитория, вестибюль и кафетерий) расположены на первом этаже, а также библиотека и помещения для персонала. На первом этаже находятся новые комнаты для лиц с ограниченными

физическими возможностями и двухместные номера. На последующих этажах располагаются только одноместные жилые ячейки, соединённые галереями [15].

В Амстердаме из-за нехватки студенческого жилья, стали строиться отдельные жилые комплексы, предназначенные только для размещения студентов. Корпус West House комплексного общежития OurDomain Student Housing является примером жилья, в котором живут студенты разных вузов всего города (Рисунок 5).

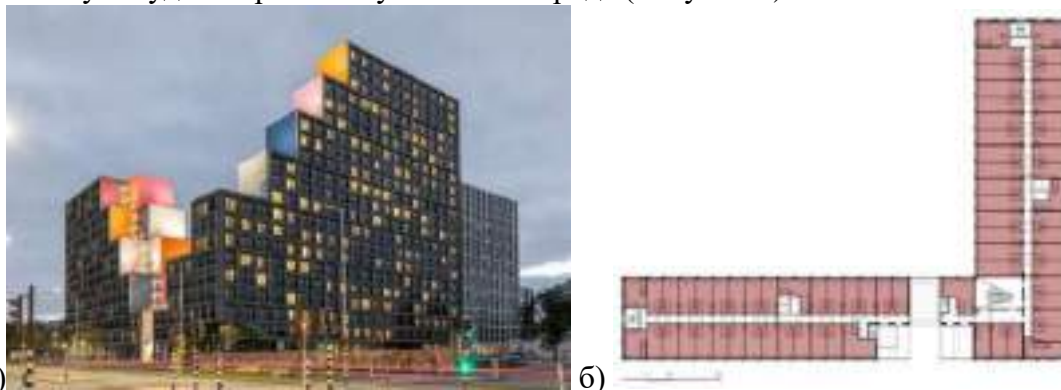


Рисунок 5 а) Корпус West House общежития OurDomain Housing в Амстердаме от Oz Architects, 2021 год; б) План 3-го этажа.

В связи с этим на первом этаже расположены лаунж-зона для отдыха, коворкинг со скоростной сетью Wi-Fi, игровая комната с бильярдом и настольным теннисом, кинотеатр, комната для занятий музыкой, ресторан и небольшой супермаркет. Весь комплекс оборудован прачечной самообслуживания, подземным паркингом и велопарковкой. Внутренний двор имеет уникальный холмистый ландшафт с озером, который напоминает городской парк. Здание переменной этажности от 3 до 21 этажа имеет повернутый «Г» образный план, в котором расположены по обе стороны коридора жилые ячейки вместе с санузлом и кухней-нишей. Сами жилые ячейки рассчитаны на 1-2 человек. Всего общежитие включает в себя 995 студий для студентов от 18 до 27 лет [16].

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показывают, что за рубежом существенное количество зданий проектируются и строятся малоэтажными. Наиболее распространенная планировочная схема – коридорная. Во многих общежитиях жилая комната имеет собственные кухню-нишу и санузел с туалетом и умывальником, а иногда вместе с душевой. При этом средняя площадь на одного человека составляет до 20-25 м², что в 3-4 раза больше, чем площади на одного студента в отечественных общежитиях. В большинстве проектов на первых этажах значительные площади отведены под общественные пространства для общения и совместной работы. Важным моментом для вузов с творческими направлениями обучения, являются специализированные места для занятий в соответствии с профилем вуза - репетиционные комнаты для занятий на музыкальных инструментах, творческие мастерские, танцевальные залы, коворкинги и др. Еще одной тенденцией в организации зарубежных общежитий является наличие и возможность заселения в различные типы комнат на выбор (проживание, как правило, происходит на коммерческой основе). Можно послиться в комнате на двух человек, индивидуальной студии или апартаментах. Благодаря разнообразию типов комнат жилище способно удовлетворять потребности широкого спектра пользователей с различными запросами, что не присуще отечественным студенческим общежитиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобанова, Е. Ю, Тумакова Н.А. Студенческое общежитие как особая коммуникативная среда для современного студента // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 1218-1221.
2. Попов А.В. Особенности организации жилых комнат студенческих общежитий по результатам архитектурного обследования 297 объектов студенческого жилища в России и СНГ (общежитий, студенческих городков, кампусов вузов) // Перспективы науки. 2019. № 1 (112). С. 89-96.
3. Попов, А. В. Принципы формирования архитектуры студенческого жилища высших учебных заведений : дис. канд. арх. : 05.23.21 / А. В. Попов. Москва. 2014. С. 274.
4. Боровкова А.А. Основная проблематика и тенденции формирования студенческого жилья объемно-планировочное решение студенческих общежитий Полоцкого государственного университета // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2016. № 8. С. 18-23.
5. Н. Цекич, И. Белич, А. Костич Современная теория и практика проектирования студенческих общежитий // Дизайн. Искусство. Промышленность. 2016. № 3. С. 32-38.
6. Рекун Т.А. Студенческое общежитие как объект городской среды города Томска // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 1-1 (40). С. 170-175. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10042.
7. Ганина, О. А. Организация быта в университетских общежитиях разного типа // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2018. №4. Пермь: ПНИПУ, 2018. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-byta-v-universitetskih-obschezhitiyah-raznogo-tipa/viewer>
8. Кропотова, О. В. Качество архитектурной организации современной жилой студенческой среды // Вестник ТГАСУ. 2008. №1. Томск: ТГАСУ, 2008. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-arhitekturnoy-organizatsii-sovremennoy-zhiloy-studencheskoj-sredy/viewer>
9. Веселкина, М. В. Особенности проектирования студенческих городков и общежитий //В мире науки и искусства: вопросы филологии, искусствоведения и культурологии. Сборник статей по материалам LIX международной научно-практической конференции. Апрель 2016. № 4(59). Новосибирск: АНС «СибАК», 2016. С. 96. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25916600>
10. Муртазалиева, К. М., Азимова, Ф. Ш., Парамазова, А. Ш. Особенности дизайн – проектирование зоны отдыха в студенческом общежитии [Электронный ресурс] / К. М. Муртазалиева, Ф. Ш. Азимова, А. Ш. Парамазова // Неделя науки – 2016 материалы XXXVII итоговой научно-технической конференции ДГТУ. Под редакцией Т.А. Исмаилова. 2016. Дагестан: ДГТУ, 2016. С. 619-620.- Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27231131>
11. Соколов А. В. Общая теория социальной коммуникации: Учебное пособие. СПб.: Изд-во Михайлова В. А., 2002. С. 461.
12. Нартова-Бочавер, С. К. Психологическое пространство личности : Монография / С. К. Нартова-Бочавер. - М.: Прометей, 2005. С. 312.
13. RISD North Hall / NADAAA. URL: <https://www.archdaily.com/956756/risd-north-hall-nadaaa>
14. RMIT Bundoora West Student Accommodation / RMA. URL: <https://www.archdaily.com/787627/rmit-bundoora-west-student-accommodation-rma>
15. Student Residency - Maison du Mexique Rehabilitation / Atela Architectes. URL: <https://www.archdaily.com/773603/student-residency-maison-du-mexique-rehabilitation-atela-architectes>
16. OurDomain Student Housing / OZ Architects. URL: <https://www.archdaily.com/951607/ourdomain-student-housing-oz-architects>

УМНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» В РЕСПУБЛИКЕ БЕНИН: (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УИДА).

Консака Татча Пьер

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
pierrekonsaka@gmail.com*

Аннотация

В условиях повсеместного внедрения информационно-коммуникационных технологий одной из ключевых задач является повышение эффективности управления инфраструктурой отдельных агломераций и городов, в том числе потребления энергетических ресурсов городского хозяйства. Статья посвящена применению технологий, позволяющих снизить потребление энергии (умное энергосбережение), отдавая предпочтение возобновляемым и местным источникам энергии в концепции «умного города». В нем дается определение термина «умный город» и излагаются основные компоненты умной инфраструктуры, рассматриваются если Уида является умный город или нет и предлагаются концептуальные решения этого города.

ВВЕДЕНИЕ

Половина населения мира живет в городах более десяти лет. Зная, что эта цифра, как ожидается, достигнет от 70% до 75% к 2050 году, и что городские районы производят 80% глобальных парниковых газов на поверхность, используемую только на 2% от общей поверхности земли, эта увеличивающаяся концентрация людей в городе настоятельно призывает заинтересованные стороны реорганизовать их, сохраняя и оптимизируя управление своими ресурсами. Таким образом, появляются новые концепции города, каждая более изобретательная, чем предыдущая, с целью поддержки этих экологических, социальных и политических проблем «разумным» образом. Действительно, не проходит ни дня, чтобы не упомянуть новый проект «умный город».

Умный город или «Smart City» это инновационный город, использующий цифровые технологии для повышения уровня жизни, эффективности деятельности и услуг в городе, а также конкурентоспособности при обеспечении удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений в экономических, социальных, культурных и природоохранных аспектах [8].

Столкнувшись с проблемами городского развития и демографического роста, характерными для развивающихся стран, концепция умного города особенно важна в африканских странах. Африка сегодня является самым быстрорастущим континентом, и его ежегодные темпы роста городского населения вдвое превышают средний мировой показатель (3,6%). По данным Всемирного банка, к 2030 году почти один миллиард африканцев будет жить в городских районах, а к 2050 году этот континент достигнет 2 миллиардов.

Целью данной работы является применение технологий, позволяющих снизить потребление энергии, отдавая предпочтение возобновляемым и местным источникам энергии в концепции «умного города».

Для достижения цели необходимо

- снижение удельного расхода топливно-энергетических и природных ресурсов (электрическая и тепловая энергия, природный газ, вода, бензин и дизельное топливо) на собственные, хозяйственные и производственные нужды
- увеличение доли осветительных устройств с использованием светодиодов
- повышение объемов внедрения энергоэффективных мероприятий и технологий
- оптимизация деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

КОНЦЕПЦИЯ УМНОГО ГОРОДА

Что такое «умный город»

Концепцию smart city внедряют мегаполисы по всему миру — Нью-Йорк, Сингапур, Барселона, Токио, Москва, Амстердам и десятки других. Но трактовка этого понятия у разных стран и организаций может отличаться.

К примеру, компания IBM, которая считается одним из основных разработчиков решений для «умного города», определяет его через три ключевых качества — оснащенный, объединенный и интеллектуальный. В Европарламенте считают, что «умный город» — это тот, который стремится решать общественные проблемы за счет инфокоммуникационных ресурсов. Такие города стратегически важны для борьбы с бедностью, неравенством и безработицей, эффективного управления энергопотоками, уверены в ЕС. Российские ведомства часто описывают smart city как «инновационный город», который комплексно внедряет решения на благо среды и жителей.

Несмотря на разницу в определениях, более или менее общее видение концепции в мире все-таки сложилось. Среди базовых характеристик «умных городов» — устойчивость и экологичность, участие общества в управлении, эффективное использование данных, стремление повысить качество сервисов и уровень жизни [17].

По мнению Рудольфа Гиффингера, эксперта по аналитическим исследованиям городского и регионального развития Венского технологического университета, умный город должен соответствовать 6 критериям:

- Умное администрирование
- Умный образ жизни
- Умные жители
- Умная экономика
- Интеллектуальная среда
- Интеллектуальная мобильность



Рисунок 1: Свойства умного города [19]

Чем умный город отличается от обычного

Подходы к понятию «умный город» разнятся, но под этим почти всегда понимают концепцию населённого пункта, напичканного технологиями интернета вещей. Суть интернета вещей во взаимосвязи устройств между собой и внешним миром без участия и во благо человека. Простейший пример уличное освещение, включающееся при нехватке естественного.

Цель умных городов делать жизнь горожан удобнее и безопаснее, а также экономить городские средства и пространство. Например, с умными фонарями улицы города так же безопасны ночью, как и с обычными, при этом средства на электроэнергию тратятся минимально: свет не горит впустую, пока не стемнело. В идеальном умном городе будущего технологии встречают жителей на каждом шагу, образуя единую экосистему и

отвечая за все аспекты жизни человека: от передвижения на общественном транспорте до переработки мусора.

Город Уида (обычный город)

Уида не является цифровым городом, основанным на модели умного города, поскольку «Умный город», прежде всего, ориентирован на людей, основан на инфраструктуре ИКТ и непрерывном городском развитии, принимая во внимание требования экологической и экономической устойчивости, чего нет в г. Уида. Можно сказать, что Уида-обычный город, потому что основное различие между умным городом и обычным городом заключается в характере отношений с горожанами. В обычном городе услуги, основанные на ИКТ, не так гибки, как в умном городе, чтобы справляться с меняющимися экономическими, культурными и социальными условиями.

Больницы, школы, управление городским хозяйством, транспортные услуги и т. д., которые не оцифрованы, являются конкретными примерами того, что этот город является обычным, даже некоторые службы хорошо функционируют.

исходя из вышесказанного на 6 технологий умного города, мы наблюдаем следующее в Уида:

- Городская среда: уровень урбанизации низкий по сравнению с другими городами по всему миру;
- Цифровая мобильность: транспорт, информационные технологии и связь, и туризм не являются недостаточными и цифровыми;
- Городская экономика: финансы, промышленность, торговля и услуги, инновация требуют улучшения, и их не так много;
- Безопасность и экология: необходимы камеры видеонаблюдения на дорогах и в местах, где встречаются несколько человек, для улучшения безопасности. Что касается экологии, то зеленых зон недостаточно;
- Цифровое правительство: деятельность правительства не является цифровой, и правительство не очень открыто для всех;
- Человеческий и социальный капитал: культура, социальная сфера, образование и здравоохранение требуют улучшения.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

Окружающая среда и устойчивая энергетика - важные составляющие умного города. Одна из задач умного города - борьба с глобальным потеплением и сокращение выбросов парниковых газов.

Большая часть выбросов парниковых газов (ПГ) связана с производством и потреблением энергии. Уменьшение выбросов основного парникового газа, двуокиси углерода (CO₂), имеет важное значение, потому что отчасти из-за этого мы наблюдаем непрерывное и растущее повышение средней температуры на планете. С известными нам катастрофическими последствиями для климата (повышение уровня океана, увеличение числа экстремальных погодных явлений и т. Д.).

Снижение выбросов парниковых газов требует комплексных мер, но также требует изменений в индивидуальном поведении. Вот некоторые инициативы умных городов по решению новых энергетических проблем [16].

Управление энергопотреблением в умном и устойчивом городе

Продвижение возобновляемых источников энергии

Интеграция новых форм энергии - одна из основных энергетических проблем города, направленных на сокращение выбросов парниковых газов.

Таким образом, умный город будет отдавать приоритет возобновляемым источникам энергии, а не ископаемым видам топлива. Помимо зависимости от ископаемого топлива, они больше загрязняют окружающую среду и представляют собой исчерпаемые ресурсы. Поэтому идея состоит в том, чтобы продвигать установку ветряных турбин, использующих силу ветра для производства энергии, использовать

геотермальную энергию или даже солнечную энергию с помощью солнечных батарей [16].

Еще одно применение этой зеленой энергии: мобильность. Это одна из важнейших составляющих умного города, основанного на обновленных видах транспорта и обновленной мобильности.

Автомобиль является основным источником загрязнения, выбрасывая мелкие частицы и парниковые газы. Если это по-прежнему актуально в сельской местности, вождение в городе должно стать вариантом в городе завтрашнего дня. Задача здесь также состоит в том, чтобы гарантировать лучшее качество воздуха в городе и уменьшить загрязнение атмосферы мелкими частицами, связанными с дизелями.

К альтернативным формам мобильности можно отнести предоставление жителям (г. Уида) парка электромобилей, строительство расширенной сети общественного транспорта с автобусами, работающими на природном топливе, и т. Д.

Электричество: интеллектуальные электросети и общественное освещение

Распределение энергии в умном городе будет связано с развитием умных сетей (**smart grids**). Это умные электрические сети, которые смогут соединить здания и город в целом для оптимизации распределения электроэнергии. Это также способ переосмысления распределения электроэнергии в более гибкой динамике между потребителем, производителем и поставщиком. Классический пример лучшего управления электроэнергией: внедрение интеллектуальных счетчиков. «Linky» от Enedis. [16]

Еще один элемент умного города: интеллектуальное уличное освещение. Благодаря встроенным датчикам освещение становится более адаптивным и может регулироваться в реальном времени в зависимости от присутствия жителей или погодных данных. Используя существующую, то есть непрерывную электрическую связь, уже имеющуюся на территории, мы можем ввести новые функции благодаря интеллектуальным датчикам. Результат - экономия на городских счетах и меньшее количество отходов при использовании общественного освещения.

Активное использование солнечной энергии

Использование солнечных батарей в городе позволяет получать неиссякаемый и самый экологичный источник энергии. Такие батареи просты в установке, практически не требуют дополнительного обслуживания и могут работать без замены до 25 лет. Солнечные панели на крышах жилых домов и офисных зданий обеспечат дешевой энергией целые кварталы - и это по всем параметрам более выигрышный вариант в сравнении, например, с электричеством. Климат Уиды благоприятен для этого типа производства энергии.



Рисунок 2: Солнечные панели и «умный дом» обзор. [11]

позволяет, в частности, получать биогаз путем ферментации отходов, который может обеспечивать дома теплом, электричеством или даже топливом. [16]

Следовательно, энергия умного города будет устойчивой или нет! Благодаря разумному и интеллектуальному управлению энергопотреблением город завтрашнего дня сможет ограничить ее потребление, не ограничивая качество жизни, а, наоборот, даже значительно улучшив его.

Энергосбережение и автоматизация

Отдельное внимание в концепции «Умный город» уделяется проблемам энергосбережения и энергетической эффективности как каждого здания в отдельности, так и всей коммунально-инженерной инфраструктуры города в целом. Все процессы, происходящие в городе, в рамках рассматриваемой концепции должны быть автоматизированы в единую интеллектуальную систему. Если мы рассматриваем здание (часть системы «Умный город»), то на верхнем уровне такой системы автоматизации происходит считывание значений наиболее важных параметров со всех инженерных систем зданий, таких как электроснабжение, водоснабжение, кондиционирование, вентиляция, отопление, безопасность, контроль доступа и т. п. На основе полученных данных определяется алгоритм работы систем, что позволяет существенно снизить энергопотребление. По аналогичному принципу происходит формирование умных систем по инженерным коммуникациям и источникам ТЭР – конечно, с учетом специфики последних. Таким образом, «Умный город» – это единая система экономичного, экологичного, оперативного управления городским хозяйством, основанная на энергоэффективных технологиях, элементы которой объединены в общую информационную сеть.

Однако для того, чтобы технологии умного города, умного дома, умного энергосбережения могли совершенствоваться и развиваться, становясь стандартом качества жизни людей, большое значение имеет популяризация энергосбережения среди всех слоев населения и организация образовательного процесса как для учащихся общеобразовательных учреждений, так и для подготовки профильных специалистов, которые примут непосредственное участие в разработке новых инновационных технологий, принципов и правил их применения, создании новых концепций и стандартов умных городов.

Нужны специалисты, способные разрабатывать проекты с интеллектуальными технологиями, отвечающие современным требованиям инновационных и энергоэффективных инженерных решений, проверенных на практике на сегодняшний день:

- автоматизированные системы управления кондиционированием;
- энергосберегающее умное освещение мест общего пользования (с применением датчиков локальной автоматики);
- умное уличное энергоэффективное освещение;
- умные энергоэффективные лифты;
- умный учет энергоресурсов;
- умные системы сбора ТКО и т. д.

По задумке идеологов проекта, контроль и управление технологическими процессами осуществляются из единой смарт-диспетчерской, что является концептуально новым подходом к вопросу интеграции управления и создания интерактивной информационной среды. [18]

ВЫВОДЫ

В статье мы рассматривали умное энергосбережение, отдавая предпочтение возобновляемым и местным источникам энергии в концепции «умного города». В нем дается определение термина «умный город — это единая система экономичного, экологичного, оперативного управления городским хозяйством, основанная на

энергоэффективных технологиях, элементы которой объединены в общую информационную сеть», и излагали основные компоненты умной инфраструктуры, рассматривали что Уида не является умный город и предлагались концептуальные решения этого города.

Забота об экологии важный пункт концепции умного города, поэтому при разработке проектов особое внимание будет уделяться альтернативным способам добычи электроэнергии. Компактным решением считаются городские и частные солнечные батареи, так как климат в Уиде очень жаркий.

Благодаря разумному и интеллектуальному управлению энергопотреблением город завтрашнего дня (Уида) сможет ограничить ее потребление, не ограничивая качество жизни, а, наоборот, даже значительно улучшив его.

ЛИТЕРАТУРА

1. Животовская И.Г. Т.В. Черноморова. Мегалополисы в условиях глобализации: сборник обзоров и рефератов // М.: РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. глобал. и регион. пробл., 2008. С. 178.
2. Energy and Urban Innovation [Electronic resource] // World Energy Council - London, Great Britain, 2010. – P. 183. - Mode of access: <http://www.worldenergy.org/publications/default.asp>.
3. Jenks M. Dimensions of the Sustainable City // Springer, 2010. P. 288.
4. Megacity Challenges. A stakeholder perspective [Electronic resource] / Siemens AG. - Munich, Germany, http://www.siemens.com/entry/cc/features/urbanization_development/all/en/pdf/study_megacities_en.pdf.
5. European Parliament, « Mapping Smart City in the EU. Study ». (2014) [en ligne]: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf) [Accès le 10 11 2017].
6. Breux.S et Diaz.J «la ville intelligente, origine, définitions, forces et limites une expression polysémique » // Institut national de la recherche Scientifique (INRS) (2017), [en ligne]. Available: <http://espace.inrs.ca/4917/1/Rapport-LaVilleIntelligente.pdf> [Accès le 1 décembre 2017].
7. World Economic Forum's knowledge platform. Transformation Maps. Harnessing the Forum's Collective Intelligence [Электронный ресурс]. URL: <https://toplink.weforum.org/knowledge/explore> (дата обращения: 01.06.2018)
8. Показатели «умных» устойчивых городов, разработанные ЕЭК ООН–МСЭ //Записка секретариата [Электронный ресурс]. // Европейская экономическая комиссия ООН UNECE. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/2015/ECE_HBP_2015_4.ru.pdf. (дата обращения: 01.06.2018). – С. 3.
9. Hajduk, S (2016), « the concept of a smart city in urban management, » [En ligne]. : https://www.researchgate.net/publication/305269669_The_Concept_of_a_Smart_City_in_Urban_Management [Accès le 10 11 2017].
10. Как целый город перешел на солнечные батареи и отказался от бензина. Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/kak-tselyj-gorod-pereshel-na-solnechnye-batarei-i-otkazalsja-ot-benzina>
11. Солнечные панели. Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/tag/solnechnye-paneli.html>
12. Что такое “Умный город”. Режим доступа: <https://puntogroup.ru/blog/interesnye-stati/chto-takoe-umnyy-gorod/>
13. Что такое умный город и где уже реализована эта концепция. Режим доступа: <https://lifelifehacker.ru/umnyj-gorod/>
14. Умный город изометрическая блок-схема с иллюстрацией символов панели солнечных батарей Бесплатные векторы. https://ru.freepik.com/free-vector/smart-city-isometric-flowchart-with-solar-panel-symbols-illustration_6852076.htm
15. Умный город. Режим доступа: <http://greencapacity.ru/ru/i%EF%BB%BF%EF%BB%BFnformation/smart-cities>
16. Умный город: сосредоточьтесь на вопросах энергетики. Режим доступа: <https://hxperience.com/smart-city-zoom-sur-les-enjeux-energetiques/>
17. «Умный город»: пять технологий концепции smart city Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/sharing/5fc625769a79471899ba9ad2>
18. Шувалов С. Ю. Умное энергосбережение – удел молодых. Режим доступа: https://energo.mos.ru/pdf-files/Udel_molodix_Shuvalov.pdf
19. [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0_\(Smart_cities\)/](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0_(Smart_cities)/)

ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ИНСОЛЯЦИИ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА

А. В. Васильева

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
VasilievAnna@bk.ru*

Аннотация

Актуальность исследования обуславливается ухудшением норм инсоляции в жилищной архитектуре в последние годы. Вместе с тем в мировой архитектурной практике и законодательстве наблюдается стремление к обеспечению различными методами получения оптимального уровня освещенности помещений. Несмотря на большой путь, проделанный и в отечественной практике в области требований к освещенности в жилищном строительстве, при увеличении плотности городской застройки наблюдается явное ухудшение светового климата. В статье подробно и последовательно проанализирована история становления нормирования освещенности и инсоляции в жилищной архитектуре. Показано, что не только сухие и абстрактные расчеты, но и экспериментальная работа, учет психологических факторов легли в основу требований к световой среде в жилых помещениях.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечный свет всегда был решающим фактором для формирования здоровой среды жизнедеятельности человека. Несмотря на постоянный рост урбанизации по всему миру, такие базовые характеристики, как инсоляция и освещенность продолжают играть существенную роль в формировании застройки городов. Энергоэффективность зданий является одной из ключевых проблем современной архитектуры, и правильная инсоляция помещений является одним из решающих факторов. Вместе с тем стилистика современной архитектуры предполагает наличие значительной площади остекления практически во всех типах зданий. В северных районах большие площади остекления чреваты чрезмерными тепловыми потерями, а в южных – наоборот, чрезмерным количеством солнечной радиации, которая может быть опасна для здоровья или затруднять ведение нормальной трудовой деятельности [2]. Внедрение в процесс проектирования специализированных программ для расчета инсоляции помогает уже на начальных этапах работы над проектом определить оптимальные параметры здания, которые позволили бы и сократить площадь падающей от здания тени, и провести максимальное количество солнечного света в помещения (подробный обзор некоторых западных проектов дан в статье М. Серебряковой [5]). Параметрическое проектирование позволяет определить не только оптимальную с точки зрения инсоляции конфигурацию задания, но и понять форму и площадь окон, которые будут способствовать созданию оптимального микроклимата в помещениях без чрезмерных затрат на кондиционирование и отопление [4]. Разрабатываются и новые технологии для улучшения инсоляции помещений в сложившейся жилой застройке. В мировой практике все активнее внедряются световоды, специальные зеркала и иные приспособления для концентрации солнечных лучей в нужных местах [3]. Специальные компьютерные программы помогают определить оптимальную конфигурацию световых колодцев, наклон их стен и иные параметры, которые позволят провести внутрь задания наибольшее количество солнечного света [1]. При этом для развитых европейских государств нормы инсоляции и естественного освещения держатся на стабильном достаточно высоком уровне (в среднем 3 часа непрерывного солнечного освещения в зимнее время года).

Безусловно, проблема обеспечения городского населения солнечным светом актуальна и в нашей стране, особенно в ее северных районах. Но, к сожалению, еще в 2017 году для центральной географической зоны РФ было допущено ухудшение норм инсоляции. Продолжительность непрерывного солнечного освещения с 3 часов в период с 22 марта по 22 сентября сократилась с 2 часов с 22 апреля по 22 августа³. Увы, этот показатель для основной территории страны, где проживает большая часть населения, стал хуже, чем для северных территорий с гораздо более суровыми климатическими условиями. Ухудшились и нормы инсоляции детских и спортивных площадок, придомовых территорий. В условиях разворачивающейся в Москве программы реновации новые нормативы грозят ухудшить не только микроклимат внутри квартир для массового заселения, но городской среды в целом [6]. С особой остротой проблема обеспечения нормальной инсоляции развернулась в связи с охватившей мир пандемией COVID-19. Ухудшение норм инсоляции и увеличение плотности застройки связывается с различными аспектами распространения высококонтагиозных инфекций [14]. В погоне за экономическими выгодами, увы, отодвигаются ключевые завоевания XX века в области оздоровления среды жизнедеятельности человека – нормирование инсоляции и естественного освещения в помещениях, которые являются безусловным фактором здоровья населения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основе проведенного исследования лежит последовательное сопоставление нормативов в области инсоляции и естественной освещенности в жилищной архитектуре в первой половине XX века. Изучение трудов физиков и архитекторов, работавших с вопросами освещенности в жилищах позволило понять ход мысли исследователей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема создания благоприятного светового климата в жилище обсуждалась еще в дореволюционный период, но так и не нашла законодательной опоры. Отмена частной собственности на землю и недвижимость в городах, произведенная в декабре 1917 года, казалось навсегда решит проблему переуплотненной городской застройки. К разработке новых подходов к здоровому массовому жилищному строительству в послереволюционный период начали привлекаться и архитекторы, и санитарные врачи и прочие специалисты.

Первые санитарные нормы были введены в середине 1920-х годов, когда по всей стране начало разворачиваться строительство капитальных многоквартирных жилых домов. Квартиры должны были отвечать условиям возможности сквозного проветривания, что обеспечивало не только улучшение качества воздуха в квартире, но и лучшую ее инсоляцию. Глубина жилых помещений, считая таковую нормально к наружной стене, в которой расположены окна, не должна была превышать двойной высоты и двойной ширины помещения. Световая поверхность окон в жилых помещениях, в столовых, в комнатах дневного пребывания и в кухне должна быть не менее $1/10$ площади пола. Прямое освещение должны были иметь туалеты, кладовые и иные помещения. Коридоры и прихожие должны были освещаться вторым светом [12]. Таким образом, в советском законодательстве 1920-х годов для жилищ укоренился геометрический принцип нормирования.

Под влиянием перехода к плановой экономике с интенсивным развитием промышленности в конце 1920-х годов стало особенно актуальным внедрение научных расчётов для обеспечения оптимальных производственных условий. Требовалось найти

³ Постановлении от 10 апреля 2017 г. О внесении изменений в санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 («Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий»)

баланс между затратами на строительство и эксплуатацию, электроэнергию на освещение и отопление, обеспечение оптимального температурного и светового режима. Жилой дом рассматривался как своего рода производственное здание, где основным полем приложения труда было ведение быта и умственная работа.

При этом на волне увлечения сугубо экономическими показателями, в начале 1930-х годов появлялись предложения полного отказа от устройства в зданиях окон и переходу к исключительно искусственному освещению. Такие предложения выдвигались применительно не только к производственным помещениям, где в ряде случаев они могли бы быть вполне оправданны, но и для объектов жилищного строительства. Так физик А.Ф. Иоффе высказывал мысль о целесообразности строительства домов-коммун на несколько тысяч человек без единого окна [13]. Но такие радикальные предложения были однозначно отвергнуты. В то время уже было доказано, что несмотря на то, что стекло задерживает значительную часть солнечного спектра, в частности ультрафиолетовые лучи, проникающие внутрь помещения короткие лучи видимого спектра и длинноволновая его часть признавались не лишеными положительного биологического действия. Кроме того, ощущение непосредственной связи помещения с окружающим пространством, особенно в солнечные дни, и в начале 1930-х годов признавалось весьма положительным эмоциональным фактором, имеющим особо серьезное значение в жилых, учебных и лечебных помещениях [11].

Согласно Единым нормам строительного проектирования, установленным в марте 1930-го года, «световая площадь окна за вычетом площади переплетов должна составлять $1/7 - 1/10$ площади пола в зависимости от географической широты, расположения здания и ориентировки по сторонам света» [10]. Глубина жилого помещения не должна была превышать удвоенной высоты и удвоенной его ширины. Высота подоконника устанавливалась на уровне не менее 80 см.

Продолжение работы по изучению освещенности в разных типах помещений при разной конфигурации и конструкции окон в 1930-х годов повлияло на дальнейшее изменение в нормативах. Были проведены исследования освещенности в разных частях помещений при разной конфигурации и площади оконных проемов. В результате этих экспериментов и научных расчетов были откорректированы и строительные нормы. Все требования определялись исходя из классификации жилищ как помещений постоянного пребывания, что делало обязательным наличие естественного света во всех основных помещениях. На законодательном уровне по-прежнему применялось геометрическое нормирование, но показатели были улучшены – световые площади окон без вычета площади переплетов, должны были составлять $1/5 - 1/8$ площади пола, в зависимости от географической широты расположения здания и ориентировки по странам света. Вспомогательные помещения квартир допускалось освещать вторым светом [8].

Величина освещенности существующими нормами не регламентировалась и существовала лишь в качестве рекомендуемой нормы. Единственным желательным условием было то, что в некоторой части помещения величина КЕО должна была быть достаточной для производства домашней работы [7].

В конце 1930-х годов, в связи с государственными задачами увеличения объемов массового строительства внимание исследователей было обращено к вопросам освещенности именно жилых помещений. В результате обследования освещенности жилых помещений на моделях и на натуре было доказано, что величины реального КЕО в значительной мере превышают расчетные показатели за счет положительного влияния отраженного света [9]. При этом наилучшие показатели достигались при светлой окраске стен и потолка, а также незначительном количестве мебелировки. Это позволяло устраивать жилые помещения глубиной до 6 метров, но при соблюдении определенного соотношения площади остекленной поверхности окна и площади пола. Хорошие показатели освещенности получались при соотношении от 14 до 18%, что в пересчете на простые дроби составляет примерно от $1/7$ до $1/5,5$. Такая площадь остекления

признавалась умеренной и вполне достаточной для соблюдения баланса между качеством освещенности и затратами на строительство и последующую эксплуатацию.

В этот же период появились и первые требования к ориентации помещений в зависимости от их функции. Спальни, как помещения наиболее длительного пребывания людей, рекомендовалось выводить с учетом обеспечения максимальной инсоляции (кроме южных районов), а рабочие комнаты и кухни допускалось ориентировать на северную часть небосвода [9].

ВЫВОДЫ

Итак, в результате проведенных экспериментов, расчетов, учета психологических факторов были сформированы требования к освещенности жилых помещений. Проведенные расчеты КЕО показали, что практиковавшийся уже несколько десятилетий геометрический метод расчета величины светопроёма относительно площади пола помещения являлся вполне достаточным для жилищной архитектуры. Но в то же время появилось признание, что единственно обеспечения нормальной площади светопроёма не достаточно. Необходимо учитывать климатическую зону, ориентацию помещения, расстояние до ближайших строений, деревьев, выступающих элементов здания. Только соблюдение всей совокупности требований позволит создать здоровый микроклимат в жилище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ahadi, A.A, Tahbaz, M., Saghafi, M.R. The study of effective factors in daylight performance of light-wells with dynamic daylight metrics in residential buildings // *Solar Energy*. Vol. 155, 2017, Pp. 679-697.
2. Darula, S., Christoffersen, J., Malikova, M. Sunlight and insolation of building interiors. // *Energy Procedia*. 2015. № 78. pp. 1245-1250.
3. Gritsienko, G., Kasyanov V. Light guide use and facade light reflection for improved insolation and increased daylight factor as part of the reconstruction of city housing systems // *LIGHT & ENGINEERING*. 2015. №. 3. pp: 24-28.
4. Lee, J.W.a, Jung, H.J., Park, J.Y, Lee, J.B.d, Yoon, Y.b Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements // *Renewable Energy*. 2013. Volume 50. Pp. 522-531
5. Serebryakova M. Foreign experience of design of buildings subject to the requirements of insolation and sun protection // *Bulletin of belgorod state technological university named after. V. G. Shukhov*. 2019. Volume 4. № 9 [электронный ресурс] URL <https://bulletinbstu.editorum.ru/en/nauka/article/28955/view> (Дата обращения: 16.03.2021)
6. Андреева П.Н. Право человека на солнечный свет в зарубежных странах // *Юридическая наука и практика: вестник Нижегородской академии МВД России*. – 2019. №1 (45). – с. 228-234.
7. Беляев С.В. Вопросы естественного освещения при проектировании помещений. М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
8. Временные нормы строительного проектирования жилых зданий. Наркомхоз РСФСР. 1938.
9. Гусев Н.М. Освещение жилищ. М.-Л.: Государственное издательство строительной литературы, 1939.
10. Единые нормы строительного проектирования. Жилищные сооружения. Здания постоянного жилья. Утверждены комитетом по стандартизации при совете труда и обороны 14 марта 1930 года, как обязательные для всех строительных проектов, начатых разработкой после 31 марта 1930 года
11. Мешков В.В. Смелянский З.Б. Гигиена освещения (руководство для студентов санитарно-гигиенических факультетов и для промышленно-санитарных врачей). М.-Л.: Государственное медицинское издательство, 1934
12. Постановление СТО СССР от 28.07.1926 «Об утверждении Временных строительных правил и норм для постройки жилых домов в поселках»
13. Труды первой всесоюзной конференции по естественному освещению. Вып. 3. Доклады. М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1933.
14. Щепетков, Н.И. Поповский Ю.Б. Инсоляция и COVID-19: защита от агрессора // *Светотехника*. – 2020. - №3. – с. 23-26.

АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННЫХ ПРОСТРАНСТВ, ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТАМБОВА

М. А. Слепнев¹, А. А. Цыганова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*SlepnevMA@mgsu.ru,*

²*tsyganovaaliona@gmail.com*

Аннотация

Увеличение количества проживающих жителей городов, концентрация промышленных зон предприятий, увеличение уровня автомобилизации все это негативно влияет на состояние городских природных систем и экологический каркас в целом, что ведет к ухудшению качества жизни населения.

Формирование городов как антропогенный фактор, который является одним из главных вызовов устойчивого развития населенных мест со стороны формирования природного каркаса и экологии городской среды, должен включать внутренние и внешние градостроительные параметры, влияющие на пространственно-территориальное развитие города. В статье проанализированы планировочные возможности и ограничения, обеспечивающие градостроительное преобразование города, а также выбрана оптимальная стратегия пространственно-территориального развития.

В рамках данной статьи был проведен историко-генетический анализ развития города Тамбова его рекреационных пространств на основе архивных материалов, исторических карт и фотографий. В контексте развития рекреационных территорий был проведен демографический анализ населения города, выявлены территориальные границы рекреационных пространств административных районов города. На основе изучения нормативных документов, документов территориального планирования, генерального плана города и проведенного натурного обследования было определено современное расположение рекреаций в городе и их доступность. Анализ архивных документов, общественных слушаний и мнения экспертов позволил определить состояние существующих рекреационных пространств. На основе проведенного комплексного анализа была произведена попытка спрогнозировать развитие некоторых рекреационных пространств городской агломерации. В статье дано предложение по увеличению площадей рекреационных пространств, повышению их доступности с учетом использования нарушенных территорий.

ВВЕДЕНИЕ

С увеличением уровня урбанизации наблюдается значительное развитие промышленных комплексов, транспортной инфраструктуры, жилого фонда, все это напрямую влияет на природные городские территории. Природные рекреационные пространства, направленные на создание устойчивой и комфортной городской среды трансформируются [1]. Поддержание комфортного микроклимата городских территорий и социально-экономического благополучия в городе должно обеспечиваться едиными связями между природными комплексами, а наличие рекреационных территорий необходимо для удовлетворения потребностей человека в безопасном, доступном и комфортном месте отдыха, проведения досуга, занятий спортом.

Многие города исторически основывались для обеспечения оборонения границ, в местах пересечения торговых путей – на высоких берегах рек, рядом с лесами, полными строительными материалами. Вопросы обеспечения связей природных и городских территорий освещены, рассмотрены в работах авторов: Краснощекова Н. С., Бакаева Н.В., Ивашкина И.В., Ильичев В.А. [2,3,4].

В данном исследовании используется описательно-исторический метод, основанный на документальной и библиотечной информации. На основе теоретического исследования и с учетом территориально-пространственного анализа, использования метода полевых исследований – был проведен первичный обзор ситуации в городе, проанализировано связанность рекреационных пространств, предложен прогноз дальнейшего развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье были использованы методы историко-генетического, натурного анализа, анализа теоретических источников и нормативно-правовых документов.

Целью исследования заключалась в проведение оценки состояния рекреационных территорий г. Тамбов с учетом исторических, социально-экономических и экологических факторов. Поставленные в работе задачи были направлены на выявление стадий развития города и его рекреационных территорий, анализ расположения и распределение рекреационных пространств в городе, а так же составление примерного прогноза дальнейшего развития и путей решения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Устойчивое городское развитие основывается на поддержке и взаимодействии экологических, социально-экономических и политических вопросов городского развития основанного на минимальном использовании пространства и природных ресурсов, улучшении управления городскими потоками, защите здоровья городского населения, обеспечении равного доступа к ресурсам и услугам и заботе о культурном разнообразии.

Город Тамбов расположен в центральной части России. Климат в городе благоприятный, умеренно-континентальный.

Географическое положение города обусловлено причинами его основания. Город был образован в 1636 году на территории выгодной как в экономическом так и в географическом смысле месте слияния русел двух рек. Первоначальный Градостроительный план имел вид трапеции Рис.1а. – с севера территория граничила с руслом реки Студенца, с востока – Цной, с запада – непроходимыми болотами, а с юга – глубоким рвом. В 1760-1970-х годах году Екатерина II провела градостроительную реформу местного самоуправления. В 1781 году был утверждён регулярный генеральный план города Тамбова, который предусматривал продольные улицы повторяющие изгибы рек, а поперечные имели выходы на набережную Рис. 1б.



Рис.1а. Градостроительный План-схема конца XVII века [6]



Рис.1б. Генеральный план г.Тамбов 1781 года [6]

Экономический подъем страны в 20-30-е года – этап развития города, это время начала активной застройки, транспортного планирования и развития рекреационных пространств. В XIX веке в городе Тамбов был создан первый благоустроенный городской сад, происходило формирование набережных рек. У горожан появилось новое живописное место для проведения досуга. После Октябрьской революции какое-то время задачи благоустройства города не были первостепенными из-за социально-экономической обстановки. Во второй половине XX века территории рекреационных пространств увеличивались Рис.2.



Рис.2. Рекреационные пространства город Тамбов

С ростом урбанизации развивалась промышленность, проводилась реформа образования, строилось жилье, благоустраивались улицы, все это в значительной мере влияет на устойчивое развитие городской среды [5,6,7].

Историко-генетический анализ показал, что развитие г. Тамбова и его рекреационных пространств происходило нелинейно и имело свои этапы. В ходе работы были установлены этапы развития рекреационных пространств Рис.3.

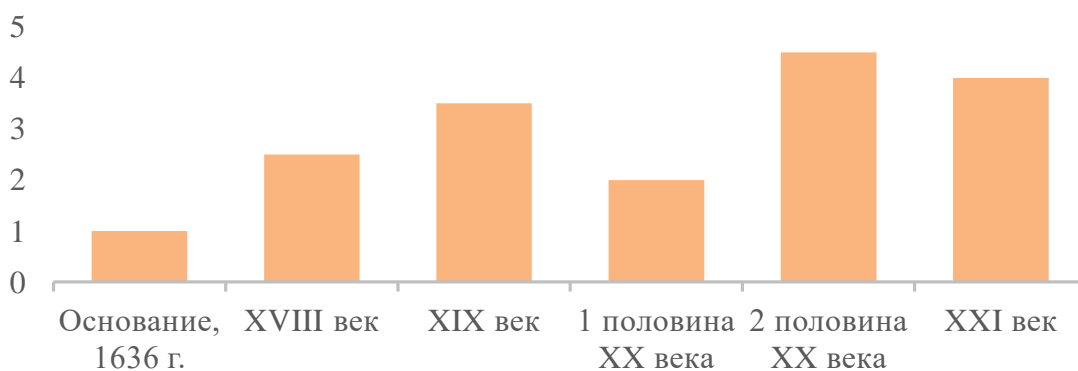


Рис.3. Диаграмма этапов развития город Тамбов

Для определения современного уровня рекреационных пространств был проведен сравнительный анализ архивных фотографий, полученных из библиотечных фондов и натурных наблюдений, полученных в ходе проведения проектного эксперимента Рис.4. В работе был сделан вывод о снижении процента озеленения города в целом.



Рис.4. Сравнительный анализ (фото автора 2021 год)

Современное административное деление города Тамбова Рис.5. представлено тремя районами – Октябрьский, Советский и Ленинский.



Рис.5. Численность населения город Тамбов

В Табл. 1. приведен анализ количественных данных по административным районам. На основании численности населения и площадей территорий был произведён расчет процента озеленения и обеспечения жителей рекреационными территориями.

Табл. 1. Показатели обеспеченности города рекреационными пространствами

| Показатель | Административный район | | | Город |
|---|------------------------|-----------|-----------|---------|
| | Октябрьский | Советский | Ленинский | Тамбов |
| Население, чел | 165 600 | 89500 | 34600 | 289 700 |
| Площадь, га | 3897,21 | 4510,2 | 1570,3 | 9977,71 |
| Площадь рекреаций, га | 304,4 | 119,6 | 333 | 757 |
| Процент рекреаций | 7,8 | 2,7 | 21,2 | 7,6 |
| Площадь рекреации, м ² на 1 чел. | 18,4 | 13,4 | 96,2 | 26 |

На Рис.6. приведено расчетное значение численности населения города в разрезе этапов становления.

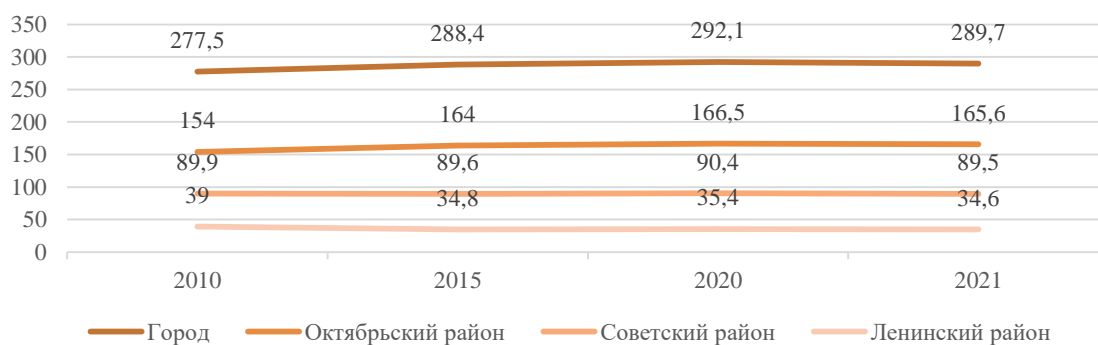


Рис.6. Изменение численности населения г. Тамбов

Рост численности населения непосредственно влияет на рекреационную нагрузку [8,9,10]. В соответствии с СП 42.13330.2016 необходимо обеспечивать время доступности городских и районных парков на общественном транспорте не более: 30 минут – для городских и 20 минут – для районных парков. Рекреационные пространства каждодневного использования должны находиться в пешеходной доступности. С помощью метода дистанционного зондирования [11,12,13] было определено расположение и доступность рекреационных пространств города. Анализ расположения рекреаций в городе показан на Рис. 7.

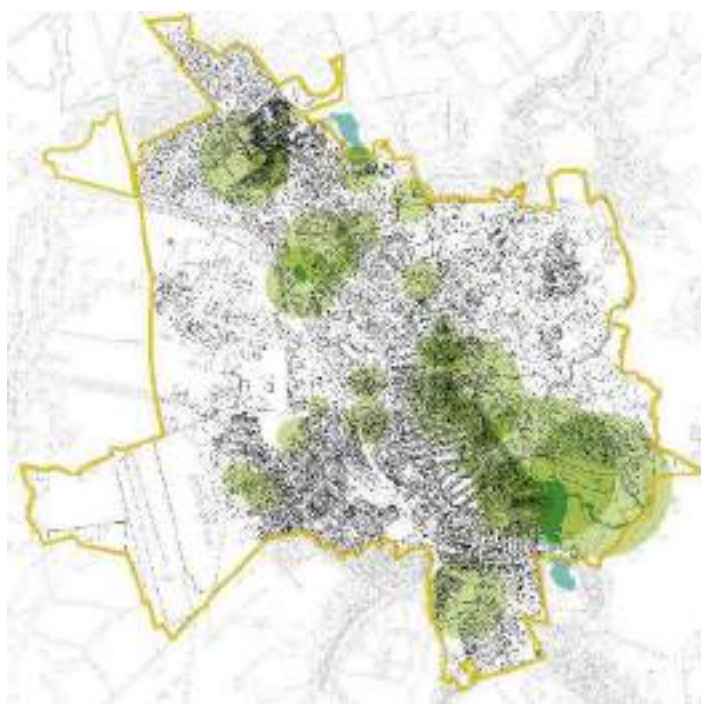


Рис.7. Рекреационные пространства г. Тамбов

Как можно видеть формирование единого природного каркаса города неравномерно, кроме того, существующие зоны рекреации находятся в неудовлетворительном состоянии. Некоторые крупные рекреационные территории города претерпели изменения со временем – часть территорий была сокращена и использована для строительства капитальных объектов.

Территории города застраиваются жилыми домами без необходимой инфраструктуры, рекреационные территории поменяют свою функцию с новой редакцией генерального плана города. В зоне охраны водных объектов идет строительство объектов в нарушении законов. Все это указывает на пересмотр принципов градостроительного проектирования в городе, а так же на необходимость комплексного подхода к планированию территории с учетом социально-экономических, экологических и природных факторов.

В Табл. 2. показан вариантный прогноз по показателям развития городской территории в контексте рекреационных пространств

Табл. 2 – Прогноз развития территорий рекреационных пространств города Тамбов

| № | Показатель | Пессимистичный | Реалистичный | Оптимистичный |
|---|-----------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 | Плотность населения | Увеличивается | Увеличивается | Уменьшается |
| 2 | Площадь рекреаций | Уменьшается | Увеличивается | Увеличивается |
| 3 | Площадь рекреаций на 1 чел. | Уменьшается | Не изменяется | Увеличивается |
| 4 | Микроклиматические характеристики | Ухудшаются | Не изменяется | Улучшаются |
| 5 | Нагрузка на транспорт | Увеличивается | Не изменяется | Уменьшается |
| 6 | Качество жизни | Ухудшается | Не изменяется | Улучшается |
| 7 | Отток населения | Увеличивается | Не изменяется | Уменьшается |

Одним из вариантов восполнения дефицита площадей рекреаций и увеличения их доступности может стать использование нарушенных территорий [14,15], на которых осуществлялась нерудная разработка полезных ископаемых, а также территорий, сложных для градостроительного освоения с соблюдением и проведением необходимых мероприятий, направленных на стабилизацию почв, очистку вод.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день становится понятно, что функциональная трансформация рекреационных пространств расположенных в городской черте неизбежна и приводит к изменению природного каркаса города. На основе проведенного анализа, была определена зависимость между антропогенной нагрузкой и площадью рекреационных пространств.

Высокий темп роста численности населения и увеличение уровня автомобилизации в городе вызывает ухудшение качества городской среды и вызывает острую потребность в увеличении рекреационных ресурсов в городе.

Для решения данной проблемы авторы в работе рассмотрели одно из предложений по использованию нарушенных территорий в качестве площадей рекреационных пространств, которые могут быть направлены на организацию и развитие рекреационных зон жилых территорий находящихся в непосредственной близости от границ комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина, Е.В. Развитие системы градостроительных регламентов для обеспечения устойчивого развития территорий // Евразийский союз ученых (ЕСУ), ежемесячный научный журнал. 2015. №5. С.166-168.
2. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. – Москва: Архитектура, 2010. С.183.
3. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В. Урболандшафты Москвы и их пространственная трансформация // «Экология урбанизированных территорий». 2015. № 2. С. 48-54.
4. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Инновационная практика в городах и доктрина градоустройства // «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». 2014. №3. С. 4-5.
5. Щербина, Е.В., Данилина, Н.В. Градостроительные аспекты проектирования устойчивой городской среды // «Вестник ИрГТУ». 2014. № 11. С. 183-186.
6. Щербина Е.В., Данилина Н.В., Маршалкович А.С. Научно-методические основы построения модуля «Проектирование устойчивой городской среды» в процессе обучения бакалавров и магистров по направлению «Градостроительство» // «Экология урбанизированных территорий». 2015. №1. С.70-74.
7. Щербина, Е.В., Слепнев, М.А. Особенности формирования базы данных национального парка Лосиный остров: Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Биосферносовместимые города и поселения» Брянск: БГИТА. 2012. С.155-158.
8. Курбатова А.С. Ландшафтно-экологический анализ формирования градостроительных структур. Москва-Смоленск: Манджента, 2004. С. 400.

9. Слепнев М.А., Рязанцева А.А. Обеспечение устойчивого развития городского парка-усадыбы «Останкино» г. Москва. // «Вестник МГСУ». 2021. т. 16. № 9. С. 1115-1123.
10. Слепнев М.А., Золотайкина И.А. Обеспечение сбалансированного развития природной территории на примере «Бирюлевского дендрария» в Москве // «Экология урбанизированных территорий». 2021. № 1. С. 60-67.
11. Щербина, Е.В., Слепнев, М.А. Экологическое картографирование при градостроительном проектировании природно-антропогенных территориальных комплексов // «Экология урбанизированных территорий». 2016. № 2. С. 92-97.
12. Щербина Е.В. Развитие системы градостроительных регламентов для обеспечения устойчивого развития территорий // Евразийский союз ученых (ЕСУ), ежемесячный научный журнал. 2015. №5. С.166-168.
13. Shcherbina, E., Gorbenkova, E., Slepnev, M. 2016 Urban-planning sustainability problems in a city natural framework // MATEC Web Conf. Volume 106, 2017 International Science Conference SPbWOSCE-2016 SMART City DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710601032>
14. Щербина Е.В., Горбенкова Е.В. Современные подходы градостроительного проектирования сельских поселений и малых городов // «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». 2018. №4 (24). С.105-116.
15. Крашенинников А.В. Градостроительное развитие жилой застройки, исследование опыта западных стран: Учебное пособие. Москва: Архитектура, 2005. С 112.

Секция 4. Экологическая безопасность в строительстве и городском хозяйстве

КАЧЕСТВО ВОДЫ ВЕТЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕГО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

А. В. Шабанова

*Академия строительства и Архитектуры (СамГТУ),
anna-v-schabanowa@yandex.ru*

Аннотация

Проблема комплексного использования малых водохранилищ на местном стоке актуальна для целого ряда областей РФ, в том числе и для Самарской области. Направления использования водных ресурсов во многом зависят не только от потребностей народного хозяйства, но и от фактического и прогнозного качества воды.

Для Ветлянского водохранилища Самарской области были оценены перспективы использования его ресурсов для нужд рыбного хозяйства, хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреации на основании данных о качестве воды за 2011-2020 г.г. Качество воды оценивалось по содержанию ряда загрязняющих веществ (марганец, медь), а также по классам качества воды. Показано, что тенденция к увеличению содержания марганца и ухудшению кислородного режима делает малоперспективным Ветлянское водохранилище для целей рыбного хозяйства. Вместе с тем, при наличии стадии деманганизации в составе водоподготовки использование водных ресурсов водохранилища для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения представляется возможным.

ВВЕДЕНИЕ

Программа Правительства Самарской области «Развитие водохозяйственного комплекса Самарской области в 2014-2030 годах» предусматривает «восстановление и экологическую реабилитацию водных объектов на территории Самарской области», а также «проведение водоохраных мероприятий в отношении водных объектов на территории Самарской области» [1]. Содержание водоохраных и реабилитационных мероприятий определяется как фактическим качеством воды данного объекта, так и направлениями, возможными или уже реализуемыми, его использования.

Водные ресурсы водохранилищ и прудов в Самарской области традиционно используются по целому ряду направлений [2]: питьевое водоснабжение, орошение, рыбное хозяйство, рекреация и пр. Однако по мере формирования и ужесточения нормативных требований к качеству воды в зависимости от вида водопользования все более острым становится вопрос оценки качества воды, выявление прогнозов его изменения и, соответственно, возможности дальнейшего использования водных ресурсов. Целью работы является оценка перспектив комплексного использования Ветлянского водохранилища по показателям качества воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе объектом исследования является Ветлянское водохранилище. Ветлянское водохранилище расположено на территории Нефтегорского района Самарской области [3]. Оно создано на базе р. Ветлянки, притоке р. Съезжей, впадающей в реку

Самару. Длина водоема – 7 км, максимальная глубина до 12 м. Площадь водного зеркала при НПУ – 833 га. Протяженность береговой линии 21,9 км. Площадь водосбора 366 км². В связи с развитием сельского хозяйства водосборная территория р. Ветлянки в настоящее время более чем на 75% распаханна, что привело к уменьшению ее водности, увеличению поступления наносов в водохранилище и, как следствие этого, его интенсивному заилению.

Рельеф местности ровный, характер ландшафта степной. Район беден грунтовыми и поверхностными водами. Годовая сумма осадков составляет в среднем 350 мм. Ледовый покров появляется с конца октября и сохраняется до конца апреля, толщина льда достигает 0,9 м. Донные отложения представлены песком, глиной и мелкоземом с примесью растительных остатков. Питание реки и водохранилища происходит за счет атмосферных осадков.

Ветлянский гидроузел предназначался для орошения 3095 га на землях ТОО «Максимовское» Богатовского района; колхоза «Заветы Ленина», АОЗТ «Нефтегорское», АОЗТ «Утевское» и МП «Овощное» Нефтегорского района, обеспечения водой дачного массива площадью 400 га, г. Нефтегорска, а так же для регулирования стока рек Ветлянка, Съезжая и Самара [4].

В настоящее время забор воды из водохранилища производится для обеспечения водой дачного массива площадью 400 га объемом 700 тыс.м³ в год. Так же водой из водохранилища подпитываются нижележащие реки Ветлянка, Съезжая и Самара. Рыбохозяйственное и транспортное освоение Ветлянского водохранилища проектом не предусмотрено, фактически используется для целей неорганизованной рекреации [5].

Данные о загрязнении воды Ветлянского водохранилища, полученные Приволжским межрегиональным территориальным управлением Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на территории Самарской, получены из открытых источников [6-15]. Для оценки качества воды использовались нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения [16], хозяйственно-питьевого и рекреационного [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на то, что на сегодняшний день рыбопромысловые участки для Ветлянского водохранилища не выделены, тем не менее возникает вопрос об его использовании в качестве рыбохозяйственного водоема. Для этого были выполнены оценки качества воды с использованием нормативов [16] как по единичным (кратность превышения ПДК), так и интегральным показателям (класс качества воды).

За десять лет наблюдений (с 2011 по 2020 г.) класс качества воды изменялся в пределах от 3А «загрязненной» (20% случаев) до 4А «грязной» (30% случаев). Чаще же всего – 50% случаев – вода была отнесена к классу 3Б «очень загрязненная».

Содержание целого показателей загрязненности воды оставалось стабильным: медь – до двух ПДК, магний – до трех, трудноокисляемые органические вещества (ХПК) – также 2-3 ПДК. Среди загрязняющих веществ особый интерес представляет марганец (класс опасности – 4, ПДК 0,01 мг/л): его содержание в воде Ветлянского водохранилища относительно высоко, и поэтому именно концентрации марганца будут определять возможные направления использования водных ресурсов водохранилища.

Данные по среднегодовым концентрациям марганца (рис. 1) позволяют сделать вывод о том, что превышение нормативных значений имеет систематический характер.

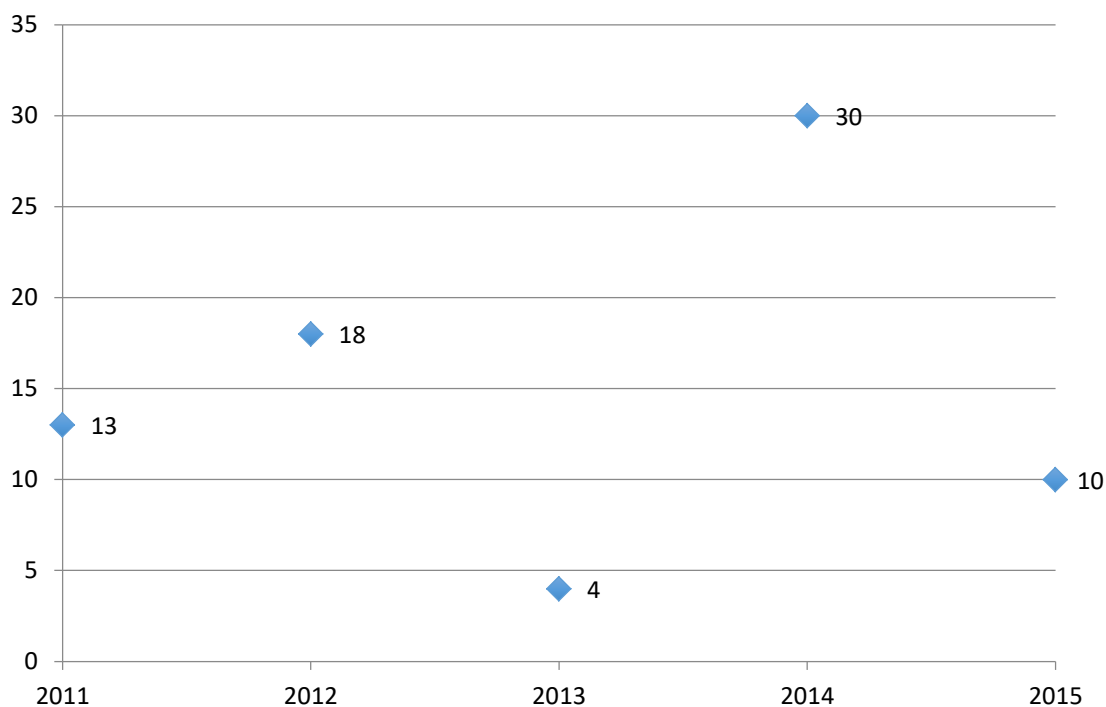


Рис.1. Среднегодовые концентрации марганца (кратность превышения ПДК) в воде Ветлянского водохранилища за 2011-2015 г.г.

Ветлянское водохранилище выделяется среди водных объектов Самарской области еще и тем, что в его воде обнаруживаются также концентрации марганца, соответствующие высокому (ВЗ, свыше 10 ПДК) и экстремально высокому (ЭВЗ, свыше 50%) уровням загрязнения (рис. 2).

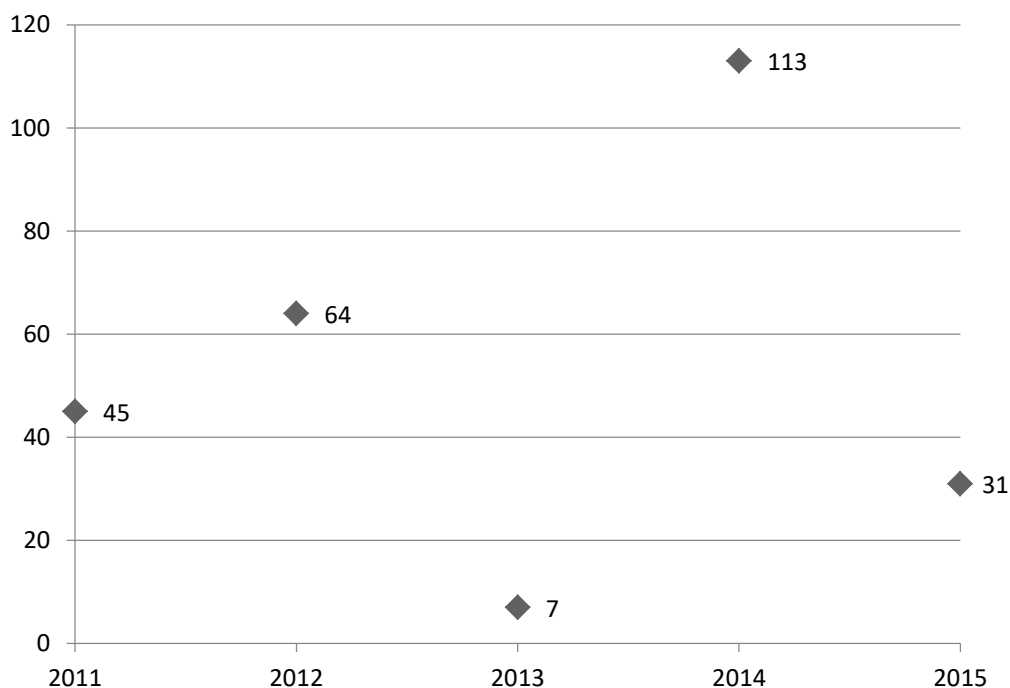


Рис.2. Кратность превышения ПДК марганца в зимнюю межень за 2011-2015 г.г.

Имеющиеся данные позволяют сделать вывод о том, что ВЗ и ЭВЗ по марганцу фиксируются практически каждую зиму. Стоит отметить, что высокое содержание марганца, как правило, отмечается на фоне повышенного поступления органического

вещества (как за счет внутренней продукции, так и из антропогенных источников) и ухудшения кислородного режима за счет увеличения роли анаэробных процессов. Несмотря на то, что кислородный режим Ветлянского водохранилища пока еще оценивается как удовлетворительный [6-15], на протяжении последних лет фиксируется явная тенденция к его ухудшению [5]. Все это снижает ценность Ветлянского водохранилища в качестве водного объекта рыбохозяйственного назначения, делая ее в перспективе еще более сомнительной.

Для оценки возможности использования водных ресурсов Ветлянского водохранилища для целей питьевого водоснабжения была использована ПДК [17], составляющая 0,1 мг/л. Имеющиеся данные (рис. 1 и 2) свидетельствуют о регулярном превышении нормативного значения (до 3 ПДК). Возможно, в этом случае был бы полезен опыт, изложенный в работе [28]: внедрение в систему водоподготовки стадии деманганизации позволит получить качество воды, отвечающее гигиеническим нормативам [17]. Таким образом, использование водных ресурсов Ветлянского водохранилища для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения хотя и сопряжено с определенными техническими сложностями, но представляется в принципе возможным.

Качество воды зон рекреации нормируется в [19]. Однако, в стандарте речь идет о зонах организованной рекреации, а они на Ветлянском водохранилище не выделены. Совершенно очевидно, что в отсутствие нормативной базы, регулирующей качество воды объектов, используемых для неорганизованной рекреации, Ветлянское водохранилище и дальше будет использоваться для любительской рыбалки, купания, катания на лодках и иных видов рекреации, приуроченных к воде.

ВЫВОДЫ

Оценка имеющихся данных об уровне загрязненности воды Ветлянского водохранилища привела к неоднозначным выводам о возможностях комплексного использования его водных ресурсов. Так, систематически фиксируемые высокие и экстремально высокие уровни загрязнения соединениями марганца делают Ветлянское водохранилище малопригодным для организации рыбного хозяйства, особенно на фоне ухудшающегося кислородного режима. Вместе с тем, в случае обострения нехватки источников питьевого водоснабжения в районе, вода Ветлянского водохранилища (после деманганизации) может быть использована по данному направлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Самарской области от 30.10.2013 г. №579 «Об утверждении государственной программы Самарской области «Развитие водохозяйственного комплекса Самарской области в 2014-2030 годах». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/464005699>. Дата обращения 08.11.21.
2. Соловьева В.В. Этапы создания искусственных водоемов Среднего Поволжья // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-sozdaniya-iskusstvennyh-vodoemov-srednego-povolzhya> (дата обращения: 08.11.2021).
3. Голубая книга Самарской области: редкие и охраняемые гидробиоценозы / Под редакцией Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Самара: Самар. НИЦ РАН. 2006. 200 с.
4. Разработка проекта правил использования Ветлянского водохранилища. Этап 4. Пояснительная записка к проекту правил использования водных ресурсов. – СПб, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2013. 118 с.
5. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Исследование динамики загрязненности Ветлянского водохранилища (2000-2012 г.г.) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1737-1740.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Выпуск 22. – Самара, 2012. 343 с.
7. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2012 год. Выпуск 23. – Самара, 2013. 397 с.
8. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за

- 2013 год. Выпуск 24. – Самара, 2014. 283 с.
9. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2014 год. Выпуск 25. – Самара, 2015. – 298 с.
 10. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2015 год. Выпуск 26. – Самара, 2016. – 296 с.
 11. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2016 год. Выпуск 27. – Самара, 2017. – 198 стр.
 12. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2017 год. Выпуск 28. – Самара, 2018. – 226 с.
 13. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2018 год. Выпуск 29. - Самара, 2019. - 222 с.
 14. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2019 год. Выпуск 30. - Самара, 2020. – 174 с.
 15. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2020 год. Выпуск 31. - Самара, 2021. – 165 с.
 16. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/71586774/>. Дата обращения: 08.11.21.
 17. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115/titles/FNTGN5>. Дата обращения 08.11.21.
 18. Доронин С.Ю., Макаров В.З., Чернова Р.К., Чумаченко А.Н., Данилов В.А., Федоров А.В., Юрасов Н.А. Анализ и оценка загрязненности речной воды и донных отложений р. Большой Иргиз соединениями марганца // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 10. № 1. С. 9-15.
 19. ГОСТ 17.1.5.02-80 Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов. Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/23123/>. Дата обращения 09.11.21.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДОНОБЕЗОПАСНЫХ ЗДАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Н. В. Бакаева¹, А. В. Калайдо²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²НИИ Строительной физики Российской Академии архитектуры и строительных наук, Москва, Россия; 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

¹natbak@mail.ru

²kalaydo18@mail.ru

Аннотация

Доза радиоактивного облучения населения в основном формируется в зданиях радоном и его дочерними продуктами распада. Поскольку практически весь радон поступает в воздух помещений из грунта в основании, то за счет рационального проектирования подземной оболочки здания возможно обеспечение приемлемых активностей радона в нем. Однако такое проектирование требует наличия достоверной информации о радоновой нагрузке на подземные ограждающие конструкции. Но используемая в качестве критерия радоноопасности участка строительства величина плотности потока радона с поверхности грунта не несет необходимой для проектирования информации, вследствие чего в эксплуатацию зачастую вводятся здания с недостаточными или избыточными радонозащитными свойствами. С целью устранения существующих трудностей авторами предложены изменения в процедуре радиационно-экологических изысканий и показана необходимость разработки научно-обоснованной методологии оценки потенциальной радоноопасности участков строительства на стадии проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Воздействие на населения источников ионизирующего излучения носит непрерывных характер, а величина годовой индивидуальной дозы пропорциональна риску возникновения в будущем онкологических заболеваний. В настоящее время установлено, что наибольший вклад в облучение населения Российской Федерации несут природные источники облучения, главным из которых является облучение радоном и его дочерними продуктами в зданиях [1-2]. По современным представлениям, облучение радоном формирует более половины годовой индивидуальной эффективной дозы во всех без исключения регионах страны и ответственно не менее, чем за 20% случаев возникновения рака легкого [3]. По этой причине ведущими мировыми государствами реализуются национальные программы по ограничению бытового облучения радоном.

Радон – благородный радиоактивный одноатомный газ без цвета и запаха, который не имеет стабильных изотопов и образуется в процессе распада во всех радиоактивных семействах. Вместе со своими дочерними продуктами распада (ДПР) радон входит в состав внутренней воздушной среды помещений, откуда и попадает в легкие людей при дыхании.

В самих зданиях радон в опасных концентрациях не образуется [14-15], он рождается в грунте из материнского радия и переносится в атмосферу приземного слоя, в которой мгновенно рассредоточивается. Но если движению к дневной поверхности препятствуют подземные ограждающие конструкции зданий, то поток богатого радоном почвенного воздуха способен проникать сквозь них и накапливаться в воздухе помещений нижнего этажа. Таким образом, радиационная обстановка в здании определяется физико-механическими свойствами грунта в основании и радонозащитными характеристиками его подземной оболочки.

Проблема облучения радоном в настоящее время получила несколько направлений исследования: радиологическое – оценка доз облучения населения, формируемых радоном (НИИ радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии и др.); геофизическое – изучение радиационных характеристик территорий и закономерностей формирования радоновых полей (Институт геоэкологии РАН им. Е.М. Сергеева, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского и др.), фундаментальные исследования особенностей формирования радоновой обстановки в объектах строительства ведутся в НИИ строительной физики РААСН и Институте промышленной экологии УрО РАН научными школами Л.А. Гулабянца и М.В. Жуковского, соответственно [11-13].

В строительной физике в настоящее время утвердилось концепция пассивной радонозащиты объектов строительства, согласно которой благоприятная радоновая обстановка в здании на любой территории РФ может быть обеспечена без использования средств принудительной вентиляции исключительно за счет рационального проектирования подземных ограждающих конструкций. Пассивные радонозащитные технологии имеют ряд преимуществ перед активными (отсутствие шумов, вибраций потребления энергии и необходимости внесения изменений в конструкцию здания), но их разработка требует достоверной информации о радоновой нагрузке на подземную оболочку проектируемого здания. В противном случае в эксплуатацию будет введено здание либо с недостаточными радонозащитными характеристиками (ущерб здоровью, необходимость мероприятий по нормализации обстановки), либо с избыточными (неоправданные затраты материалов и рабочего времени), что в любом случае неприемлемо.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На современном этапе развития радиационной безопасности в строительстве не вызывает сомнений необходимость герметизации внутреннего объема зданий от поступления почвенных газов. При этом сама конструкция подземной части должна определяться предполагаемой радоновой нагрузкой на подземную оболочку. Таким образом, встает вопрос об адекватном критерии радоноопасности, на основании которого можно оценить достаточность заложенных в проекте радонозащитных характеристик.

Имеет смысл говорить о двух принципиально различных критериях радоноопасности – для здания на данной территории и для участка планируемого строительства. Критерием радоноопасности (или радонобезопасности) для существующего здания является эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона в нем, поскольку в единицах ЭРОА установлены национальные контрольные уровни в РФ (100 Бк/м³ для новых зданий и 200 Бк/м³ – для существующих). Измерение средней величины ЭРОА в помещениях нижнего этажа и сравнение ее с гигиеническим нормативом позволяет однозначно оценить радоновую обстановку в здании.

Однако величина ЭРОА позволяет определить достаточность радонозащитных мероприятий постфактум, уже после возведения зданий, тогда как на стадии проектирования необходима информация о степени радоноопасности участка строительства. В РФ в качестве критерия радоноопасности территории под строительство принята величина плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта. При ее значении в 80 мБк/(м²·с) и ниже участок классифицируется как радонобезопасный, в противном случае необходимо повышение радонозащитных характеристик подземной оболочки здания.

Законодательное закрепление величины ППР в качестве критерия радоноопасности участка строительства является одним из самых неоднозначных решений в системе современной радиационной гигиены. Большое количество работ исследователей разных направлений радоновой проблематики посвящено анализу недостатков измерения плотности потока радона на этапе радиационно-экологических изысканий. В частности, в

работах Гулябьянца Л.А. и др. [4–7] отмечалась необходимость отказа от использования ППР по причине:

– недостоверности результатов ее определения – на одном участке застройки величина ППР из грунта может изменяться более чем на порядок в зависимости от сезона;

– ее непредставительности как контрольного уровня – само численное значение 80 мБк/(м²·с) было получено с использованием ряда не оправдавшихся допущений;

– ее неинформативности – при отнесении участка застройки к потенциально радоно-опасному измеренная величина ППР не дает исходных данных для проектирования усиленной противорадоновой защиты здания.

Аналогично, Микляевым П.С. и др. [8-10] показано, что результаты измерения ППР с поверхности грунта не отражают реальной радоноопасности участков, связь ППР из грунта с ЭРОА радона в зданиях на них не установлена, а потому радиационно-экологические изыскания, выполняющиеся на стадии проекта, в принципе неэффективны.

Сложившаяся ситуация не только не позволяет рационально проектировать подземные ограждающие конструкции зданий, но и, что значительно хуже, дискредитирует саму процедуру радиационного контроля в строительстве. Причина ее возникновения отчасти обусловлена многофакторностью процесса переноса активности в пористой среде. Генерация радона в грунтовом массиве происходит с практически постоянной скоростью, прямо пропорциональной удельной активности радия C_{Ra} . Часть атомов радона при рождении попадает внутрь зерен грунта и в дальнейшем переносе к дневной поверхности не участвует, остальной радон поступает в поровое пространство. Доля радона, способного к дальнейшей миграции, описывается коэффициентом эманирования $k_{эм}$ радона для данного типа грунта [16]. Величины C_{Ra} и $k_{эм}$ не склонны к пространственным (в пределах небольших участков) и временным вариациям и могут быть измерены в лабораторных условиях при сопоставлении активности аэрированной и герметизированной проб.

Однако дальнейший процесс переноса радона к поверхности управляется значительным количеством параметров, многие из которых сами находятся в непрерывном изменении – это перепады давления ΔP и температуры ΔT , влажность μ и эффективная пористость $\varepsilon_{эф}$ грунта, его воздухопроницаемость в вертикальном и горизонтальном направлениях, глубина залегания первого водоносного горизонта и т.д. По сути, мы имеем модель «черного ящика», в котором при относительно постоянном входном сигнале (генерация активности) осуществляется управление рядом динамических параметров, характер изменения которых далеко не всегда известен, а получившийся в результате случайный и неповторяемый выходной сигнал (плотность потока радона) принят в качестве критерия радоноопасности участка строительства.



Рис. 1. Модель формирования потока радона с поверхности грунта

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данный момент не вызывает сомнений неэффективность процедуры оценки радоноопасности участков строительства, которая требует существенной корректировки.

Основная задача радиационных изысканий состоит в адекватном прогнозировании концентрации радона в будущем здании на основании информации о геофизических характеристиках участка. На практике эта задача сводится к определению требуемых радонозащитных характеристик конструкции пола для обеспечения наперед заданного ЭРОА радона в помещениях здания. Как вытекает из сказанного выше, для ее решения в будущем следует отказаться от использования величины ППР в качестве критерия радоноопасности.

Несмотря на общую убежденность ведущих исследователей в неэффективности ППР, в настоящее время не существует единого мнения относительно величины, которая должна прийти на замену. Причина в том, что современный уровень знаний процессов переноса радона в пористых средах попросту не позволяет этого сделать. На наш взгляд, в такой ситуации необходима реализация следующих этапов:

1. Установление связи содержания радия в грунте и величины радоновой нагрузки на подземную оболочку здания.

2. Изучение закономерностей переноса радона через многослойные горизонтальные ограждающие конструкции зданий.

3. Установление связи радоновой нагрузки на основание с ЭРОА радона внутри помещения, что, по сути, обозначает связь ЭРОА радона в здании с геофизическими характеристиками участка под ним.

4. Разработка научно обоснованной методологии проведения оценки радоноопасности участков строительства.

Поскольку в пределах участков строительства радиационно-физические характеристики грунтов чаще всего не имеют значительных вариаций, то при оценке радоновой нагрузки на подземную оболочку зданий может быть использован радоновый потенциал – величина максимальной активности радона в грунте

$$A_{max} = C_{Ra} \cdot k_{эм} \cdot \rho, \quad (1)$$

где ρ – плотность грунта, кг/м³.

Данная активность достигается на некоторой глубине, с которой радон уже не способен достигнуть дневной поверхности (или подземной оболочки здания), по мере уменьшения глубины концентрация радона в грунте падает.

Методика определения радонового потенциала грунта на участке строительства может быть реализована следующим образом:

1. Отбор грунта на глубине закладки фундамента – для многоэтажных зданий радоновая нагрузка на подземные конструкции зависит от последовательности расположения слоев грунта, поэтому отбор с поверхности участка строительства не всегда корректен.

2. Лабораторное измерение C_{Ra} и определение $k_{эм}$. Гамма-спектрометрический метод определения удельной активности радия является стандартной автоматизированной процедурой, а коэффициент эманирования радона грунтом определяется на той же пробе. Для этого в спектрометр помещается негерметизированная проба и в начальный момент фиксируется удельная активность радия C_{Ra1} . После герметизации пробы возникает дополнительная активность (рис. 2), в момент прекращения ее нарастания фиксируется окончательное значение удельной активности радия C_{Ra2} .

Коэффициент эманирования вычисляется по формуле

$$k_{эм} = \frac{C_{Ra2} - C_{Ra1}}{C_{Ra2}}. \quad (2)$$

3. Определение плотности грунта (или плотности зерен грунта) по любому из известных методов.

Несомненным преимуществом предложенной методики является ее точность, простота и невысокая трудоемкость: величины C_{Ra} и $k_{эм}$ не склонны к существенным временным и пространственным вариациям и определяются в рамках единого гамма-спектрометрического исследования.

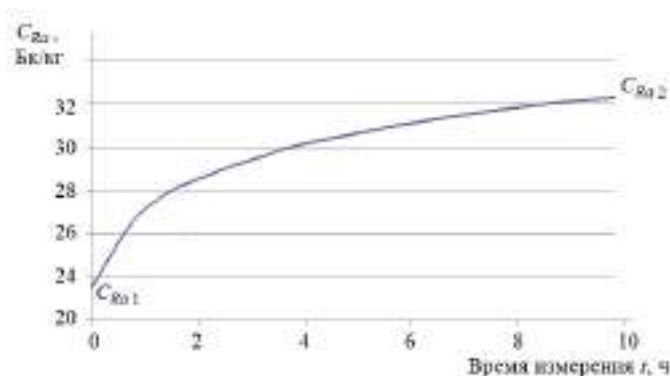


Рис. 2. Определение коэффициента эманирования радона

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показывают, что на данный момент крайне неэффективна процедура оценки радоноопасности участков строительства, построенная на использовании в качестве критерия величины ППР с поверхности грунта. В этой связи целесообразно проведение исследований, которые позволят связать наблюдаемые концентрации радона в зданиях с основными характеристиками грунтов в их основании, а также предложить на основании полученных результатов научно-обоснованную методологию оценки потенциальной радоноопасности участков строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кормановская Т.А., Стамат И.П. Итоги функционирования подсистемы ЕСКИД на базе статистических отчетных форм № 4-ДОЗ в 2001-2009 гг. // Радиационная гигиена, 2010. Т. 3. № 4. С. 10–14.
2. Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А. и др. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия / ФБУН НИИ радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева; под редакцией академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. – Санкт-Петербург: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. 432 с.
3. Чунихин Л.А., Чеховский Л.А., Дроздов Д.Н. Обоснование комплексного применения некоторых косвенных показателей для картирования радонового потенциала // Евразийский союз ученых (ЕСУ). Биологические науки, 2014. VI. С. 96–99.
4. Гулябянц Л.А., Заболотский Б.Ю. Плотность потока радона как критерий оценки радоноопасности // Аппаратура и новости радиационных измерений, 2004. № 3. С. 16–20.
5. Гулябянц Л.А., Лившиц М.И., Медведев С.В. Определение радоновой нагрузки на подземные ограждающие конструкции здания // Academia. Архитектура и строительство, 2016. № 1. С. 122–128.
6. Гулябянц Л.А. Инженерный метод прогностической оценки концентрации радона в проектируемом здании // Строительные материалы, 2016. № 6. С. 50–54.
7. Гулябянц Л.А., Калайдо А.В. Противорадовая защита жилых и общественных зданий : Монография, под ред. Шубина И.Л. – Москва; Берлин : Директ-Медиа, 2020. 232 с.
8. Микляев П.С. «Что делать?» или «радоновый кризис» в радиационных изысканиях (впечатления от прочтения статьи Ю.А. Баннова «Лаборатория радиационного контроля ООО «Гекон». Два года: опыт работы») // Аппаратура и новости радиационных измерений, 2005. № 3. С. 61–64.
9. Микляев П.С., Петров Т.Б. Механизмы формирования потока радона с поверхности почв и подходы к оценке радоноопасности селитебных территорий // Аппаратура и новости радиационных измерений, 2007. № 2. С. 2–17.
10. Микляев П.С., Петров Т.Б., Цапалов А.А. Опыт применения изотопного геохимического метода для исследования условий переноса радона к дневной поверхности // Аппаратура и новости радиационных измерений, 2012. – № 1. – С. 15–20.
11. Яρμοшенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга / И.В. Яρμοшенко, А.Д. // Вопросы радиационной безопасности, 2010. № 3(59). С. 62–69.

12. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска : монография // Екатеринбург : УрО РАН, 1997. 232 с.
13. Васильев А.В., Жуковский М.В., Онищенко А.Д., Вишневский А.А. Исследование механизмов и источников поступления радона в здания, построенные по современным технологиям // Стройкомплекс Среднего Урала, 2012. № 12. С. 21–24.
14. Сидельникова О.П. Радиационно-экологическая безопасность строительных материалов, производимых в Волгоградской области // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура, 2016. – 44-2 (63). – С. 43–51.
15. Сидельникова О.П., Козлов Ю.Д. Эффективная удельная активность природных радионуклидов в строительных материалах Волгоградской области // Вестник ВолгГАСУ, 2013. № 2 (27). С. 34–38.
16. Shubin I.L., Bakaeva N.V., Kalaydo A.V. Protection of Indoor Air from Radioactive Gas Radon. E3S Web of Conferences FORM-2021. Vol. 263. 05023 doi:10.1051/e3sconf/202126305023.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ В ГОРОДСКИХ САМОТЕЧНЫХ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЯХ

В. А. Орлов¹, В. А. Чухин², О. В. Мельник³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹OrlovVA@mgsu.ru

²ChuhinVA@mgsu.ru

³lissa6868@mail.ru

Аннотация

Основной проблемой городского хозяйства является обеспечение комфортности проживания людей в городских поселениях, где наибольшее внимание должно уделяться таким аспектам как чистота воды и воздуха. Представлены методы оценки загрязненности окружающей воздушной среды. Рассмотрены источники загрязнения вредными для здоровья запахами, являющиеся результатом протекания интенсивных биохимических процессов в безнапорных канализационных сетях, а также проанализированы мероприятия, позволяющие снизить или ликвидировать пагубные последствия вредных для здоровья человека газов. Проведен анализ технологических решений по нейтрализации дурнопахнущих газовых выбросов для улучшения комфортности пребывания людей в местах выхода газа на поверхность земли из канализационных колодцев. Предметом настоящих исследований являлись отбор и анализ проб сточной воды и воздуха, содержащегося в подводящем пространстве безнапорных водоотводящих сетей. Исследования носят аналитический характер, а результатами его являются рекомендации по применению различных методов физико-химической и биологической деструкции загрязнений воздушной среды в целях нейтрализации дурнопахнущих и вредных для здоровья людей газов. Установлено, что некоторые виды микроорганизмов, находящихся в замкнутом воздушном пространстве канализационных колодцев, способны оказывать негативные последствия на человеческий организм и могут представлять угрозу здоровью обслуживающему персоналу водоотводящих сетей при проведении им работы в колодцах без средств индивидуальной защиты дыхательных путей.

ВВЕДЕНИЕ

Фиксация и снижение концентрации выбросов токсичных газов в крупных городах является актуальной задачей. Объектами таких выбросов становятся, как правило, жилищно-коммунальная инфраструктура, транспорт, городские очистные канализационные сооружения, а также разветвленная и протяженная водоотводящая сеть [1, 2].

В крупных городах созданы стационарные пункты, в которых непрерывно происходит контроль едких запахов, присутствующих в атмосфере города. В Российской Федерации в случае обнаружения запаха граждане могут обратиться в различные городские службы по телефону, используя единый номер 112. При наличии запаха сероводорода или других вредных веществ в Москве и в Московской области можно обратиться с таким вопросом в Единую справочную службу, где жалоба будет рассмотрена и зафиксирована в диспетчерском центре. Собственные проверки проводит Роспотребнадзор. Для изучения состава воздуха привлекаются специалисты ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве».

Эффективность работы безнапорных водоотводящих сетей может быть оценена через образование и эмиссию запахов. Грамотно запроектированная и смонтированная канализационная сеть, как правило, в течение многолетней эксплуатации не требует вмешательства в ее работу. Эта работа, прежде всего, основана на строгом выполнении требований нормативных документов. Технические решения для удаления запахов

следует предусматривать на стадии проектирования. Например, в СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» в пункте 6.9 «Вентиляция сетей» отмечается следующее:

-вытяжную вентиляцию сетей бытового водоотведения следует предусматривать через стояки внутреннего водоотведения зданий;

-специальные вытяжные устройства следует предусматривать во входных камерах дюкеров, в смотровых колодцах в местах резкого снижения скорости течения воды в трубах диаметром свыше 400 мм, в перепадных колодцах при высоте перепада более 1 м и расходе воды более 50 л/с;

-при расположении вентиляционных выбросов в пределах санитарно-защитных зон, зон жилой застройки, а также большого скопления людей, следует предусматривать мероприятия для их очистки согласно СанПиН 2.1.6.1032;

-для естественной вытяжной вентиляции наружных сетей, отводящих сточные воды, содержащие летучие токсичные и взрывоопасные вещества, на каждом выпуске из здания следует предусматривать вытяжные стояки диаметром не менее 200 мм, размещаемые в отапливаемой части здания.

Учет этих требований при проектировании приводит к тому, что образующиеся газы непрерывно удаляются из системы и рассеиваются в атмосферном воздухе, не оказывая неблагоприятного воздействия на человека, или нейтрализуются.

В настоящее время установлено, что состояние микрофлоры окружающей человека воздушной среды городов является определяющим фактором для распространения передаваемых воздушно-капельным путем инфекций. Особенно это отражается в урбанизированных пространствах (больших городах-мегаполисах) с длительным пребыванием людей в местах массового скопления. Распространение инфекций, вызываемых дурнопахнущими газами, наносит вред не только человеку, но и приводит к значительному экономическому ущербу.

В отличие от обеззараживания воды, обеззараживание воздуха на выходе в городское пространство имеет свои особенности: ограниченная возможность применения химических дезинфектантов в присутствии людей. Сама по себе городская воздушная среда не поддерживает размножение микроорганизмов, выходящих из мест скопления дурнопахнущих газов (канализационные колодцы, точки выхода газа на открытых территориях). Это, прежде всего, определяется отсутствием питательных веществ и недостатком влаги с выходящими из канализационных колодцев и стояков в зданиях и сооружениях дурнопахнущих веществ. Кроме того, в атмосферном воздухе более выражено бактерицидное действие солнечных лучей УФ-спектра, а также отсутствие водяных паров в большом количестве, что не обеспечивает активную жизнедеятельность микроорганизмов в воздухе городов.

Для оценки качества воздуха на открытых пространствах городов и в закрытых помещениях, в приложении к появлению и удалению дурнопахнущих запахов из систем водоотведения, служат параметры его бактериальной обсемененности [3, 4].

В настоящее время общепринятой является точка зрения о том, что микроорганизмы в воздушных выбросах находятся в виде бактериального аэрозоля, т.е. коллоидальной системы, состоящей из агрессивной газовой среды (например, сероводорода), мельчайших частиц пыли и заразным материалом в виде патогенных микроорганизмов. Такие аэрозоли могут обладать биологической активностью. Причем, чем меньше размер частиц бактериального аэрозоля, тем меньшее количество их необходимо для заражения.

Микрофлору атмосферного воздуха условно разделяют на резидентную (т.е. постоянно обнаруживаемую) и временную, которая обнаруживается спорадически. К резидентной относятся в основном почвенные микроорганизмы, например, *Micrococcus roseus*, *Sarcina/lava*, *Bacillus subtilis*, виды *Actinomyces*, а также грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* и другие. Так как микроорганизмы воздушной среды подвержены

солнечному и температурному воздействию, атмосферным осадкам в виде дождя, ветру, выбросами из систем водоотведения, то она непрерывно меняется и обновляется.

При проведении санитарно-эпидемиологических оценок окружающего воздушного пространства обычно его бактериальное состояние определяется по общему микробному числу (ОМЧ), т.е. количеству микроорганизмов в 1 м³ воздуха. При этом принято считать, что атмосферный воздух городов является чистым в бактериологическом отношении, если ОМЧ летом не превышает 750, а зимой 150 КОЕ/м³.

В нашей стране помимо ОМЧ оценка санитарно-гигиенического состояния атмосферного воздуха проводится и по наличию в нем санитарно-показательных микроорганизмов (СПМ). Эти микроорганизмы являются представителями постоянной микрофлоры дыхательных путей человека. В качестве СПМ используются, например, α- и β -гемолитические стрептококки, а также гемолитическая кокковая микрофлора. Официально признанным СПМ являются *Staphylococcus aureus*.

За рубежом в качестве индикатора СПМ используются *Bacillus subtilis spore* и другие. Выбор того или иного из большого количества санитарно-показательных микроорганизмов должен решаться спецификой поставленной задачи или целью конкретного обследования. Необходимо отметить, что указанные выше параметры бактериальной обсемененности (ОМЧ, СПМ и другие) характерны как для исследуемой воздушной среды на предмет присутствия болезнетворных бактерий, так и сточной воды, слизи с внутренней стороны канализационных колодцев. При этом анализ водных объектов, сточных и иных вод проводится в соответствии с документацией [5, 6].

Оценка загрязненности воды осуществляется через показатель БГКП (бактерии группы кишечных палочек), где по результатам анализа могут быть определены общие колиформные бактерии ОМЧ (например, *E. coli*, *Klebsiella pneumonia*), термотолерантные колиформные бактерии, патогенные микроорганизмы (*Salmonella spp*) и т.д.

Для количественного определения микроорганизмов в качестве альтернативы классическим чашкам Петри используются готовые тесты – петрифильмы, которые содержат питательную среду (растворимый в холодной воде гель), которая застывает при комнатной температуре. В состав среды также входит тетразолиевый индикатор, который облегчает подсчёт колоний на петрифильме, и хромогенные субстраты, которые позволяют выявлять характерные биохимические активности соответствующих микроорганизмов [7-9].

В том случае, когда имеются постоянные выбросы дурнопахнущих веществ (ДПВ) из колодцев, следует использовать наиболее дешевые и эффективные методы борьбы с запахами. В этом качестве широко применяются методы, основанные на естественной способности микроорганизмов, образующих биологически активную пленку на поверхности твердого пористого носителя, извлекать из проходящего сквозь этот носитель воздуха примеси органических и неорганических летучих веществ, окислять и разлагать их до воды и углекислого газа (рисунок 1). Далее эти вещества в растворенном виде диффундируют к микробным клеткам, включаются в них и подвергаются деструкции [10].

Другим методом достижения значений предельно допустимых концентраций (ПДК) может оказаться естественная или искусственная вентиляция, которая обеспечивает нейтрализацию высоких концентраций ДПВ и их обеззараживание [11]. Например, главная задача вентиляции подсводного пространства безнапорных трубопроводов должна сводиться в подаче необходимого количества свежего воздуха (в том числе, кислорода) и обеспечения соответствующей скорости обезвреживания. При этом важнейшей задачей становится определение необходимой кратности воздухообмена (СанПиН 2.12.2631-10 и СанПиН 2.1.32360-10). При использовании нагнетаемого в подсводное пространство воздуха и выброса смеси в атмосферу мегаполиса в установленном месте, можно обеспечить требуемое санитарное состояние окружающего воздушного пространства. Необходимо лишь знать и соблюдать критерии

не только по ПДК дурнопахнущих газов в атмосфере города, но и критерии на биологическое качество выбросов в атмосферу.



Рис. 1. Конструкция биологического очистителя для нейтрализации отходящих газов от колодцев

Газообмен, вентиляцию или просто движение воздуха по различным тоннельным системам можно встретить в горнодобывающей промышленности, системах метрополитена или в автотранспортном и железнодорожном тоннелестроении. Каждая из этих систем уникальна, имеет индивидуальные особенности, принципы действия, функциональное назначение и, что немаловажно, инвестирование. Для городских канализационных сетей можно использовать опыт устройства вентиляционных систем в автотранспортном и железнодорожном тоннелестроении, которые предназначены для удаления газов, вырабатываемых транспортом, а также для подачи воздуха для работы транспорта и для создания условий безопасного и комфортного пребывания людей в тоннеле.

Необходимо отметить, что современные методы очистки и обеззараживания воздуха фактически позволяют решать любую задачу по нейтрализации дурнопахнущих газов до практически полного их удаления или до ПДК в атмосфере городов [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сущность проводимых экспериментов состояла в анализе водно-воздушного режима работы канализационных сетей, а также в исследовании характера выделяемых из сточной воды газов. Отбор проб сточной воды производился для биохимического анализа в лабораторных условиях, в частности, для микробиологического исследования сточной жидкости на общее микробное число (ОМЧ) коли- и термотолерантные бактерии, *Fungi* и *Mycota* (грибки), микобактерии. Также осуществлялся отбор проб из подсводного пространства трубопровода для исследования бактериальной обсемененности воздушной среды на санитарно-микробиологические показатели, такие как общее количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха (КОЕ/ м^3). Забор проб воздуха и проведение его микробиологического анализа осуществлялся с выявлением штаммов микроорганизмов, ответственных за появление дурнопахнущих запахов.

Определение степени загрязненности воздуха микроорганизмами осуществлялось методом, основанным на принципе ударно-пробивного действия воздушной струи с использованием прибора Кротова, где струя воздуха приходит через узкую клиновидную щель и с большой скоростью ударяется о влажную поверхность питательной среды. В результате удара находящиеся в воздухе аэрозоли, в том числе содержащие бактерии, прибывают к поверхности элективных сред. Подобные методы наиболее надежны и точны [13]. На рис. 2 приведена иллюстрация отбора проб воздуха на бактериологический анализ воздуха с помощью прибора Кротова.

Отобранные пробы сточной воды и воздуха из подводящего пространства канализационных труб отправлялись в специализированную сертифицированную лабораторию для качественного и количественного анализа. Анализы проводились параллельно двумя путями: посевом проб на среду Эндо и на МПА (мясопептонный агар).



Рис.2. Отбор проб для микробиологическое исследование воздуха с помощью прибора Кротова из канализационного колодца

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследовании воздуха выделены следующие бактерии: *Leclercia adecarboxylata*, *Escherichia vulneris*, *Escherichia coli*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Citrobacter gillennii*, *Streptococcus haemolyticus*.

Микробиологическое исследование сточной воды показали, что ОКБ (общее количество бактерий) составляет $4,4 \times 10^{10}$ КОЕ/100 мл. В воде обнаружены следующие бактерии: *Providencia stuartii*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*. При этом в сточной воде бактерий рода *Salmonella* выявлено не было, что является положительным фактором, так как в противном случае они могли бы являться причиной образования сероводорода H_2S .

Результаты посева обоими методами (на среде Эндо и МПА) показали высокую сходимость по количественному показателю присутствия в воздухе бактерий рода *Escherichia coli* и *Citrobacter gillennii* (на среде Эндо $9,0 \times 10^2$ КОЕ/м³ воздуха и на МПА - $8,9 \times 10^2$ КОЕ/м³ воздуха).

Как указывалось выше, микроорганизмы в воздушных выбросах находятся в виде бактериального аэрозоля, т.е. коллоидальной системы, состоящей из агрессивной газовой среды (например, сероводорода), мельчайших частиц пыли и заразного материала в виде патогенных микроорганизмов, которые могут быть нейтрализованы различными методами при соответствующих пропорциональных соотношениях [14, 15]. Одной из частных задач исследований являлось сопоставление качественного и количественного присутствия микроорганизмов в водной среде и атмосфере городов по сравнению с показателями газового состава, образующегося в замкнутом подводящем пространстве безнапорных трубопроводов и смотровых колодцев в реальных условиях эксплуатации канализационной сети. Экспериментальными исследованиями было установлено, что некоторые виды микроорганизмов, присутствующие в замкнутом пространстве колодцев (например, *Bacillus cereus*, *Citrobacter freundii*, *Citrobacter gillennii* и другие), способны

оказывать негативное воздействие на человеческий организм и могут представлять угрозу здоровью обслуживающего персонала канализационных сетей при проведении им ремонтных и других работ в колодцах без средств индивидуальной защиты дыхательных путей.

ВЫВОДЫ

1. Фиксация и эффективная нейтрализация дурнопахнущих вредных для здоровья людей газов является приоритетной задачей коммунальных служб в плане улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки в черте города.

2. Оценка состояния загрязненности воздуха и воды определяется по общему микробному числу (ОМЧ) и санитарно-показательным микроорганизмам (СПМ). Приведены их оптимальные значения для разных периодов года.

3. Для снижения образования дурнопахнущих газов в канализационных сетях возможно использование усиленной приточной вентиляции. Отмечено значение вентиляции безнапорных канализационных сетей для достижения эффекта обеззараживания воздушных выбросов по отдельным газам до значений ниже ПДК каждого из присутствующих компонентов, а также альтернативных устройств для нейтрализации дурнопахнущих летучих веществ путем размещения биологических очистителей воздуха в канализационных колодцах.

4. Результаты натурных экспериментов по анализу проб сточной воды и воздуха показали, что присутствующие в них микроорганизмы при соблюдении человеком мероприятий по индивидуальной защите не оказывают негативного влияния на его здоровье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kyoohong P. Mitigation strategies of hydrogen sulphide emission in sewer networks: a review // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2014. Vol. 95. pp. 251-261.
2. Храменков С.В. (2012). Время контролировать воду // М.: Московское издательство учебников и картолиитографии, 280 с.
3. Lehua Z. Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems // *Water research*. - 2008. № 42. pp. 1– 12.
3. Кофман В.Я. Сероводород и метан в канализационных сетях // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2012. № 11. с. 72–78.
4. Michael D. Municipal gravity sewers: An unrecognised source of nitrous oxide, // *Science of the Total Environment*. 2014. № 468-469. pp. 211–218.
5. Joyce J. Hunniford Ch., Plummer A. Implementing Vapor Phase Odor Control on Large Diameter Interceptor Systems // *Biosolids and Odor and Corrosion, Conference & Expo*. 2013. pp. 1-31.
6. Kyoohong P. Mitigation strategies of hydrogen sulphide emission in sewer networks: a review // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2014. Vol. 95. pp. 251-261.
7. МУК 4.2.2029-05 Методические указания. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-вирусологический контроль водных объектов // М.: 2005.
8. МУК 2.1.5.800-99. п. 2.1.5. Водоотведение населенных мест. Санитарная охрана водоемов. Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод // М.: 1999.
9. Соколов Д.М., Соколов М.С. Микробиологический контроль с использованием петрифильмов // *Молочная промышленность*. 2012. № 2. с. 36-37.
10. Кулаков А.А. Экологическая оценка комплекса «водный объект – выпуск очищенных сточных вод» // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2013. № 5. С. 25–30.
11. Parker W. J., Ryan H. A. Tracer Study of Headspace Ventilation in a Collector Sewer // *Journal of the Air & Waste Management Association*. 2011. № 12. pp. 581-592.
12. Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. // М.: Бином. Лаборатория знаний. 2005. 81 с.
13. Нетрусов, А. И. Практикум по микробиологии: лаб. практикум // Москва: Академия, 2005. 608с.
14. Примин О.Г., Пупырев Е.И. Методы повышения экологической безопасности трубопроводов канализационных сетей // *Экология и промышленность в России*. 2013. №3. с.13-17.
15. Храменков С.В., Пахомов А.Н., Данилович Д.А. и др. Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации // *Водоснабжение и санитарная техника*, 2011. № 11. с. 25-30.

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Д. В. Спицов¹, И. К. Яжлев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*dvs43000@yandex.ru*

²*hoved@yandex.ru*

Аннотация

В работе рассматриваются проблемы, связанные с применением документов по стандартизации - национальных стандартов (ГОСТы) в области обращения отходов производства и потребления. Осуществляемые реформы придали происходящим экономическим, организационным, технологическим, общественно-социальным процессам в этой сфере значительную динамику. В этой связи зачастую развитие нормативно-правового обеспечения, в частности стандартизации, не всегда отвечает складывающимся условиям. Проведенный в работе анализ обязательных нормативно-правовых актов выявил низкую степень применения положений ГОСТов в поддержку соблюдения обязательных требований, недостаточность в них информации об обязательных требованиях и порядке их соблюдения. Разработка единых подходов к объекту стандартизации-обращению с отходами производства и потребления, к терминологии, процессам, методам исследований, испытаний требует значительных ресурсов. Поэтому необходима актуализация и разработка поправок к действующим национальным стандартам в этой области.

ВВЕДЕНИЕ

Среди важнейших целей стандартизации повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества, безопасности жизни и здоровья животных и растений; обеспечение конкурентоспособности; качество продукции (работ, услуг); экономия и рациональное использование ресурсов и другие. Этот вид нормативно-правового регулирования должен играть более значительную роль и в области обращения отходов производства и потребления [6].

В соответствии с Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 №162-ФЗ (ст. 2) национальный стандарт (ГОСТ), это документ по стандартизации, который разработан участником работ по стандартизации, в отношении которого проведена экспертиза в техническом комитете по стандартизации и в котором для всеобщего применения устанавливаются общие характеристики объекта стандартизации, а также правила и общие принципы в отношении объекта стандартизации [8].

Национальные стандарты (ГОСТы) применяют на добровольной основе. Обязательность их соблюдения наступает при прямом указании на них в следующих случаях: в действующем законодательстве (например, если есть соответствующая ссылка в техническом регламенте); в принятых документах федеральных органов исполнительной власти; применение национального стандарта является обязательным для изготовителя или исполнителя в случае публичного заявления о соответствии продукции национальному стандарту; в договорах, контрактах предприятий любой формы собственности [7].

На практике национальные стандарты широко применяются в производственной, научно-исследовательской, опытно-конструкторской, технологической, учебно-педагогической и других видах деятельности. В качестве примеров можно привести применение национальных стандартов в области управления, содержания

и эксплуатации многоквартирных домов (МКД). По правилам осуществления деятельности по управлению МКД, утвержденным Постановлением Правительства РФ (ППР) №416 от 15.05.2013 года, управление всеми жилыми домами должно осуществляться на основе действующих стандартов. Перечень национальных стандартов «Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами» включает 8 национальных стандартов. Документы устанавливают конкретные требования к квалификации специалистов УК, порядку ведения и обновления технической документации, формированию состава, определению стоимости и взиманию оплаты выполняемых работ и оказываемых услуг по содержанию и текущему ремонту общего имущества в доме [12].

Другим наглядным примером обязательного применения положений национальных стандартов является перечень, направленный на поддержку требований градостроительного технического регламента. Обновленный перечень национальных стандартов (ГОСТ Р) и сводов правил (СП) (их частей) утвержден ППР от 28.05.2021 № 815, касающихся безопасности зданий и сооружений. Применение ГОСТов и СП, связанных со зданиями и сооружениями, а также процессов их проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), обязательно для соблюдения требований Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В обновленный перечень включены 65 СП и четыре национальных стандарта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

После принятия новой редакции и поправок к Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (Федеральный закон № 458 от 29.12.2014г.) одной из самых динамично развивающихся отраслей российской экономики стало обращение с отходами производства и потребления, в том числе твердыми коммунальными. В этой связи повышается значение методов нормативно-правового, административного, экономического регулирования. Особенно формирование подходов к обращению с отходами производства и потребления как к объекту стандартизации. Разработка единых подходов к осуществлению работ и предоставлению услуг, к процессам, системам управления, терминологии, условным обозначениям, проведению исследований, испытаний, измерений, отбору образцов и другое [11].

В настоящее время к области обращения с отходами следует отнести следующие стандарты такие как:

ГОСТ Р 53691-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Паспорт отхода I-IV класса опасности. Основные требования;

ГОСТ Р 57678–2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация строительных отходов;

ГОСТ Р 57677–2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отходов недропользования;

ГОСТ Р 57703–2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Ликвидация отработанных нефтепродуктов;

ГОСТ Р 57701 – 2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Программы в области обращения с твердыми коммунальными отходами;

и ряд других.

Области применения большинства предполагают их добровольное применение в нормативно-правовой, нормативной, технической и проектно-конструкторской документации, а также в научно-технической, учебной и справочной литературе применительно к процессам обращения с отходами на этапах их технологического цикла с вовлечением соответствующих материальных ресурсов в хозяйственную деятельность в качестве вторичного сырья, обеспечивая при этом сохранение и защиту окружающей среды, здоровья и жизни людей. Большое значение имеет гармонизация национальных

стандартов в области обращения с отходами производства и потребления с аналогичными зарубежными нормами [13]. Например, с Директивой Европейского Совета и Комиссии по управлению отходами. (Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), «Стандартное руководство по основным принципам обучения обращению с опасными бытовыми отходами в части сбора опасных бытовых отходов» (Американское общество по экспертизе материалов. США) (Standard Guide for Household Hazardous Waste Training Outline for Household Hazardous Waste Collection Operations. ASTM D6498-2007) и рядом других [5].

Вместе с тем значительная часть фонда действующих национальных стандартов в области обращения с отходами не отвечают условиям быстро развивающейся экономической практики, нормативно-правового и административного регулирования. В целом следует отметить отсутствие комплексности, фрагментарный характер разработки и как следствие недостаточность для применения в целях формирования механизмов, предусмотренных обязательными для применения нормативно-правовыми актами (НПА), например, организация раздельного сбора твердых коммунальных отходов, или организация деятельности по сбору и использованию вторичных материальных ресурсов и сырья. Отсутствует системный подход, когда, как в области управления МКД или поддержки выполнения требований Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений», Постановлением Правительства Российской Федерации определяется перечень национальных стандартов, других документов стандартизации применение которых является необходимым в определенных случаях [14].

Представленный в работе анализ утвержденного МПР в 2021 году нормативного документа «Перечни нормативных правовых актов (НПА) (их отдельных положений) содержащих обязательные требования в области обращения с отходами производства и потребления» показывает, что применение национальных стандартов при выполнении их требований ограничено, отсутствует согласование с рассматриваемыми в документах терминологией, процессами и механизмами (таблица 1).

Табл. 1. Анализ применения национальных стандартов для выполнения требований обязательных НПА в области обращения с отходами производства и потребления.

| Наименование вида нормативного правового акта (НПА) | Полное наименование нормативного правового акта (НПА) | Номер и дата государственной регистрации НПА | Вид государственного контроля (надзора), наименование вида разрешительной деятельности, в рамках которых обеспечивается оценка соблюдения обязательных требований, установленных нормативным правовым актом | ГОСТЫ в поддержку соблюдения обязательных требований или содержащие информацию об обязательных требованиях и порядке их соблюдения |
|---|---|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

| | | | | |
|--|--|-----------------------|--|--|
| Федеральный закон | Об отходах производства и потребления | №89 от 24.06.1998 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 57677–2017; ГОСТ Р 57703–2017; ГОСТ Р 57701 – 2017. Основные положения. |
| Постановление Правительства Российской Федерации | О лицензировании деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I-IV классов опасности | №2290 от 26.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| Постановление Правительства Российской Федерации | Об утверждении правил представления производителями товаров, импортерами товаров отчетности о выполнении нормативов утилизации отходов от использования товаров | №2010 от 3.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 51769-2001; основные положения [2] |
| Постановление Правительства Российской Федерации | Об утверждении правил обращения с ломом и отходами черных металлов и их отчуждение | №369 от 11.05.2001 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| Распоряжение Правительства России | Об утверждении перечня товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств и перечня упаковки товаров, подлежащей утилизации после утраты ею потребительских свойств | №3721-р от 31.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| Постановление Правительства России | Об утверждении правил обращения с ломом и отходами цветных металлов и их отчуждения | №370 от 11.05.2001 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и | |

| | | | потребления | нет |
|--|---|---------------------|--|--|
| Постановление Правительства России | Об утверждении единых требований к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов | №1657 от 12.10.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 53692- 2009; основные положения [1] |
| Постановление Правительства России | Об утверждении положения о подтверждении исключения негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов | №467 от 26.05.2016 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 57063- 2016; основные положения [4] |
| Постановление Правительства России | Об утверждении правил трансграничного перемещения отходов | №442 от 17.07.2003 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| Постановление Правительства России | Об утверждении правил коммерческого учета объема и (или) массы твердых коммунальных отходов | №505 от 3.6.2016 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| Постановление Правительства России | Об утверждении правил обращения с твердыми коммунальными отходами | №1156 от 11.12.16 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 53692- 2009; ГОСТ Р 57701-2017 основные положения [1] |
| Постановление Правительства России | Об утверждении порядка взимания экологического сбора | №1073 от 8.10.2015 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |
| [1]Приказ | Об утверждении порядка учета в области обращения с отходами | №1028 от 8.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с | ГОСТ Р 51769- 2001; основные положения [2] |

| | | | | |
|--------|---|--------------------|--|--|
| | | | отходами производства и потребления | |
| Приказ | Об утверждении порядка подтверждения отнесения отходов I-V классов опасности к конкретному классу опасности | №1027 от 8.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 53691-2009; основные положения |
| Приказ | Об утверждении порядка проведения собственниками объектов размещения отходов, а также лицами, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду | №1030 от 8.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 57063-2016; основные положения. [4] |
| Приказ | Об утверждении порядка паспортизации и типовых форм паспортов отходов I-IV классов опасности | №1026 от 8.12.2020 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | ГОСТ Р 53691-2009; основные положения. |
| Приказ | Об утверждении правил инвентаризации объектов размещения отходов | №49 от 25.02.2010 | Государственный экологический надзор в области обращения с отходами производства и потребления | нет |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты проделанного анализа показали, что лишь в незначительной части НПА, требования которых являются обязательными, использовались положения национальных стандартов. Это частично терминология, описание области применения и в некоторых случаях описание показателей воздействия и технологических циклов обращения отходов

производства и потребления. Связано это с высокой динамикой развития отраслевой практики и несогласованностью подходов заинтересованных сторон. На качественную разработку, утверждение стандарта и поправок к нему требуются значительные материальные и временные ресурсы. На данном этапе происходит отставание развития нормативно-правового обеспечения, в частности стандартизации, от потребностей хозяйственной деятельности. Примером может быть область обращения «вторичных материальных ресурсов» и «вторичного сырья». Национальный стандарт ГОСТ Р 54098—2010. «Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения» был разработан в 2010 году [3]. Однако в ходе реформ в области обращения отходов стало ясно, что его положения не отвечают складывающимся гражданско-правовым отношениям в этой отрасли, определения права собственности на отходы, переход этого права и другие аспекты [9][10]. Поправки к Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» Минприроды подготовило в 2020 году. Однако они еще не приняты. Следует также отметить, что недостаточность формализованных, стандартизованных подходов к обращению с отходами препятствует применению экономических инструментов регулирования, например, страхования [15].

ВЫВОДЫ

Одним из решений может стать актуализация фонда действующих стандартов в области обращения отходов производства и потребления, особенно твердых коммунальных отходов и ускоренное внесение в них поправок. С другой стороны, потребуется более согласованная работа всех заинтересованных сторон в рамках Технических комитетов Росстандарта для разработки перспективной терминологии, процессов, методов управления, способов применения технологий в области обращения отходов с учетом передового отечественного и зарубежного опыта.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена на кафедре Жилищно-коммунального комплекса, Института Инженерно-экологического строительства и механизации Московского государственного строительного университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53692—2009 Национальный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов; Режим доступа: www.docs.cntd.ru. Дата обращения: 2.11.21.
2. ГОСТ Р 51769-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Документирование и регулирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления. Основные положения; Режим доступа: www.consultant.ru. Дата обращения: 29.10.21.
3. ГОСТ Р 54098—2010. Национальный стандарт. Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения; Режим доступа: www.consultant.ru. Дата обращения: 29.10.21.
4. ГОСТ Р 57063—2016. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Показатели воздействия образующихся отходов на окружающую среду; Режим доступа: www.consultant.ru. Дата обращения: 29.10.21.
5. ГОСТ Р 57742-2017. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Требования безопасности при обращении с опасными твердыми коммунальными отходами при их сборе (ASTM D6498-2007, NEQ); Режим доступа: www.consultant.ru. Дата обращения: 29.10.21.
6. И.М. Лифиц. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия. Учебник. М.Юрайт.2017.
7. И. П. Кошевая, А. А. Канке. Метрология, стандартизация, сертификация – М. : Форум : ИНФРА-М, 2010 – 416 с.
8. Е. Ю. Райкова, Стандартизация, подтверждение соответствия, метрология – М. : Юрайт, 2014.
9. Боравский Б.В. Использование вторичных материальных ресурсов в России: прошлое, настоящее, будущее // Твердые бытовые отходы. 2019. № 7. С. 14-18. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 30.10.21.
10. Донченко В.К., Боравский Б.В. Актуальные проблемы формирования и развития мирового рынка вторсырья из отходов производства и потребления // Евразийский финансово-экономический вестник. 2020. № 4(9), с. 33-37. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 4.11.21.
11. Боравский Б.В. Перспективы стандартизации в сфере обращения с отходами // Вестник Федерального

- агентства по техническому регулированию и метрологии. 2019, № 4, с. 30-37. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 4.11.21.
12. Васильев В.П., Боравский Б.В. Сфере обращения с отходами нужны квалифицированные специалисты // ЖКХ ЭКСПЕРТ: экономика и право. 2020. № 8 (291), с. 67-70. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 6.11.21.
 13. Боравский Б.В. Развитие законодательства в области обращения с отходами и новая редакция модельного закона // Международный научно-аналитический журнал МПА СНГ «Диалог: политика, право, экономика». 2021, № 2 (31 августа 2021 года), с. 32-35. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 4.11.21.
 14. Issues of technological regulation in urban development. Spitsov D., Yazhlev I. В сборнике: E3S Web of Conferences. 24. Сер. "24th International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment", FORM 2021" 2021. Режим доступа: www.elibrary.ru. Дата обращения: 5.11.21.
 15. Яжлев И.К. Экологическое оздоровление загрязненных производственных и городских территорий. АСВ. Москва, 2012. Сер. Серия «Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды».

КОМПЛЕКСНЫЙ ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ

Е. В. Алексеев

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
AlekseevE@mgsu.ru*

Аннотация

Статья посвящена проблеме уменьшения сброса стойких органических загрязнителей (СОЗ), таких как органические красители и поверхностно-активные вещества, со сточными водами промышленных предприятий и городских поселений в окружающую среду. Цель проведенных исследований состояла в повышении эффективности очистки сточных вод методами флотации в сочетании с электрохимической деструкцией органических веществ флотошлама в жидкой фазе и определение возможности возврата раствора коагулянта в процесс очистки сточных вод. Установлено, что в результате применения технологического процесса с использованием двухступенчатой флотации, коагулирования и фильтрования достигается эффективность очистки сточных вод: по интенсивности окраски не менее 90%, по взвешенным веществам до 99%, по поверхностно-активным веществам не менее 97%. Исследования методов обработки флотошлама показали, что скорость окисления органических красителей практически не зависит от величины рН. При окислении поверхностно-активных веществ максимальный эффект наблюдался при $\text{pH} \leq 4$. Степень электрохимической деструкции красителей превышает 90% при расходе электроэнергии 10...12 Вт·ч на 1г окисленных веществ. Эффективность электрохимической деструкции поверхностно-активных веществ прямым электролизом не более 55...65%, при этом удельные затраты электроэнергии составляют 12...15 Вт·ч/г. Дальнейшие исследования были направлены на интенсификацию процесса электрохимического окисления поверхностно-активных веществ с использованием добавок активных ионов и гомогенных катализаторов. Установлено, что степень окисления органических веществ существенно зависит от дозы катализатора. Степень электрохимической деструкции поверхностно-активных веществ флотошлама в присутствии солей трехвалентного железа достигает 96%. При этом удельные затраты электроэнергии на деструкцию стойких органических веществ по химической потребности в кислороде (ХПК) находятся в интервале 5...12 Вт·ч/г. Метод электрохимической деструкции дает возможность регенерировать коагулянт, сократить массу отходов, вывозимых за пределы населенных мест, существенно уменьшить поступление СОЗ в окружающую среду.

ВВЕДЕНИЕ

Сточные воды крупных населенных мест имеют сложный состав минеральных и органических загрязняющих веществ. Широкое применение населением препаратов бытовой химии и сбросы предприятий обуславливают содержание в городских сточных водах больших количеств стойких органических соединений: синтетические красители, синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), органические соединения фтора, кремния, хлора, металлоорганические и другие вещества. Значительная часть этих соединений относится к стойким органическим загрязнителям (СОЗ). Содержание красителей и ПАВ в сточных водах, как правило, многократно превышают допустимые нормы этих веществ для сооружений биологической очистки сточных вод и поступают в водные объекты [1].

Например, в процессе биологической очистки сточные воды не могут быть полностью обесцвечены, так как современные красители специально создаются стойкими

к действию внешних факторов. Снижение интенсивности окраски, например, в аэротанках происходит на 30-50%, главным образом за счет сорбции красителей на активном иле. При дальнейших процессах обработки активного ила, красители возвращаются в воду с возвратными потоками. В отличие от синтетических красителей, которые медленно расщепляются в окружающей среде, не оказывая на неё интенсивного воздействия, ПАВ даже в малых количествах приводят к нарушению физико-химических равновесий в почвах, водоемах, биоценозах, строительных конструкциях. ПАВ также не могут быть полностью минерализованы биохимическими методами до концентраций, допускающих их сброс в водоемы [2-4].

Комплексное решение проблемы минимизации вредного воздействия СОЗ на окружающую среду может быть достигнуто уменьшением массы загрязняющих веществ в очищенной воде и в отводимых от очистных сооружений концентратах. Такое решение может быть реализовано путем сочетания разделительных и деструктирующих методов очистки сточных вод и обработки концентратов.

Цель исследований состояла в получении данных для синтеза комплексной технологии очистки сточных вод, содержащих СОЗ с обработкой осадков и шламов, уменьшающей негативное воздействие на окружающую среду.

Задачи исследований включали оценку показателей эффективности одноступенчатых флотационных сооружений, определение способов повышения качества очистки сточных вод по экспериментальным данным, изучение условий электрохимической деструкции органической части флотошлама, определение возможности регенерации раствора коагулянта для возврата в процесс очистки сточных вод, разработку принципиальной схемы комплексного процесса очистки сточных вод и обработки флотошлама.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с задачами, исследования проводились в несколько этапов.

Первый этап включал изучение эффективности очистки вод методами флотации. Исследования проводились на экспериментальной установке, состоящей из двух моделей флотаторов. Первая модель – барботажный флотатор представляла собой флотационную камеру, в которую подавался воздух через пористые элементы. В качестве второй модели флотатора использовалась аналогичная камера, диспергирование газа в которой осуществлялось при электрохимическом разложении воды. Перед второй камерой флотации располагался смеситель для введения коагулянта. После флотаторов вода поступала на зернистый фильтр для окончательной очистки. Флотошлам, отделенный на флотаторах, отбирался в накопительную емкость.

Предполагалось, что результаты экспериментов подтвердят возможность достижение требуемых показателей очищенной воды в одну ступень флотации путем замены флотатора барботажного типа электрохимическим флотатором [5]. Это могло быть полезным для повышения эффективности существующих очистных сооружений промышленных предприятий [6].

Следующий этап исследований посвящен изучению условий электрохимической деструкции органических загрязняющих веществ в составе флотошлама, отделяемого при работе флотаторов. Исследования проводились с целью выбора оптимального анодного материала. Были испытаны аноды из платинированного титана и графита. Изучалась кинетика электрохимической обработки модельных растворов, а также удельный расход электроэнергии на процесс электрохимической деструкции органических веществ. Исследования этого этапа проводились на модельных растворах прямых, дисперсных, кислотных и активных красителей, а также ПАВ анионного и неионогенного типов.

Заключительный этап исследований был направлен на решение задач интенсификации электрохимического метода деструкции загрязняющих веществ с использованием катализаторов и проведение поисковых исследований для разработки высокоэффективного технологического процесса регенерации коагулянта. Поскольку хлор-кислородные соединения оказывают наибольшее деструктирующее действие в условиях электролиза сточных вод, изучалось влияние дозы вводимых хлорид-ионов. Исследования по определению влияния хлоридов на эффект деструкции были проведены на растворах, содержащих 4...15 г/л ионов хлора.

По данным исследователей, наиболее перспективные гомогенные катализаторы в процессах электрохимической деструкции органических веществ, в том числе в сточных водах, - растворимые соли железа [7-9]. Ускорение процессов окисления объясняется образованием в воде реактива Фентона с участием ионов железа, обладающих переменной валентностью [10-12]. Оптимальная доза железосодержащего катализатора устанавливалась путем анализа кривых эффективности электрохимической деструкции ПАВ в растворе флотошлама при продолжительности электролиза до 150 мин.

Эксперименты по электрохимической деструкции флотошлама проводились на опытном электролизере вместимостью 0,015 м³, оснащенного графитовыми анодами с допустимой нагрузкой по току до 100 А. Образцы флотошлама, отбирались из накопительной емкости флотационной установки. Отобранные образцы обрабатывались серной кислотой при интенсивном перемешивании для растворения гидроксидов. Выбор серной кислоты обусловлен применением ее во многих технологических операциях производств. Контроль за процессом подкисления осуществляли потенциометрическим титрованием с использованием рН-метра. Полнота растворения гидроксидов фиксировалась по положению изоэлектрической точки на кривой титрования.

После этого флотошлам помещался в электролизер, где подвергался электрохимической деструкции. Продолжительность обработки флотошлама в электролизере выбиралась таким образом, чтобы концентрация ПАВ в растворе на выходе из электролизера не превышала 100...150 мг/л. Для определения продолжительности обработки шлама и удельного расхода электроэнергии на окисление ПАВ в его составе проведена серия экспериментов со шламами, содержащими от 1 до 5 г/л ПАВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперименты по очистке сточных вод с использованием модели барботажного флотатора подтвердили недостаточную эффективность в области малых и средних концентраций загрязняющих веществ. При этом отмечена высокая скорость их извлечения в начальный период флотации.

Результаты исследований применения электрохимической флотации с предварительным коагулированием показали, что при дозах коагулянта не ниже 30 мг/л по иону металла, достигается существенное снижение показателей загрязненности воды (см. таблицу). Однако качество очищенных вод не удовлетворяет условиям, повторного использования воды в производственных процессах. С целью повышения эффективности очистки сточных вод в области высоких концентраций ПАВ и взвешенных веществ было изучено применение двухступенчатой схемы флотации. В качестве первой ступени очистки воды использовали флотатор барботажного типа, а в качестве второй – электрохимический флотатор. Эксперименты по двухступенчатой схеме флотацией показали, что степень очистки сточных вод существенно увеличивается. Так, эффективность очистки воды по интенсивности окраски она достигает 70%, по взвешенным веществам - 87%, по ПАВ - 85%, по ХПК - 62%.

Применение реагентного коагулирования солями алюминия перед ступенью электрохимической флотации значительно повысило качество очистки сточных вод по органическим и дисперсным загрязняющим веществам (см. таблицу).

Таблица. Средние значения показателей эффективности очистки сточных вод

| Показатели | Поступающая сточная вода | Эффективность очистки воды по процессам, % | | | |
|---|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| | | Барботажная флотация | Двухступенчатая флотация | Двухступенчатая реагентная флотация | Фильтрация после флотации |
| Интенсивность окраски по разбавлению, 1:У | 1:80 | 38 | 70 | 85 | 90 |
| Взвешенные вещества, мг/л | 245 | 60 | 87 | 98 | 99 |
| БПК ₅ , мгО ₂ /л | 384 | 40 | 82 | 85 | 90 |
| ХПК, мгО/л | 800 | 33 | 62 | 80 | 85 |
| ПАВ, мг/л | 25 | 60 | 85 | 95 | 97 |

Процесс очистки производственных сточных вод с использованием двухступенчатой флотации, коагулирования и фильтрования позволяет значительно уменьшить содержание в них взвешенных веществ, красителей и ПАВ. Фильтрование на завершающей стадии очистки сточных вод обеспечивает достаточное качество очищенных вод для возврата в производство.

На этапе исследований электрохимической деструкции загрязняющих веществ экспериментально не выявлено существенных технологических преимуществ анодов из платинированного титана по сравнению с графитовыми. Поэтому в дальнейшем применялись только графитовые аноды как наиболее доступные. В качестве катодного материала использовали легированную сталь или графит.

В процессе изучения электрохимической деструкции флотошлама было экспериментально установлено, что наиболее трудно окисляются прямые красители и неионогенные ПАВ. В связи с этим дальнейшие эксперименты ориентировались на окислении этих компонентов.

В результате исследований установлено, что скорость окисления органических красителей зависит от величины pH. При окислении ПАВ максимальный эффект наблюдался при $\text{pH} \leq 4$, что соответствует наибольшему содержанию в воде хлорноватистой кислоты (НОС1), обладающей высоким окислительно-восстановительным потенциалом.

В результате проведенных исследований было установлено, что степень электрохимической деструкции красителей превышает 90%. При этом расход электроэнергии составляет 10...12 Вт·ч/г окисленных веществ. Эффективность деструкции ПАВ не более 55...65%, при удельных затратах электроэнергии 12...15 Вт·ч/г.

В целом исследования этого этапа подтвердили принципиальную возможность глубокого электрохимического окисления органических компонентов флотошлама [13]. Установлено, что загрязняющими веществами, лимитирующими эффективность электрохимической деструкции, являются ПАВ. Поэтому в дальнейших экспериментах оценка результатов деструкции органических примесей сточных вод осуществлялась по ПАВ.

Решение задач заключительного этапа исследований было направлено на поиск доступных и эффективных гомогенных катализаторов для процесса

электрохимического окисления синтетических красителей и ПАВ в составе флотошлама. В присутствии ионов Fe^{3+} процесс электроокисления ПАВ происходит без дополнительного введения в обрабатываемый раствор ионов Cl^- . Совместное же присутствие катионов железа и хлоридов приводит к глубокому окислению ПАВ, что видно на рисунке 1.

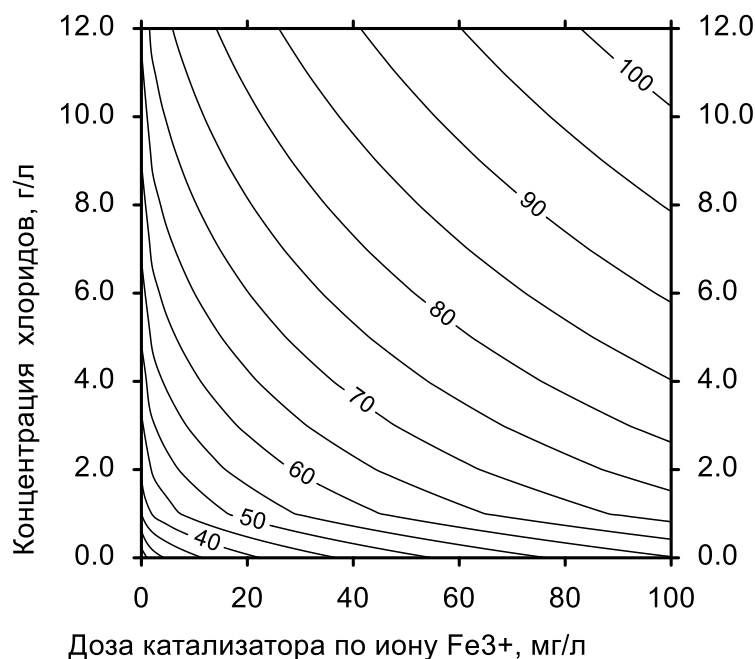


Рис. 1. Поле уровней равной эффективности электрохимической деструкции ПАВ в зависимости от концентрации ионов железа и хлоридов

Установлено, что степень окисления существенно зависит от дозы катализатора. Эффективная доза ионов Fe^{3+} зависит от содержания хлоридов и находится в интервале 60...100 мг/л. Следует отметить, что дальнейшее увеличение дозы ионов железа не ведет к значительному изменению хода процесса электрохимической деструкции. Это имеет важное значение при обработке флотошлама, полученного в процессах очистки сточных вод с использованием солей трехвалентного железа в качестве коагулянта. Количество соединений железа в этом случае будет достаточно для обеспечения каталитического воздействия на окислительные процессы без дополнительной добавки. Результаты исследований показали, что присутствие гомогенного катализатора позволяет значительно снизить расход хлорида натрия при равноэффективном процессе окисления органических загрязнений.

Эффективность электрохимической деструкции поверхностно-активных веществ флотошлама в присутствии солей трехвалентного железа достигает 96%. Удельные затраты электроэнергии на деструкцию стойких органических веществ по химической потребности в кислороде находятся в интервале 5...12 Вт·ч/г.

На основании полученных данных предложен комплексный регенеративно-деструктурирующий процесс очистки сточных вод и обработки флотошлама. Принципиальная схема процесса очистки сточных вод приведена на рисунке 2.

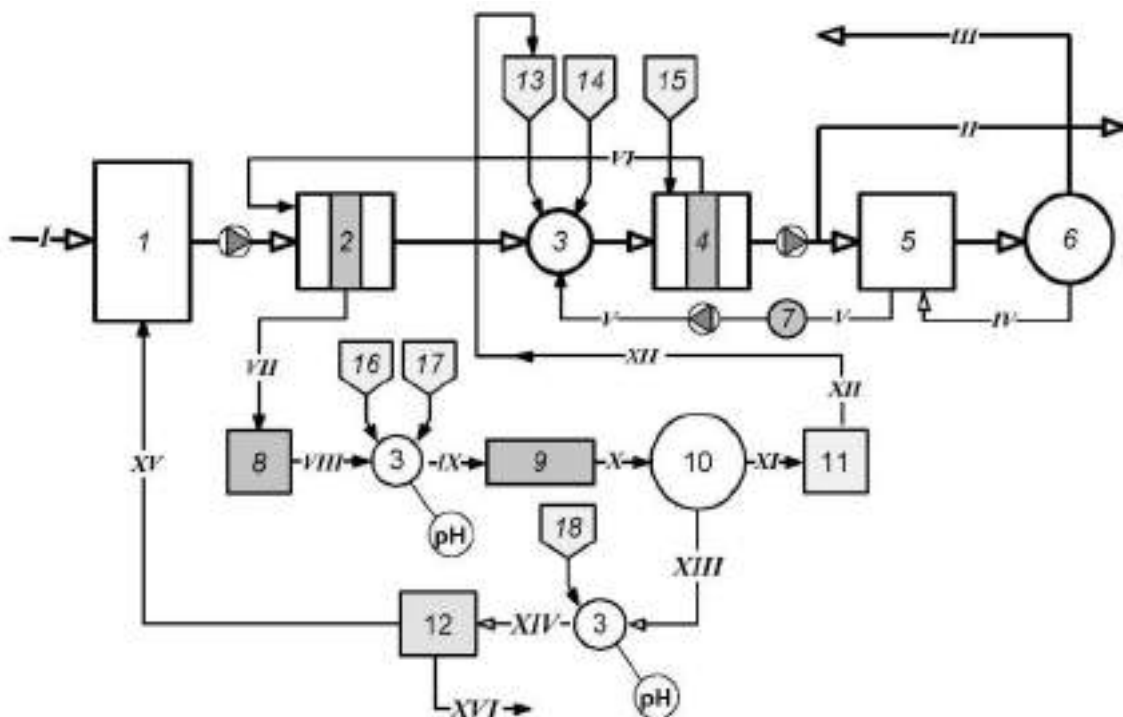


Рис. 2. Принципиальная схема комплексного разделятельно-деструктурирующего процесса очистки сточных вод и обработки флотошлама: 1 – усреднитель; 2 – флотатор первой ступени; 3 – смесители; 4 – электрофлотатор второй ступени; 5 – зернистый фильтр; 6 – резервуар чистой воды; 7 – промежуточная емкость; 8 – накопительная емкость флотошлама; 9 – электродеструктор; 10 – отстойник; 11 – промежуточная емкость; 12 – фильтр-пресс; 13, 14 и 15 – добавка растворов коагулянта, нейтрализатора и полиэлектролита, соответственно; 16 и 17 - добавка растворов кислоты, сульфата железа и хлорида натрия; 18 – добавка сухой извести; I – поступающие сточные воды; II - в коммунальную систему водоотведения; III – в систему технического водоснабжения; IV – на промывку фильтров; V – грязные промывные воды; VI – флотошлам от второй ступени флотации; VII – флотошлам от первой ступени флотации; VIII – флотошлам на обработку; IX – раствор флотошлама в электродеструктор; X – раствор коагулянта после электродеструктора; XI – осветленный раствор коагулянта; XII – раствор коагулянта в процесс очистки воды; XIII – осадок; XIV – влажный осадок; XV - фильтрат от фильтр-пресса; XVI – обезвоженный осадок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение проблемы поступления в окружающую среду стойких органических загрязнителей возможно путем сочетания эффективных процессов очистки сточных вод при одновременном сокращении массы извлекаемых концентратов, вывозимых с территории населенных мест и предприятий. Результаты проведенных исследований показывают перспективность комплексного разделятельно-деструктурирующего процесса очистки сточных вод и обработки образующихся концентратов, основанного на сочетании методов флотационного разделения и фильтрования с электрохимической деструкцией органических загрязнителей. Использование технологий комплексного разделятельно-деструктурирующего процесса позволяет сократить расход реагентов на процессы очистки воды и существенно уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду. Это обусловлено исключением вывоза концентратов, содержащих CO₂, гидроксиды металлов и существенным уменьшением массы вывозимых твердых веществ.

Перспективным развитием этого направления представляется замена реагентного коагулирования на электрохимическое для очистки локальных потоков

сточных вод [14,15]. Электрохимическая обработка сточных вод создает благоприятные условия для последующей биологической очистки воды [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. Schroder, H. Fr. Characterization and Monitoring of Persistent Toxic Organics in the aquatic Environment // Water Resurse, 38, 1998. - pp.151-158.
2. Helenius A., Simons K. Solubilization of membranes by detergents // Biochimica et Biophysica Acta. – 1975. - 415. – p. 29-79.
3. Fu-Liu Xu, S. E. Jorgensen, Yoshihisa Shimizu, E. Silow. Persistent Organic Pollutants in Fresh Water Ecosystems //The Scientific World Journal Vol. 2013. – 2 p.
4. Алексеев Е. В. Экологические аспекты очистки сточных вод, содержащих биологически стойкие органические вещества //Вода и экология: проблемы и решения. – 2015.- №4. – С.68-77.
Алексеев Е.В. О защите водных ресурсов на урбанизируемых территориях. Роль автономных очистных сооружений //Экология урбанизированных территорий №3. 2018. С.54-59.
5. Алексеев Е.В. Очистка сточных вод флотацией. Основы технологии и применение: Монография.- М.: Издательство АСВ, - 2015.-160 с.
6. Butler E.B. Electrochemical /electroflotation process for dye wastewater treatment // Cleveland State University, - 2013.- 463 p.
7. Елизарова Г.Л., Матвиенко Л.Г., Пармон В.Н. Гидроксиды железа новые катализаторы окислительных реакций в водных растворах // Кинетика и катализ, 2000, т. 41, № 6, с. 839-845.
8. Поздеева Н.Н., Денисов Е.Т. Каталитическая и ингибирующая функции ионов железа в цепной реакции окисления акриловой кислоты // Кинетика и катализ, 2011, т. 52, № 1, с. 13-18.
9. Graetzel M. Iron (III) salt-catalyzed oxidation of wastewater. US patent No. 5205940.
10. MacKey A.A., Pignatello J. Application of Fenton-based reactions for treating dye wastewaters: stability of sulfonated azo dyes in the presence of iron (III). Helvetica //Chimica Acta, 84, 9, 2001, 2589-2600.
11. Hayek N.A., Dore M. Oxidation of organic compounds by Fenton's reagent: possibilities and limits // Environmental Technology Letters, 6, 1985, 37-50.
12. Lunar L., Sicilia D., Rubio S., Perez-Bendito D., Nickel U. Degradation of photographic developers by Fenton's reagent: condition optimization and kinetics for metol oxidation // Water Research, 34, 6, 2000, 1791-1802.
13. Barrios J.A., Becerril E., De León C., Barrera-Díaz C., Jiménez B. Electrooxidation treatment for removal of emerging pollutants in wastewater sludge //Fuel, 2015, 149, pp. 26-33.
14. Ajjam, S.K., Ghanim, A.N. Electrocoagulation of Textile Wastewater with Fe Sacrificial Anode. // The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.12, No.2, 2012, pp. 192-201.
15. Chenik H., Elhafdi M., Dassaa A., Essadki A. H., Azzi M. Removal of Real Textile Dyes by Electrocoagulation/Electroflotation in a Pilot External-Loop Airlift Reactor // Journal of Water Resource and Protection, No.5, 2013, pp.1000-1006
16. Vilaseca M., Guti´errez M.C., L´opez-Grimau V., L´opez-Mesas M., Crespi M. Biological treatment of a textile effluent after electrochemical oxidation of reactive dyes // Water Environment Research, - vol. 82, No. 2. 2010, pp. 176–182.

ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ И КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Е. А. Финадеева¹, П. Н. Капитонова²

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

¹asi.oreluniver@mail.ru

Аннотация

В настоящей работе предложены показатели, которые могут быть включены в мониторинг безопасности и комфортности городской среды с позиций оценки условий для удовлетворения рациональных потребностей человека и развития его потенциала. Показатели структурированы и распределены по смысловым группам и уровням. В их основу заложены предложения РААСН о преобразовании городов в биосферосовместимые и развивающие человека. В качестве исходной информации для расчетов предлагается использовать статистическую информацию, результаты оценки генпланов, данные о городском микроклимате, объемах загрязняющих веществ и др. Часть параметров в таком анализе характеризует время для удовлетворения рациональных потребностей человека, определяемое уровнем развития инфраструктуры города. Отдельная группа показателей отражает экологическую безопасность и комфорт открытых городских пространств и пешеходных коммуникаций. На примере Орловской области выполнен расчет некоторых показателей и их анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Создание безопасной и комфортной среды, развивающей человека, является приоритетной задачей градостроительной деятельности. При этом для количественной оценки состояния урбанизированных территорий целесообразным явится проведение соответствующего мониторинга по определенному набору показателей. Таким образом, актуальной представляется проблема определения показателей городской среды, т.к. планированию и детальной разработке направлений по повышению комфортности среды проживания, корректировке программ развития урбанизированных территорий должен предшествовать этап подбора и обоснования показателей, которые влияют на достижение положительного баланса результатов антропогенной деятельности и повышения потенциала жизни человека на данных территориях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За основу при проведении мониторинга безопасности и комфортности урбанизированных территорий предлагается принять группы показателей различных уровней, с помощью которых также можно прямо или косвенно оценить возможности, предоставляемые городом для удовлетворения рациональных потребностей и развития человека.

Так, в качестве *показателей первой группы* предлагается использовать основные социально-экономические параметры, оцениваемые на межрегиональном уровне. В частности, на этом уровне можно оценить:

- численность населения на рассматриваемой территории,
- среднюю продолжительность жизни,
- детскую смертность в возрасте до 1 года,
- уровень заболеваемости,
- прирост населения,
- уровень благополучия людей,
- средний доход на душу населения,
- получение образования.

Анализ по таким показателям позволит составить общий предварительный вывод о положительной или отрицательной динамике социально-экономического развития регионов, выполнить сопоставление между регионами и т.д. Состав показателей может быть дополнен или уточнен.

В показатели второй группы предлагается включить уровни реализации функций города, определенных в рамках концепции биосферосовместимых городов и поселений [1]. Считаем, что через выполнение городом данных функций обеспечивается удовлетворение рациональных потребностей человека и – соответственно – развитие человеческого потенциала. Предложенная академиком В.А. Ильичевым классификация функций города позволяет сделать их измеримыми: жизнеобеспечение (функция 1), развлечения и отдых (функция 2), власть (функция 3), милосердие (функция 4), знания (функция 5), творчество (функция 6) и связь с природой (функция 7) [1-3]. Количественную оценку качества среды биосферосовместимых городов в части реализуемости функций города для удовлетворения рациональных потребностей человека можно осуществить с помощью интегрального показателя ξ [3, 4].

При этом определение уровней реализуемости таких функций может быть выполнено как на региональном уровне, так и на уровне отдельных территорий и объектов [5].

Уровень 1. Исследование реализуемости функций города на региональном уровне подразумевает принятие в качестве исходной информации статистических данных для субъектов. В этом случае расчет производят для группы регионов, в качестве критериальных параметров принимаются установленные нормативные значения или – в случае отсутствия таковых – минимальные и максимальные значения, характерные для рассматриваемого округа или региона. При этом предложенные функции биосферосовместимого поселения структурируются в соответствии с их задачами и наличием актуальной статистической информации [3].

В рамках мониторинга на этом уровне суть расчета показателя ξ сводится к определению степени реализации элементов характеристических показателей рассматриваемых функций города путем сравнения их фактической реализуемости $\alpha_{ij,t}$ с выбранными критериальными параметрами $\beta_{ij,t}^{\max}$, $\beta_{ij,t}^{\min}$, соответствующими максимальной и минимальной степеням реализации [3]:

$$k_{ij,t} = \frac{\alpha_{ij,t} - \beta_{ij,t}^{\min}}{\beta_{ij,t}^{\max} - \beta_{ij,t}^{\min}}, \quad (1)$$

Если каждая i -тая функция города ($i=1..7$) оценивается m числом составляющих, каждая из которой характеризуется p числом показателей, то:

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \sum_{t=1}^{t=p} k_{ij,t}}{p} / m. \quad (2)$$

Уровень 2. На уровне планировочных районов возможно выполнение более детального анализа реализуемости функций города с помощью показателей:

- функциональной наполненности территории;
- качества жилья;
- индекса развития инфраструктуры, определенного на основании данных о количестве и качестве транспортной, энергетической, социальной, коммунальной и телекоммуникационной инфраструктуры;
- транспортной доступности общегородского центра, мест приложения труда, а также показателей развития общественного транспорта (количество единиц транспорта,

периодичности его движения, пешеходной доступности остановок общественного транспорта, загруженности главных отрезков улично-дорожной сети и др.);

- безопасности и комфорта открытых пространств и пешеходных коммуникаций (протяженности пешеходного пути, проходящего по оживленным внутриквартальным проездам; обособленности пути передвижения и его удаленности от мест с большим скоплением людей; нелинейности пешеходной связи, наличием зон отдыха и расстояниями между ними; степени озеленения пути движения и др.);

- доступности объектов повседневного обслуживания.

Последний показатель в соответствии с положениями концепции биосферной совместимости предлагается оценивать временем, необходимым для удовлетворения рациональных потребностей человека [6], что позволит учесть интересы инвалидов, людей пожилого возраста, беременных женщин и детей.

В такой постановке уровень реализации i -той функции города определяется путем оценки *территориально-персональной доступности* (ξ_i) и является мерой оценки времени предоставления услуги для различных групп ее пользователей с учетом удаленности проживания и численности обслуживаемого населения [7]. Также следует определить *персональную доступность*, отражающую определение доли населения, имеющего возможность получения услуг и посещения объектов. Исходной информацией здесь будет служить вместимость, мощность объекта, расчетное число посещений в единицу времени и др., а также радиус доступности и численность населения в пределах этого радиуса.

К **показателям третьей группы** предлагается отнести показатели экологической безопасности и экологического комфорта [8] открытых городских пространств и пешеходных коммуникаций:

- температурный комфорт, определяемый с помощью адаптированных для условий открытых городских пространств биоклиматических индексов [9-14];

- уровень акустического загрязнения и вибраций;

- показатели ингредиентного загрязнения воздуха, почв и воды;

- время инсоляции;

- естественная и искусственная освещенность;

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определим значения *показателей первой группы* для Орловской области по состоянию на 2011 и 2019 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Некоторые показатели, отражающие социально-экономическое положение жителей Орловской области [15]

| № | Показатель | 2011 г. | 2019 г. |
|---|--|---------------|---------------|
| 1 | Численность населения | 786 тыс. чел. | 734 тыс. чел. |
| 2 | Смертность на 1000 чел. населения | 16,3 | 15,3 |
| 3 | Соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов) | 512 | 699 |
| 4 | Численность занятых, приходящихся на одного пенсионера | 1,31 | 1,11 |
| 5 | Заболеваемость на 1000 чел. населения | 891,2 | 1018,9 |
| 6 | Прирост населения за год | - 0,5% | -0,8% |

Население Орловской области продолжает сокращаться. Так, в 2015 году индекс долголетия составил 0,756, что почти на 2% является ниже среднероссийского показателя. Как и во многих других регионах, отмечается «старение» населения: сокращение числа работоспособных граждан и увеличение лиц пенсионного возраста. Наблюдается и повышение заболеваемости населения.

На примере Орловской области также выполнен расчет по первому уровню второй группы показателей реализуемости (по состоянию на 2019 год). Основные оценочные показатели каждой функции для их анализа на рассматриваемом уровне приведены в таблице 2.

Таблица 2. Структура оценочных показателей функций поселений

| | | | |
|---|--|--|--------------------------------------|
| <i>(i=1)</i> «Жизнеобеспечение» | <i>(i=2)</i> «Развлечение и отдых» | <i>(i=3)</i> «Власть» | |
| $m_1=6, p_1=3$ | $m_2=3, p_2=3$ | $m_3=6, p_3=3$ | |
| $j_1=1$: Жилье (H) $j_1=2$: Питание (F) $j_1=3$: Работа (W) $j_1=4$: Здравоохранение (M) $j_1=5$: Транспорт (T) $j_1=6$: Связь (C) | $j_2=1$: Посещение культурных объектов и мероприятий (Cu) $j_2=2$: Здоровье и спорт (H) $j_2=3$: Телевидение и радиовещание (T) | $j_3=1$: Безопасность (S) $j_3=2$: Социальные гарантии (SG) $j_3=3$: Цены и тарифы (P) $j_3=4$: Свобода предпринимательской деятельности (B) $j_3=5$: Финансовые обязательства (F) $j_3=6$: Строительство (C) | |
| <i>(i=4)</i> «Милосердие» | | | |
| $m_4=1, p_4=3$ | | | |
| $j_4=1$: Устройство детей и подростков, оставшихся без попечения родителей (O) | | | |
| <i>(i=5)</i> «Знания» | | <i>(i=6)</i> «Творчество» | <i>(i=7)</i> «Связь с природой» |
| $m_5=5, p_5=3$ | | $m_6=3, p_6=3$ | $m_7=7, p_7=3$ |
| $j_5=1$: Дошкольные образовательные учреждения (I) $j_5=2$: Общеобразовательные учреждения (Sch) $j_5=3$: Среднее профессиональное образование (C) | $j_5=4$: Высшее профессиональное образование (U) $j_5=5$: Послевузовское образование (P) | $j_6=1$: Наука и творчество (Sc) $j_6=2$: Передовые технологии (T) $j_6=3$: Инновации (In) | $j_7=1$: Рекреации, зоны отдыха (G) |

Для анализа динамики изменения определенных значений выполнено сравнение с аналогичными показателями, расчет которых приведен в работе [3] для 2011 года. Результаты сравнения представлены в виде таблицы 3.

Таблица 3. Показатели уровня реализации функций города для Орловской области

| Год | ξ_1 | ξ_2 | ξ_3 | ξ_4 | ξ_5 | ξ_6 | ξ_7 | ξ |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| 2011 | 0,61 | 0,62 | 0,38 | 0,39 | 0,62 | 0,54 | 0,45 | 0,51 |
| 2019 | 0,72 | 0,48 | 0,27 | 0,54 | 0,67 | 0,64 | 0,47 | 0,54 |

На основе анализа данных таблицы 3 в разрезе показателей, принятых в расчете, можно сделать вывод о сокращении в 2019 г. безработицы и времени поиска работы, а также об уменьшении количества граждан с доходами ниже прожиточного минимума в Орловской области. Показатели категории «Транспорт» указывают увеличение количества автомобилей и автобусов. В то же время, наблюдается существенное снижение посещаемости театров и музеев, что связано в первую очередь с неблагоприятной эпидемиологической ситуацией, сложившейся в мире в последние годы. Отмечается инновационный рост предприятий и увеличение числа используемых передовых технологий. Следует отметить повышение качества окружающей среды, в частности, произошло сокращение количества экологических преступлений и числа проб воды, не соответствующих гигиеническим нормам. Наблюдается повышение уровня реализации функции «Знания» за счет роста учащихся во всех типах учреждений.

Результаты расчетов на этом уровне позволили определить интегральные значения реализуемости всех рассматриваемых функций города в первом приближении, оценить их в динамике, обозначить проблемные направления, дальнейший их анализ явится обоснованием гипотез для объяснения причин обозначенных изменений.

ВЫВОДЫ

Предложенные в работе группы некоторых показателей безопасности и комфортности городской среды будут полезны при проведении соответствующих мониторингов и позволят выполнить количественную оценку состояния урбанизированных территорий. Такая оценка явится одним из этапов комплексного анализа генпланов городов и микрорайонов. Результаты численных и мониторинговых изысканий, проводимых в развитие настоящего исследования, могут быть применимы для определения соответствующих критериев качества пространственной среды и использованы в оценке организации городской территории с позиций повышения уровня человеческого потенциала для каждой группы населения, выделяемой по физическим, социальным, экономическим и другим признакам.

На следующем этапе исследования планируется уточнение представленных показателей, разработка и апробация методик их расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильичев, В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека [Текст]. — М.: ЛИБРОКОМ, 2011. — 240 с.
2. Ильичев, В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека [Текст] / В.А. Ильичев, С.Г. Емельянов, В.И. Колчунов [и др.]. — М.: АСВ, 2015. — 184 с.
3. Методика расчета показателя уровня реализации функций биосферосовместимого поселения для удовлетворения рациональных потребностей человека [Текст] / Ильичев В.А., Колчунов В.И., Скобелева Е.А., Клюева Н.В. // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии.- Курск: ЮЗГУ, 2013. — № 2. — С. 40-45
4. Ильичев, В.А. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции концепции биосферной совместимости [Текст] / Ильичев В.А., Колчунов В.И. [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 74-80.
5. Бакаева, Н.В. Критерий экологической безопасности автотранспортной инфраструктуры городского хозяйства на основе биосферосовместимых технологий [Текст] / Н.В. Бакаева, И.В. Шишкина // Строительство. Реконструкция, 2013. — № 1/(45). — С. 37-47
6. Ильичев, В.А. Предложения к проекту доктрины градостроительства и расселения (стратегического планирования городов – city-planning) [Текст] / Ильичев В.А., Каримов А.М., Колчунов В.И., Алексашина В.В., Бакаева Н.В., Кобелева С.А. // Жилищное строительство. 2012. № 1. С. 2-11.
7. Пилипенко, О.В. К оценке безопасности и комфортности пространственной среды жилых микрорайонов биосферосовместимых городов с позиций повышения человеческого потенциала [Текст] / О.В. Пилипенко, Е.А. Скобелева // Экология урбанизированных территорий. — 2016. — № 1. — С. 73-80.
8. Кузьмин А.В., Юсин Г.С. Качество жизни и качество пространственной среды – социальные стандарты и нормативы в градостроительстве, архитектуре, строительстве // Градостроительство 2011. № 4 (14) . С. 17—19.
9. Скобелева Е.А. Анализ предложений к оценке микроклимата экологически безопасной и комфортной городской среды // Строительство и реконструкция. — 2015. — №4. — С. 131-140
10. Matzarakis A, and H. Mayer. 1996. "Another kind of environmental stress: thermal stress." In Newletters WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control 18: 7-10.
11. Pearlmutter, D. Watts in a comfort index: Evaluating pedestrian energy exchange and thermal stress in urban environments. ICUC9 - 9 th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. (2015). 15 June 2015.
12. Gómez F. et. al. Green Areas, The Most Significant Indicator of the Sustainability of Cities: Research of Their Utility for Urban Planning. Journal of Urban Planning and Development. 2011. September. 311-328.
13. Ketterer C. and A. Matzarakis. Human-biometeorological assessment of heat stress reduction by replanning measures in Stuttgart, Germany. Landscape and Urban Planning 2014. 122:78–88.
14. Huttner, S. and Bruse, M. Numerical modeling of the urban climate – a preview on ENVI-MET 4.0. The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.
15. Электронный ресурс: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения – 15.10.2021 г.)

Секция 5. Безопасность зданий и сооружений

СПЕЦИФИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

В. И. Римшин¹, П. С. Трунгов¹, Е. С. Кецко², И. С. Кузина¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²Научно-исследовательский институт строительной физики, 127238, Россия, Москва, Локомотивный проезд, 21,

¹v.rimshin@niisf.ru, pavel_truntov@mail.ru

²kkuzzina@mail.ru

Аннотация

На промышленных предприятиях производят, принимают, перерабатывают и поставляют опасные объекты. Для того, чтобы предотвратить аварийные ситуации на таком объекте и во избежание вреда для окружающего мира необходимо особое отношение и соблюдение техники безопасности сотрудников как во время эксплуатации, так и в процессе работ по техническому обследованию зданий и сооружений на объекте. Настоящая статья выполнена по результатам проведения обследования технического состояния строительных конструкций здания на опасном производственном объекте в соответствии с методическими указаниями по техническому обследованию зданий, с учетом нормативных положений СП 13-102-2003, ГОСТ 31937-2011, СП 70.13330.2012, СП 63.13330.2012. Целью данной работы являлось получение сведений о состоянии несущих и ограждающих строительных конструкций здания, выявление и фиксация существующих дефектов для оценки их возможного влияния на строительные конструкции в процессе дальнейшей эксплуатации здания на опасном производственном объекте – городские очистные сооружения. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: изучение нормативно-технической литературы с положениями о промышленной безопасности опасных производственных объектов, разработка плана проведения обследования с учётом требований безопасного проведения работ, определение рациональных способов комплексного инженерного обследования здания, подбор соответствующей технологии производства работ по обследованию, проведение полного визуального обследования строительных конструкций с целью выявления дефектов и повреждений, фотофиксация дефектов и повреждений конструкций, обнаруженных в результате обследования, определение прочностных характеристик материалов конструкций, камеральная обработка результатов обследовательских и конструкторских работ, составление рекомендаций по восстановлению работоспособного технического состояния для возможной дальнейшей эксплуатации несущих конструкций здания. В данной работе проанализированы распространенные дефекты и повреждения производственных зданий, а также причины возникновения таких дефектов с целью обеспечения безопасности людей, находящимся и работающим на опасных производственных объектах.

ВВЕДЕНИЕ

Опасный производственный объект — это учреждение, предприятие и другие объекты, на которых происходит прием, переработка и транспортировка опасных веществ. К ним относят легковоспламеняющиеся, горючие, токсичные, ядовитые вещества. Они подразделяются по классам, от наименее к наиболее опасным согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1-2].

Обследование технического состояния конструкций здания многоцелевого назначения выполнено на территории очистных сооружений, являющихся опасным производственным объектом. Здание нежилое, эксплуатируемое, состоящее из нескольких блоков: гараж, помещение воздуходувной станции, трансформаторные, помещение пресса и помещение бункера (рисунки 1-3). Возведено по индивидуальному проекту в 1998 году. Срок эксплуатации более 20 лет. Степень огнестойкости помещений – II, категория пожарной опасности – Д.



Рисунок 1. Фрагмент общего вида фасадов здания



Рисунок 2. Общий вид помещения бункера



Рисунок 3. Общий вид помещения воздуходувной станции

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Целью данной работы являлось получение сведений о состоянии несущих и ограждающих строительных конструкций здания, выявление и фиксация существующих дефектов для оценки их возможного влияния на строительные конструкции в процессе дальнейшей эксплуатации здания на опасном производственном объекте – городские очистные сооружения. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: изучение нормативно-технической литературы с положениями о промышленной безопасности

опасных производственных объектов, разработка плана проведения обследования с учётом требований безопасного проведения работ, определение рациональных способов комплексного инженерного обследования здания, подбор соответствующей технологии производства работ по обследованию, проведение полного визуального обследования строительных конструкций с целью выявления дефектов и повреждений, фотофиксация дефектов и повреждений конструкций, обнаруженных в результате обследования, определение прочностных характеристик материалов конструкций, камеральная обработка результатов обследовательских и конструкторских работ, составление рекомендаций по восстановлению работоспособного технического состояния для возможной дальнейшей эксплуатации несущих конструкций здания. В данной работе проанализированы распространённые дефекты и повреждения производственных зданий, а также причины возникновения таких дефектов с целью обеспечения безопасности людей, находящимся и работающим на опасных производственных объектах.

Перед проведением работ по техническому обследованию конструкций зданий и сооружений на опасных производственных объектов выполняется план безопасного проведения работ как с остановкой эксплуатации на время, так и без прекращения эксплуатации целого здания или отдельных его участков. В плане проведения обследования требуется предусмотреть мероприятия, которые исключают вероятность обрушения конструкций, поражения людей газом, током, паром, огнем и так далее. Инженерно-технический персонал при проведении работ по обследованию обязан соблюдать требования СНиП 12-03-2001 и СНиП 12-04-2002 по технике безопасности и безопасности труда в строительстве, а также пройти вводный инструктаж в соответствии с ГОСТ 12.0.004 в отделе охраны труда предприятия. Инструктаж проводится уполномоченным лицом и фиксируется в специальном журнале. Имеющиеся в здании мостовые и подвесные краны, переходные площадки и галереи, технологическое оборудование, лестницы, настилы, леса, подмости, стремянки возможно использовать для обеспечения непосредственного доступа к конструкциям. Сотрудники, выполняющие техническое обследование здания, должны использовать необходимые защитные приспособления и спецодежду, а именно: защитные каски, страховочные пояса, защиту глаз и дыхательных путей, маски, очки, респираторы, противогазы, кислородные изолирующие приборы и так далее. Работы по обследованию на высоте более 3 м проводятся с подмостей или при невозможности их применения с предохранительных приспособлений (натянутые стальные канаты, страховочные сетки и т.д.) и монтажных поясов. В начале работ по обследованию требуется проводить проверку вспомогательных и страховочных средств: лесов, люлек, ограждений, подмостей, лестниц. В случае их неисправности допуск к ним запрещается до проведения работ по их ремонту и восстановлению [3-6].

Рассматриваемый объект имеет один этаж без подвала. Отметка полов в здании принята 0.000 м, что соответствует абсолютной отметке +168.900 м. В помещениях сети низкого и среднего напряжения (в осях 4-5/В-Г) отметка полов находится на уровне -0.610 м. Высота потолков в осях 1-3/В-Г составляет 5.68 м до перекрытия (5.6 м до подшивного потолка) от уровня пола 1-го этажа. Высота потолков в осях 4-5/В-Г составляет 5.98 м до подшивного потолка (от уровня фальшполов на отметке 0.000 м). Высота потолков в осях 5-6/В-Г составляет 7.52 м до подшивного потолка, в осях 5-6/А-В высота потолков до нижнего пояса ферм 4.98 м.

Фундаменты здания монолитные железобетонные ленточные шириной 300-500 мм, на которые выполнено опирание внутренних и наружных несущих стен здания и облицовочной кладки из керамического щелевого кирпича. Глубина заложения фундаментов находится на отметке -1.800 м. Фундаменты под оборудование в осях 2-3/В-Г (помещение воздуходувной станции) выполнены по монолитной железобетонной плите пола 1-го этажа. Фундаменты железобетонные, высотой 0.21-0.24 м. При проведенном

обследовании фундаментов дефектов, снижающих несущую способность, обнаружено не было.

Наружные стены здания надземной части трехслойные, толщиной 0.53-0.57 м с учетом отделочных слоев: внутренняя часть стены - монолитный железобетон 270-300 мм, утеплитель из минераловатных плит 160-190 мм, керамический облицовочный пустотелый кирпич 120 мм. Фасады здания выполнены из керамического облицовочного кирпича толщиной 120 мм на цементно-песчаном растворе с расшивкой швов. Тип кладки однорядная ложковая. Перемычки оконных и дверных проемов кирпичные, бетонные и рядовые. Цоколь здания выполнен из керамического пустотелого кирпича на цементно-песчаном растворе и облицован керамической плиткой на высоту 0.86 м. Отмостка вокруг здания асфальтобетонная на щебеночном основании и из брусчатки. Вдоль осей Г/1-5 и 1/В-Г устройство отмостки не выполнено. Состояние неудовлетворительное. Двери в здании выполнены пластиковые, ворота металлические. Окна в здании пластиковые. Внутренние стены монолитные железобетонные толщиной 250÷300 мм. Перегородки кирпичные толщиной 250 мм. В результате обследования были выявлены следующие дефекты и повреждения наружных и внутренних стен: по облицовочному кирпичу фасадов отдельные трещины шириной раскрытия до 2 мм; вертикальные трещины шириной раскрытия до 5 мм в осях В/3; Г/4; трещины в углах оконных проемов и в местах крепления оборудования на фасадах, локальные трещины высотой распространения на 1-3 ряда; разрушение поверхности облицовочного кирпича в углах здания и над дверными проемами и отслоение лещадок в отдельных местах, на фасадах здания отмечены неровности, в отдельных местах - выпучивание облицовочной кладки; следы намокания и выветривания кладки, участки повреждения керамической плитки цокольной части здания (волосяные трещины, сколы). Внутри здания волосяные трещины по отделочным слоям стен; трещины над оконными и дверными перемычками; повреждение лакокрасочных покрытий (шелушение, растрескивание, отслаивание). Вертикальные трещины по облицовочной кладке из керамического кирпича и деформации кладки образовались в результате неудовлетворительного состояния креплений из стержневой арматуры к железобетонным стенам, а в отдельных местах – из-за недостаточного опирания кладки цоколя на фундаменты из монолитного железобетона. В соответствии с ГОСТ 31937-2011 установлено, что монолитные железобетонные стены здания находятся в работоспособном состоянии; кладка фасадов из облицовочного кирпича на отдельных участках находится в ограниченно - работоспособном состоянии; кирпичная кладка перегородок здания находятся в работоспособном состоянии.

Здание выполнено по бескаркасной схеме с монолитными железобетонными стенами с покрытием в осях 4-6/А-Г из металлических ферм и в осях 1-3/В-Г из деревянных стропил. Перекрытие и покрытие в осях 1-3/В-Г на отметке 5.680 м перекрытие монолитное железобетонное толщиной $h=120$ мм. В осях 4-5/В-Г на отм. 5.980 м перекрытием служит подшивной потолок из гипсокартонного листа по деревянным балкам, над отдельными помещениями перекрытие монолитное железобетонное толщиной $h=250$ мм. Отметка монолитной плиты перекрытия составляет 3.500 м. В осях 5-6/А-Г на отметке 4.900 м и 7.500 м перекрытием служит подшивной потолок по деревянным балкам, опирающихся на нижние пояса металлических ферм покрытия. В осях 1-3/В-Г покрытием здания служат наслонные деревянные стропила (брус 140x140-195(h)мм), опирающиеся на монолитные железобетонные стены чердака. Шаг стропил 0.9-1.0 м. В осях 4-6/А-Г покрытием служат металлические треугольные фермы из прокатной стали, установленные с шагом 5 м. Длина пролета ферм в осях 4-6/В-Г составляет 11.3÷11.4 м; длина пролета ферм в осях 5-6/А-Б составляет 8.4 м. По верхнему поясу ферм выполнены прогоны (швеллер №20 по ГОСТ 8240-89) и горизонтальные связи (уголок №50x5 мм по ГОСТ 8509-93). Все монтажные соединения конструкций выполнены на сварке (по проекту – на болтах М12, М16, кроме оговоренных в узлах). Напольными покрытиями помещений здания служат в осях 1-2/В-Г

железобетонная стяжка; в осях 2-3/В-Г и 5-6/А-Г керамическая плитка; в осях 4-5/В-Г фальшполы. В здании в осях 5-6/В-Г на отметке +3.000 м для обслуживания оборудования фильтр-пресса выполнена площадка из прокатной стали, пол площадки - из металлического просечного листа. Стойки и балки площадки выполнены из двутавров №30К2, №20К2, №16 (по ГОСТ 8239-89 и СТО АСЧМ 20-93). В результате обследования полов, перекрытия и покрытия были выявлены следующие дефекты и повреждения: поверхностная коррозия металлических ферм, прогонов и связей покрытия; следы протечек по отдельным деревянным стропилам; продольные усушечные трещины в деревянных стропилах и балках подшивного потолка; в осях 5-6/А-Б отмечены следы намокания и гниения досок обрешетки; следы протечек по обрешетке в осях 1-3/В-Г; отсутствие обработки деревянных элементов покрытия антисептиками и антипиренами; сколы, истирания и разрушения отдельных керамических плиток полов; масляные пятна и следы воздействия агрессивных жидкостей на поверхности полов; трещины по монолитной железобетонной стяжке полов 1-го этажа; поверхностная коррозия стоек, площадок и плит фальшполов; поверхностная коррозия металлических элементов площадки обслуживания. Следы протечек и намокания свидетельствуют о нарушении гидроизоляции покрытия кровли. Причиной коррозии металлических элементов может являться отсутствие обработки антикоррозионными составами данных элементов либо исчерпание защитной функции антикоррозионного покрытия. В соответствии с ГОСТ 31937-2011 установлено, что перекрытия и покрытие находятся в работоспособном состоянии [7-14].

Кровля в здании скатная, фальцевая, утепленная. Водосток наружный организованный. В результате обследования кровли были выявлены следующие дефекты и повреждения: отсутствие ограждения кровли; деформации и повреждения элементов наружного водостока (желобов, водосточных труб, сливов), особенно в местах замены оцинкованных сливов и колен на трубы ПВХ. Кровля здания находится в удовлетворительном состоянии.

Определение прочности кирпича и раствора, а также бетона выполнено с целью выявления ее фактической величины. Прочность определялась с помощью неразрушающего ударно-импульсного метода прибором «Beton PRO Condrol» в соответствии с ГОСТ 22690-2015 и ГОСТ 18105-2010. Прочность материалов конструкций определялась в местах доступных для обследования с использованием универсальной градуировочной зависимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, на основании выполненной аналитической работы по анализу действительного технического состояния исследуемых строительных конструкций заключаем, что техническое состояние обследуемого здания многоцелевого назначения оценивается как работоспособное в соответствии с ГОСТ 31937-2011. Исключение составляют участки облицовочной кладки фасадов с местами повреждения трещинами, выпучиванием и другими дефектами - состояние оценивается как ограниченно-работоспособное. Для приведения данных участков конструкций из ограниченно-работоспособного состояния в работоспособное рекомендуется выполнить перечень мероприятий, указанный в рекомендациях.

На основании полученных результатов обследования для возможной дальнейшей эксплуатации несущих конструкций здания рекомендуется выполнить следующие мероприятия. Отремонтировать отмостку, обеспечив уклон не менее 5%, выполнить отмостку вдоль осей 1 и Г. Выполнить усиление крепления облицовочной кладки фасадов к внутреннему слою стены из железобетона здания по специально разработанному проекту. Выполнить ремонт / усиление опирания (обеспечить опирание кирпичной кладки по всей ее поверхности) облицовочной кирпичной кладки на фундаменты здания с заполнением пустот в кирпичной кладке нижних рядов (на высоту 400-500 мм от уровня

земли) раствором на цементной основе с повышенными гидроизоляционными свойствами путем инъектирования (свес нижнего ряда кладки лицевого слоя с опорной конструкцией не должен превышать 15 мм в соответствии с СП 70.13330.2012). Выполнить ремонт наружного водостока с заменой элементов из ПВХ на оцинкованную сталь. Выполнить усиление перемычек над оконными и дверными проемами с трещинами по облицовочной кладке фасадов, образовавшимся в местах их прогибов. Не допускать крепление оборудования к облицовочной кладке стен, крепление выполнять по специально разработанному проекту. Выполнить ограждение на кровле здания. Выполнить ремонт поврежденных отделочных слоев. Выполнить ремонт напольного покрытия в местах его повреждений. Поврежденные элементы коррозией металлической площадки под оборудование фильтр-пресса и ферм покрытия необходимо зачистить от продуктов коррозии механически или вручную, очистить поверхность от пыли и грязи, обработать конструкцию антикоррозионным составом с последующей окраской. Своевременно проводить планово-предупредительные ремонты здания. Контроль выполнения рекомендаций настоящего заключения должен осуществляться лицом, ответственным за эксплуатацию здания, назначенным приказом по организации. Работы по ремонту, замене и усилению выполнять по специально разработанному проекту специализируемой организацией. Перевод категории технического состояния поврежденных элементов из ограниченно-работоспособного в работоспособное, возможен после проведения комплекса восстановительно-ремонтных мероприятий по специально разработанному проекту специализируемой организацией по вышеизложенным рекомендациям или другими способами на усмотрение специализируемой организации. Все ремонтно-строительные работы выполнять с соблюдением мер по технике безопасности в соответствии с требованиями СП 49.13330.2010, СНиП 12-04-2002, а также с соблюдением соответствующих норм и технологий.

Результаты определения прочности конструкционных материалов. Кладка фасадов стен здания выполнена из керамического пустотелого облицовочного кирпича на цементно-песчаном растворе [15-16]. В результате определения прочности кирпича и раствора кладки установлено следующее. Прочность кирпича кладки на сжатие соответствует марке М100. Прочность цементно-песчаного раствора кладки стен на сжатие соответствует марке М50. Расчётное сопротивление сжатию кладки в соответствии с п.3.1 т.2 СП 15.13330.2010 - $R_{кл.сж.} = 1,5 \text{ МПа} (15 \text{ кг/см}^2)$. Результат испытания прочности приведён в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний прочности конструкций неразрушающим экспресс – методом

| № п/п | Наименование конструкций | Среднее значение прочности на участке $R_{cp}(\text{кг/см}^2)$ | Марка кирпича | Характеристика материала |
|-------|--------------------------------------|--|---------------|---|
| 1 | Кирпичная кладка в уровне 1-го этажа | 105 | М100 | Керамический облицовочный пустотелый кирпич |
| 2 | | 99 | М100 | |
| 3 | | 95 | М100 | |
| 4 | | 99 | М100 | |
| 5 | | 105 | М100 | |
| 6 | | 110 | М100 | |
| 7 | | 102 | М100 | |
| 8 | | 99 | М100 | |
| 9 | | 52 | М50 | Цементно-песчаный раствор |
| 10 | | 46 | М50 | |
| 11 | | 57 | М50 | |
| 12 | | 54 | М50 | |

ВЫВОДЫ

В работе были приведены результаты технического обследования многоцелевого здания на очистных сооружениях производственных и городских стоков с учётом особенностей и требований к работам на опасном производственном объекте. В соответствии с планом обследования были проанализированы условия эксплуатации здания, выполнена оценка

технического состояния конструкций здания, а также даны рекомендации по устранению выявленных дефектов и повреждений, приведению несущих конструкций в работоспособное техническое состояние, проанализированы распространенные дефекты и повреждения производственных зданий, а также причины возникновения таких дефектов с целью обеспечения безопасности людей, находящимся и работающим на опасных производственных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Donchenko O.M., Suleymanova L.A., Rimshin V.I., Ryabchevskiy I.S. Tensile deformations of "mild" reinforcing steels for reinforced concrete structures Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 147. С. 302-308.
2. Merkulov S., Rimshin V., Akimov E., Kurbatov V., Roschina S. Regulatory support for the use of composite rod reinforcement in concrete structures В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering, MPCPE 2020" 2020. С. 012022.
3. Varlamov A., Kostyuchenko Y., Rimshin V., Kurbatov V. Diagrams of concrete behavior over time В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering, MPCPE 2020" 2020. С. 012085.
4. Varlamov A., Shafranovskaya T., Rimshin V., Kurbatov V. The two-factor destructions model of the composite В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering, MPCPE 2020" 2020. С. 012086.
5. Merkulov S.I., Esipov S.M., Esipova D.V. Computer simulation of bent reinforced concrete elements with external composite reinforcement Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 151. С. 153-159.
6. Меркулов С.И. Конструктивная безопасность и прогрессирующие разрушения эксплуатируемых зданий В сборнике: Безопасность строительного фонда России проблемы и решения. материалы Международных академических чтений. 2019. С. 89-96.
7. Rimshin V.I., Labudin B.V., Melekhov V.I., Orlov A., Kurbatov V.L. Improvement of strength and stiffness of components of main struts with foundation in wooden frame buildings ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № 11. С. 3851-3856.
8. Кузина И.С. Методика обследования технического состояния крыши В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 116-119.
9. Кузина И.С. Методика тепловизионного обследования в рамках работ по реконструкции зданий и сооружений В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ. 2020. С. 128-131.
10. Заруба В.М., Курбатов В.Л., Римшин В.И. Инженерные методы обследования жилого кирпичного дома в городе Москве В сборнике: Экология и ресурсо- и энергосберегающие технологии на промышленных предприятиях, в строительстве, на транспорте и в сельском хозяйстве. сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 72-77.
11. Трунтов П.С., Римшин В.И. Усиление конструкций перекрытий спортивного комплекса в период реконструкции В сборнике: Молодёжные инновации. сборник материалов семинара молодых учёных в рамках XXIII Международной научной конференции. Москва, 2020. С. 153-157.
12. Римшин В.И., Трунтов П.С. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций, подвергшихся воздействию пожара Университетская наука. 2019. № 2 (8). С. 12-16.
13. Трунтов П.С., Кецко Е.С. Принципы инженерно-технического обследования строительных конструкций первичных отстойников В сборнике: Строительство. Архитектура. Дизайн. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Курский государственный университет. Курск, 2020. С. 194-197.
14. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Этапы технического обследования конструкций административного здания Жилищное строительство. 2020. № 6. С. 22-28.
15. Римшин В.И., Кецко Е.С., Кузина И.С. Методы определения прочности материалов в строительных конструкциях сооружений водоподготовки Университетская наука. 2020. № 1 (9). С. 29-32.
16. Римшин В.И., Кецко Е.С., Трунтов П.С. Принципы технического обследования аварийного жилищного фонда Университетская наука. 2020. № 2 (10). С. 111-113.

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ЖИВУЧЕСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. Р. Сафаров¹, В. Б. Дорожинский²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹emailuser@internet.ru

²dorozhinski@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы о живучести и прогрессирующем обрушении строительных конструкций. «Живучесть» представляет собой технически-сложное понятие, которое в большинстве своем упоминается в нормативных документах по строительству в непрямом виде. Зачастую оценка живучести заменяется расчетом на прогрессирующее обрушение. В установившейся практике расчет на устойчивость против прогрессирующего обрушения имеет детерминированный подход, при этом не учитывается возможное изменение расчетных параметров при эксплуатации зданий и сооружений (нагрузки, воздействия, прочностные характеристики материалов каркаса). Рассматривается вопрос о целесообразности оценки живучести строительных конструкций при вероятностном характере расчетных параметров системы.

ВВЕДЕНИЕ

В целях обеспечения безопасности [5] и надежности [2] зданий и сооружений, необходимо учитывать множество факторов, определяющих напряженно-деформированное состояние строительных конструкций, в том числе и возможные аварийные ситуации. Аварийная ситуация может привести к развитию прогрессирующего обрушения здания или сооружения в целом, вероятность возникновения которого зависит от такого свойства конструкции, как живучесть. Совсем недавно обрушение жилого дома Champlain Towers South в Майами, Флорида (США) 24.06.2021 [4] подтверждает актуальность рассматриваемой темы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Термин «живучесть» официально в нормативную документацию впервые введен в 2011 г. в СП 14.13330.2011 [6], однако его определение представлено только в 2018 г. в переиздании этого же документа СП 14.13330.2018 [7]: «живучесть строительной конструкции – это способность конструкции сохранять ограниченную работоспособность при запроектных аварийных воздействиях, не допуская полного обрушения».

Термин «прогрессирующее обрушение» представлен в документе СП 385.1325800.2018 [13]: «прогрессирующее (лавинообразное) обрушение – это последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего здания или сооружения, или его частей вследствие начального локального обрушения».

В том же 2011 г. термин «живучесть» появился и в СП 35.13330.2011 [10], но в несколько другой формулировке: «живучесть – это обеспеченность от прогрессирующего обрушения», которая подразумевает применение теории надежности и вероятности.

Согласно ГОСТ 27751-2014 [2]: «обеспеченность – это вероятность благоприятной реализации значения переменной случайной величины». Например, для нагрузок «обеспеченность» – вероятность не превышения заданного значения; для характеристик материалов «обеспеченность» – вероятность значений, меньших или равных заданным.

Зачастую живучесть закладывается в проектируемые системы на подсознательном (интуитивном) уровне. Желаемое свойство живучести подменяется требованием недопущения прогрессирующего обрушения. Оценка живучести в связи с уровнями

поврежденности и нагруженности представляет собой сложную многофакторную научно-техническую проблему [16].

Таким образом, говоря о живучести строительных конструкций, ставится вопрос о расчете на устойчивость против прогрессирующего обрушения. Такой расчет на территории РФ регламентируется требованиями СП 385.1325800.2018 [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Расчетные положения

В [13] предлагается три подхода к расчету на устойчивость при прогрессирующем обрушении:

- статическая постановка;
- кинематическая постановка (методом теории предельного равновесия);
- динамическая постановка.

В традиционном случае (статическая постановка), суть расчета на прогрессирующее обрушение заключается в следующем [13]:

а) в условиях нормальной эксплуатации здания/сооружения анализируется напряженно-деформированное состояние конструктивной системы (первичная расчетная модель – рис. 1, а);

б) из первичной расчетной модели исключают несущие элементы каркаса, тем самым получая вторичную расчетную модель – рис. 1, б. В качестве исключаемых выбираются, обычно, наиболее нагруженные и ответственные элементы и узлы конструкций;

в) в условиях локального разрушения (вследствие выключения из модели элемента) производится расчет вторичной модели и анализируется напряженно-деформированное состояние.

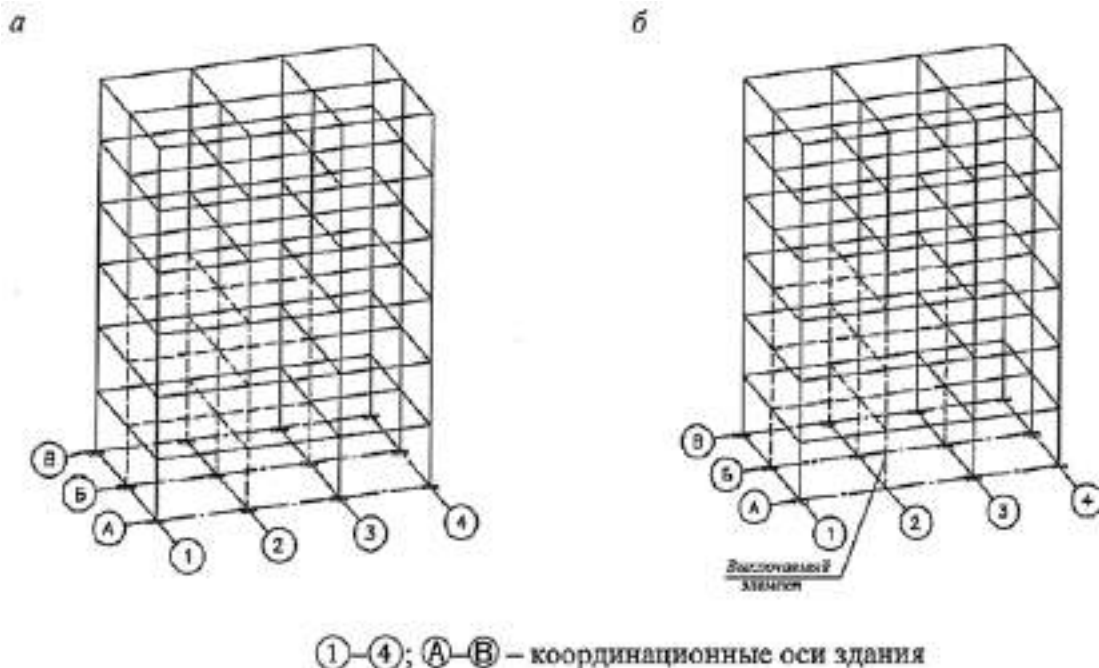


Рис. 1. Расчетные модели: а) первичная; б) вторичная [Привод. по: 13, С. 14]

Подход с выключением одного из элементов системы при расчете на прогрессирующее обрушение является наиболее рациональным с точки зрения минимизации затрат и рисков [14]. Учитывая вышесказанное, [13] предписывает использовать квазистатический (рис. 2, а) или динамический (рис. 2, б) метод при внезапном удалении элемента из системы.

В практике проектирования наиболее распространенным методом является квазистатический (в силу своей простоты), но у него есть недостаток – при помощи него

можно лишь с некоторым допущением указать, достигаются ли предельные усилия в некоторых характерных сечениях, и предсказать характер всего процесса обрушения во времени. Более точным является расчет в динамической постановке. Он позволяет анализировать перераспределения усилий и отклик конструкций в любой момент времени [15].

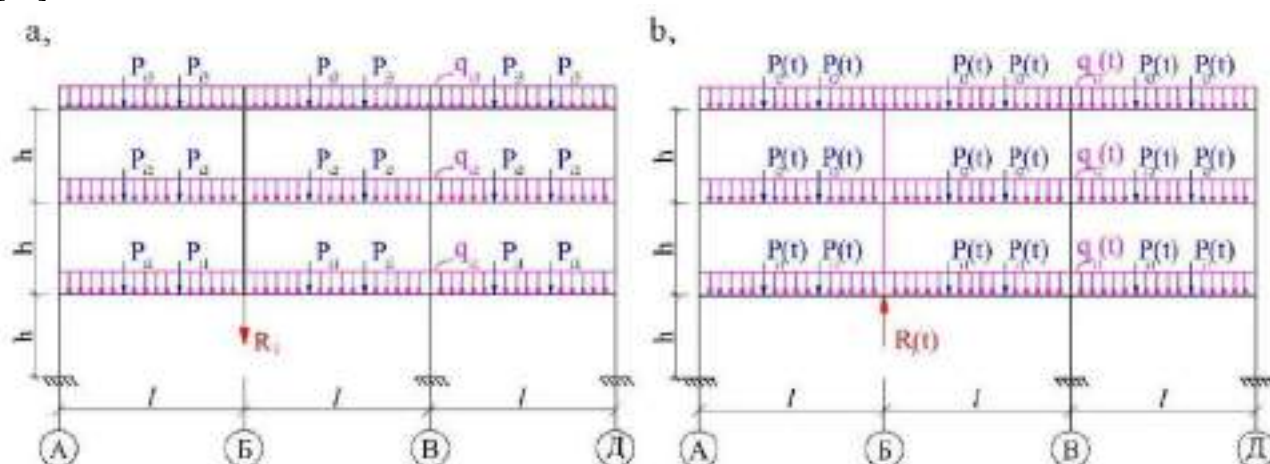


Рис. 2. Расчетные методы: а) квазистатический; б) динамический [Привод. по: 15, С. 115]

В соответствии с [13] расчет зданий или сооружений на прогрессирующее обрушение выполняется на особое сочетание нагрузок. Нагрузки и воздействия (включая особые) определяются по СП 14.13330.2018 [7], СП 20.13330.2016 [9] и СП 296.1325800.2017 [12].

Критерии несущей способности и деформативности формируются как для особого предельного состояния системы. Расчетные прочностные характеристики материалов принимаются равными их нормативному значению. Деформационные характеристики для определенного типа конструктивного материала принимаются по требованиям [13].

Как видно из алгоритма расчета на прогрессирующее обрушение [13], он предполагает детерминированный расчет. Однако аварийное воздействие можно спрогнозировать с какой-то определенной долей вероятности, в связи с этим целесообразнее отдать предпочтение вероятностному расчету, тем более, если необходимо определить обеспеченность от прогрессирующего обрушения или живучесть. В детерминированной постановке все исходные расчетные параметры задачи, относящиеся к геометрии, физическим характеристикам и внешним воздействиям, считаются вполне определенными, а в вероятностной имеют свои законы распределения [3].

2. Защита от прогрессирующего обрушения

Устойчивость здания или сооружения против прогрессирующего обрушения обеспечивается [13], если для произвольных элементов системы и их соединений выполняются следующие условия (1-2):

$$F \leq S, \quad (1)$$

$$f \leq f_{ult}, \quad (2)$$

где F – усилия в элементах или их соединениях, согласно расчету;

S – несущая способность элементов и их соединений, определяемая по [13];

f – деформация элемента от нагрузки;

f_{ult} – предельно допустимая деформация элемента, определяемая по [13].

Для элементов или соединений, где не выполняется хотя бы одно из вышеприведенных условий, следует принимать соответствующие конструктивные

мероприятия [13], под которыми понимаются решения по усилению каркаса здания или сооружения (например: установка дополнительных связей, изменение армирования и т.д.). Данные решения после их принятия необходимо подтверждать расчетом.

3. Моделирование систем

При расчете конструкций на устойчивость к прогрессирующему обрушению необходимо учитывать геометрическую и физическую нелинейности напрямую [13]. Для этого вычисления необходимо проводить, с учетом реальной работы конструктивных материалов [13], которая описывается соответствующей диаграммой « σ - ε » и представлена в нормативных документах СП 16.13330.2017 [8] (рис. 3), СП 63.13330.2018 [11] (рис. 4-5).

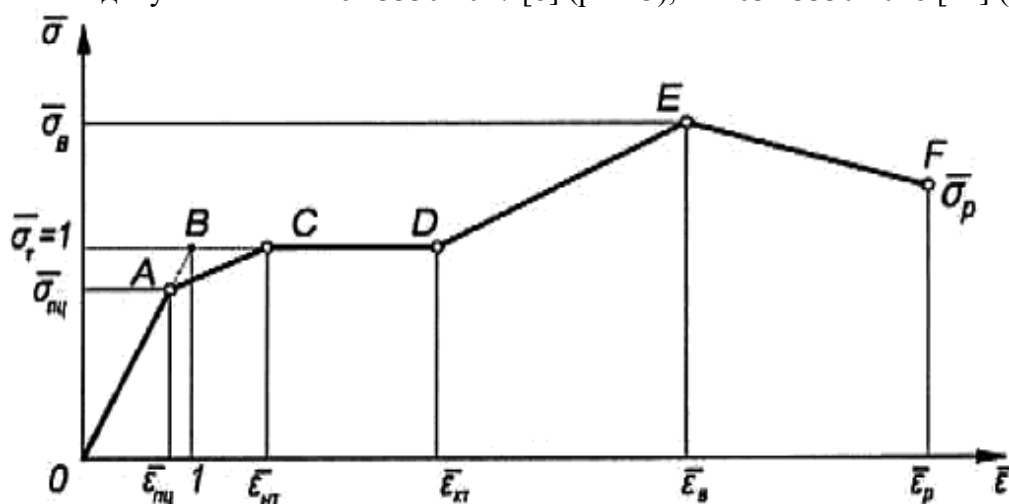


Рис. 3. Диаграмма работы сталей [Привод. по: 8, С. 244]

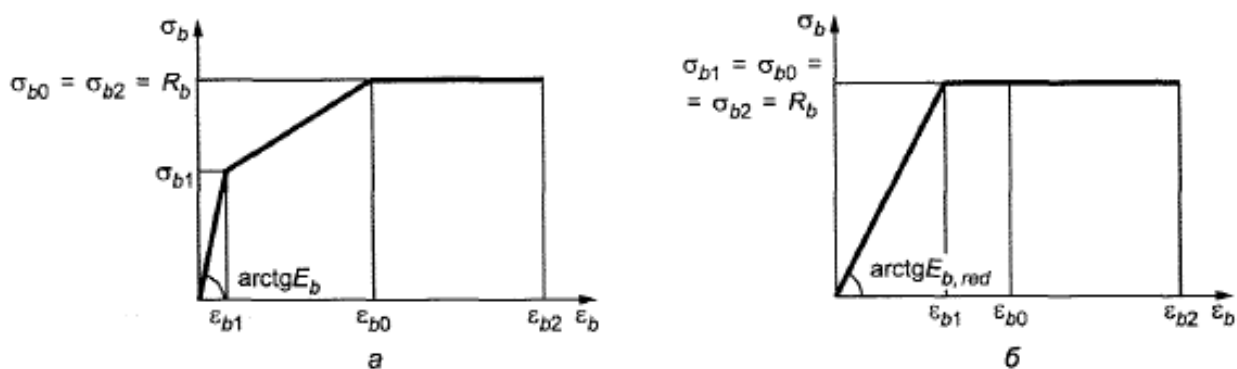


Рис. 4. Диаграмма работы сжатого бетона [Привод. по: 11, С. 38]

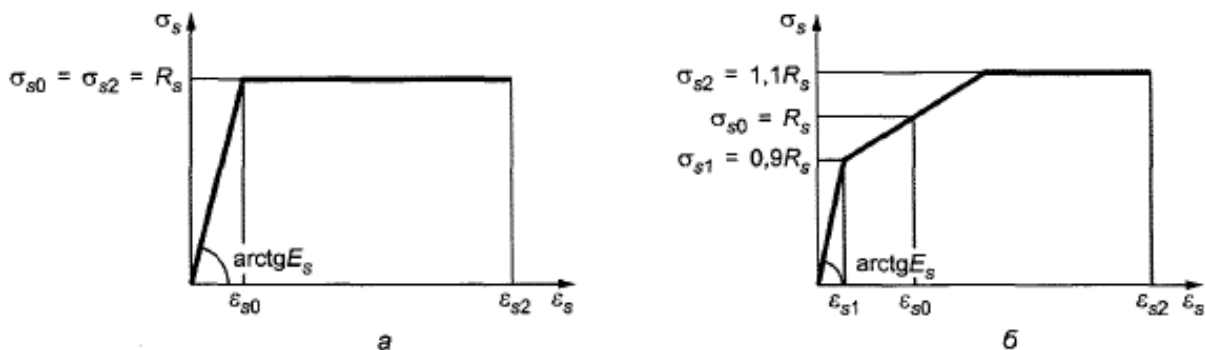


Рис. 5. Диаграмма работы растянутой арматуры [Привод. по: 11, С. 49]

Расчетная схема должна моделироваться как пространственная система [13]. При этом, несущие конструкции в большинстве случаев моделируют одномерными (стержни) и двумерными (пластины, оболочки) конечными элементами. Это обусловлено тем, что в отличие от трехмерных (объемных) конечных элементов, они имеют наименьшую

вычислительную емкость. Однако объемные конечные элементы позволяют моделировать объекты с высокой степенью точности [17], они применяются в основном для исследования отдельных узлов и элементов конструкций.

Для проведения численных исследований важно обратить внимание на выбор программного комплекса, позволяющего учесть приведенные выше расчетные предпосылки. Одним из таких является программный комплекс «Ansys LS-DYNA». Если говорить об исследовании железобетонных конструкций, то его возможности позволяют моделировать и учитывать совместную работу бетона и арматуры в объемной постановке (рис. 6) [1].

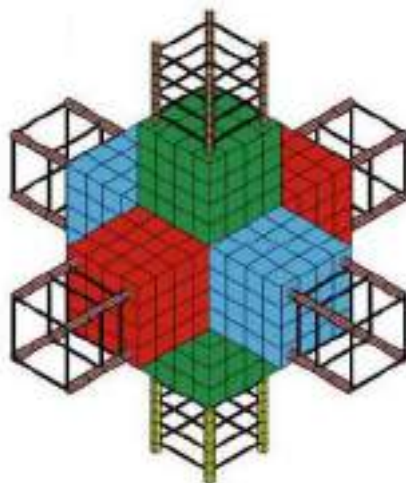


Рис. 6. Узел пространственной железобетонной системы [Привод. по: 1, С. 101]

Такой подход к моделированию, возможно, позволит получить более точные результаты расчета, чем при использовании традиционных стержневых и пластинчатых элементов.

ВЫВОДЫ

Из проведенного анализа, были сформированы следующие выводы:

1. В СП 385.1325800.2018 [13] заложена детерминированная модель расчета на устойчивость к прогрессирующему обрушению, где не учитывается вероятностный характер расчетных параметров (нагрузки, воздействия, прочностные характеристики материалов каркаса). Для оценки живучести конструктивной схемы здания и сооружения необходимо провести вероятностные расчеты и сделать соответствующие выводы.

2. Применение объемных конечных элементов с учетом непосредственного армирования железобетонных конструкций позволит уточнить напряженно-деформированное состояние конструкций при их расчете на прогрессирующее обрушение.

Данные выводы послужат основой для будущих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булушев, С. В. Оценка сейсмостойкости зданий с рамным каркасом на основе вероятностного нелинейного динамического анализа : специальность 05.23.17 "Строительная механика" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Булушев Сергей Валерьевич ; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. – Москва, 2020. – 154 с. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание) = Reliability for constructions and foundations. General principles : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 декабря 2014 г. N 1974-ст : введен впервые : дата введения 2015-07-01 / разработан ОАО "НИЦ "Строительство"". – Москва : Стандартинформ, 2019. – III, 15, [1] с. – Текст : непосредственный.

3. Леонтьев, Н. Н. История развития строительной механики стержневых систем: учебное пособие / Н. Н. Леонтьев, Р. М. Аль Малюль ; Московский государственный строительный университет. – Москва : МГСУ, 2009. – 46 с. – Текст : непосредственный.
4. Почему обрушился дом в Майами? Пока спасатели ищут выживших, инженеры выдвигают версии. – Текст : электронный // BBC News Русская служба : [сайт]. – 2021. – URL: <https://www.bbc.com/russian/news-57658177> (дата обращения: 12.07.2021).
5. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 года) : Федеральный закон N 384-ФЗ : [принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года : одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – Москва. – 23 с. – Текст : непосредственный.
6. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* = Seismic building design code : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. N 779 : дата введения 2011-05-20 / подготовлен Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики. – Москва : ОАО "ЦПП", 2011. – IV, 83, [4] с. – Текст : непосредственный.
7. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменением N 1) = Seismic building design code : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2018 г. N 309/пр : дата введения 2018-11-25 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 212 с. – Текст : непосредственный.
8. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправкой, с Изменениями N 1, 2) = Steel structures : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. N 126/пр : дата введения 2017-08-28 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 316 с. – Текст : непосредственный.
9. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2) = Loads and actions : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. N 891/пр : дата введения 2017-06-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 253 с. – Текст : непосредственный.
10. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями N 1, 2) = Bridges and culverts : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28 декабря 2010 г. N 822 : дата введения 2011-05-20 / подготовлен Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики. – Москва : ОАО "ЦПП", 2011. – 679 с. – Текст : непосредственный.
11. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменением N 1) = Concrete and reinforced concrete structures. General provisions : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. N 832/пр : дата введения 2019-06-20 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 226 с. – Текст : непосредственный.
12. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменением N 1) = Buildings and structures. Accidental actions : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 августа 2017 г. N 1105/пр : введен впервые : дата введения 2018-02-04 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 44 с. – Текст : непосредственный.
13. СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменением N 1) = Protection of buildings and structures against progressive collapse. Design code. Basic statements : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 июля 2018 г. N 393/пр : введен впервые : дата введения 2019-01-06 / подготовлен Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 34 с. – Текст : непосредственный.

14. Тамразян, А. Г. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий / А. Г. Тамразян, А. В. Алексейцев. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, N 7. – С. 819-830.
15. Туен, В. Н. Деформирование и разрушение конструкций железобетонных каркасов многоэтажных зданий в запредельных состояниях : специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ву Нгок Туен ; Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2020. – 163 с. – Текст : непосредственный.
16. Филиппова, Ю. Ф. Оценка живучести повреждаемых стержневых конструкций : специальность 01.02.06 "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Филиппова Юлия Федоровна ; СКТБ «Наука» ИВТ СО РАН. – Красноярск, 2020. – 183 с. – Текст : непосредственный.
17. Adam, J. M. Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century / J. M. Adam, F. Parisi, J. Sagaseta, X. Lu. – Text : direct // Engineering Structures. – 2018. – Vol. 173. – P. 122-149.

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТНЫХ

И. И. Панарин¹, Р. С. Федюк², В. Н. Макишин³

Дальневосточный федеральный университет,

¹*panarin.ii@dvfu.ru*

²*fedyuk.rs@dvfu.ru*

³*makishin.vn@dvfu.ru*

Аннотация

Актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение для повышения обороноспособности государства, сохранения населения является формирование подходов и методов подготовки городского подземного пространства для защиты населения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Целью работы является формулировка научно-методических принципов и обоснование на их основе геотехнологии освоения городского подземного пространства, направленного на формирование подземной инфраструктуры двойного назначения, обеспечивающей эффективную защиту населения в угрожаемый период. В основу обоснования и выбора параметров размещения подземных сооружений двойного назначения заложены разработанные принципы этапности. Классифицированы зоны возможной опасности. Разработанной авторами шкалы с позиции технико-экономического обоснования необходимых мероприятий.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях растущей глобализации во всем мире наблюдается рост международной напряженности. Частота войн в XX веке относительно предыдущих столетий возросла в 1,5 раза, а во второй половине столетия – в 2,5 раза. В 90-х годах в мире ежегодно происходило порядка 35 вооруженных конфликтов [1].

При этом ожесточенность региональных и локальных конфликтов постоянно растет, увеличивается поражающая мощь современного оружия, что в условиях современных войн приводит к значительному росту потерь среди мирного населения. Если в первой мировой войне доля этих потерь составила 5 %, то во второй мировой войне уже 50 %, в войне в Корее – 84 %, во Вьетнаме – около 90 %. При этом они приходится на гражданское население, сосредоточенное в основном в крупных населенных пунктах [2].

В настоящее время в российских городах проживает 75 % населения страны, при этом каждый шестой россиянин живет в городе-миллионере [3]. Многие города, которые являются промышленными, научными или культурными центрами, также могут стать объектами нападения.

Согласно данным Счетной палаты РФ [4], 95 % имеющихся по всей стране укрытий не готовы принять людей в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, т.к. находятся в неудовлетворительном состоянии.

В связи с этим актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение для повышения обороноспособности государства, сохранения населения является формирование подходов и методов подготовки городского подземного пространства для защиты населения в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

Целью работы является формулировка научно-методических принципов и обоснование на их основе геотехнологии освоения городского подземного пространства, направленного на формирование подземной инфраструктуры двойного назначения, обеспечивающей эффективную защиту населения в угрожаемый период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методической основой оценки и выбора вариантов размещения подземных сооружений двойного назначения является установление рациональных критериев (несущая

способность и вместимость). Для оценки эффективности принимаются стоимостные параметры, являющиеся основными показателями в технико-экономическом анализе.

В критериях учитывают, какие виды затрат мы должны учитывать при проработке целесообразности подготовки подземного сооружения (капитальные, эксплуатационные) - необходимые затраты для обеспечения необходимого усиления стен или тампонажа для достижения требуемой несущей способности. Сам критерий - это обычно сравнение приведенных затрат по вариантам, например, «капитальный ремонт < новое строительство».

Основным методом оценки и выбора необходимых мероприятий приспособления гражданских подземных сооружений под сооружения двойного назначения является метод вариантов.

При определении границ эффективности сооружений двойного назначения фактор материальных затрат не имеет первостепенного значения. В то же время, очевидно, что при обеспечении нормативной защитной способности для укрытия населения района, экономическая эффективность оценивается именно с точки зрения затрат на одного укрываемого человека.

Удельная стоимость сооружений большой вместимости гораздо меньше, чем малой, и их можно эффективно использовать для хозяйственных целей в мирное время. Особенно экономически невыгодны защитные сооружения вместимостью до 100 чел., поскольку затраты на входы, тамбуры, аварийные выходы приводят к удорожанию всего объекта. Поэтому при создании методических принципов, нижней границей примем необходимую площадь для защитного сооружения на 100 человек – 109 м².

Предпочтительнее устраивать встроенные убежища, поскольку они не занимают свободной территории, стоимость их меньше стоимости отдельно стоящих и связь убежищ с жилыми и производственными помещениями более удобна, благодаря чему улучшаются условия их заполнения [5].

Важная особенность городского подземного пространства - его скрытость. Это качество может быть использовано в целях национальной безопасности, а также преодоления недостатков и эстетической непривлекательности отдельных видов технологического промышленного оборудования [6].

Инженерно-геологические условия площадок являются во многом определяющим фактором при выборе конструктивного и технологического решения возведения подземных сооружений. Наиболее важным для подземного строительства является выявление участков с плавунными свойствами грунтов и большими водопритоками, оползнеопасных и закарстованных массивов, а также мест заброшенных карьеров, оврагов, балок, подвалов, водозаборных скважин, тоннелей, подземных коллекторов и т.п.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу обоснования и выбора параметров размещения подземных сооружений двойного назначения заложены разработанные принципы этапности:

На *первом этапе* оцениваются границы зон возможной опасности, приведенные в табл. 1 (категорирование выполнено автором с учетом нормативных требований СП 165.1325800.2014 [7]).

Табл. 1. Классификация зон возможной опасности

| | | | | |
|---------------------------------|---|--|---|---|
| Границы зон возможной опасности | А | Границы зон возможных сильных разрушений при воздействии оружия массового поражения | → | Границы города |
| | Б | Границы зон возможных сильных разрушений при воздействии обычных средств поражения | → | Стратегические объекты и прилегающая к ним санитарно-защитная зона |
| | В | Границы зон возможных сильных разрушений от взрывов, происходящих в мирное время в результате аварий | → | Взрывоопасные объекты |
| | Г | Границы зон возможного радиоактивного загрязнения | → | АЭС и прилегающая полоса шириной до 40 км в зависимости от мощности станции |

На *втором этапе* определяется наличие подземных сооружений различного назначения с учетом доступности (радиуса сбора), при этом в первую очередь учитываются действующие сооружения гражданской обороны. Далее учитываются метро, подземные пешеходные переходы и подземные этажи жилых, промышленных и общественных зданий.

Непригодными под укрытие считаются подвалы (цокольные этажи) по следующим критериям:

- высота помещений менее 1,7 м;
- условия внутри подвала (цокольного этажа) не позволяют разместить в нем укрываемых и при необходимости систем жизнеобеспечения;
- невозможно выполнить при необходимости усиление несущих конструкций подвала с соблюдением требований по высоте;
- непригодность подвала (цокольного этажа) по взрывопожарной и пожарной безопасности – размещение вблизи объектов с опасным производством или хранением взрывопожароопасных материалов, а также невозможность предотвращения инженерными методами затоплений подвала водой и другими жидкостями при аварийном разрушении гидротехнических сооружений, магистральных водопроводов и других жидкостных трубопроводов.

На *третьем этапе* оценивается степень готовности подземного сооружения на основании разработанной авторами шкалы с позиции технико-экономического обоснования необходимых мероприятий:

- 1 степень – сооружение полностью готово;
- 2 степень – необходима модернизация системы вентиляции (повышение производительности, установка фильтров и т.д.), уплотнение и герметизация дверей, закладка рационов питания, медикаментов и горюче-смазочных материалов и др. мероприятия, не требующие больших капиталовложений и трудовых затрат;
- 3 степень – требуется улучшение свойств грунтов оснований;
- 4 степень - необходимо усиление несущих конструкций сооружений.

При выполнении третьего этапа обследования:

- оценивается объемно планировочное решение, в том числе общая площадь подвальных помещений их высота в свету, места прокладки инженерных коммуникаций и сокращения из-за них полезных площадей. При установлении общей площади и высоты помещений определяется численность укрываемых с учетом нормативных требований площади пола основных помещений, ярусов нар в них и необходимой общей площади вспомогательных помещений для укрытий;
- оцениваются входы в подвал, соответствие их нормативным требованиям;

- оценивается возможность усиления несущих конструкций подвала с обеспечением защиты от фугасного действия обычных средств поражения, а также реконструкции помещений с учетом временного прекращения эксплуатации подвала (цокольного этажа) на период выполнения работ;

- оцениваются инженерно-технические системы здания и возможность приспособления их для нужд укрытия, оборудуемого в подвале (цокольном этаже);

- оценивается возможность обеспечения взрывопожарной и пожарной безопасности, приспособляемых под укрытие подвалов и цокольных этажей зданий, а также возможность обеспечения защиты укрываемых от воздействия вторичных поражающих факторов при разрушении потенциально опасных техногенных и природных объектов.

На *четвертом этапе* выполняется оценка вместимости подземных сооружений с позиции объема, полезной площади, производительности системы вентиляции и т.д.

На *пятом этапе* определяются сеть подземных сооружений, способная эффективно обеспечить укрытие населения города.

При наличии вариантного выбора сооружения отдается предпочтение наиболее безопасному варианту, удовлетворяющему заданным требованиям по защите укрываемых от поражающих факторов и от воздействия вторичных поражающих факторов при разрушении потенциально опасных техногенных и природных объектов, или варианту с лучшими технико-экономическими показателями.

На *шестом этапе* принимается решение о строительстве новых объектов, позволяющих эффективно дополнить запроектированную сеть подземных сооружений.



Рис. 1. Этапы методики размещения

ВЫВОДЫ

Сформулированы научно-методические принципы освоения городского подземного пространства, направленного на формирование подземной инфраструктуры двойного

назначения, обеспечивающей эффективную защиту населения в угрожаемый период. В основу обоснования и выбора параметров размещения подземных сооружений двойного назначения заложены разработанные принципы этапности. Классифицированы зоны возможной опасности. Разработанной авторами шкалы с позиции технико-экономического обоснования необходимых мероприятий.

Дальнейшее развитие тематики может быть развито путем объединения разработанной методики и высокопрочных материалов, предложенных авторами ранее [8-15], что является перспективным с позиции обеспечения безопасности зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гражданская оборона. Под общ. ред. В.А. Пучкова. М.: Изд-во МЧС России. 2014. 499 с.
2. Миргородский В.Р. Безопасность жизнедеятельности, Раздел III. Защита объектов печати в чрезвычайных ситуациях. М.: Изд-во МГУП, 2001.
3. Города-миллионники России на 2021 год [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <https://runetmir.com/goroda-millionniki-rossii>. Дата обращения: 08.11.21.
4. Спасутся не все. Почему возник дефицит бомбоубежищ в России [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <https://newizv.ru/news/society/28-11-2017/spasutsya-ne-vse-pochemu-voznik-defitsit-bomboubezhisch-v-rossii>. Дата обращения: 08.11.21.
5. Котляревский В.А., Ганушкин В.И., Костин А.А., Костин А.И., Ларионов В.И. Убежища гражданской обороны конструкции и расчет. М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
6. Левченко А.Н. Обоснование методологии и разработка инновационных технических решений освоения подземного пространства мегаполисов. Автореферат дисс...д.т.н. 25.00.22. – М., 2009. – 43 с.
7. СП 165.1325800.2014 Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне.
8. Лесовик В.С., Федюк Р.С. Теоретические предпосылки создания цементных композитов повышенной непроницаемости // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 1 (47). С. 65-72.
9. Федюк Р.С., Смоляков А.К., Тимохин Р.А. Строительные материалы для войсковой фортификации // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюнгри, с международным участием, посвященной 25-летию со дня образования Технического института (филиала) СВФУ. Материалы конференции. Секции 1-3. 2017. С. 109-113.
10. Федюк Р.С. Применение сырьевых ресурсов приморского края для повышения эффективности композиционного вяжущего // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 1. С. 28-35.
11. Федюк Р.С., Мочалов А.В. Композиционные вяжущие для бетонов повышенной ударной стойкости // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2018. № 4 (200). С. 85-91.
12. Федюк Р.С., Мочалов А.В. Вопросы управления структурообразованием композиционного вяжущего // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2018. № 2 (51). С. 2-10.
13. Amran M., Alabduljabber H., Fediuk R., Vatin N., Lee Y.H., Murali G., Ozbakkaloglu T., Klyuev S. Fibre-reinforced foamed concretes: a review // Materials. 2020. 13. № 19. pp. 1-36.
14. Федюк Р.С. Проектирование цементных композитов повышенной непроницаемости // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 72-81.
15. Fediuk R.S. Mechanical activation of construction binder materials by various mills // Materials treatment: current problems and solutions. National Research Tomsk Polytechnic University. 2016. 12019.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ВОДОЙ: СООТНОШЕНИЕ ШИРИНЫ К ВЫСОТЕ ОДИН К ДЕСЯТИ

В. К. Мусаев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
musayev-vk@yandex.ru

Аннотация

Актуальность. Рассматривается задача о математическом моделировании нестационарных сейсмических волн в упругой полуплоскости с вертикальной прямоугольной полостью, заполненной водой. Проблема моделирования задач переходного периода является актуальной научной задачей. *Методика.* Разработаны алгоритм и комплекс программ для решения плоских (двумерных) задач, которые позволяют получать напряженно-деформированное состояние в сложных объектах. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Матрица упругости выражена через скорость продольных волн, скорость поперечных волн и плотность. За основные неизвестные приняты два перемещения и две скорости перемещений в узле конечного элемента. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная конечноэлементная схема. *Результаты.* Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде трех полупериодов синусоиды на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Решена задача о математическом моделировании нестационарных упругих волн напряжений в полуплоскости с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сейсмическом воздействии. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. В характерных областях исследуемой задачи получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. Пустота заполненной водой, с соотношением ширины к высоте один к десяти, уменьшает величину упругого контурного напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

Сейсмические воздействия на сложные технические объекты можно представить в виде нестационарных волн переходного процесса.

В работе приводится математическое моделирование напряженного состояния полуплоскости с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти) с помощью волновой теории сейсмической безопасности.

После трехкратного или четырехкратного прохождения и отражения волн напряжений в теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении.

Некоторые вопросы в области моделирования нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–30].

В работах [6–9, 12–14, 17–20, 22–25] приведена информация о верификации (физической достоверности и математической точности) рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы применяются нестационарные уравнения волновой теории упругости [1–5, 7–8, 12–13].

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы рассмотрим некоторое тело Γ в прямоугольной декартовой системе координат XOY , которому в начальный момент времени $t=0$ сообщается механическое нестационарное импульсное воздействие [1–5, 7–8, 12–13].

Предположим, что некоторое тело Γ изготовлено из однородного изотропного материала, подчиняющегося упругому закону Гука при малых упругих деформациях.

Точные уравнения двумерной (плоское напряженное состояние) динамической теории упругости имеют вид [1–5, 7–8, 12–13]

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial X} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial Y} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial Y} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \quad (x, y) \in \Gamma,$$

$$\sigma_x = \rho C_p^2 \varepsilon_x + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_y, \quad \sigma_y = \rho C_p^2 \varepsilon_y + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_x, \quad \tau_{xy} = \rho C_s^2 \gamma_{xy},$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial X}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial Y}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial Y} + \frac{\partial v}{\partial X}, \quad (x, y) \in (\Gamma \cup S), \quad (1)$$

где: σ_x , σ_y и τ_{xy} – компоненты тензора упругих напряжений; ε_x , ε_y и γ_{xy} – компоненты тензора упругих деформаций; u и v – составляющие вектора упругих перемещений вдоль осей OX и OY соответственно; ρ – плотность материала;

$C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$ – скорость продольной упругой волны; $C_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$ – скорость поперечной упругой волны; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; $S (S_1 \cup S_2)$ – граничный контур тела Γ .

Систему (1) в области, занимаемой телом Γ , следует интегрировать при начальных и граничных условиях [1–5, 7–8, 12–13].

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

Принимая во внимание определение матрицы жесткости, вектора инерции и вектора внешних сил для некоторого тела Γ , записываем приближенное значение уравнения движения в теории упругости [7–8, 12–13]

$$\bar{N}\ddot{\bar{\Phi}} + \bar{K}\bar{\Phi} = \bar{R}, \quad \bar{\Phi}|_{t=0} = \bar{\Phi}_0, \quad \dot{\bar{\Phi}}|_{t=0} = \dot{\bar{\Phi}}_0, \quad (2)$$

где: \bar{N} – матрица инерции; \bar{K} – матрица жесткости; $\bar{\Phi}$ – вектор узловых упругих перемещений; $\dot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих скоростей перемещений; $\ddot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих ускорений; \bar{R} – вектор узловых упругих внешних сил.

Интегрируя по временной координате соотношение (2) с помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина, получим двумерную явную двухслойную конечноэлементную линейную схему в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек [7–8, 12–13]

$$\bar{\Phi}_{i+1} = \bar{\Phi}_i + \Delta t \bar{N}^{-1} (-\bar{K}\bar{\Phi}_i + \bar{R}_i), \quad \dot{\bar{\Phi}}_{i+1} = \dot{\bar{\Phi}}_i + \Delta t \dot{\bar{\Phi}}_{i+1}. \quad (3)$$

Таким образом, из системы с бесконечным числом неизвестных (1) перешли к системе с конечным числом неизвестных (3).

Система уравнений (3) для внутренних и граничных узловых точек, полученная в результате интегрирования уравнений движения теории упругости, должна давать решение, сходящееся к решению исходной системы [7–8, 12–13].

Общая теория численных уравнений математической физики требует для этого наложение определенных условий на отношение шагов по временной координате и по пространственным координатам, а именно [7–8, 12–13]

$$\Delta t = k \frac{\min \Delta l_i}{C_p} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, r), \quad (4)$$

где: Δt – шаг по временной координате; Δl – длина стороны конечного элемента; r – общее число конечных элементов.

Результаты численного эксперимента показали, что при $k = 0,5$ обеспечивается устойчивость двумерной явной двухслойной конечноэлементной линейной схемы в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках [7–8, 12–13].

Для исследуемой области, состоящей из материалов с разными физическими свойствами, выбирается минимальный шаг по временной координате (4).

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ В ВИДЕ ТРЕХ ПОЛУПЕРИОДОВ СИНУСОИДЫ

Рассматривается задача о моделировании плоских волн в упругой полуплоскости (рис. 1) в виде трех полупериодов синусоиды (рис. 2).

Задача решается для оценки физической достоверности и математической точности рассматриваемого численного метода [7–8, 12–13].

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [7–8, 12–13].

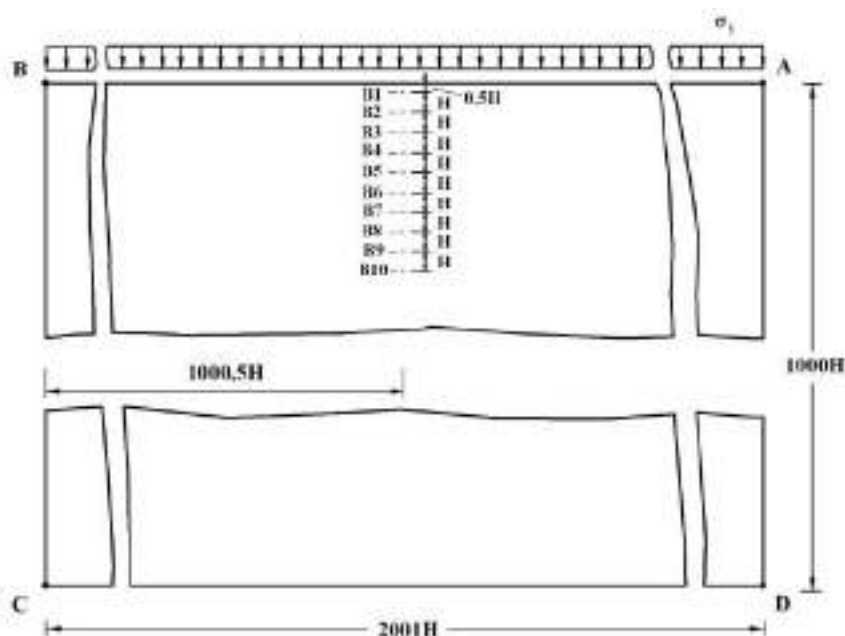


Рис. 1. Постановка задачи о распространении плоских продольных волн в виде трех полупериодов синусоиды в упругой полуплоскости

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

На границе полуплоскости АВ (рис. 1) приложено нормальное напряжение σ_y , которое изменяется от $0 \leq n \leq 91$ ($n = t/\Delta t$) и максимальное значение равно P ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1$ МПа (-1 кгс/см²)). Граничные условия для контура ВСДА при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура ВСДА не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 200$.

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,862 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа ($2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²); $\nu = 0,3$; $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,8 \cdot 10^{-5}$ кгс с²/см⁴); $C_p = 5371$ м/с; $C_s = 3177$ м/с.

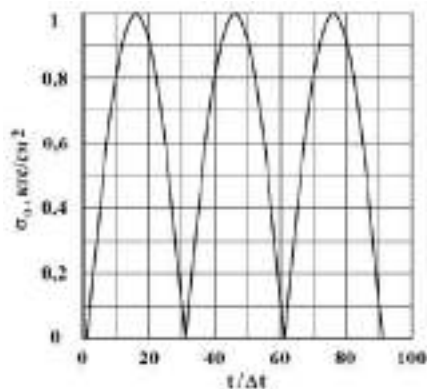


Рис. 2. Воздействие в виде трех полупериодов синусоиды

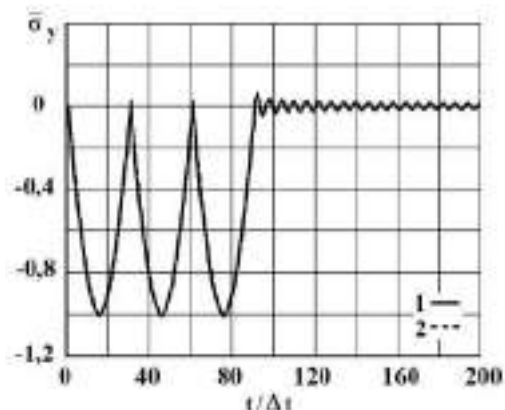


Рис. 3. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ (задача о распространении плоских продольных волн в виде трех полупериодов синусоиды в упругой полуплоскости) во времени $t/\Delta t$ в точке В1: 1 – численное решение; 2 – аналитическое решение

Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловые точки. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

Результаты расчетов получены в характерных точках В1-В10 (рис. 1).

В качестве примера на рис. 3 приводится изменение нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ ($\bar{\sigma}_y = \sigma_y / |\sigma_0|$) (рис. 2) во времени n в точке В1 (1 – численное решение; 2 – аналитическое решение).

В данном случае можно использовать условия на фронте плоской волны, которые изложены в работе [4].

На фронте плоской продольной волны имеются следующие аналитические зависимости для плоского напряженного состояния $\sigma_y = -|\sigma_0|$. Отсюда видим, что точное решение задачи соответствует воздействию σ_0 (рис. 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ С ПОЛОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ВОДОЙ

Рассматривается задача о моделировании сейсмических волн в упругой полуплоскости с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти) (рис. 4) при воздействии в виде функции Хевисайда (рис. 5)

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [7–8, 12–13].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: 1 кгс/см² $\approx 0,1$ МПа; 1 кгс с²/см⁴ $\approx 10^9$ кг/м³.

От точки F параллельно свободной поверхности ABEFG (рис. 4) приложено нормальное напряжение σ_x (рис. 5), которое при $0 \leq n \leq 11$ ($n = t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P, а при $n \geq 11$ равно P ($P = \sigma_0, \sigma_0 = 0,1$ МПа (1 кгс/см²)). Граничные условия для контура ГНГА при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура ГНГА не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 1000$. Контур ABEFG свободен от нагрузок, кроме точки F.

Расчеты проведены при следующих исходных данных. Для области ABCDEFGHI: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,393 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 3,15 \cdot 10^4$ МПа ($3,15 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,255 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,255 \cdot 10^{-5}$ кгс с² / см⁴); $C_p = 3587$ м/с; $C_s = 2269$ м/с. Для области BEDC: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 3,268 \cdot 10^{-6}$ с; $\rho = 1,045 \cdot 10^3$ кг/м³ ($1,045 \cdot 10^{-6}$ кгс с²/см⁴); $C_p = 1530$ м/с.

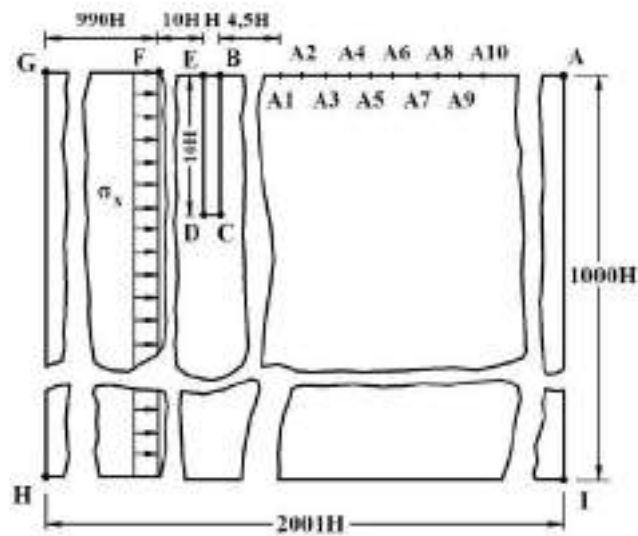


Рис. 4. Постановка задачи о воздействии плоской продольной сейсмической волны на упругую полуплоскость с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти)

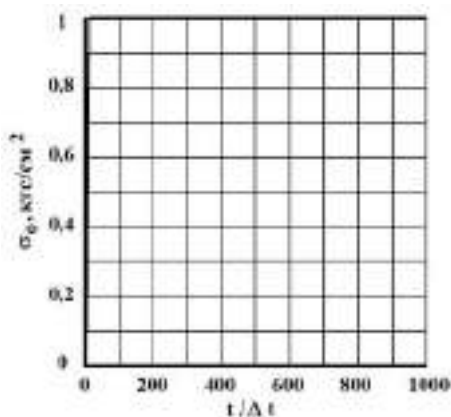


Рис. 5. Воздействие в виде функции Хевисайда

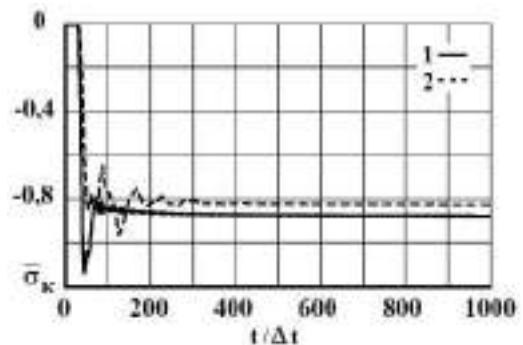


Рис. 6. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ во времени $t/\Delta t$ в точке A1: 1 – в задаче без полости; 2 – в задаче с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти)

При расчетах принимается минимальный шаг по времени $\Delta t = 1,393 \cdot 10^{-6}$ с. На границе материалов с разными свойствами приняты условия непрерывности перемещений.

Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловых точек. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

В качестве примера на рис. 6 показано изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ ($\bar{\sigma}_k = \sigma_k / |\sigma_0|$) во времени t в точке A1 (рис. 4), находящихся на свободной поверхности упругой полуплоскости: 1 – в задаче без полости; 2 – в задаче с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти).

Расстояние между точками: A1 и A2 равно H ; A2 и A3 равно H ; A3 и A4 равно H ; A4 и A5 равно H ; A5 и A6 равно H ; A6 и A7 равно H ; A7 и A8 равно H ; A8 и A9 равно H ; A9 и A10 равно H).

ВЫВОДЫ

1. На основе метода конечных элементов разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных двумерных плоских задач, которые позволяют решать сложные задачи при нестационарных волновых воздействиях на сложные объекты. Основные соотношения метода конечных элементов получены с помощью принципа возможных перемещений. Матрица упругости выражена через скорость продольных волн, скорость поперечных волн и плотность. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на треугольные и прямоугольные конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на линейные конечные элементы первого порядка. За основные неизвестные приняты два перемещения и две скорости перемещений в узле конечного элемента.

2. Линейная динамическая задача с начальными и граничными условиями в виде дифференциальных уравнений в частных производных, для решения задач при волновых воздействиях, с помощью метода конечных элементов в перемещениях приведена к системе линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями, которая решается по явной двухслойной схеме.

3. Для прогноза сейсмической безопасности объекта, при нестационарных волновых воздействиях, применяется численное моделирование уравнений волновой теории упругости.

3. Решена задача о воздействии плоской продольной волны в виде шести треугольников на упругую полуплоскость. Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловые точки. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Проведено сопоставление с результатами аналитического решения, которое показало, количественное совпадение.

4. Решена задача о математическом моделировании нестационарных упругих волн напряжений в полуплоскости с полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сейсмическом воздействии. На границе материалов с разными свойствами приняты условия непрерывности перемещений. Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловых точек. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

5. Полость, заполненная водой, с соотношением ширины к высоте один к десяти, уменьшает величину упругого контурного напряжения на свободной поверхности упругой полуплоскости при нестационарных волновых сейсмических воздействиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольский Г. Волны напряжений в твердых телах. М.: Иностранная литература. 1955. 192 с.
2. Ионов В.И., Огибалов П.М. Напряжения в телах при импульсивном нагружении. М.: Высшая школа. 1975. 464 с.
3. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир. 1975. 872 с.
4. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Теория упругости. М.: Наука. 1975. 576 с.
5. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат. 1982. 448 с.
6. Мусаев В.К. Определение упругих волновых напряжений в подкрепленном круглом отверстии с помощью метода конечных элементов в перемещениях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2007. № 3. С. 29—33.
7. Мусаев В.К. Моделирование волн напряжений в сложных областях с помощью метода вычислительной механики // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 44—52.

8. Мусаев В.К. Вычислительный эксперимент в задачах моделирования нестационарных волн напряжений в областях сложной формы // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 138—149.
9. Мусаев В.К. О моделировании отражения упругих волн напряжений от свободной поверхности деформируемой области // Двойные технологии. 2012. № 4. С. 61—64.
10. Nemchinov V.V. Diffraction of a plane longitudinal wave by spherical cavity in elastic space // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 85—89.
11. Nemchinov V.V. Numerical methods for solving flat dynamic elasticity problems // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 90—97.
12. Musayev V.K. Estimation of accuracy of the results of numerical simulation of unsteady wave of the stress in deformable objects of complex shape // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 135—146.
13. Musayev V.K. On the mathematical modeling of nonstationary elastic waves stresses in corroborated by the round hole // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11, Issue 1. P. 147—156.
14. Musayev V.K. Mathematical modeling of seismic nonstationary elastic waves stresses in Kurpsai dam with a base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12. Issue 3. P. 73—83.
15. Musayev V.K. Numerical simulation of non-stationary seismic stresses in elastic waves dam Koyna with base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12. Issue 3. P. 84—94.
16. Самойлов С.Н. Моделирование безопасности подземного нефтепровода при нестационарных сейсмических воздействиях с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ, 2016. С. 255—258.
17. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Куранцов В.А., Мусаева С.В., Кулагина Н.В. Оценка точности и достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений (треугольный импульс) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 352—355.
18. Саликов Л.М., Мусаев А.В., Идельсон Е.В., Самойлов С.Н., Блинников В.В. Оценка физической достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений в виде импульсного воздействия (функция Хевисайда) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 356—359.
19. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В., Крылов А.И. Моделирование достоверности и точности импульсного воздействия в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. М.: РУДН. 2017. С. 339—341.
20. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – четверть круга) в полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 36—40.
21. Мусаев В.К. Применение нестационарной волновой теории сейсмической безопасности к моделированию волн напряжений в упругой полуплоскости с полостью (соотношение ширины к высоте один к восьми) // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 51—57.
22. Куранцов В.А., Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Самойлов С.Н., Кузнецов М.Е. Моделирование импульса (первая ветвь: восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – линейная; вторая ветвь: треугольник) в упругой полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 2. С. 51—55.
23. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Шепелина П.В., Акатьев С.В., Кузнецов М.Е. Моделирование продольных, отраженных, интерференционных, дифракционных, изгибных, поверхностных и стоячих волн с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XIX. В 2 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2017. С. 230—238.
24. Крылов А.И., Кормилицин А.И., Куранцов В.В. О физической достоверности и математической точности моделирования нестационарных упругих волн напряжений с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXV Международной конференции. М.: РГГУ. 2017. С. 517—520.
25. Мусаев А.В. Численное решение задачи об отражении нестационарных упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности пластинки с помощью численного метода, алгоритма и численного метода Мусаева В.К. // Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики:

- материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2018». М.: Московский политех, 2018. С. 534—540.
26. Акатьев С.В., Крылов А.И., Куранцов В.В., Мусаев А.В., Стародубцев В.В. Моделирование сейсмических процессов в уникальных сооружениях с помощью комплекса программ Мусаева В.К. // Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2019». М.: Московский политех. 2019. С. 367—373.
 27. Мусаев В.К. Математическое моделирование нестационарных упругих волн напряжений в консоли с основанием (полуплоскость) при фундаментальном сейсмическом воздействии // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. № 6. С. 29—33.
 28. Мусаев В.К. Численное моделирование упругих волн напряжений в консоли (соотношение ширины к высоте один к десяти) с основанием (полуплоскость) с помощью волновой теории сейсмической безопасности // Проблемы безопасности российского общества. 2020. № 1. С. 16—22.
 29. Мусаев В.К. Математическое моделирование напряжений в полуплоскости с вертикальной полостью заполненной водой (соотношение ширины к высоте один к десяти) при нестационарном волновом сейсмическом воздействии // Проблемы безопасности российского общества. 2021. № 2. С. 14—21.
 30. Мусаев В.К. Детерминированное моделирование нестационарных волн напряжений в полуплоскости с вертикальной полостью, заполненной нефтью (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сейсмическом воздействии // Проблемы безопасности российского общества. 2021. № 2. С. 60—68.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩЕГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ПОЯСА В УРОВНЕ ФУНДАМЕНТА С ФТОРОПЛАСТОВЫМИ ПЛАСТИНАМИ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

О. В. Мкртычев¹, С. Р. Мингазова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*seismica@yandex.ru.*

²*salima.mingazova@yandex.ru.*

Аннотация

В данной работе освещены вопросы применения различных систем активной сейсмозащиты, в том числе опор в виде скользящего пояса в уровне фундамента с фторопластовыми пластинами, для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений.

Широко распространенный вид сейсмозащиты в виде резинометаллических опор сложен в устройстве и не всегда выгоден с экономической точки зрения. Предлагаемый альтернативный способ сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса, прост в устройстве и обладает рядом преимуществ. Однако для рассматриваемой системы отсутствует в полном объеме необходимые расчетные обоснования.

Целью исследования является аналитическая оценка и обзор существующих подходов численных исследований особенностей сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента, применяемых при строительстве в сейсмоопасных районах.

Эффективность работы сейсмоизолирующего скользящего пояса малоизучены, поэтому проведенное исследование является крайне важным, так как применение сейсмоизоляции данного вида может существенно увеличить сейсмостойкость зданий и сооружений, тем самым повышая надежность и безопасность строительных конструкции проектируемых и возводимых в сейсмических районах.

ВВЕДЕНИЕ

По картам общего сейсмического районирования (ОСР) около 30% территории Российской Федерации расположены в сейсмоопасных районах, в которых существует вероятность возникновения землетрясений с интенсивностью до 10 баллов. Поэтому обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений является актуальной и практически значимой задачей в строительстве как в России, так и во всем мире [1-15].

Существуют пассивные и активные методы сейсмозащиты. Пассивные методы являются самыми простыми. Они в основном обусловлены увеличением несущей способности конструкции здания. Однако их применение не всегда может быть эффективным. Поэтому в ряде случаев целесообразнее использовать активные методы сейсмозащиты. Наиболее распространенным в настоящее время является система активной сейсмозащиты, основанная на сейсмоизоляции. Большую популярность в нашей стране получили сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор (РМО) и маятниковых скользящих опор (МСО), эффективность которых была доказана многими экспериментальными и численными исследованиями. Также известна сейсмоизоляция в виде скользящего пояса в уровне фундамента. В отличие от РМО и МСО, скользящий пояс является более простым в изготовлении, в установке, в обслуживании и не менее эффективным. Однако она не так широко применяется, как РМО и МСО, так как работа данной системы мало изучена и до сих пор отсутствуют необходимые расчетные обоснования и адекватная математическая модель, которая описывала бы реальную работу системы со скользящим поясом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При использовании сейсмоизоляций снижение сейсмического воздействия на здания и сооружения достигается путем введения в конструкции заданий и сооружений специальных конструктивных элементов – сейсмоизоляторов (Рис.1.а, б), благодаря которым конструкция становится более податливой. А это в свою очередь приводит к увеличению перемещений в верхней части конструкции и как следствие уменьшаются ускорения масс, а значит, значения сейсмических инерционных сил будут также уменьшаться.

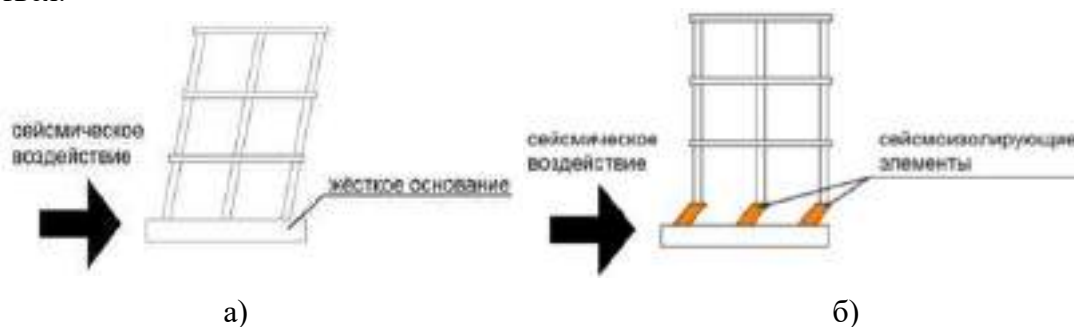


Рис.1. а) деформированная схема неизолированного здания при сейсмическом воздействии; б) деформированная схема изолированного здания при сейсмическом воздействии.

Существует несколько видов сейсмоизоляции, которые отличаются друг от друга по принципу действия и конструктивным решениям: система с выключающимися связями (Рис.2) [1], система гравитационного типа, система с динамическими гасителями колебаний (Рис.3), система с подвесными опорами, система МСО (Рис.4), система РМО (Рис.5), в том числе и система с устройством скользящего пояса (Рис.6) [10,12,14,15,16].

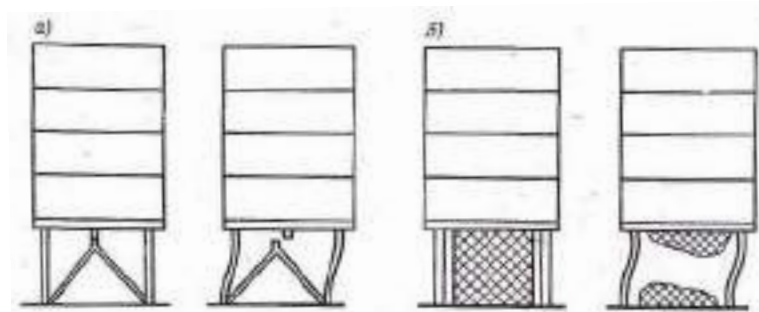


Рис.2. Сейсмозащита здания с помощью выключающихся связей, представляющих собой: а) специальные выключающиеся элементы; б) разрушающиеся панели-связи

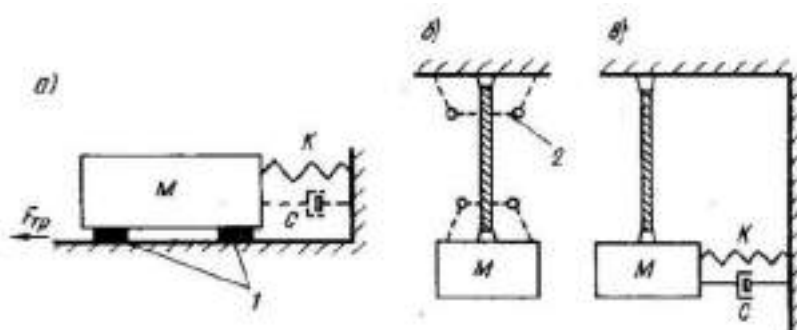


Рис.3. Схема динамических гасителей колебаний: а) пружинного; б) маятникового в) комбинированного типов. 1 – скользящая опора; 2 – промежуточная опора

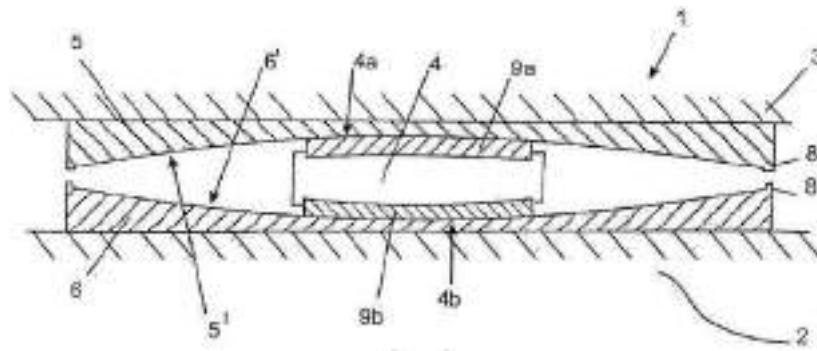


Рис.4. Конструкция одномаятниковой скользящей опоры. 1 – опора; 2 – фундамент; 3 – здание; 4 – опорный башмак; 4а, 4б – контактные поверхности; 5, 6 – опорные плиты скольжения; 5', 6' – поверхности скольжения; 8 – ограничители по наружным краям; 9а, 9б – элементы скольжения из антифрикционного материала

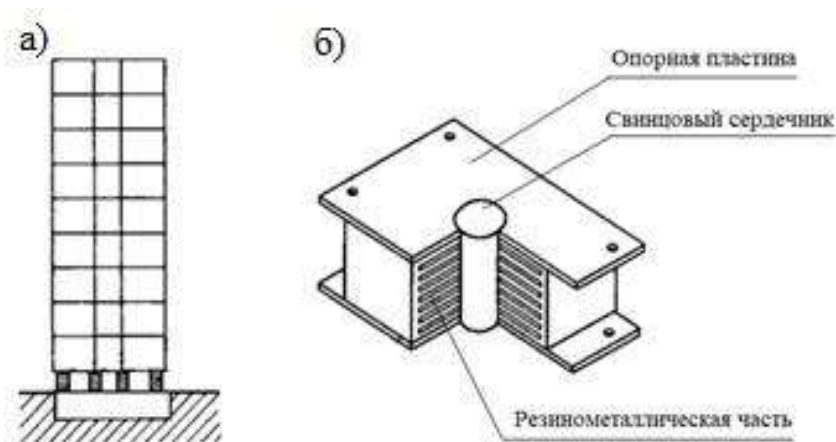


Рис.5. Сейсмоизоляция зданий с помощью резинометаллических опор: а) схема устройства опор; б) общий вид конструкции опоры

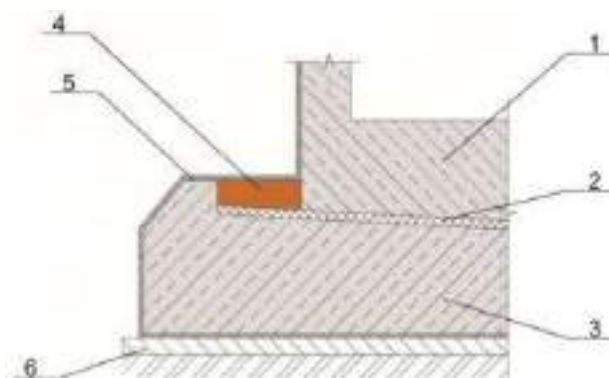


Рис.6. Схема сейсмоизолирующего скользящего пояса: 1) нижняя часть здания в уровне фундамента; 2) фторопластовые пластины; 3) фундамент; 4) демпфер (песок крупный); 5) гидроизоляция; 6) бетонная подготовка.

Анализ и систематизация современных методов сейсмозащиты продемонстрировали высокое разнообразие их конструктивных решений, а также выявили достоинства и недостатки каждого из этих систем.

Далее рассмотрим более подробно систему активной сейсмозащиты – сейсмоизоляцию в виде скользящего пояса в уровне фундамента.

Принцип работы сейсмоизолирующего скользящего пояса: когда суммарная инерционная сила в системе превысит определенного уровня, в опорных элементах

сейсмоизолирующего устройства начнется проскальзывание, что приведет к понижению пиков ускорения системы.

Основой работы сейсмоизоляции в виде скользящего пояса в уровне фундамента является устройство системы скольжения, которая включает компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений (Рис.6). В качестве компонента минимизации трения используют различные материалы: эластичное покрытие графит, нержавеющей сталь, фторопластовые пластины (PTFE) и др.

Наиболее эффективным в качестве компонента минимизации трения является использование фторопластовых пластин. Данный выбор обусловлен специфическими характеристиками этого материала: 2,12-2,28 г/см³, предел прочности на сжатие 12 МПа, предел прочности на растяжение 14-25 МПа, модуль упругости при сжатии 700 МПа, относительное удлинение при разрыве 250-500 %. Данный материал нетеплопроводен, сохраняет свою работоспособность в интервале температур от -269 до +260 °С, не поглощает воду, химически стоек к кислотам, щелочам и органическим растворителям, не горит, стоек к воздействию грибков и бактерий, легко подвергается механической обработке, обладает высоким электрическим сопротивлением, практически не стареет (срок службы более 20 лет). Данный полимер отмечен в книге рекордов Гиннеса как самый скользкий материал (коэффициент трения фторопласта по стали равен 0,04-0,08, в некоторых парах достигает до 0,02).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время накоплен определенный опыт строительства и эксплуатации экспериментальных домов с сейсмоизолирующим скользящим поясом, проведены немало исследований по определению эффективности применения данного вида сейсмоизоляции для сейсмостойкости зданий и сооружений. Результаты проведенных исследований доказывают эффективность применения сейсмоизолятора подобного типа. Рассматриваемый вид сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса обладает достаточно высокой эффективностью, простотой устройства и экономичностью используемых материалов. Однако на данный момент для этой системы отсутствуют в полном объеме расчетные обоснования. Многие вопросы до сих пор остаются мало изученными: прежде всего это касается разработки методики расчета многоэтажных зданий и сооружений с учетом характеристик данного вида сейсмозащиты, определения рациональных параметров и областей их эффективного применения.

ВЫВОДЫ

Задача по обеспечению сейсмостойкости современных зданий и сооружений является очень важной и в то же время нетривиальной. Применение сейсмоизоляторов является рациональным путем достижения требуемого уровня сейсмоустойчивости зданий и сооружений. По характеристикам ожидаемого сейсмического воздействия на конкретной площадке строительства, а также по конструктивному решению здания и эксплуатационным требованиям, выдвигаемым к нему, можно выбрать тот или иной вид сейсмоизоляции. Использование различных систем сейсмоизоляции может существенно увеличить сейсмостойкость зданий и сооружений, тем самым повышая надежность и безопасность строительных конструкции проектируемых и возводимых в сейсмических районах.

Рассмотренный вид сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса является высокоэффективным, малозатратным и несложным в устройстве, что дает большое преимущество применения по сравнению с другими видами сейсмоизоляций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг Я.М. «Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов». Москва, Строиздат, 1976 – 232 с.

2. Айзенберг Я.М., Акбиев Р.Т., Грановский А.В., Смирнов В.И., Чигрин С.И. «Сейсмическая безопасность: исследования, нормы, проектирование»// Промышленное и гражданское строительство. 2007. №3. С. 22-25.
3. Аптикаев Ф.Ф., Эртелева О.О. «Параметры спектров реакции»// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. №5. С. 23-25.
4. Мкртычев О.В, Джинчвелашвили Г.А. «Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения)»// Москва, 2012 - 192 с.
5. Мкртычев О.В. «Безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях»: монография// М.: МГСУ, 2010. 152с.
6. Тяпин А.Г. «Влияние податливости фундамента на сейсмическую реакцию сооружения». Часть I: волновое решение для однопролетного сооружения // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. №4. С. 37-42.
7. Тяпин А.Г. «Влияние податливости фундамента на сейсмическую реакцию сооружения». Часть II: волновое решение для двухпролетного сооружения // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2010. №5. С. 18-24.
8. Уздин А.М., Сандович Т.А., Самих Амин Аль-Насер-Мохомад. «Основы теории сейсмостойкого строительства зданий и сооружений» // Санкт-Петербург: Издательство ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1993. – с. 176.
9. Савинов О.А. «О некоторых особенностях применения системы сейсмоизоляции зданий и сооружений» / О.А. Савинов, Т.А. Сандович // Известия ВНИИГ имени Б.Е. Веденеева, 1978, Т. 212 – С. 26-39.
10. Смирнов В.И. «Применение инновационных технологий сейсмозащиты зданий в сейсмических районах»// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. №4. С. 16-23.
11. Плевков В.С., Мальганов А.И. «Железобетонные и каменные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений»// Издательство Ассоциации строительных вузов. 2010 – 290 с.
12. J.M. Kelly. «Base isolation in Japan, 1988»// Report No. UCB/EERC-88/20. University of California, Berkeley. 1991.
13. N. Kani. «Current State of Seismic – Isolation Design» // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 2008.
14. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. «Современные методы сейсмозащиты зданий»// Москва: Стройиздат, 1989.-320 с.
15. Чуднецов В.П., Солдатова Л.Л. «Здания с сейсмоизоляционным скользящим поясом и упругими ограничителями перемещений»// Сейсмостойкое строительство: Реф. сб./ЦИНИС. Сер. 14. – 1979. - Вып.5. - С.1-3.
16. Кузнецов В.Д., Чэнь Сятин «Скользкий пояс фторопластом сейсмостойкого здания»// Инженерно-строительный журнал, №3, 2011.

Секция 6. Организационно-методические и общетехнические вопросы в строительстве

СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ПОДПИСАНИЯ АКТА ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ В СОСТАВЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ПОДПИСАНТОВ

А. С. Карпушкин

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение), ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, 295943, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, karpooshkin@yandex.ru

Аннотация

Статьей произведен анализ состава подписантов актов освидетельствования скрытых работ в составе исполнительной документации, а также функционала специалистов по организации строительства и авторского надзора. Выявлены конфликты между законодательством и стандартами в части функциональных обязанностей и ответственности между участниками строительства. Выделены основные проблемы, возникающие при практическом применении законодательства и стандартов. Предложены меры по оптимизации состава ответственных лиц и совершенствованию системы строительного контроля и исполнительной документации.

ВВЕЕНИЕ

На сегодняшний день численность подписантов самого массового документа по результатам строительного контроля (далее – СК) – акта освидетельствования скрытых работ (далее – ОСР) в составе исполнительной документации (далее – ИД) составляет от 5 до 7 человек. Казалось бы, такой контроль с участием большой комиссии должен обеспечить максимальный уровень качества. Однако на практике такой подход оборачивается совершенно обратным эффектом. Качество работ не увеличивается, и даже падает, а ИД подписывается неделями или даже месяцами.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью статьи является сокращение сроков подписания акта ОСР за счет пересмотра функционала и ответственности участников строительства за качество работ и организацию строительства. Достижение данной цели предполагает постановку и решение следующих задач:

- изучение истории развития законодательства и стандартов касательно функционала и ответственности линейных инженерно-технических работников (далее – ИТР).
- выявление конфликтов между законодательством и стандартами, а также практики ведения ИД.
- на основе полученного анализа, формирование предложений по оптимизации функционала и ответственности линейных инженерно-технических работников по организационной структуре подрядчика.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно ГОСТ Р 7.0.97-2016 [1] подпись, или отметка об электронной подписи является неотъемлемым реквизитом документа. Состав подписантов основного документа в составе ИД – акта ОСР согласно крайней версии РД-11-02-2006 [12], следующий:

1. Представитель застройщика (технического заказчика, эксплуатирующей организации или регионального оператора) по вопросам строительного контроля. Обычно выступает специалист СК заказчика.

2. Представитель лица, осуществляющего строительство. Обычно выступает производитель работ подрядчика.

3. Представитель лица, осуществляющего строительство, по вопросам строительного контроля (специалист по организации строительства). Обычно выступает производитель работ, начальник участка, либо специалист по СК подрядчика.

4. Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной документации. Выступает специалист авторского надзора (далее – АН).

5. Представитель лица, выполнившего работы, подлежащие освидетельствованию. Обычно выступает мастер или производитель работ подрядчика или субподрядчика.

6. Иные представители лиц, участвующих в освидетельствовании. Обычно выступает дополнительный проверяющий, или представитель эксплуатирующей организации.

Итого, количество подписантов документа составляет около 5-6 человек, которых просто не реально физически собрать на множество ежедневных выходов на объект для освидетельствования работ. В результате подписание документа производится по очереди с выдачей и устранением оформительских замечаний, растягивая процедуру. Т.е. невозможно подстроиться и без ошибок вести документацию при получении множества объективных и субъективных замечаний от разных людей, которые часто противоречат друг-другу.

В процессе подготовки и подписания акта ОСР может участвовать специалист производственно-технического отдела (далее – ПТО), на которого согласно приказу № 760н [10] также как и на специалистов по организации строительства возложена функция по ведению ИД. В табл. 1 представлен пример схемы процесса подготовки и подписания акта ОСР.

Табл. 1. Приблизительная схема процесса подготовки и подписания акта ОСР

| № п/п | Участник, должность | Процесс | № п/п | Шаги процесса |
|-------|---|----------------------|-------|---------------|
| 1. | Инженер ПТО подрядчика или субподрядчика | Подготовка | 1. | |
| | | Устранение замечаний | 2. | |
| 2. | Мастер или производитель работ подрядчика или субподрядчика | Подписание | 3. | |
| | | Проверка | 4. | |
| 3. | Производитель работ или специалист по строительному контролю подрядчика | Выдача замечаний | 5. | |
| | | Подписание | 6. | |
| | | Подписание | 7. | |
| 4. | Начальник участка подрядчика | Подписание | 8. | |
| | | Подписание | 9. | |
| 5. | Специалист АН | Подписание | 10. | |
| 6. | Специалист СК заказчика | Проверка | 11. | |
| | | Выдача замечаний | 12. | |
| | | Подписание | 13. | |
| 7. | Иное лицо (специалист заказчика, представитель эксплуатации и пр.) | Подписание | 14. | |
| | | Подписание | 15. | |
| | | Подписание | 16. | |
| | | Подписание | 17. | |
| | | Подписание | 18. | |
| | | Подписание | 19. | |
| | | Подписание | 20. | |

В таблице обозначено минимальное количество основных шагов процесса, возникающих на практике. При дополнительной проверке и выдаче замечаний к документу, к примеру, специалистом АН, общее количество шагов увеличивается минимум на 7 пунктов. Фактически досконально смотрят, сверяют данные и принимают активное участие в освидетельствовании максимум два-три человека, остальные смотрят документ регистрационно, выдавая, как правило, оформительские замечания. Кроме того, отдельно не обозначено время вынужденных и трудно устранимых простоев, когда подписант отсутствует на месте, либо документы лежат в очереди, в том числе ожидая

устранение замечаний. Таким образом, 20 шагов, большая половина которых избыточна, на практике осуществляется за 1-2 недели и более, что ставит невозможным своевременное ведение ИД и нарушает ритмичность строительства, а также ставит невозможным своевременность оплаты подрядчику.

Часто в связи с требованиями заказчика о дополнительной функцией фиксации объемов работ ИД (в журналах, актах и исполнительных схемах), все участвующие своей подписью вынуждены также фиксировать и данный факт. В то же время основная функция по подтверждению качества работ часто уходит на второй план. На деле данное решение ни коим образом не помогает увеличить качество строительства, а лишь «размывает» ответственность между проверяющими, а также увеличивает длительность проверок документов, исправления оформительских замечаний и подписания всеми участниками, увеличивая отставание в ведении ИД. Порядок ведения и состав ИД, в том числе акта ОСР изучен в статье [17].

Состав комиссии и процесс подписания актов напрямую зависит от функционала и ответственности подписантов. Рассмотрим функционал отдельных участников комиссии.

Позиция и функционал представителя застройщика (технического заказчика, эксплуатирующей организации или регионального оператора) по вопросам строительного контроля понятны и здесь подробно рассматриваться не будет. Необходимо лишь отметить, что часто организации, осуществляющие строительный контроль по договору с заказчиком требуют от подрядчика включить их в иные лица, а соответственно подпись в данной позиции акта ОСР оставить за заказчиком, что является не правомерным желанием, чаще, связанным с уходом от ответственности.

Далее рассмотрим позицию представителя лица, осуществляющего подготовку проектной документации. Весь функционал АН можно разделить на два направления – СК и мероприятия по корректировке проектно-сметной документации (далее – ПСД). Кроме того, согласно п.8.1 СП 246.1325800.2016 [14] три из пяти случаев корректировки РД выполняются за отдельные средства. А так как сводным сметным расчетом не предусмотрены средства на данную функцию, то и воспользоваться данными условиями заказчик или не может, или будет пытаться реализовать корректировку документации за счет проектировщика. В свою очередь опытный проектировщик в большинстве случаев не станет делать эту работу бесплатно. Также система оплаты и форма журнала АН заточены в первую очередь под контрольную функцию, с фиксацией каждого посещения специалистом объекта.

При этом представитель АН на строительстве с привлечением бюджетных средств в большинстве выезжает на объект по графику 1-2 раза в неделю или еще реже, и физически не попадает на запланированное время освидетельствования работ. Ранее в СНиП III-1-76 специалист АН расписывался только в акте промежуточной приемки ответственных конструкций, а его подпись в актах ОСР при этом формой не предусматривалась, что являлось более практичным решением, соответствующим характеру работы АН.

Половина подписантов в акте ОСР являются специалистами по организации строительства подрядчика и именно с данными позициями в актах ОСР возникает больше всего вопросов.

Согласно постановлению Госстроя СССР № 131 [5] ответственным за освидетельствование работ был производитель работ, функции которого часто осуществлял мастер. Инженер по качеству согласно приказу Минздравсоцразвития № 188 [7] имел дополнительную функцию контроля качества и контролировал правильность его проведения производителем работ.

Однако с принятием 190-ФЗ РФ [1] была введена новая функциональная единица «Специалист по организации строительства».

Формами актов ОСР согласно РД 11-02-2006 [13] предусмотрели три функциональные единицы подрядчика и/или субподрядчика согласно терминологии 190-ФЗ РФ [1] без какой-либо конкретики указания должностей:

- представитель лица, выполнившее работы, подлежащие освидетельствованию.
- представитель лица, осуществляющего строительство.
- представитель лица, осуществляющего строительство по вопросам строительного контроля.

Более подробный функционал и точные наименования должностей появились только в 2014 году в профессиональном стандарте «Организатор строительного производства», утвержденном приказом № 930н [8] и далее приказом № 516н [9], где под одним термином «Специалист по организации строительства» скрывается целая группа линейных ИТР.

Для более полного понимания организационной структуры линейных ИТР подрядчика рассмотрим в табл. 2 функционал по организации строительства и СК, а также соответствующие наименования должностей в истории развития законодательства и стандартов.

Табл. 2 Матрица функций по организации строительства и строительному контролю в законодательстве и стандартах

| Хронология развития законодательства и стандартов | | Функционал | | |
|---|---|---|---|--|
| | | Организация строительства | | Строительный контроль (контроль качества) |
| До 2005 года | Постановление Госстроя № 131 | Мастер участка | Произв. работ | |
| | ЕТКС | Мастер участка | Произв. работ | |
| С 2005 года ГрК | 190-ФЗ от 29.12.2004 | ч.2 ст. 52 Лицо, осуществляющее строительство | | ч.2 ст. 53 Лицо, осуществляющее строительство |
| ЕКС | Приказ № 188 от 23.04.2008 | Произв. работ | | Инженер по качеству |
| Проф. стандарт «Организатор строительного производства» | Приказ № 930н от 29.12.2014, Приказ № 516н от 26.06.2017 | Мастер | Произв. работ | Рук. строительства (Начальник участка, ГИП, Руководитель проекта) |
| Позиции в акте РД 11-02-2006 | Приказ № 1128 от 26.12.2006 Приказ № 428 от 26.10.2015 | Представитель лица, выполнившего работы | Представитель лица, осуществляющего строительство | Представитель лица, осуществляющего строительство по вопросам СК |
| Изменения в ГрК 2016 года | 372-ФЗ от 03.07.2016 | ч.2 ст. 52 Специалист по организации строительства (ГИП) ч 5 ст. 55.5-1 (в функционале специалиста по организации строительства указан СК) ст. 55.5 (необходимость наличия в НРС) | | |
| Позиции в акте РД 11-02-2006 изм. 2017 года | Приказ № 470 от 09.11.2017 | Представитель лица, выполнившего работы | Представитель лица, осуществляющего строительство | Представитель лица, осуществляющего строительство по вопросам СК (специалист по организации строительства) |

В связи с туманными терминами и неоднозначной интерпретацией законодательства и стандартов многие участники строительства начали допускать ошибки в назначении ответственных лиц, в том числе создавая отделы СК, специалисты которых начали расписываться в актах ОСР за лицо, осуществляющее строительство по вопросам СК. Таким образом данные специалисты вместо усеченной функции по контролю правильности проведения строительного контроля, начали сами осуществлять такой контроль в полном объеме, перенимая данную функцию у производителей работ.

С последующими изменениями в 2016 году 190-ФЗ РФ [2] в ч.2 ст. 52 были уточнены должность (главный инженер проектов) по примеру ГИПа в проектировании, в ч.5 ст. 55.5-1 указали функционал специалиста по организации строительства, а также указали требования к такому лицу о необходимости наличия его в национальном реестре

специалистов. Таким образом борьба за качество строительства пошла по пути введения персональной и пожизненной ответственности конкретных специалистов проектировщика и подрядчика.

В последующих изменениях РД 11-02-2006 [12] ошибка многих подрядчиков по созданию отделов СК стала еще более явной, так как уже в самой форме акта ОСР уточнили, что представитель лица, осуществляющего строительства по вопросам строительного контроля является специалистом по организации строительства. Хотя и лицо, выполнившее работы, подлежащие освидетельствованию и лицо, осуществляющее строительства, являются также специалистами по организации строительства, только с более низким уровнем квалификации.

В табл. 3, 4 и 5 рассмотрим функционал специалистов по организации строительства согласно приказу № 516н [9] в части строительного контроля и ИД в сравнении с квалификационными характеристиками согласно Постановлению Госстроя СССР № 131 [5].

Табл. 3 Сравнительный анализ функционала по организации строительства и ИД специалиста по организации строительства уровня квалификации 5

| Должность / уровень квалиф. | Проф. стандарт «Организатор строительного производства» Приказ №516н | | Пост. № 131 | |
|-----------------------------|---|---|-------------|---------------|
| | Трудовая функция (код) | Трудовые действия, связанные с СК и ИД | Мастер | Произв. работ |
| Мастер /5 | Материально-техническое обеспечение производства однотипных строительных работ (А/02.5) | Контроль качества и объема (количества) МТР для производства однотипных строительных работ. Производить документальный, визуальный и инструментальный контроль качества МТР. | • | |
| | Оперативное управление производством однотипных строительных работ (А/03.5) | Ведение текущей и исполнительной документации по выполняемым видам однотипных строительных работ. | | |
| | Контроль качества производства однотипных строительных работ (А/04.5) | Операционный контроль отдельных строительных процессов и (или) производственных операций при производстве однотипных строительных работ. | • | |
| | | Текущий контроль качества результатов производства однотипных строительных работ. | • | |
| | Осуществлять документальное сопровождение результатов операционного контроля качества работ (журнал операционного контроля качества работ). | • | | |

Табл. 4 Сравнительный анализ функционала по организации строительства и ИД специалиста по организации строительства уровня квалификации 6

| Должность / уровень квалиф. | Проф. стандарт «Организатор строительного производства» Приказ №516н | | Пост. № 131 | |
|-----------------------------|--|--|-------------|---------------|
| | Трудовая функция (код) | Трудовые действия, связанные с СК и ИД | Мастер | Произв. работ |
| Произв. Работ /6 | Материально-техническое обеспечение производства однотипных строительных работ (В/02.6) | Контроль качества и объема (количества) материально-технических ресурсов. Производить документальный, визуальный и инструментальный контроль качества поставляемых МТР. | | |
| | Оперативное управление строительными работами на объекте капитального строительства (В/03.6) | Ведение текущей и исполнительной документации по выполняемым видам строительных работ. | | • |
| | Контроль качества производства строительных работ на объекте | Операционный контроль отдельных строительных процессов и (или) производственных операций. | | |

| Должность / уровень квалиф. | Проф. стандарт «Организатор строительного производства» Приказ №516н | | Пост. № 131 | |
|-----------------------------|--|---|-------------|---------------|
| | Трудовая функция (код) | Трудовые действия, связанные с СК и ИД | Мастер | Произв. работ |
| | капитального строительства (В/04.6) | Контроль соответствия положений элементов, конструкций и частей объекта капитального строительства (строения, сооружения), инженерных сетей требованиям нормативной технической и проектной документации. | • | |
| | | Текущий контроль качества результатов строительных работ. | | |
| | Приемочный контроль законченных видов и этапов строительных работ (элементов, конструкций и частей здания (строения, сооружения), инженерных сетей). | | | • |

Табл. 5 Сравнительный анализ функционала по организации строительства и ИД специалиста по организации строительства уровня квалификации 7

| Должность / уровень квалиф. | Проф. стандарт «Организатор строительного производства» Приказ №516н | | Пост. № 131 | |
|---|---|--|---------------|--------------|
| | Трудовая функция (код) | Трудовые действия, связанные с СК и ИД | Произв. работ | Нач. участка |
| Рук. стр-ва (Нач. участка, ГИП, Рук. проектов) /7 | Материально-техническое обеспечение производства однотипных строительных работ (С/02.7) | Входной контроль качества и объемов (количества) поставляемых материально-технических ресурсов, строительной техники, машин и механизмов, ресурсов, поставляемых через внешние инженерные сети. Производить документальный, визуальный и инструментальный контроль качества и объемов (количества) поставляемых МТР, строительной техники, машин и механизмов, ресурсов, поставляемых через внешние инженерные сети. | | |
| | Оперативное управление строительным производством на участке строительства (С/03.7) | Ведение текущей и исполнительной документации по производственной деятельности участка строительства. | • | |
| | Приемка и контроль качества результатов выполненных видов и этапов строительных работ на участке строительства (С/04.7) | Приемка законченных видов и отдельных этапов работ, элементов, конструкций и частей объектов капитального строительства, сетей инженерно-технического обеспечения, их участков с правом подписи соответствующих документов. | • | • |
| | Сдача заказчику результатов строительных работ (С/05.7) | Подписание акта приемки объекта капитального строительства, документов, подтверждающих соответствие требованиям тех. регламентов, ПД, ТУ подключения к сетям ИТО. | • | • |

Должностные обязанности мастера и производителя работ установлены для полной структуры строительного участка: «старший производитель работ - производитель работ – мастер». В случае непосредственного подчинения мастера руководителю строительного участка в его должностные обязанности включаются функции производителя работ. В случае непосредственного подчинения прорабского участка руководству строительного управления в должностные обязанности производителя работ включаются функции старшего производителя работ; при отсутствии в подчинении производителя работ мастеров в его обязанности включаются функции мастера. Таким образом, согласно Постановлению Госстроя № 131 [5] функции мастера и производителя работ часто объединены под одним лицом, что также производится и сейчас.

Согласно проведенному анализу, можно сделать выводы, что согласно приказу № 516н [9] у всех специалистов практически одинаковый функционал в части ведения и подписания ИД, с той лишь разницей, что у руководителя строительства нет

операционного контроля, но есть входной и приемочный. Т.е. не прослеживается структурная подчиненность, четкое разделение обязанностей, а также нет указания что производителем работ и мастером может выступать одно лицо.

Согласно п.3) ч.1 ст. 39 384-ФЗ [16], а также требованиям п.4 ч.5 ст. 55.5-1 190-ФЗ РФ [2] специалист по организации строительства должен подписывать лишь итоговые документы согласно приложениям А, Б, В и Г СП 68.13330.2017 [15], т.е. уровня приемки.

Однако согласно разъяснениям Минстроя РФ (письмо от 08.06.2017 №20243-ТБ/02 [3]) и Ростехнадзора (письмо от 27.12.2017 № 09-02/05/15110 [4]) вся ИД является подтверждением соответствию техническим регламентам и проекту и в соответствии с п. 5 и 6 ПП РФ № 468 [6] специалист по организации строительства должен подписывать акты РД 11-02-2006 [12], а также документы других стандартов, регламентирующих формы и порядок ведения ИД.

При этом руководитель уровнем выше производителя работ, отвечая за множество объектов в разных местах или за один крупный объект, большую часть времени, проводя на всевозможных совещаниях и планерках не имеет физической возможности участвовать в во входном контроле материалов и освидетельствовании всех работ, в т.ч. скрытых, ответственных конструкций и сетей инженерно-технического обеспечения (далее – ИТО), а тем более вести ИД.

Кроме того, при оптимальной структуре управления численность линейных ИТР в подчинении руководителя строительства (начальника участка) должна составлять около 3-5 производителей работ, 10-15 мастеров, а также 200-300 рабочих и механизаторов. При выполнении за месяц каждой бригадой работ по возведению этажа здания из ж/б стен, колонн и перекрытия, соответствующим 7 актам ОСР в т.ч. освидетельствования ответственных конструкций, руководителю строительства необходимо явиться в назначенное время на освидетельствование, принять работы и затем подписать по всем объектам около 70-105 актов. А по большинству других видов работ объем актов увеличился в несколько раз в связи с изменением в 190-ФЗ [2] термина «скрытые работы» на оказывающие влияние на безопасность, под которые подпадают практически все работы согласно приказу Минрегиона № 624 [11]. Т.е. в отличие от ГИПа проектировщика, руководитель строительства должен проверить и работы, и бумаги, что практически не осуществимо при его уровне загрузки.

Вся организационная структура участка, с функционалом, правами и ответственностью, в том числе и через материальную ответственность, выстроена вокруг производителя работ. И требование об освидетельствовании работ с подписанием соответствующих актов ОСР и других документов из состава ИД руководителя уровнем выше производителя работ вносит дисбаланс в организационную структуру и функционал линейных ИТР участка организации.

Для обеспечения гибкости и оптимизации ответственности за СК специалистами по организации строительства предлагается поделить ИД по следующим уровням:

1. Уровень освидетельствования (результаты входного контроля, операционного контроля и освидетельствования).
2. Уровень промежуточной приемки или частичного завершения работ (результаты освидетельствования ответственных конструкций, сетей инженерно-технического обеспечения и приемки специальных монтажных работ).
3. Уровень приемки (объемов и качества с ежемесячным подписанием форм КС-2 и КС-3, а также приемки объекта в эксплуатацию с подписанием финальных документов).

Также для исключения противоречий и конфликтов в организационной и функциональной структуре подрядчика предлагается разделить функционал специалистов по организации строительства в части подготовки и подписания ИД по уровням в соответствии с табл. 6.

Табл. 6 Предлагаемое деление ответственности по подготовке и подписанию документации СК по уровням

| Должность | | Ответственность за СК | Готовит документы | Подписывает документы |
|------------------------|-----------------------|---|---|---|
| на объектах стоимостью | | | | |
| До 500 млн. руб. | Свыше 500 млн. руб. | | | |
| Произв. работ | Рук. строительства | Итоговая приемка | --- | Документы на оплату, Документы уровня итоговой приемки |
| | Специалист СК | Освидетельствование и промежуточная приемка | Общий журнал работ на основе ежедневников, Документы уровня промежуточной приемки (частичного завершения работ) | Общий журнал работ на основе ежедневников, Документы уровня промежуточной приемки (частичного завершения работ). Документы уровня освидетельствования |
| Произв. работ, Мастер | Произв. работ, Мастер | Входной, Операционный, Освидетельствование | Ежедневник, Документы уровня освидетельствования | Ежедневник, Документы уровня освидетельствования |

В табл. 7 представлена схема процесса подготовки и подписания акта ОСР с тремя участниками.

Табл. 7. Предлагаемая схема процесса подготовки и подписания акта ОСР

| № п/п | Участник, должность | Процесс | № п/п | Шаги процесса |
|-------|--|----------------------|-------|---------------|
| 1. | Мастер, или производитель работ подрядчика или субподрядчика | Подготовка | 1. | |
| | | Устранение замечаний | 2. | |
| 2. | Производитель работ, или специалист по строительному контролю подрядчика | Проверка | 3. | |
| | | Выдача замечаний | 4. | |
| | | Подписание | 5. | |
| 3. | Специалист СК заказчика | Подписание | 6. | |

Предлагаемые изменения позволят оптимизировать состав подписантов акта ОСР, сократить сроки подписания ИД, а также встроить в процесс специалистов СК подрядчика на более крупных объектах.

ВЫВОДЫ

Отсутствие гибкости системы ответственных лиц за организацию строительства и СК приводит к увеличению численности подписантов, затягиванию процедур, несвоевременности подписания документации о качестве, потерей ритмичности строительства и как следствие – несвоевременной оплаты за выполненные работы.

Деление ответственности исполнителей и проверяющих подрядчика по подготовке и подписанию соответствующей документации (уровня освидетельствования, промежуточной и финальной приемки) позволит:

- сократить избыточную численность подписантов со стороны подрядчика по результатам предъявления и контроля до необходимого и достаточного минимума.
- зафиксировать четкую границу ответственности участников по уровням в зависимости от масштабов строительства и соответствующей структуры управления.
- встроить отдельных специалистов СК в общую схему линейных ИТР с соответствующей ответственностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 7.0.97-2016 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200142871> Дата обращения: 01.10.21.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ URL: <http://docs.cntd.ru/document/901919338> Дата обращения: 01.10.21.
3. Письмо Минстроя РФ от 08.06.2017 № 20243-ТБ/02 «О разъяснении положений Градостроительного кодекса РФ о специалистах по организации строительства» URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71601070/> Дата обращения: 01.10.21.
4. Письмо Ростехнадзора от 27.12.2017 № 09-02-05/15110 «О подписании исполнительной документации» URL: <https://docs.cntd.ru/document/553800088> Дата обращения: 01.10.21.
5. Постановление Госстроя СССР от 03.07.1987 № 131 «Об утверждении квалификационных характеристик должностей руководителей, специалистов и служащих строительных организаций» URL: <https://www.dokipedia.ru/document/5296228> Дата обращения: 01.10.21.
6. Постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства» URL: <https://docs.cntd.ru/document/902222619> Дата обращения: 01.10.21.
7. Приказ Минздравсоцразвития России от 23.04.2008 № 188 (ред. от 12.02.2014) «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов архитектуры и градостроительной деятельности» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77577/.
8. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 21.11.2014 № 930н «Об утверждении профессионального стандарта «Организатор строительного производства» URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70736322/> Дата обращения: 01.10.21.
9. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 26.06.2017 № 516н «Об утверждении профессионального стандарта «Организатор строительного производства» URL: <https://docs.cntd.ru/document/456078934> Дата обращения: 01.10.21.
10. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29.10.2020 № 760н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области производственно-технического и технологического обеспечения строительного производства» URL: <https://docs.cntd.ru/document/573002525> Дата обращения: 01.10.21.
11. Приказ Минрегиона РФ от 30.12.2009 № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства» URL: <https://docs.cntd.ru/document/902196819> Дата обращения: 01.10.21.
12. Приказ Ростехнадзора от 09.11.2017 № 470 «О внесении изменений в Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2006 г. № 1128» РД-11-02-2006 URL: <https://docs.cntd.ru/document/542611783> Дата обращения: 01.10.21.
13. Приказ Ростехнадзора от 26.12.2006 № 1128 «Об утверждении и введении в действие Требований к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требований, предъявляемых к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения» (с изменениями на 9 ноября 2017 года) РД-11-02-2006 URL: <https://docs.cntd.ru/document/902023790> Дата обращения: 01.10.21.
14. СП 246.1325800.2016 Положение об авторском надзоре за строительством зданий и сооружений URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133993> Дата обращения: 01.10.21.
15. СП 68.13330.2017 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов URL: <https://docs.cntd.ru/document/555603336> Дата обращения: 01.10.21.
16. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ Дата обращения: 01.10.21.
17. Цопа Н.В., Карпушкин А.С. Исполнительная документация в строительстве: состав и порядок ведения // Экономика строительства и природопользования №4, 2020 год, С. 56-65 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45618868> Дата обращения: 01.10.21.

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗОН С ОСОБЫМИ УСЛОВИЯМИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СООРУЖЕНИЙ

Т. М. Квасников¹, М. Е. Дементьева²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

tima.kvasnikov@gmail.com

7dem@mail.ru

Аннотация

При реконструкции зданий и сооружений путем изменения их функционального назначения, а также при модернизации производственных предприятий путем расширения производства нередко возникает необходимость изменения вида разрешенного использования территории. В этом случае присоединяемые земельные участки иного или даже того же назначения могут получить обременение, например, в виде необходимости устройства санитарно-защитных зон, что влечет за собой необходимость изменения границ так называемой зоны с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ). В работе рассмотрена проблема законодательного регулирования процедуры установления ЗООИТ для эксплуатируемых зданий и сооружений, требующих реконструкции или модернизации. Предметом исследования являлись законодательные особенности установления ЗООИТ и способы изменения их назначения. Целью работы являлось исследование возможностей упрощения процедурных действий при изменении статуса ЗООИТ на примере объединения нескольких кадастровых участков с разными видами разрешенного использования. На основе методов критического анализа выполнен обзор требований нормативных документов в области градостроительства и землепользования и составлена матрица SWOT-анализа факторов назначения ЗООИТ. Результатом исследования стала разработка алгоритма действий при изменении назначения ЗООИТ. Результаты исследования могут быть применены для совершенствования взаимодействия органов государственной власти с проектными организациями, выступающими от лица заказчика.

ВВЕДЕНИЕ

В 2008 году в [1] было введено понятие «Зоны с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ)», что обусловлено необходимостью не только защиты населения и окружающей среды от негативного воздействия предприятий, но и необходимостью охраны самих строительных объектов, обеспечения их безопасного использования в соответствии с [2]. Однако в результате возникла проблема определения возможных ограничений или запретов в использовании тех зданий и сооружений, которые уже были возведены до принятия поправок. Для решения данной проблемы в 2018 году в [3] была введена новая 19 глава, которая разделила решение данной проблемы на две части: описание регламента действий относительно уже возведенных строительных объектов и описание регламента освоения этих зон в будущем. Регламент устанавливает ограничение на использование земельных участков, если оно не совпадает с установленными целями использования ЗООИТ. Однако несмотря на довольно большой объем законодательного регулирования в области установления ЗООИТ, ни определение, ни признаки ЗООИТ так и не были четко очерчены в нормативных документах. Так, в п. 4 ст. 1 [1] дается лишь перечисление видов ЗООИТ, а в ст. 104 [3] указываются только цели установки ЗООИТ. Еще в 2017 году на заседании Правительства РФ [4] были подняты вопросы, связанные с необходимостью решения проблемы установки ЗООИТ для территорий ИЖС, что подтверждает нерешенность этого вопроса до сих пор и актуальность рассматриваемой в статье проблемы.

Проведенный аналитический обзор в области законодательного регулирования, а также научных исследований показывает, что основной акцент сделан на рассмотрение

вопросов экспертизы проектной документации для вновь возводимых строительных объектов [5-7] и правового использования территорий [8-10]. Немалое количество научных работ посвящено рассмотрению вопросов кадастровой оценки земель с учетом наличия ЗОУИТ [11-16], экономических аспектов оценки земельных участков и целесообразности инвестирования в них [17-19]. Однако до сих пор остаются нерешенными вопросы, касающиеся изменения статуса ЗОУИТ для уже возведенных и функционирующих объектов, а также для объектов, находящихся в стадии расширения производства и реконструкции, что обосновывает необходимость разработки четкого регламента переназначения этого статуса. Поэтому целью данной работы стало исследование возможностей изменения статуса ЗОУИТ на примере объединения нескольких кадастровых участков с разными статусами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования данной работы рассмотрены зоны с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ). Предметом исследования являлись законодательные особенности установления ЗОУИТ и способы изменения их назначения. В данном исследовании был проведен аналитический обзор нормативных документов и научных материалов в области ограничения использования земельных участков. Методом ситуационного анализа была разобрана проблема изменения назначения участка предприятия пищевой промышленности при его реконструкции с предварительным объединением кадастровых участков с наложенными ЗОУИТ. Исследование основано на методах системного критического анализа и синтеза научно-технической и нормативной информации, а также применения SWOT-анализа для структурированной оценки назначения ЗОУИТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема переназначения статуса ЗОУИТ была рассмотрена на примере расширения производства предприятия пищевой промышленности, которое потребовало объединения нескольких кадастровых участков под номерами 24,186,189 (рис. 1.).

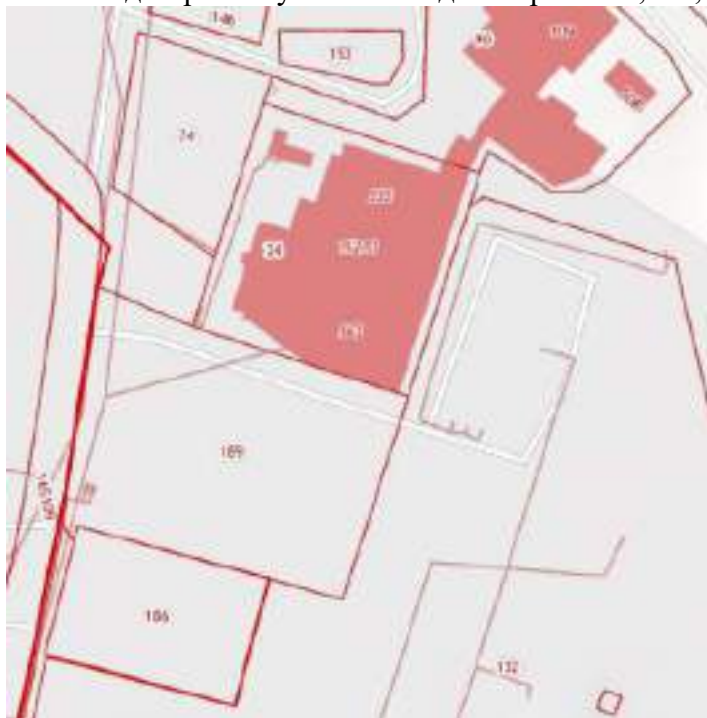


Рис. 1. Схема кадастрового участка предприятия

Рассмотрим ситуацию, когда предприятие в 2014 году купило землю, еще до введения понятия ЗОУИТ, и организовало на ней пищевое производство. В 2020 году

было принято решение о расширении производственного процесса, для чего были приобретены два соседних земельных участка, имеющих разное назначение использования: под производственную деятельность и под жилую застройку. В 2018 году, после внесения изменений в [3], Роспотребнадзор в лице Главного санитарного врача постановил наложить ограничение на обе территории в связи с наличием ЗОУИТ, запрещающее там размещение объектов промышленного назначения, в т.ч. объектов пищевой промышленности, коим производством и занимается рассматриваемое предприятие. Получается парадокс: наличие предприятия пищевой промышленности из-за наложенного ограничения не позволяет разместить рядом другое аналогичное предприятие пищевой промышленности. Поэтому для рассматриваемого предприятия возникла проблема объединения трех кадастровых участков в один, что не позволяет ему расширить производство.

Согласно законодательству [1, 3] для изменения назначения земельного участка и установления статуса ЗОУИТ необходимо наличие следующих признаков:

- 1) существование ограничений на участок;
- 2) наличие определенных границ;
- 3) расположение на территории зданий и сооружений;
- 4) необходимость охраны территорий, либо защиты здоровья граждан.

По результатам аналитического обзора нормативных документов в области ограничения использования земельных участков были выявлены факторы структурированной оценки при назначении ЗОУИТ и составлена матрица SWOT-анализа (рис. 2).

| | | | |
|--|---|--|---|
| Сильные стороны | S | Слабые стороны | W |
| Защита населения и пользователей Безопасная эксплуатация зданий и сооружений Охрана окружающей среды | | Преграда бизнесу Запрет на проживание (использование) Трудности законодательного регулирования | |
| Возможности | O | Угрозы | T |
| Улучшение экологии Усиления контроля за особо ответственными объектами | | Пробелы в законодательстве Установка назначения использования участка постфактум | |

Рис. 2. SWOT-анализ структурированной оценки назначения ЗОУИТ

В п. 7 ст. 106 [3] прописано, что в решении об установлении ЗОУИТ указывается:

- 1) вид территории;
- 2) конкретные ограничения использования земельных участков;
- 3) сведения о правообладателе здания.

Так как рассматриваемое предприятие является объектом пищевой промышленности, следовательно, необходимо провести анализ ограничений, накладываемых санитарно-защитными зонами. Проверим сперва возможность размещения объекта пищевой промышленности на соседнем кадастровом участке. Для этого воспользуемся [20], где сказано, что в санитарно-защитной зоне объектов пищевых предприятий допускается размещение новых профильных предприятий, но только при исключении взаимного отрицательного влияния на окружающую среду и здоровье граждан. Значит на новоприобретенной территории промышленного назначения разрешается строительство новых объектов пищевой промышленности, для этого нужно лишь объединить кадастровые участки в один. Остается следующий участок, для которого установлен жилой тип функционального использования, т.е. согласно [20] необходимо устройство санитарно-защитной зона шириной 300 м. Возникает проблема перевода участка, для которого установлен иной вид разрешенного использования – под индивидуальное жилищное строительство, в назначение под промышленное производство, связанная с обременением этого участка санитарно-защитной зоной.

Нормативные документы не предусматривают перевод участка из одного вида разрешенного использования в другой только по желанию собственника. Чтобы произвести такое изменение требуется новый утвержденный генплан территории, что будет являться основанием для проведения изменения. Только в этом случае появляется возможность и право подачи ходатайства в уполномоченный орган государственной власти о смене категории земельного участка. Если было выдано положительное заключение, то собственнику выдаются следующие документы:

- 1) обоснование для изменения категории;
- 2) границы и кадастровый номер участка;
- 3) категория, к которой относился кадастровый участок, и категория, к которой он будет относиться после вступления изменений в силу.

После изменения категории земельного участка необходимо обратиться в Роспотребнадзор, чтобы можно было изменить границы санитарно-защитной зоны. При этом согласно [1] потребуется государственная экспертиза проектной документации строительных объектов и результатов инженерных изысканий, строительство или реконструкция которых планируются в границах ЗОУИТ.

По результатам анализа рассмотренной ситуации был разработан пошаговый алгоритм действий при возникновении схожих ситуаций, связанных с необходимостью изменения вида разрешенного использования земельных участков при реконструкции зданий и сооружений с изменением их функционального назначения, а также при модернизации производственных предприятий путем расширения производства (рис. 3).



Рис. 3. Алгоритм действий при изменении назначения ЗОУИТ

ВЫВОДЫ

В работе проанализирована проблема изменения назначения ЗОУИТ в условиях реконструкции зданий и сооружений на примере модернизации производственного

предприятия, потребовавшей объединения нескольких кадастровых участков, имеющих разные виды разрешенного использования. Выполненные исследования показали, что собственнику можно добиться изменения статуса ЗОУИТ при расширении границ своих владений, однако для этого нужно соблюсти большой объем требований законодательства, что серьезно усложняет этот процесс. Практическое значение данной работы предполагает упрощение процедуры изменения статуса ЗОУИТ, для чего на основании анализа требований законодательной и нормативно-технической документации была составлена матрица SWOT-анализа оценки назначения ЗОУИТ и на ее основе разработан алгоритм, структурирующий действия собственника при изменении назначения и границ ЗОУИТ. Предложенный алгоритм может быть применен в перспективе при уточнении регламента экспертизы проектной документации при взаимодействии проектных и экспертных организаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).
2. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция).
3. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021).
4. Брифинг Михаила Меня и заместителя Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Хамита Мавлярова по завершении заседания Правительства [Электронный ресурс] // Заседание Правительства РФ, 26.10.2017. – URL: http://government.ru/dep_news/29857/ (дата обращения 22.10.2021).
5. Зоны с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ) [Электронный ресурс] // Геомер групп, 18.12.2020. – URL: <https://geomergroup.ru/article/zouit.html> (дата обращения 09.10.2021).
6. Зоны с особыми условиями использования территорий (ЗОУИТ) [Электронный ресурс] // ОГАУ "Госэкспертиза Челябинской области", 2019. – URL: https://ge74.ru/press_center/news/ZOUIT.pdf (дата обращения 12.09.2021).
7. Юридический справочник застройщика [Электронный ресурс] // под ред. Д.С. Некрестьянова. – СПб.: ГУД, 2021. – 344 с. – URL: <https://www.kachkin.ru/yuridicheskiy-spravochnik-zastroyshchika/> (дата обращения 01.11.2021).
8. Золотова О.А. Ограничения прав предпринимателей в границах зон с особыми условиями использования территорий // Юридический вестник Самарского университета. 2018. Т. 4. № 3. С. 70-76.
9. Воронцова А.А., Заславская Н.М. Правовой режим зон с особыми условиями использования территории // Экологическое право. 2019. № 2. С. 8-12.
10. Липски С.А. Зоны с особыми условиями использования территорий и другие ограничения для правообладателей земельных участков // Гражданин и право. 2020. № 1. С. 59-64.
11. Ширина Н.В., Кононова О.Ю. Актуальность проблемы учета зон с особыми условиями использования территории // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 135-138.
12. Дементьева М.Е., Педяш Е.В. Обзор принципов обоснования проектных решений по реконструкции жилой застройки // Научное обозрение. 2017. № 15. С. 24-27.
13. Сулин М.А., Семенова М.В. Зоны с особыми условиями использования территорий, внесение в государственный кадастр недвижимости сведений о них // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2011. № 22. С. 273-277.
14. Ансимов А.И. Зоны с особыми условиями использования территории в градостроительстве, землеустройстве и кадастре недвижимости // Кадастр недвижимости. 2019. № 1 (54). С. 96-99.
15. Кияшко Г.А., Ярина А.Е. Важность внесения сведений о зонах с особыми условиями использования территорий в единый государственный реестр недвижимости // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2020. № 1 (10). С. 72-76.
16. Дементьева М.Е., Петров П.В., Попов А.А. Задачи развития рекреационных зон в условиях сложившейся застройки городов // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10 (77). С. 465-467.
17. Лягушев А.А. Экономические аспекты инвестиций в зоны с особыми условиями использования территорий // Проблемы научной мысли. 2018. Т. 1. № -1. С. 14-17.
18. Шафигина Р.Р., Колмакова Е.А. Анализ влияния зон с особыми условиями использования территорий при расчете стоимости земельного участка // Молодой ученый. 2019. № 4 (242). С. 81-83.
19. Чернова К.А. Проблемы учета влияния зон с особыми условиями использования территорий на определение кадастровой стоимости земельных участков // Социальные науки. 2020. № 1 (28). С. 65-69.
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов".

ДЕКОНСТРУКЦИЯ КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЛИКВИДАЦИИ ЗДАНИЙ В КОНЦЕПЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Д. М. Мазурин¹, М. Е. Дементьева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹ГК КрашМаши, 115054, г. Москва, ул. Дубининская, д.57 стр.2,

¹*dima.mazurin2017@yandex.ru*

²*7dem@mail.ru*

Аннотация

Неотъемлемой частью реновации городской среды является необходимость обновления застройки с учетом новых потребностей общества, которая может осуществляться путем капитального ремонта, реконструкции или ликвидации зданий и сооружений. В статье рассматривается новая стратегия ликвидации строительного объекта – деконструкция, как составляющая часть непрерывного жизненного цикла строительного производства, повышающая экологическую устойчивость и экономическую доступность. Технологии ликвидации здания, которые уже были предрасположены к разборке и повторному использованию его элементов, могут представлять собой инновационный способ перенаправления вторичных строительных ресурсов в непрерывный жизненный цикл здания. Данный подход может помочь перейти от линейной модели строительного производства, основанной на потреблении ресурсов, к замкнутому циклу использования и повторного использования материалов, уменьшая тем самым воздействие на окружающую среду, и в то же время обеспечивая необходимыми ресурсами строительную отрасль. Следовательно, деконструкция здания может стать жизнеспособной и устойчивой альтернативой традиционных технологий сноса, однако проблема ее применимости заключается в необходимости выбора подходящих конструкций и технологий еще на этапе проектирования здания. Поэтому цель исследования заключается в изучении влияния конструктивно-технологических решений эксплуатируемых зданий на возможность внедрения деконструкции как основного подхода к их ликвидации. Предметом исследования являются факторы, влияющие на возможность применения деконструкции при реновации городской застройки. Методом анализа иерархий описана иерархическая система способов использования строительных отходов при традиционной ликвидации и при деконструкции здания. Рассмотрены наиболее распространенные типы зданий с точки зрения возможности селективного демонтажа всех элементов. Введено понятие степень деконструкции здания. В результате были выявлены проблемы, влияющие на применимость деконструкции и систематизированы основные влияющие факторы. Определен ряд принципов эффективной деконструкции здания, которые могут быть учтены в процессе управления непрерывным жизненным циклом здания.

ВВЕДЕНИЕ

Мировая практика строительного производства свидетельствует, что строительная отрасль потребляет около 35% разрабатываемых ресурсов и около 40% вырабатываемой энергии. Помимо этого, на протяжении всего жизненного цикла здания образуется около одной трети всех отходов, которые впоследствии попадают на полигоны [1-4]. Экологическая проблема использования строительных отходов особенно остро стоит по истечении нормативного срока службы здания, когда необходимо принять решение о его дальнейшей судьбе. Существуют различные варианты решения: капитальный ремонт, реконструкция и снос [5-7]. Среди преимуществ реконструкции и капитального ремонта – использование и сохранение исторического наследия зданий, что предполагает устойчивый подход к их обновлению без разрушения, но, в то же время, это гораздо более дорогой процесс, чем снос.

Под сносом можно понимать произвольную разборку или разрушение конструкции с целью быстрой очистки строительной площадки. Это относительно быстрый и очень экономичный процесс, но в то же время он не обязательно экологически безопасный, учитывая большое количество образующего строительного материала [8]. Для небольших зданий процесс сноса довольно прост и выполняется с помощью таких механизмов, как краны, экскаваторы и бульдозеры [9, 10]. Поэтому продуктами сноса являются в чаще всего несортированные массивы строительных отходов, которые утилизируются различными способами, но в основном вывозятся на захоронение полигонов или сжигаются.

Чтобы решить данную экологическую проблему, мировое сообщество все чаще интересуется так называемой экономикой замкнутого цикла строительства зданий и сооружений [11-17]. Составляющей частью такой экономики является деконструкция, представляющая собой селективную разборку всех элементов здания, включая отделку, инженерные системы, несущие и ненесущий конструкции. В зарубежных исследованиях [18-22] деконструкция позиционируется как альтернатива сносу, конечным продуктом которой является не поврежденные части здания, применяемые для повторного использования. В отечественной практике понятие деконструкции пока не нашло широкого распространения, что обосновывает актуальность данной работы. Поэтому целью исследования является изучение влияния конструктивно-технологических решений зданий на возможность внедрения деконструкции как основного подхода к ликвидации зданий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является деконструкция как способ перспективной ликвидации зданий в концепции непрерывного жизненного цикла. Предметом исследования являются факторы, влияющие на возможность применения деконструкции при реновации городской застройки. Для этого предложено признать деконструкцию неотъемлемой частью жизненного цикла строительного объекта, который необходимо будет учитывать при разработке инвестиционно-строительного проекта здания и на этапе его проектирования. Подобно целостному подходу к планированию, при котором эффективность использования ресурсов является частью первоначального проекта, деконструкция должна стать одним из главных аспектов проекта, а не второстепенным, каким является сейчас этап сноса здания. Применение гибкой деконструктивной стратегии позволит повторно использовать и перерабатывать части здания, удерживать строительные компоненты и материалы в непрерывном производственном цикле. После окончания жизненного цикла компоненты здания интегрируются во вторую жизнь, их можно будет использовать повторно, ремонтировать, обновлять и перерабатывать.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повторное использование компонентов, получаемых в результате селективного демонтажа, в том числе в других зданиях – это процесс, при котором части здания демонтируются во время деконструкции, перемещаются в новый контекст и повторно используются в новых жизненных циклах, которые могут быть связаны со строительным сектором или другими секторами экономики. Эти компоненты, которые обычно должны быть специально выбраны на этапе проектирования, можно снова использовать без какой-либо аттестации или повторной обработки, поэтому они готовы к использованию в новом жизненном цикле, хотя и не без исключения возможных операций очистки перед операциями повторного монтажа. Это процесс уже успешно применяется в зарубежной практике [23-26], поскольку сейчас обычным явлением становятся рынки подержанных компонентов. Однако необходимо учитывать, что этот процесс имеет ограничения по времени и, следовательно, рано или поздно каждый компонент здания должен стать переработанным, когда перестанет подходить для предполагаемых функций.

Переработка материала после демонтажа здания – это процесс обработки вторичного материала, при котором новый переработанный материал имеет более низкое качество и функциональность, чем исходный материал из-за наличия загрязняющих веществ и из соображений безопасности, которые позволяют применять только высококачественные материалы. Переработка материала требует дополнительного количества энергии из-за необходимости адаптации элемента перед его повторным использованием. Результатом переработки является получение продукта, который имеет либо те же характеристики, что и в начале его жизненного цикла, либо другие характеристики: лучшие в случае повторного использования, худшие в случае понижающего цикла, что чаще распространено. Примером может служить бетон, полученный в результате сноса [23]: после дробления его можно использовать для материалов с более низкими эксплуатационными характеристиками, таких как основания или стяжки, но его нельзя переработать в конструкционные части.

Таким образом, переработка материалов позволяет большему количеству продуктов, компонентов и материалов здания повторно войти в цепочку поставок. Он включает в себя набор стратегий и методологий, направленных на извлечение полезных материалов из отходов с целью их повторного использования, а не утилизации непосредственно на свалках. Применение переработанного материала предотвращает потерю потенциально полезных ресурсов, часто повышает устойчивость производства, а также снижает потребление сырья, энергии и выбросов парниковых газов. В дополнение к этому, можно избежать ряда прямых и косвенных внешних воздействий на окружающую среду, например, таких как загрязнение воздуха и воды, которые происходят в результате добычи сырья.

На основе метода анализа иерархий последнего этапа жизненного цикла здания были изучены традиционные предпочтения применимости его компонентов и материалов, что позволило составить иерархическую систему. В настоящее время в основе иерархии лежит утилизация отходов и переработка материалов. Вместе с тем, наиболее экологически устойчивыми методами являются методы повторного использования строительных компонентов. Однако применение этих методов по-прежнему ограничено по сравнению с обычными линейными отраслевыми методами переработки и утилизации отходов. С другой стороны, деконструкция как новый подход к ликвидации здания позволяет действовать более рационально, изменяя иерархию методов применения строительных отходов. Следовательно, для достижения экономики замкнутого цикла необходимо «перевернуть» иерархическую систему с более широким использованием экологически устойчивых методов (рис. 1).



Рис. 1. Эволюция иерархической в сфере использования строительных отходов после ликвидации здания при внедрении деконструкции

Для того, чтобы разобрать здание, выполненное из разных материалов, связанных друг с другом различными способами, необходимо полностью знать внутреннюю структуру и состав его компонентов, что означает прежде всего, знать его конструктивную систему, а именно ту часть, которая специально предназначена для восприятия нагрузок и внешних воздействий, которым здание подвергается в течение его срока эксплуатации, а также знать технологии производства работ. В европейских странах есть опыт разработки паспорта материалов здания [16, 22, 27], в который включен список всех строительных материалов и способы их рециклинга, восстановления или переработки на рынке изменяющихся материалов. Этот документ позволяет более тщательно прорабатывать технологию деконструкции здания и дает возможность посчитать экономию выполняемых работ. Для того, чтобы оценить применимость деконструктивного подхода к различным зданиям, в работе введено понятие степень деконструкции, определяемая на первоначальном этапе методом качественной оценки.

В отечественной практике строительного производства значительная часть зданий построена из кирпича, соединенного влажными вяжущими веществами, такими как раствор, известь или цемент. Использование связующих является очевидным препятствием для процесса разрушения, т.к. чаще всего приводит к поломке кирпичной кладки и последующей невозможности ее повторного использования. Такие здания имеют низкую степень деконструкции. Возможным вариантом завершения жизненного цикла подобных конструкций является вторичная переработка: кирпичи можно использовать в качестве вторичного сырья после измельчения и использования в различных строительных работах, например, для дорожных покрытий. При этом оптимальным вариантом будет повторное использование: несущие стены можно разобрать на кирпичи, а после снятия связующего материала кирпичи можно будет использовать повторно. Однако демонтаж кирпичной стены может потребовать повышения мер предосторожности, а удаление раствора становится трудоемким, но подобной ситуации можно избежать. Хорошим примером являются так называемые кирпичи сухой укладки. Несущая стена из сухого кирпича состоит из глиняных или бетонных блокировочных блоков, которые укладываются сухим штабелем или с минимальным количеством раствора в подрамнике в стене [28]. Такой подход снижает воздействие кирпичей на окружающую среду, поскольку он продлевает их жизненный цикл и снижает потребность в новых материалах.

Разборчивость зданий с жестким каркасом зависит в основном от типа используемых материалов и соединений (стыков) между элементами конструкции, независимо от того, выполнены ли они сухим или мокрым способом. В зданиях с деревянным каркасом

использование гвоздей и блокировок обеспечивает значительную степень деконструкции и хорошие шансы для повторного использования материала и вторичной переработки. То же самое можно сказать и о предварительно напряженных бетонных каркасах, которые на заводе изготавливаются модульными и могут устанавливаться друг на друга с минимальным использованием связующего. Для стальных каркасных зданий соединения обычно выполняются сваркой и болтовым соединением. Хотя сварка является экономичным способом соединения, она связана с выбросом большого количества парниковых газов из-за плавления металлов. Болтовое соединение – это более экологически безопасный способ соединения, поскольку является сухим, разборным, что обеспечивает хорошую степень повторной применимости металлоконструкций и высокую степень деконструкции. Наконец, наиболее распространенными жесткими каркасными конструкциями являются конструкции из железобетона, отлитые на месте, узлы которых представляют собой сплошные монолитные элементы. Возможность эффективной деконструкции такого типа здания резко снижается из-за наличия цемента, который не позволяет разобрать узел для повторного использования компонентов. В большинстве случаев разрушенные конструкции из железобетона дробятся на мелкие фракции экскаваторами с навесным оборудованием типа гидравлические ножницы, с помощью которого арматура собирается в большой пучок, а бетон отправляется на дробильную станцию.

Здания, построенные из сборных элементов, обычно имеют высокую степень деконструкции по сравнению с конструктивными системами, созданными на месте, что в основном связано с их «внутренней природой». Такие здания разработаны по модульному принципу и могут быть адаптированы для различных целей, по этой причине они часто выполнены методами сухой сборки. Относительная простота и скорость разборки позволяет использовать множество «вторичных» вариантов повторного использования и переработки. Так, перекрытия, перегородки панельного типа, фасадные панели можно демонтировать и хранить до возможного последующего повторного использования в другом жизненном цикле. Стальные и деревянные элементы можно использовать несколько раз, выводить из эксплуатации и затем повторно использовать.

Одной из серьезных проблем повторного применения и переработки элементов здания является отсутствие законодательного нормирования в данной области. На сегодняшний день в строительных нормах не регламентирована возможность применения таких материалов при ремонте, реконструкции и новом строительстве. Отсутствие сертификации таких материалов, их пониженная эстетическая привлекательность тормозят возможности повторного использования даже при технической возможности и экономической привлекательности.

Проведенный критический анализ распространенных типов зданий с точки зрения возможности селективного демонтажа всех элементов позволил выявить проблемы, влияющие на применимость деконструкции как способа ликвидации зданий, и систематизировать основные влияющие факторы на потенциал ее применения (рис. 2).



Рис. 2. Факторы, влияющие на возможность применения деконструкции при ликвидации эксплуатируемых зданий

На основе вышесказанного был определен ряд принципов, которые влияют на эффективность деконструкции здания и обеспечивают возможность повторного использования и переработки разобранных элементов, независимо от технологии строительства и применяемых материалов:

1. Снижение сложности строительства. Хорошая стратегия снижения сложности – минимизация количества элементов, например, выбирать меньшее количество, но более крупные элементы; упрощение соединений, сделав их видимыми или доступными, тем самым можно обеспечить эффективное строительство и демонтаж, уменьшая потребность в большом количестве инструментов, а также сокращая время монтажно-демонтажных работ.

2. Выбор подходящих материалов и строительных компонентов. Такие материалы, как дерево, стальные элементы, кирпич, плитка можно повторно использовать, в отличие от таких материалов, как цемент, бетон, раствор и штукатурка, которые часто предназначены для захоронения.

3. Доступ к информации о деконструкции. Создание базы данных для идентификации материалов и элементов может значительно способствовать успешной деконструкции, например, реализованной через BIM. В частности может быть составлен подробный проект демонтажа, чтобы убедиться, что здание подходит для успешной деконструкции, включая информацию о том, как наилучшим образом повторно использовать или переработать компоненты демонтированного здания.

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрено понятие деконструкции, представляющей собой перспективное направление ликвидации зданий. Деконструкция позволяет получить качественные материалы и строительные элементы с возможностью повторного использования в новых условиях со значительными экологическими преимуществами, что отличает ее от традиционного сноса, который произвольно разрушает здание, производя несортированные строительные отходы. Деконструкция также уменьшает количество строительных отходов, отправляемых на свалки. Кроме того, повторное использование элементов здания снижает спрос на новые строительные материалы и, таким образом,

снижает количество энергии и ресурсов, используемых при их производстве, а также уменьшает выбросы, связанные с их добычей.

В результате проведенных исследований были выявлены проблемы и систематизированы основные факторы, влияющие на возможность и целесообразность применения деконструкции. Установлено, что деконструкция часто обходится дороже, чем снос из-за роста трудозатрат и соотношения затрат на утилизацию, рециркуляцию и восстановление строительных материалов, но имеет неоспоримое экологическое преимущество. Результатом исследования стала разработка принципов эффективной деконструкции здания, которые могут быть учтены в процессе управления непрерывным жизненным циклом здания. Применение таких стратегий, как укрупнение и унификация элементов здания, разумный выбор материалов на этапе проектирования, а также разработка цифровой модели здания, может привести к успешным возможностям применения деконструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Benachio G.L.F., do Carmo Duarte Freitas M., Tavares S.F. Circular economy in the construction industry: A systematic literature review // *J. Clean. Prod.* 2020. No. 260. P. 121046.
2. Cao X., Dai X.; Liu J. Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade // *Energy Build.* 2016. No. 128. pp. 198-213.
3. Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D.D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: The case of the built environment // *Procedia CIRP* 2019. No. 80. pp. 619-624.
4. Колодяжный С.А., Золотухин С.Н., Абраменко А.А., Артемова Е.А. Снос зданий и использование материалов, образующихся при реновации городских территорий // *Вестник МГСУ.* 2020. Т. 15. № 2. С. 271-293.
5. Дементьева М.Е., Зигангирова Р.К., Кирюхина К.Э. Технологические решения по усилению несущих конструкций подземного паркинга // *БСТ: Бюллетень строительной техники.* 2020. № 4 (1028). С. 37-39.
6. Шерешевский А.Л. Подходы к реконструкции архитектурно-градостроительной среды на примере послевоенных восстановлений исторических городов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* 2015. №1-2. С. 511-516.
7. Дементьева М.Е., Гарайханов Т.Р., Леонтьев В.Е. Технологические решения по усилению несущих конструкций зданий исторической застройки // *БСТ: Бюллетень строительной техники.* 2019. № 5 (1017). С. 15-17.
8. Мазурин Д.М., Дементьева М.Е. Технично-экономические показатели производства работ по демонтажу многоэтажного здания в условиях сложившейся застройки // *Вестник МГСУ.* 2021. Т. 16. № 6. С. 741-750.
9. Черноиван В.Н., Леонович С.Н., Черноиван Н.В. Эффективные технологии производства работ по ликвидации не эксплуатируемых производственных объектов // *Наука и техника.* 2016.Т. 15. №2. 95-106.
10. Дементьева М.Е., Мазурин Д.М. Особенности технологических решений по сносу зданий при реновации городской застройки // В сборнике: *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции.* 2020. С. 831-836.
11. Bocken N.M.P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy // *J. Ind. Prod. Eng.* 2016. No. 33. pp. 308-320.
12. Adams K.T., Osmani M., Thorpe T., Thornback J. Circular economy in construction: Current awareness, challenges and enablers // *Proc. Inst. Civ. Eng.-Waste Resour. Manag.* 2017. No. 170. pp. 15-24.
13. Durmisevic E., Brouwer J. Design aspects of decomposable building structures // *In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication 272: Rotterdam. The Netherlands.* 2002. pp. 81-103.
14. Bohne R.A., Waerner E. Barriers for Deconstruction and Reuse/Recycling of Construction Materials in Norway // *CIB Publication: Ottawa. ON. Canada.* 2014. pp. 89-107.
15. Seemann A., Schultmann F., Rentz O. Cost-effective deconstruction by a combination of dismantling, sorting and recycling processes // *In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands.* 2002. Vol. 272. pp.15-26.
16. Schultmann F., Rentz O. Resource-constraint project scheduling for deconstruction projects // *In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands,* 2003. Vol. 272. pp. 47-61.
17. Johnson C. Strategies for the Reuse of Temporary Housing // *In Urban Transformation-Holcim Forum.* Ruby Press: Berlin. Germany. 2007. pp. 325-331.
18. Akinade O.O., Oyedele L.O., Bilal M., Ajayi S.O., Owolabi H.A., Alaka H.A., Bello S.A. Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS) // *Resour. Conserv. Recycl.* 2015. No. 105. pp. 167-176.
19. Akinade O.O., Oyedele L.O., Ajayi S.O., Bilal M., Alaka H.A., Owolabi H.A., Bello S.A., Jaiyeoba B.E., Kadiri K.O. Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills //

- Waste Manag. 2017. No. 60. pp. 3-13.
20. Tingley D.D., Davison B. Design for deconstruction and material reuse // Proc. Inst. Civ. Eng.-Waste Resour. Manag. 2011. No. 164. pp. 195-204.
 21. Crowther P. Design for Buildability and the Deconstruction Consequences // In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands. 2002. Vol. 272. pp. 6-14.
 22. Addis W., Schouton J. Principles of Design for Deconstruction to Facilitate Reuse and Recycling // CIRIA: London. UK. 2004. ISBN: 9780860176077.
 23. Elias-Özkan S.T. An Overview of Demolition, Recovery, Reuse and Recycling practices in Turkey // In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands. 2002. Vol. 272. pp. 128-138.
 24. Sharma N.K. Sustainable Building Material for Green Building Construction, Conservation and Refurbishing // Int. J. Adv. Sci. Technol. 2020. No. 29. pp. 5343-5350.
 25. Zhang C., Hu M., Yang X., Miranda-Xicotencatl B., Sprecher B., Di Maio F., Zhong X., Tukker A. Upgrading construction and demolition waste management from downcycling to recycling in the Netherlands // J. Clean. Prod. 2020. No. 266. P. 121718.
 26. Lassandro P. Deconstruction case study in southern Italy: Economic and environmental assessment // In Design for Deconstruction and Materials Reuse. CIB Publication: Rotterdam. The Netherlands. 2003. Vol. 287. P. 5.
 27. Gepts B., Meex E., Nuyts E., Knapen E., Verbeeck G. Existing databases as means to explore the potential of the building stock as material bank // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 2019. No. 225. P. 012002.
 28. Al-Fakih A., Mohammed B., Liew M.s. Behavior of the Dry Bed Joint in the Mortarless Interlocking Masonry System // An Overview. Civ. Eng. Res. J. 2018. No. 4. P.5.

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ В ИСТОРИЧЕСКОМ ЦЕНТРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Е. Г. Денисова¹, И. С. Птухина²

Высшая школа промышленного и Гражданского строительства Инженерно - строительного института Санкт- Петербургского политехнического университета Петра Великого,

¹*kirkina-katya@mail.ru*

²*irena_ptah@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы, затрудняющие современную застройку зданиями культурного центра города Санкт-Петербурга. Актуальность заключается в том, что Санкт-Петербург является динамически развивающимся городом, который застраивается не только по окраинам, но также и в центре. Результаты статьи получены на основании проведенного анализа теоретического материала и практического опыта. Выделены две основные проблемы: близость к зданиям культурного наследия и слабые грунты Санкт-Петербурга. Предложены решения, позволяющие возводить многоэтажные здания с минимальным влиянием на близлежащую застройку и в условиях слабых грунтов.

Однако, реализация предложенных решений (свайный фундамент, технология «стена в грунте», технология «top-down») возможна только при строгом контроле за соблюдением этапов производства работ.

ВВЕДЕНИЕ

Город Санкт-Петербург – крупный населённый пункт, в котором присутствует большое количество промышленных и гражданских строений. Любой современный город постоянно развивается. Санкт-Петербург не является исключением. Помимо расширения города, и создания новых современных районов, новые дома появляются и в культурном центре Санкт-Петербурга. Бизнес-центр Quattro Corti, ЖК «Русский дом», деловой квартал «Невская Ратуша», вторая сцена Мариинского театра, и ещё многие объекты были построены за последние годы в историческом центре. Действительно, данная зона Санкт-Петербурга очень привлекательна для застройщиков, ведь многие люди стремятся жить или работать в центре. Также исторический центр привлекает большое количество туристов. Однако, строительство в окружении зданий культурного наследия осуществить достаточно сложно. Любое неверное решение во время устройства сооружения может повлечь за собой осадку или деформации близлежащих строений. Помимо этого фактора, усложняет строительство и инженерно-геологические условия города. Большинство грунтов Санкт-Петербурга являются слабыми, неустойчивыми и могут также являться причиной сдвигов соседних зданий. Поэтому, перед началом возведения здания в условиях исторического центра Санкт-Петербурга, необходимо определить возможные риски, которые могут возникнуть в ходе строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для написания данной статьи были использованы следующие методы: поиск и отбор подходящих литературных источников, изучение и анализ специальной и справочной литературы, анализ и синтез полученной информации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основу грунтов города Санкт-Петербурга составляют: песчаные, глинистые, суглинистые (супеси), торфяные скалистые грунты. Особенностью инженерно- геологических условий является наличие погребенных болот. Если обратиться к истории строительства города Санкт-Петербурга, то можно выявить, что большая часть территории была сильно

заболочена. Для возможности строительства производились захоронения болот под техногенными грунтами или снятия болот (малой мощности). В XVIII веке основное строительство было расположено на территориях современных районов: Петроградского, Адмиралтейского, Василеостровского и Центрального. На их территории были напластования слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов с включениями дельтовых наносов реки Невы (торф, ил). Для успешного строительства был создан единый план застройки города, а также введены определённые ограничения. Так, для зданий была ограничена высота – она не должна была превышать карниза Зимнего дворца. Таким образом старались ограничить давление на грунт основания. Несмотря на данное ограничение, некоторые деформации всё равно наблюдались, но они не были критичными. Основные деформации происходили тогда, когда к зданию с малой этажности пристраивали более высокое сооружение [2, 3, 9, 10, 13]. Современное строительство уже не придерживается данных ограничений и стремится не только увеличить этажность зданий, но и использовать подземное пространство земельных участков. Неаккуратное строительство около зданий культурного наследия может привести к нежелательным осадкам и деформациям соседних строений. Если учесть тот фактор, что не все здания культурного наследия поддерживаются должным образом и находятся в данный момент в ветхом состоянии – некоторые деформации могут быть для них фатальными [5, 14].

Проблема слабых грунтов Санкт-Петербурга решается устройством свайных фундаментов, которые передают нагрузки через толщу слабых грунтов на малосжимаемые моренные грунты. Однако выполнение работ по освоению подземной части здания и по устройству фундаментов должны выполняться с предельной аккуратностью с учетом проектной документации, которая должна предусматривать минимальное влияние на ближайшую застройку [4, 17]. Технологические воздействия от устройства свайного фундамента должны иметь минимальные динамические характеристики. Иногда предусматривается установка свай в строго определённом порядке, чтобы избежать перемещения грунтов на соседние участки. Для разработки котлована вблизи зданий используют технологию «стена в грунте». Метод применим при строительстве подземных сооружений, для любых типов фундаментов. Возможно два варианта выполнения: буросекущие сваи (сваи устраиваются прямо на строительной площадке – бурятся скважины и в них заливается бетон, они образуют закрытый периметр из свай) и разработка траншеи (разработка узких траншей под тиксотропным глинистым или иным раствором, с дальнейшим заполнением траншей железобетоном) [1, 8, 18]. Данная технология значительно уменьшает осадку соседних зданий, вызванных разработкой котлована. В ранее опубликованных статьях были получены данные, что для уменьшения осадок соседних зданий следует применять контрфорсы, которые увеличивают жесткость стены в грунте. Так, при устройстве трёхуровневой парковки с помощью технологии

«стена в грунте», при постоянном геодезическом контроле соседних зданий, удалось добиться уменьшения осадки близлежащих зданий (при использовании контрфорсов) с 28 до 13 мм, так как изгибная жесткость ограждения увеличилась с $1,3 \times 10^6$ до $2,4 \times 10^7$ [11].

Наряду с технологией «стена в грунте» в условиях плотной городской застройки используется достаточно новая технология «top down», при которой предусмотрено поярусное разрытие котлована. Она позволяет уменьшить осадки соседних объектов и деформации ограждающих конструкций. Кроме того, данного преимущества, данный метод позволяет возводить как надземную, так и подземную часть здания. Однако, при выборе данного метода (в некоторых случаях строительства объектов в центре Санкт-Петербурга он является единственным возможным), необходимый тщательный контроль на каждом этапе проектирования и строительства, который будет обеспечивать строгое соблюдение всех технологий и методик работ, в противном случае, нарушения могут привести к недопустимым осадкам соседней застройки [6, 7, 12, 15].

Помимо технологии «top down» иногда применяется метод «semi top down». Отличие заключается в том, что по периметру здания строительство выполняется методом «top down», а в центральной части – снизу вверх, как делается в открытом методе. В проведенных исследованиях сравнивались методы «semi top down» и открытый метод строительства при одинаковом наборе технологических процессов, количестве людей и техники на территории, свободной от застройки. В итоге общая продолжительность возведения нулевого цикла открытым методом составила – 210, 28 дней, методом «semi top down» - 201,64 дня. Суммарные трудозатраты для открытого метода составили 32813,21 чел-ч и 4015,12 маш-ч, при технологии «semi top down» - 24397,82 чел-ч и 3598,18 маш-ч. Однако, стоит отметить, что для технологии «semi top down» существует множество факторов, которые усложняют работу. Поэтому, при выборе технологии для строительства здания необходимо ответственно подойти к выбору наиболее подходящего метода строительства [16].

ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа можно сделать несколько выводов:

1. Строительство зданий в историческом центре города Санкт-Петербурга осложнено уплотненной городской застройкой, в основном зданиями, представляющими собой историческую и культурную ценность, а также слабыми, неустойчивыми грунтами.

2. Многоэтажная застройка в условиях слабых грунтов возможна при устройстве свайного фундамента, который будет передавать нагрузки через толщу слабых грунтов на устойчивое основание.

3. При возведении строений в близости от зданий культурного наследия, необходимо обеспечить их сохранность. Для этого, для устройства подземной части здания, следует использовать технологии, минимизирующие воздействия (осадку, деформации) на исторические здания.

4. Возведение зданий в условиях исторического центра Санкт-Петербурга должно сопровождаться постоянным контролем за соблюдением технологии строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балувев И. Б., Кошелев Н. В. Ограждения котлованов из буронабивных свай методом “стена в грунте” // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. (1). С. 314–318.
2. Вержбицкая Е. Г. Особенности оценки инженерно-геологических условий для проектирования и строительства зданий и сооружений при наличии в разрезе погребенных болотных отложений (на примере Санкт-Петербурга) // Грунтоведение. 2016. № 8 (1). С. 34–37.
3. Верстов В.В., Бадьян Г. М. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 22 (1). С.96–104.
4. Губеладзе И. О., Губеладзе А. Р., Осипова О. Н. Методы реконструкции фундаментов. Конструктивные решения фундаментов, возводимых в особых грунтовых условиях // Научные достижения и открытия современной молодежи. 2017. С. 233–238.
5. Квашук А. В., Даутова Т. Д. Анализ применимости метода определения прогнозируемой максимальной осадки окружающей застройки в инженерно- геологических условиях Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 86(3). С. 84–91.
6. Козикова И. Н., Фоменко М. В., Ершова В. В. Особенности современной технологии подземного строительства “Top-down” 2019. С. 253–254.
7. Лебедев И. О., Кириллов А. И., Чугунов А. С. Технология “Top-down” - современное технологическое решение в строительстве // Вестник студенческого научного общества. 2018. № 2 (9). С. 142–144.
8. Майер В. [и др.]. Оптимальный вид соединения свай с учетом основных характеристик // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. (3 (30)). С. 143–151.
9. Мангушев Р. А. [и др.]. Опыт сооружения подземных паркингов в условиях грунтов Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 52 (5). С. 91–100.
10. Мангушев Р. А., Осокин А. И., Левинская П. Г. Перспективы устройства подземных паркингов в условиях стесненной застройки исторического центра Санкт-Петербурга // Жилищное строительство. 2019. № 4. С. 3–18.

11. Мангушев Р. А., Сапин Д. А. Учет жесткости конструкций “стена в грунте” на осадкосоуседних зданий // Жилищное строительство. 2015. (9). С. 3–7.
12. Мариничев М. Б., Ткачев И. Г. Метод “Top-down” при строительстве заглубленных частей высотных зданий в сложных грунтовых условиях 2019.
13. Романова Л. С., Литвинова О. Г. Современная застройка в исторических центрах городов. Исследования. Проблемы. Перспективы. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 23 (2). С. 65–76.
14. Старицына А. А. [и др.]. Анализ существующей политики в области сохранения и регенерации объектов культурного наследия // STUDARCTIC FORUM. 2017. № 5 (1). С.1–14.
15. Тур В. Н., Жигирь А. А. Исследование технологии “Top-down” для устройства подземной части зданий, применительно к центральному району Санкт-Петербурга // Неделя науки ИСИ. 2021. С. 360–362.
16. Хряпченкова И. Н., Шароварова А. С. Сравнение применения метода «semi-top down» и открытого метода при устройстве нулевого цикла высотного здания // Вопросы устойчивого развития общества. 2021. (5). С. 538–546.
17. Шашкин А. Г., Зенцов В. Н., Улицкий В. М. Развитие подземного пространства мегаполиса // Жилищное строительство. 2018. (9). С. 30–36.
18. СТО-ГК Трансстрой 014–2007 «Траншейная стена в грунте. Конструкция и технология сооружения для объектов транспортного строительства» [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54049/> (дата обращения: 10.11.2021).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА РАЗНОХАРАКТЕРНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА, ВЛИЯЮЩИХ НА СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ИРАКЕ

И. Л. Абрамов¹, З. А. Аль Заиди²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹abramovil@mgsu.ru

²zaidalzaidi20142016@gmail.com

Аннотация

Военный конфликт, начавшийся в 2003 году, нанес серьезный удар по жилищной инфраструктуре Ирака. Поэтому в настоящее время в стране наблюдается активная деятельность по реконструкции и строительству жилья. В процессе строительства приходится учитывать влияние множества негативных факторов, что создает серьезные проблемы для подрядных предприятий, поскольку на них лежит ответственность за обеспечение реализации инвестиционно-строительных проектов. По причине воздействия указанных факторов осуществлять реализацию проектов приходится в условиях неопределенности и повышенной вероятности возникновения рисков, что негативно сказывается как на выполнении отдельных строительных работ, так и на строительной отрасли в целом. Риск и неопределенность присущи всем строительным работам, независимо от их размера, сложности, местоположения или даже скорости строительства.

Цель настоящего исследования заключается в оценке основных факторов риска и их воздействия на реализацию строительства многоэтажных зданий в Ираке. Наиболее важные факторы риска были определены на основе статистических исследований, ряда опросов экспертов в строительной отрасли и работников подрядных предприятий, реализующих строительство многоэтажных домов. Для оценки факторов риска использовались статистические и математические методы, а также специально разработанная опросная анкета для экспертов, содержание которой было адаптировано к условиям Ирака.

Существенное влияние на строительство многоэтажных домов в разных частях Ирака оказывают экономические, военные и технические факторы, а также факторы безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

На строительную отрасль Ирака влияет большое количество факторов, которые в силу своей специфики приводят к повышению неопределенности и множественным рискам на этапе строительства[1-2].

Предприятия, реализующие любой проект, должны эффективно управлять трудовыми ресурсами, рационально распределять материальные и финансовые ресурсы, полноценно пользоваться имеющимися инструментами, оборудованием и различной техникой. На многие виды ресурсов оказывают влияние случайные изменения окружающей среды[3]. Это усложняет реализацию проекта, повышает вероятность появления рисков и негативно влияет на производство до такой степени, что у предприятия возникает острая потребность в использовании методов и инструментариев для работы с факторами и предотвращению рискованных ситуаций[4-5].

При оценке воздействия рисков на проект сначала следует определить их основные типы (категории), а затем необходимо провести более подробную классификацию. Это делается с целью нахождения наиболее подходящих организационно-технологических решений[6] для разработки соответствующего алгоритма повышения эффективности строительного предприятия с точки зрения риска и неопределенности[5-7].

Существуют разные подходы к классификации факторов риска в зависимости от конкретной цели[8-9]. Наиболее часто факторы классифицируют на следующие группы: организационные, экономические, технические, рыночные, социальные, факторы безопасности и др. (см. рис. 1).

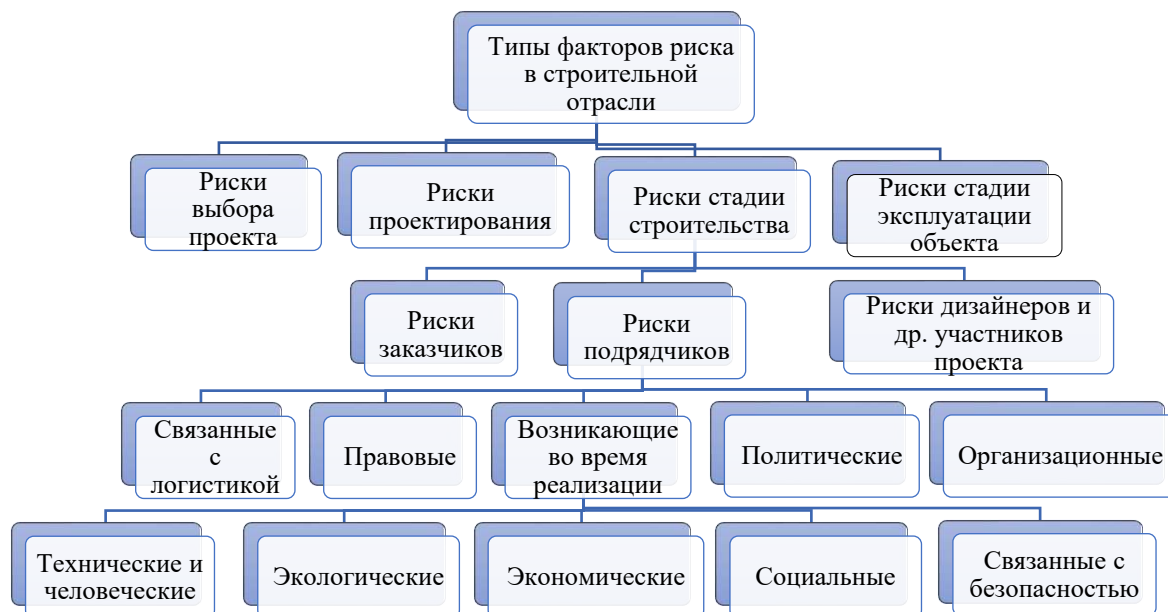


Рис. 1. Типы факторов риска в строительной отрасли

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основании описания групп факторов риска, характерных для строительной отрасли Ирака, предлагается изложенная ниже последовательность действий по оценке факторов риска, влияющих на строительство многоэтажных зданий.

Оценка влияния факторов риска производится в соответствии со следующими принципами:

1. Интеграция. Процесс управления рисками координируется высшим руководством строительной компании. При этом каждое подразделение и сотрудник рассматривает риск-менеджмент как часть своей работы и ответственности.
2. Непрерывность. Процесс управления рисками является непрерывным.
3. Охват всех видов риска. Все риски рассматриваются как единая комплексная система.

В настоящем исследовании для оценки факторов риска использовались два метода:

- **Метод оценки степени важности факторов риска (А).** В процессе анализа рисков в первую очередь необходимо определить вероятность возникновения и степень опасности каждого из них. Далее для наглядности создается матрица рисков[7-10] (табл. 1).

| Степень влияния Вероятность риска | Катастрофический (5) | Критический (4) | Высокий (3) | Средний (2) | Незначительный (1) | >11 - требуется немедленная защита |
|--------------------------------------|----------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------------|
| Очень высокая (5) | Высокий (25) | Высокий (20) | Высокий (15) | Средний (10) | Низкий (5) | 6 – 10 - необходимо снижение риска |
| Высокая (4) | Высокий (20) | Высокий (16) | Высокий (12) | Средний (8) | Низкий (4) | < 6 - нет реального риска |
| Умеренная (3) | Высокий (15) | Высокий (12) | Высокий (9) | Средний (6) | Низкий (3) | |
| Маловероятно (2) | Средний (10) | Средний (8) | Средний (6) | Низкий (4) | Низкий (2) | |
| Невозможно (1) | Низкий (5) | Низкий (4) | Низкий (3) | Низкий (2) | Низкий (1) | |

Расчет степени важности каждого фактора зависит от двух величин: вероятности возникновения риска и степени влияния риска.

Индекс влияния каждого фактора определяется по следующей формуле:

$$\text{Индекс влияния (ИВ)} = \text{Вероятность возникновения риска} \times \text{Степень влияния риска} \quad (1)$$

• **Метод иерархического анализа факторов риска (Б)** основан на применении модели иерархического анализа при выборе и оценке степени воздействия факторов риска с целью устранения этих факторов строительным предприятием [11].

После построения иерархической структуры изучаемых факторов выполняется процесс бинарного сравнения факторов для расчета индекса важности (приоритета) [12]. Эксперты, участвующие в анкетировании, проводят попарные сравнения всех элементов на одном уровне (сравнение основных или вспомогательных факторов в порядке убывания). Результаты сравнения записываются в виде числовых значений относительной важности в соответствии со шкалой абсолютных величин (табл. 2).

Таблица 2. Веса для попарного сравнения

| Числовые значения | Выражение в словесных переменных |
|-------------------|---|
| 1 | Два элемента вносят одинаковый вклад в объект (i равно j) |
| 3 | Элемент i в три раза важнее элемента j |
| 5 | Элемент i в пять раз важнее элемента j |
| 7 | Элемент i в семь раз важнее элемента j |
| 9 | Элемент i в девять раз важнее элемента j |
| 2,4,6,8 | Средние значения, использованные между предыдущими весами |

Все связанные элементы в иерархии сравниваются в матрицах попарного сравнения следующим образом[13]:

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

В целях расчета приоритета и обеспечения consistency сначала измеряется среднее геометрическое значение для каждой строки матрицы.

$$\text{Среднее геометрическое} = \sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}, \quad (3)$$

$$(\text{Индекс важности}) \text{ приоритет}_{(\text{строка})} = \frac{C_{\text{г}}(\text{строка})}{\sum C_{\text{г}}(\text{все строки матрицы})}. \quad (4)$$

Далее для обеспечения точности попарного сравнения и отсутствия противоречий во мнениях экспертов проверяется соотношение consistency (такое соотношение не должно превышать 0,1). Это делается путем вычисления значения λ_{max} по следующей формуле[13-14]:

$$\lambda_{\text{max}} = \sum \{ \text{Приоритет}(\text{строка}) \times (\text{Сумма столбца}) \}. \quad (5)$$

$$Ck = \frac{\text{ИК}}{\text{СП}}, \quad (6)$$

$$\text{ИК} = \frac{\lambda_{\text{max}} - n}{n - 1}, \quad (7)$$

где СК - соотношение consistency;

ИК - индекс consistency;

СП - случайный показатель, значение которого рассчитывается исходя из количества факторов (табл. 3).

Таблица 3. Случайные показатели (СП)[15]

| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| СП | 0.58 | 0.9 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные данные были проанализированы с помощью статистического метода (А) (для определения индекса влияния факторов риска, которые были классифицированы по вероятности возникновения и степени влияния) и формулы (1), как показано в табл. 4.

Таблица 4. Индекс влияния факторов риска

| Наименование | Оценка (балл) | Степень риска | Примечание |
|---|---------------|---------------|---|
| Организационные факторы | 4,6 | Низкий | Строительное предприятие может значительно снизить риск посредством инвестиций в оборудование и поиск персонала. |
| Технические факторы | 10,8 | Средний | Строительное предприятие может закупить оборудование и технологии, но могут возникнуть сложности с доставкой материалов. |
| Факторы, связанные с состоянием рабочих мест | 5,2 | Низкий | Средствами строительного предприятия можно обеспечить надлежащее состояние рабочих мест, лучшее, чем в среднем по стране. |
| Экологические факторы | 8,6 | Средний | Строительное предприятие должно заранее обеспечить работников средствами индивидуальной защиты и заблаговременно проводить мониторинг климатических условий. |
| Экономические факторы | 17,3 | Высокий | Дефицит государственного бюджета. Одним из способов снижения риска, связанного с дефицитом государственного бюджета, является обращение в Международный валютный фонд (МВФ) (в январе 2021 года Багдад запросил кредит в размере 6 млрд долларов, чтобы частично покрыть дефицит бюджета). Разработка программы по борьбе с коррупцией и взяточничеством на предприятиях. |
| Политические и военные факторы | 15,8 | Высокий | Строительное предприятие не может повлиять на ход военных и политических конфликтов. |
| Социальные факторы | 7,2 | Средний | Строительное предприятие не может повлиять на социальную дестабилизацию в государстве. |
| Факторы, связанные с условиями безопасности труда | 11,4 | Средний | Проведение инструктажа по технике безопасности. Страховка работников. Обеспечение спецодеждой и средствами индивидуальной защиты. Имитация проверки контролирующих органов (моделирование ситуации) на предмет соответствия необходимым требованиям. |

После этого индекс важности (приоритет) каждого из факторов рассчитывается с помощью модели иерархического анализа (Б), как показано в табл. 5.

Таблица 5. Индекс важности (приоритет) факторов риска

| Матрица | Факторы риска | | | | | | | | | | Всего факторов риска (основных факторов) Приоритет |
|--------------------|---------------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|---|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Организационный | 1 | 2/3 | 3 | 2 | 2/5 | 1 1/6 | 1 1/2 | 4 1/2 | - | - | 13,10% |
| Технический | 1 5/6 | 1 | 4 1/6 | 3 1/3 | 1/2 | 2 | 2 5/6 | 6 | - | - | 10,94% |
| Рабочие места | 1/3 | 1/4 | 1 | 4/5 | 1/6 | 3/8 | 3/8 | 1 3/7 | - | - | 4,20% |
| Экологический | 1/2 | 1/3 | 2 2/3 | 1 | 1/5 | 1/2 | 4/7 | 2 5/7 | - | - | 6,84% |
| Экономический | 2 1/2 | 2 1/7 | 5 6/7 | 4 2/3 | 1 | 4 | 3 2/3 | 6 1/5 | - | - | 32,32% |
| Безопасность труда | 6/7 | 1/2 | 2 2/3 | 1 8/9 | 1/4 | 1 | 1 | 3 2/3 | - | - | 10,56% |
| Политический | 2/3 | 3/8 | 2 3/5 | 1 3/4 | 1/4 | 1 | 1 | 3 7/8 | - | - | 9,90% |
| Социальный | 2/3 | 1/5 | 2/3 | 3/4 | 1/5 | 2/7 | 1/4 | 1 | - | - | 3,14% |
| II | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 0,00% |
| III | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,00% |

ВЫВОДЫ

В описанном исследовании представлена методика принятия решений (АНР), позволяющая рассматривать сразу несколько факторов риска. Анализ вероятности возникновения факторов риска с помощью методики АНР проводился на примере строительства многоэтажных зданий в Ираке.

Результаты исследования показали, что из-за нестабильной экономической и политической обстановки в регионе наблюдается заметный рост дестабилизирующих факторов, которые вызывают трудно контролируемые риски и оказывают большое влияние на эффективность деятельности строительных предприятий[16].

Следует отметить, что существует еще несколько аналитических методов, которые позволяют исследовать факторы, влияющие на производственную деятельность строительных предприятий при реализации инвестиционно-строительных проектов. К ним относятся:

- контрольный лист;
- контрольная карта;
- метод Монте-Карло;
- теория доказательств Демпстера-Шафера;
- диаграмма Парето;
- диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма).

Метод иерархического анализа, как один из методов, может быть использован при принятии решений о применении тех или иных способов, направленных на снижение факторов риска строительных проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kim B. G., Shakir Z. N., Nasrulloeva R. A. Risk factors affecting the implementation of construction projects in Iraq. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering786 (2020) 012015.
2. Абрамов И. Л., Сараева Д. С. Исследование системотехнических принципов организации строительного производства в условиях рисков и неопределенности // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 11(89). С. 16-21.
3. Tamam S. K., Marwa B. Z. Y. Effect of risk management in the performance of the project / applied study for the project of the buildings of the General Company for Agricultural Supplies. Baghdad Collegeof Economic Sciences Journal. 2017. Pp. 1-25.
4. Абрамов И. Л., Герасимов Р. А. Исследование деятельности строительных предприятий в условиях рисков и неопределенностей // Молодежь и XXI век - 2019. Материалы IX Международной молодежной научной конференции. Курск, 2019. С. 12-15.
5. Abramov I. L ., Al-Zaidi Z. A. K. 2020. The Level of Influence of Human and External Risks on a

- Construction Company's Sustainability. IOPConf. Ser.: Mater. Sci. Eng.753 042043.
6. Шатрова А. И. Организационно-технологические решения для повышения эффективности стратегического планирования строительного производства // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 12 (90). С. 29-32.
 7. Лapidус А. А., Абрамов И. Л., Аль-Заиди З. А. Применение bim-технологий для контроля и оценки строительных рисков. Системотехника строительства / Киберфизические строительные системы. 2019. МГСУ. С. 312-325.
 8. Wenzhe Tang «David M. Young. Risk Management in the Chinese Construction Industry «Journal of Construction Engineering and Management. 2007.
 9. Al-Hourani H. Risk Analysis of Construction Projects in Syria / Al-Baath Magazine. 2017. Vol. 93 (8). Pp. 55-80.
 10. Iqbal S., Choudhry R. M., Holschemacher K., Ali A., Tamošaitienė J. Risk management in construction projects // Technological and economic development of economy. 2015. № 1. Pp. 65-78.
 11. Питрода Дж. Р., Пател У. С. Методы анализа и смягчения рисков в высотных зданиях: обзор. RT&A. 2021. № 1 (60). С. 152-164. DOI: http://www.gnedenko.net/Journal/2021/SI_012021/RTA_SI_1_2021-16_152-164.pdf.
 12. Saaty T. L., Vargas L. G. The seven pillars of the analytic hierarchy process, in Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. 2012, Springer. Pp. 23-40. DOI: 10.1007/978-1-4614-3597-6_2.
 13. Гёпель К. Внедрение процесса аналитической иерархии как стандартного метода для принятия решений по нескольким критериям на корпоративных предприятиях - новый шаблон Excel АНР с множественными входными данными. Труды международного симпозиума по процессу аналитической иерархии. 2013. С. 1-10. DOI: 10.13033 / isahr. y2013.047.
 14. Эскандер Р. Факторы, влияющие на оценку рисков для арабских строительных проектов с использованием процесса аналитической иерархии. Александрийский инженерный журнал. 2018. № 57 (4). С. 4207-4218. DOI: 10.1016 / j.aej.2018.10.018.
 15. Ли Х. Х., Аль-Хусейн М., Лей З. и Айве З. Идентификация и оценка рисков модульной конструкции с использованием процесса нечеткой аналитической иерархии (АНР) и моделирования. Канадский журнал гражданского строительства. 2013. 40: с. 1184-1195.
 16. Абрамов И. Л., Аль Заиди З. А. Влияние технических рисков на эффективное функционирование строительных предприятий. Вестник евразийской науки. 2020. 12(1).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В. И. Теличенко¹, А. А. Морозенко¹, В. В. Белов¹, М. Е. Цынговатов²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ООО «ИНС-ЛАБ», 125310, г. Москва, Волоколамское шоссе, 65А,

¹sotae@mgsu.ru

²info@ins-lab.ru

Аннотация

В настоящий момент недооценены нерадиационные влияния АЭС на окружающую среду, в частности для систем технического водоснабжения. Прямой запрет к использованию прямоточных систем в российском законодательстве, может существенно ограничивать развитие конкурентных проектных решений из российского и зарубежного портфеля заказов на строительство АЭС.

По предварительным данным выполненных ранее исследований, влияние на окружающую среду искусственных охладителей систем технического водоснабжения АЭС не превышает допустимых норм (ПДК и ПДВ). Однако не до конца оценена совокупность воздействий при косвенном взаимодействии различных систем комплекса АЭС, например таких как: техническое водоснабжение и система вентиляции, и т.д.

В данной работе авторами предложена система на основе метода графов, и выполнена первичная оценка с ранжированием экологического воздействия на окружающую среду для различных типов систем технического водоснабжения АЭС, в частности: прямоточной, оборотной с градирнями, оборотной с аппаратами воздушного охлаждения, оборотной с искусственным водоемом охладителем. Оценка выполнена на основании логического взаимодействия элементов систем технического водоснабжения АЭС с окружающей средой, а их вклад определен с применением экспертных оценок, полученных на основании опросных списков.

Так данные о дифференцированном воздействии различных элементов систем на окружающую среду, позволили графоаналитическим методом спрогнозировать рейтинги соответствующего экологического нерадиационного воздействия от различных типов систем технического водоснабжения АЭС, в том числе с учетом взаимодействия с системой вентиляции.

В результате проделанной работы, авторами установлено, что прямоточные системы технического водоснабжения, не являются наихудшими с точки зрения влияния на окружающую среду, при учете комплексного взаимодействия технологических систем АЭС (на примере системы вентиляции). Обоснованно предложено ранжирование систем технического водоснабжения с точки зрения воздействия на окружающую среду.

ВВЕДЕНИЕ

С появлением абз. 4 ст. 60 Федерального закона от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации» [1], а именно – «Проектирование прямоточных систем технического водоснабжения не допускается», не утихают споры и рациональные предложения по возврату возможности проектировать электрические станции с прямоточными системами технического водоснабжения для целей использования в атомной и тепловой энергетике [2, 3]. Так например – «Среди отрицательных последствий запрета для отрасли на проектирование прямоточных систем технического водоснабжения представители энергокомпаний перечисляли снижение экономичности

работы и даже уровня экологической безопасности строящихся электростанций, рост инвестиционных затрат на строительство новых энергетических объектов, риски снижения конкурентоспособности разрабатываемых в соответствии с российским законодательством проектов строительства АЭС для стран, где такого запрета нет» [2].

Объемный портфель зарубежных заказов и высокие темпы развития собственной энергетики в РФ, приводят к необходимости оптимизации проектно-технических и строительных решений, в том числе в части систем технического водоснабжения. При этом нерадиационные воздействия на окружающую среду недооценены. Так технологическая необходимость в устройстве развитой системы технического водоснабжения для АЭС может иметь существенные последствия для экологии за счет изменения местных климатических условий в районе расположения площадки, например таких как: уничтожения (сокращения) популяции рыб, изменение климатических условий (периодичности и частоты осадков) и т.д.

В «Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблоков № 2, 3 Калининской АЭС на мощности реакторной установки 104 % от номинальной», выполненные ОАО «Концерн Росэнергоатом» и ООО НПО «Гидротехпроект» от 2013 года [4], приводится описание влияния Калининской АЭС на окружающую среду, в том числе делается акцент на воздействие паровых уносов с градирен Калининской АЭС на микроклимат региона. Приводятся данные об общей характеристике климата в районе г. Удомля в период 2010-2011 гг., и анализируется изменение параметров, таких как: температура воздуха (её изменение за год), ветровой режим, количество и сезонность осадков. А также данные, полученные методом прямого мониторинга выбросов различных химических веществ. В отчете сделаны следующие выводы: *наибольший объем выбросов на Калининской АЭС исходят от градирен («из общего количества взвешенных веществ, выбрасываемых в атмосферу (754 тонны), градирни выбрасывают 612 тонн» [4]); «наблюдается пространственная неоднородность и особенности термического режима пограничного слоя атмосферы в районе расположения Калининской АЭС» («источник тепла и влаги, расположенный в этом районе, приводит к усилению термической неустойчивости» [4]); «в районе Калининской АЭС формируются зоны повышенной температуры и влагосодержания» [4]; «выброс химических элементов не превышает ПДК, однако некоторые из элементов имеют способность к суммации» [4]; «влияние Калининской АЭС сказывается на ихтиофауне водоемов – охладителей двояко: сказывается влияние температурного фактора, которое неоднозначно, и механического, который проявляется в травмировании и гибели рыб при попадании их в водозаборную систему станции» [4]. «Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока № 1 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104 % от номинальной. Книга 2», выполненные ООО НПО «Гидротехпроект» от 2018 года [5] – проведена ихтиологическая съемка и оценка численности и контроля состояния рыбной популяции водоёма-охладителя, в том числе влияние теплового воздействия на процесс размножения и популяцию имеющейся в водоеме рыбы. В материалах были сделаны следующие выводы: *«Проявление токсикоза рыб в водоеме-охладителе Ростовской АЭС носят умеренный характер. В наибольшей степени встречаемость пораженных особей свойственна для района сброса теплых вод отводящего канала. В целом, патологоанатомическое состояние большей части рыб водоема-охладителя Ростовской АЭС оценивается в 1-2 балла, что является удовлетворительным показателем» [5]; «Уровень заболеваемости рыб различных видов в**

водоохлаждателе Ростовской АЭС был типичным для водоемов-аналогов, расположенных в той же географической зоне, что и водоем-охлаждатель Ростовской станции. Уровни заболеваемости рыб носили естественный характер» [5].

По предварительным данным ранее выполненных исследований и аналитических оценок [5-11], влияние искусственных охладителей на окружающую среду не превышает допустимых норм (ПДК и ПДВ). Однако, в исследованиях не рассматриваются возможные суммарные воздействия от различных технических систем, например таких как: система технического водоснабжения и система вентиляции АЭС, и т.д. Мало затронуты вопросы комплексного экологического воздействия всей системы технического водоснабжения целиком (что само по себе может давать превышения ПДК по отдельным показателям [12]). В связи с этим, исследование экологических воздействий и, связанные с ними эффекты изменения климатических и экологических условий, требуют дальнейшей проработки. Имея данные о дифференцированном воздействии различных компонентов систем на окружающую среду, можно спрогнозировать ситуацию с учетом взаимодействия отдельных систем, а также самой системы технического водоснабжения целиком для вновь возводимых АЭС. Поэтому в настоящей работе проведена первичная оценка с ранжированием систем технического водоснабжения АЭС по степени влияния на окружающую среду, с позиции суммирования отдельных видов воздействия как внутри систем технического водоснабжения комплексно, так и внешних систем входящих в комплекс АЭС.

Решаемыми задачами, являются: анализ применяемых систем технического водоснабжения АЭС и влияния их элементов на окружающую среду; выбор системы оценки комплексного воздействия на окружающую среду систем технического водоснабжения АЭС; комплексная оценка экологического воздействия вентиляционных и оборотных систем технического водоснабжения АЭС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основных методов, использованных в данной работе, применяются: анализ, обобщение, классификация, дедукция, индукция и теория графов. Теория графов [13, 14] позволяет на основе ранее полученных логических зависимостей (методами анализа, обобщения, классификации, дедукции и индукции) построить систему комплексной оценки влияния на окружающую среду для различных типов систем технического водоснабжения АЭС, в том числе с учетом факторов взаимоналожения со смежными технологическими системами электростанции (на примере вентиляционной системы АЭС). Для чего в работе предложено разделить на функциональные элементы различные типы систем технического водоснабжения с последующей идентификацией значимого вида экологического воздействия от них $[x_{i,j}]$, определенного на основе прямых опросов экспертов, с учетом сведений, полученных из научно-технических источников информации. Воздействия на окружающую среду от этих элементов могут усугублять друг друга, или же влиять на отдельные составляющие окружающей среды опосредованно, для чего в системе оценки вводится рейтинговая сумма $[y_i]$, которая для того или иного орграфа будет определяться по формуле (1).

$$\alpha \cdot (k_i \cdot x_i + k_j \cdot x_j) = y_{i,j}; \quad (1)$$

Где, α – коэффициент суммации, определяется для каждого суммированного эффекта; $k_{i,j}$ – долевой («весовой») коэффициент, отражающий относительный вклад отдельных видов воздействий для всей системы технического водоснабжения того или иного типа (определяется на основе прямых опросов экспертов).

Сумма всех переменных $[y_i, j]$ определяет рейтинговое значение (в условных единицах) влияния на окружающую среду той или иной оцениваемой системы технического водоснабжения АЭС (в том числе с учетом взаимодействия со смежными системами).

Значимость полученных результатов заключается в том, что в первом приближении обоснованно влияние на окружающую среду систем технического водоснабжения с учетом суммарного нетрадиционного воздействия смежных (географически близких) технических систем в пределах площадки АЭС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вне зависимости от применяемого типа системы технического водоснабжения, основными единичными элементами, влияющими на окружающую среду, являются: охладители (градирни, искусственный или естественный водоём-охладитель), водозаборные сооружения, каналы, а также сопутствующие объекты, который могут присутствовать при необходимости в системе технического водоснабжения (например: водоём-накопитель, создаваемый при нехватке дебета естественного водоёма). Каждый из указанных единичных элементов системы будет оказывать определенное воздействие на окружающую среду, которое определено логическим путем, с учетом сведений полученных из источников научно-технической информации (см. графа 4 табл. 1). Для последующей оценки методом графом, необходимо определить относительный вклад того или иного воздействия в общей системе, что было произведено экспертным путем. Авторами был составлен опросный лист, включающий в себя следующие вопросы: «Как Вы считаете, чему равен долевым коэффициент для каждого из видов воздействий системы технического водоснабжения (если суммарное воздействие от всей системы целиком не превышает 1)?»; «Как Вы считаете, какое рейтинговое значение задать x_1 для систем технического водоснабжения, если в прямоточной системе $x_1 = 1$?»; «Как Вы считаете, какое рейтинговое значение задать x_3 для систем технического водоснабжения, если в системе с испарительными градирнями $x_3 = 1$?». Данные вопросы были заданы группе экспертов в области экологической безопасности с опытом оценки воздействий на окружающую среду от объектов технического водоснабжения АЭС. Вопрос задавался для каждой из оцениваемых типов систем технического водоснабжения АЭС в отдельности. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Табл. 1. Влияние единичных элементов систем технического водоснабжения АЭС.

| № п/п | Тип системы технического водоснабжения | Единичный элемент системы технического водоснабжения | Качественное описание воздействий элементов системы технического водоснабжения | Условно принята математическая переменная | Результаты экспертной оценки долевого коэффициента в условных единицах | Результаты экспертной оценки значимого экологического воздействия в условных единицах |
|-------|--|--|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Прямоточная система | Охладитель | Незначительное повышение температуры воздуха и относительной влажности воздуха (условно примем эти воздействия равные нулю) | - | - | - |
| | | Водозаборные сооружения и насосная группа | Уничтожение и травмирование ихтиофауны водоёма | x_5 | 0,5 | 1,0 |
| | | Каналы | Повышение температуры водоёма | x_1 | 0,2 | 1,0 |

| № п/п | Тип системы технического водоснабжения | Единичный элемент системы технического водоснабжения | Качественное описание воздействий элементов системы технического водоснабжения | Условно принята математическая переменная | Результаты экспертной оценки долевого коэффициента в условных единицах | Результаты экспертной оценки значимого экологического воздействия в условных единицах |
|-------|--|--|--|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | Выброс в водоём химических вредных веществ | x ₃ | 0,3 | 0,8 |
| | | | Двойное воздействие на ихтиофауну водоёма (повышенная температура положительно сказывается на росте взрослых особей, но отрицательно на жизнедеятельности мальков) | - | - | - |
| 2 | Оборотная система с испарительной градирней | Охладитель | Повышение температуры воздуха | x ₁ | 0,1 | 0,7 |
| | | | Повышение относительной влажности воздуха | x ₂ | 0,1 | 1,0 |
| | | | Выброс в атмосферу химических веществ | x ₃ | 0,25 | 1,0 |
| | | | При протечках водопроводов может повышать уровень грунтовых вод | x ₄ | - | 0,0 |
| | | Водозаборные сооружения и насосная группа | Уничтожение и травмирование ихтиофауны водоёма | x ₅ | 0,2 | 0,1 |
| | | Каналы | Каналы не оказывают значимого воздействия на окружающую среду | - | - | - |
| 3 | Оборотная система с аппаратами воздушного охлаждения | Охладитель | Повышение температуры воздуха | x ₁ | 0,7 | 0,1 |
| | | Водозаборные сооружения и насосная группа | Незначительное влияние на ихтиофауну водоёма | x ₅ | 0,3 | 0,01 |
| | | Каналы (трубопроводы) | Не оказывают значимого влияния на окружающую среду | - | - | - |
| 4 | Оборотная система с водоёмом-охладителем | Охладитель | Подъём уровня грунтовых вод | x ₄ | 0,1 | 1,0 |
| | | | Выброс химических веществ в естественный водоём | x ₃ | 0,3 | 0,35 |
| | | Водозаборные сооружения и насосная группа | Уничтожение и травмирование ихтиофауны водоёма | x ₅ | 0,4 | 1,0 |
| | | Каналы | Повышение температуры воды в водоёме | x ₁ | 0,2 | 0,9 |
| | | | Выброс в водоём химических веществ | x ₃ | | 0,35 |
| | | | Двойное воздействие на ихтиофауну водоёма (повышенная температура положительно сказывается на росте взрослых особей, но отрицательно на жизнедеятельности мальков) | - | - | - |
| 5 | Сопутствующие объекты | Водоём-накопитель | Повышение уровня грунтовых вод | x ₄ | - | - |

Влияние на окружающую среду от различных элементов системы технического водоснабжения могут усугублять друг друга или же влиять на отдельные составляющие окружающей среды опосредованно (см. табл. 2, принятые условные обозначения – «⊕» экологические воздействия усугубляют друг друга «суммируются»; «||» – опосредованы).

Табл. 2. Взаимодействие отдельных экологических воздействий от элементов систем технического водоснабжения.

| № п/п | Тип системы технического водоснабжения | Суммация воздействий на окружающую среду внутри системы технического водоснабжения | Качественное описание результирующего действия, обобщённого (суммарного) воздействий внутри системы технического водоснабжения | Условно принята математическая переменная | Результаты оценки в условных единицах (на основании данных таблицы 1) |
|-------|--|--|--|---|---|
| 1 | Прямоточная система | $x_1 + x_3$ | Увеличение числа гибели и травмирования рыбной популяции водоисточника | Y_{11} | 1,1 |
| | | $x_1 + x_5$ | Увеличение числа гибели и травмирования рыбной популяции водоисточника | Y_{12} | 1,2 |
| 2 | Оборотная с испарительной градирней | $x_1 + x_2$ | «Парниковый эффект» в регионе | Y_{21} | 1,05 |
| | | $x_2 + x_3$ | Преждевременная конденсация в том числе химических веществ | Y_{22} | 1,2 |
| | | $x_3 + x_5$ | Воздействие на рыбную популяцию | Y_{23} | 1,05 |
| 3 | Оборотная с аппаратами воздушного охлаждения | x_1 | Повышение температуры воздуха | Y_{31} | 1,0 |
| | | x_5 | Уничтожение рыбных ресурсов водозаборными сооружениями | Y_{32} | 1,0 |
| 4 | Оборотная с искусственным водоёмом охладителем | $x_1 + x_3$ | Увеличение числа гибели рыбной популяции водоисточника | Y_{41} | 1,0 |
| | | $x_3 + x_5$ | Увеличение числа гибели рыбной популяции водоисточника | Y_{42} | 1,2 |
| | | x_4 | Повышенный уровень грунтовых вод | Y_{43} | 1,0 |

Для оценки полного спектра влияния на окружающую среду того или иного типа системы технического водоснабжения АЭС, необходимо учитывать возможные взаимоналожения отдельных видов воздействий со смежными (географически близкими) системами комплекса АЭС. В данной работе произведена оценка совместного взаимодействия технического водоснабжения и системы вентиляции АЭС (см. табл. 3, где Ω – влияние на окружающую среду вентиляционных уносов).


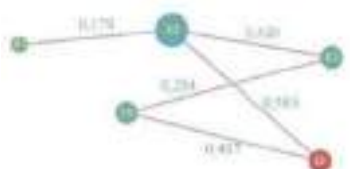

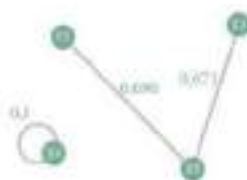
Табл. 3. Взаимодействие отдельных экологических воздействий от элементов системы обратного технического водоснабжения с градирнями и системы вентиляции АЭС (для систем технического водоснабжения, кроме оборотной с испарительными градирнями, ожидаемое взаимодействие с системой вентиляции очень мало, и им в первом приближении можно пренебречь).

| № п/п | Суммация воздействий на окружающую среду системы технического водоснабжения и системы вентиляции | Качественное описание результирующего действия, обобщённого (суммарного) воздействий системы технического водоснабжения и системы вентиляции АЭС | Условно принята математическая переменная | Результаты оценки в условных единицах (на основании данных таблицы 1) |
|-------|--|--|---|---|
| 1 | $x_1 + x_2$ | «Парниковый эффект» в регионе | Y_{21} | 1,05 |
| 2 | $x_2 + x_3$ | Преждевременная конденсация | Y_{22} | 1,2 |
| 3 | $x_3 + x_5$ | Воздействие на рыбную популяцию | Y_{23} | 1,05 |
| 4 | $x_2 + \Omega$ | Преждевременная конденсация в том числе растворенных вентиляционных уносов | Y_{24} | 1,25 |
| 5 | $\Omega + x_5$ | Воздействие на рыбную популяцию | Y_{25} | 1,1 |

Результаты расчета полного влияния на окружающую среду каждого из типов технического водоснабжения, с учетом взаимодействия с системой вентиляции АЭС, приведены в рейтинговых единицах (см. табл. 4). Оценка полных рейтинговых значений произведена методом графов, где каждая вершина соотнесена с видом влияния $[x_i]$, а рёбра – отражают рейтинговую сумму опосредованного или суммарного экологического

воздействия связанного с взаимодействием элементов системы технического водоснабжения между собой и системой вентиляции АЭС [$u_{i,j}$].

Табл. 4. Орграфы и полные рейтинговые значения (в условных единицах) влияния на окружающую среду каждого из типов систем технического водоснабжения АЭС.

| № п/п | Тип системы технического водоснабжения | Орграфы полного влияния на окружающую среду каждого из типов систем технического водоснабжения АЭС | Влияние различных типов системы технического водоснабжения на окружающую среду в условных единицах |
|-------|--|--|--|
| 1 | Прямоточная система |  | 1,654 |
| 2 | Оборотная с испарительной градирней |  | 1,853 |
| 3 | Оборотная с аппаратами воздушного охлаждения |  | 1,467 |
| 4 | Оборотная с искусственным водоёмом охладителем |  | 0,1 |

Из таблицы 4 видно, что наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает обратная система с использованием испарительных градирен, преимущественно за счет взаимодействия с системой вентиляции АЭС.

ВЫВОДЫ

Представленный в настоящей работе подход, основанный на методе графов, позволил обоснованно, в первом приближении, оценить экологическое воздействие различных типов систем технического водоснабжения АЭС на окружающую среду, с учетом комплексного взаимодействия с иными технологическими системами (на примере системы вентиляции). В результате установлено, что наибольшее воздействие на окружающую среду оказывает обратная система с использованием испарительных градирен. Полученные результаты оценки вполне соотносимы со сведениями, приведенными в справочнике Европейского Союза по наилучшим доступным технологиям промышленного охлаждения (Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems [15]), «где прямоточные системы технического водоснабжения признаны одними из наилучших доступных технологий, имеющими более высокие технико-экономические и экологические показатели функционирования» [3].

Дальнейший путь реализации исследования заключается в детальном анализе средствами математического моделирования температурно-влажностного режима водной среды и воздушного бассейна в районе размещения АЭС от различных применяемых типов систем технического водоснабжения, с учетом взаимодействия со смежными системами. А также в обработке результатов мониторингов загрязнений окружающей среды на площадках эксплуатируемых АЭС, для оценки степени взаимовлияния экологических воздействий различных технических систем между собой с определением зависимостей накопления выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021 г.): принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 12 апреля 2006 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 26 мая 2006 г. [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/. Дата обращения: 08.08.2021 г.
2. Энергетики предлагают изменить Водный кодекс, отменив запрет на проектирование прямоточных систем охлаждения при проектировании ТЭС и АЭС [Электронный ресурс] // Официальный сайт Государственной думы Федерального собрания Российской Федерации. 12.12.2017 г. Режим доступа: <http://duma.gov.ru/news/25869/>. Дата обращения: 11.11.2021 г.
3. Елена Восканян. Пришло время снять запрет. Энергетика: тенденции и перспективы [Электронный ресурс] // Газета «Энергетика и промышленность России». № 19 (399) октябрь 2020 г. Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/399/2142069.htm>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
4. Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблоков № 2, 3 Калининской АЭС на мощности реакторной установки 104 % от номинальной [электронный ресурс] / сост.: В.А. Сушк; ОАО «Концерн «Росэнергоатом»; Виноградов А.Ю.; ООО НПО «Гидротехпроект». Удомля, Тверь. – 2013. Режим доступа: <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/67e/67e7d4dcb3e3d01dfd6322652a07d03c.pdf>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
5. Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока № 1 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104 % от номинальной. Книга 2 [электронный ресурс] / сост.: Виноградов А.Ю.; ООО НПО «Гидротехпроект». – 2018. Режим доступа: http://old.volgodonskgorod.ru/all/public/pages/dosc/roaes_1_104_kniga_2.pdf. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
6. Лунева Е.В. Характеристика систем водоснабжения атомных станций в связи с оценкой воздействия строящейся Балтийской АЭС на водные биоресурсы реки Неман // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2013. – № 28. – с. 164-172;
7. Vereshchagina E.A., Dvornikov A.Yu., Rumynin V.G., Ryabchenko V.A., Nikulenkov A.M. Assessing the Impact of Beloyarsk NPP on the Hydrothermal Regime of the Reservoir-Cooler [электронный ресурс] // FUNDAMENTAL AND APPLIED HYDROPHYSICS. – 2013. – V. – 6. – с. 58-67. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/281612823_Vereshchagina_EA_Dvornikov_AYu_Rumynin_VG_Ryabchenko_VA_Nikulenkov_AM_Assessing_the_Impact_of_Beloyarsk_NPP_on_the_Hydrothermal_Regime_of_the_Reservoir-Cooler. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
8. Егоров Ю.А. Экологическая безопасность: влияние АЭС России на состояние водоема-охладителя [электронный ресурс] // Бюллетень по атомной энергии. – 2008. – № 4. – с. 44-49. Режим доступа: http://elib.biblioatom.ru/text/byulleten-atomnoy-energii_2008_v4/go,52/. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
9. Материалы докладов XX аспирантско-магистерского семинара, посвященного Дню энергетика / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 2 т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 412 с.;
10. Кулаков Д., Верещагина Е., Макушенко М. Влияние Белоярской АЭС на зоопланктон водоема-охладителя // Экология и промышленность России. – 2017. – 21(8). – с. 38-43. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-8-38-43>
11. Протасов А.А., Семенченко В.П., Силаева А.А., Тимченко В.М., Бузевич И.Ю., Гулейкова Л.В., Дьяченко Т.Н., Морозова А.А., Юришинец В.И., Ярмошенко Л.П., Примак А.Б., Морозовская И.А., Масько А.Н., Голод А.В. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Под ред. А.А. Протасова. – Киев: Институт гидробиологии НАН Украины, 2011. – 234 с.;
12. Гунин П.А., Серпокрылов Н.С., Лейкин Ю.А. Анализ влияния Волгодонской АЭС на водоем-охладитель [электронный ресурс] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №3. – с. 93-103. Режим доступа: <http://journals.rudn.ru/ecology/article/view/12471/11901>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
13. Смирнов В.Г. Методы построения графов решений для систем k-значных уравнений / Тр. по дискр. матем. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2004. том 8. – с. 253–280;
14. Домнин Л.Н. Элементы теории графов: учебное пособие / Изд-во Пенз. гос. ун-та. Пенза. 2007. 144 с.

15. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems: European Commission, – December 2001 [электронный ресурс]. Режим доступа: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cvs_bref_1201.pdf. Дата обращения: 09.11.2021 г.

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СПОРТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю. А. Демидова¹, К. Н. Дуванова², И. С. Птухина³

СПбПУ Петра Великого, Инженерно-строительный институт,

¹juliaandreeva99@mail.ru

²bluealicerain@gmail.com

³irena_ptah@mail.ru

Аннотация

На сегодняшний день строительная отрасль развивается в ускоренном темпе. Для развития инфраструктуры страны на региональном и муниципальном уровнях государство и частные инвесторы всячески заинтересованы в строительстве и реконструкции объектов в некоторых отраслях социальной сферы: физической культуры и спорта, здравоохранения, транспортной отрасли и другие. В статье представлен сравнительный анализ реализуемых объектов спортивного назначения на территории субъектов Российской Федерации, в которых применяется механизм государственно-частного партнерства. Соглашения о реализации проектов заключены в период последних 5 лет, что подтверждается данными платформы поддержки инфраструктурных проектов. Актуальность написания данной работы отображает важность и необходимость исследования государственно-частного партнерства (ГЧП) в сфере строительства спортивных объектов. В данной статье рассмотрена классификация моделей ГЧП, а также представлены основные формы соглашений ГЧП в Российской Федерации.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная модернизация во всех отраслях оказывает положительное влияние на развитие строительной отрасли в мире. Для повышения эффективности в сфере экономики и быстрой реализации массовых спортивных объектов, за счет уменьшения сроков строительства, государство все чаще прибегает к схеме взаимодействия с частными инвесторами на основе партнерства [1]. Государственно-частное партнерство (далее – ГЧП) – форма долгосрочного взаимодействия между государством и бизнесом для реализации общественно важных объектов инфраструктуры. Главным преимуществом для государства является привлечение частных инвестиций с целью снижения расходов бюджетных средств [2-4], для бизнеса – содействие государства в реализации проекта, возможность увеличивать выручку по проекту за счет оказания дополнительных платных услуг [5].

Модели и формы ГЧП постоянно совершенствуются, классификация моделей в мировой практике представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Мировая классификация моделей ГЧП

Основными формами ГЧП [6-8] в Российской Федерации являются заключения:

1. Соглашения о государственно-частном партнёрстве, муниципально-частном партнёрстве с минимальным сроком реализации в 3 года [9]. Законодательный акт, регулирующий исполнение данной формы - ФЗ 224. По данным на 2020 год реализовано 75 проектов.

2. Концессионного соглашения, где основной формой собственности является – государственная. Законодательный акт, регулирующий исполнение данной формы – ФЗ 115. Концессия – наиболее простой и проработанный метод взаимодействия [10], на 2020 год реализовано 3983 проекта.

Заключение соглашений закрепляет определенные обязательства по каждой из сторон. Взаимоотношения между государственным и частным секторами предполагают обеспечение лучших соотношений между затратами на строительство, качеством оказываемых услуг и инвестиционной привлекательностью проекта, необходимых для обеспечения инфраструктуры и управления государственными услугами [11-13]. По опыту других стран недостатки использования ГПЧ в разы меньше преимуществ, исходя из этого можно утверждать, что данная форма сотрудничества может улучшить социально-экономическую проблему регионов и страны в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве метода для выполнения исследования был выбран анализ объема инвестиций в проекты спортивного назначения в период с 2017 по 2019 года и их сравнение по виду заключенного соглашения. В социально-экономическом развитии государства объекты, предназначенные для проведения спортивно-массовых мероприятий, всегда играли важную роль [14].

По данным Платформы поддержки инфраструктурных проектов Росинфра в области спорта на 2017 год было реализовано 12 проектов, при этом объем инвестиций составил 6 290 млн. руб.; в 2018 году – 9 проектов с общим объемом инвестиций 1 062 млн. руб. и в 2019 году – 5 проектов с частными и бюджетными инвестициями равными 205 млн. руб. и 860 млн. руб. соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании изученного литературного материала и по данным портала «ГЧП-Инфо» в таблице 1 приведено сравнение спортивных объектов муниципального и регионального значения в Российской Федерации за последние пару лет.

Табл. 1. Объекты спортивного назначения

| № п/п | Наименование объекта | Субъект РФ | Уровень реализации проекта | Вид договора |
|-------|--|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Строительство крытого многофункционального спортивного центра для круглогодичного использования в г. Перми | Пермский край | Региональный | Соглашение о ГЧП / МЧП (224-ФЗ) |
| 2 | Реконструкция открытого легкоатлетического стадиона, расположенного по адресу: Кемеровская область, г. Кемерово, ул. | Кемеровская область | Муниципальный | Концессионное соглашение (115-ФЗ) |

| | | | | |
|---|---|-----------------------|---------------|-----------------------------------|
| | Ворошилова, д.13 | | | |
| 3 | Финансирование, строительство и эксплуатация многофункционального спортивного комплекса с универсальными спортивными залами стадиона «Энергия» в г. Перми | Пермский край | Региональный | Концессионное соглашение (115-ФЗ) |
| 4 | Создание и эксплуатация объекта «Физкультурно-оздоровительный комплекс по адресу: Астраханская область, Ахтубинский район, г. Ахтубинск, ул. Нестерова, 5» | Астраханская область | Муниципальный | Соглашение о ГЧП / МЧП (224-ФЗ) |
| 5 | Физкультурно-оздоровительный комплекс «Дельфин» в г. Северодвинске | Архангельская область | Региональный | Концессионное соглашение (115-ФЗ) |
| 6 | Крытый тренировочный манеж (аналог тренировочного манежа на стадионе «Труд» в г. Архангельске) | Архангельская область | Региональный | Концессионное соглашение (115-ФЗ) |
| 7 | Создание объекта капитального строительства «Физкультурно-оздоровительный комплекс в селе Краснокумское Георгиевского городского округа Ставропольского края» по адресу: Ставропольский край, Георгиевский городской округ, село Краснокумское, ул. Пионерская, 23Б | Ставропольский край | Муниципальный | Концессионное соглашение (115-ФЗ) |

Сравнительный анализ объектов, приведенных в таблице 1, показывает, что наиболее применимой формой взаимодействия государства и частных инвесторов является заключение концессионного соглашения, где право собственности на объект соглашения является публичным. Реализация спортивных объектов носит в большинстве случаев региональный характер, что показывает заинтересованность государства в модернизации и потребности в развитии сферы физкультуры и спорта.

ВЫВОДЫ

По итогу проведенного сравнительного анализа и изучения литературных источников по теме взаимодействия государства и частного инвестора можно сделать вывод, что проекты, реализуемые на основе государственно-частного партнерства, несмотря на то что имеют ряд недостатков, накладывая определенные обязательства на обе стороны, положительно отражаются на экономике государства и способствуют развитию бизнеса. Нами были рассмотрены спортивные объекты, такие как физкультурно-оздоровительные комплексы, крытые тренировочные манежи, открытые легкоатлетические стадионы, строительство которых подразумевает использование частных и бюджетных инвестиций. Благодаря схеме ГЧП многие государства в мире создали хорошую дорожную систему, построили социальные объекты, промышленные предприятия и другие объекты развития.

Следует отметить, что в условиях рыночной экономики для более эффективного осуществления государственно-значимых экономических проектов, в частности строительство и реконструкция массовых спортивных объектов, необходимо объединить усилия государства и бизнеса. Государственно-частное партнёрство является преобладающим и универсальным механизмом, значение которого в Российской Федерации с каждым годом возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бацунов Д.А. Роль ГЧП в социально - экономическом развитии территории// Педагогика и междисциплинарные исследования. 2021. Т. 16. № 1. С. 5-18.
2. Лактионов В.А. ГЧП в России. Общее состояние и реализация// Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2020. № 3 (78). С. 41-49. DOI: 10.37493/2307-907X.2020.3.5
3. Меркулина И.А., Хаджи-оглы Ю.Р. Особенности формирования проектов ГЧП при выполнении государственного оборонного заказа// Самоуправление. 2020. № 3 (120). С. 291-295.
4. Брусницына, М. Н. Формы государственно-частного партнерства в России / М. Н. Брусницына. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 49 (339). — С. 83-86. — URL: <https://moluch.ru/archive/339/76175/> (дата обращения: 14.11.2021).
5. Гребенникова В.А., Грядя И.Л. Российский опыт государственно-частного партнерства: методология оценки проектов ГЧП, современное состояние и перспективы рынка ГЧП РФ// Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2019. № 6. С. 19-25.
6. Adamiya T.T. Implementation of public-private partnership projects: problems and its solutions// Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 1. № 9 (105). С. 137-141.
7. Афанасьева К.А., Борисенко А.А., Птухина И.С. Методика выбора формы партнёрства при реализации программ реновации – ГЧП// Тенденции развития науки и образования. 2019. № 49-8. С. 11-14.
8. Amović G., Maksimović R., Bunčić S. Critical success factors for sustainable public-private partnership (PPP) in transition conditions: An empirical study in Bosnia and Herzegovina // Sustainability (Switzerland). 2020. № 17(12). DOI:10.3390/su12177121.
9. Lazanyuk I.V., Yakovleva T.V. Foreign experience in the implementation of PPP projects for the improvement of the Russian model // RUDN Journal of Economics. 2020. Т. 28. № 3. С. 608-619. DOI: 10.22363/2313-2329-2020-28-3-608-619
10. Балабенко, Е. В. Необходимость применения государственно-частного и муниципально-частного партнерства в жилищном строительстве / Е. В. Балабенко // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 4(69). – С. 215-222. – DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-215-222.
11. Прядко, И. А. Оценка эффективности проектов государственно-частного партнерства в строительстве / И. А. Прядко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 12(106). – С. 64.
12. Sarmiento J.M., Renneboog L. Renegotiating public-private partnerships // Journal of Multinational Financial Management. 2021. (59). DOI:10.1016/j.mulfin.2020.100661.
13. Бузулуцкий, М. И. Механизм государственно-частного партнерства в сфере регионального жилищного строительства / М. И. Бузулуцкий // Экономические, правовые и культурные аспекты реализации стратегии пространственного развития России и укрепления (раскрытия) ее человеческого потенциала : Сборник публикаций по итогам международной научно-практической конференции, Москва, 25–27 апреля 2018 года / Под общ. ред. В.Д. Серякова. – Москва: ООО "Издательство "Спутник+", 2018. – С. 5-17.
14. Гребенникова, В. А. Российский опыт государственно-частного партнерства: методология оценки проектов ГЧП, современное состояние и перспективы рынка ГЧП РФ / В. А. Гребенникова, И. Л. Грядя // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2019. – № 6. – С. 19-25.

15. Fleta-Asín J., Muñoz F., Rosell-Martínez J. Public-private partnerships: determinants of the type of governance structure // *Public Management Review*. 2020. № 10(22). DOI:10.1080/14719037.2019.1637014.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АЭС

И. А. Енговатов¹, А. С. Павлов¹, В. В. Белов¹, К. А. Бородоцкий¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹sotae@mgsu.ru

Аннотация

Конкуренция на международных рынках проектов, а также необходимость в применении более экологичных и безопасных решений для АЭС приводит к трансформации существующих проектных решений, с целью реализации более коротких сроков возведения объекта, оптимизации капиталовложений и инвестиционного цикла строительства, устранению лишних проблем, связанных с общественным обсуждением будущего строительства. Указанное может быть достигнуто за счет: применения более прогрессивных строительных методов возведения, эффективной и оптимальной организации производства, снижения общего строительного и монтажного объема, использования прогрессивных технологических систем, строительных конструкций, включая материалы. Одним из перспективных решений, может оказаться – общее снижение строительного объема и упрощения конструктивных схем зданий и сооружений, располагаемых в пределах промышленной площадки, к примеру за счет трансформации общестанционных систем. В такой ретроспективе, рациональным является замена существующих систем технического водоснабжения АЭС нормальных и ответственных потребителей, занимающих около 1/5 общей площади в пределах генерального плана промышленной площадки АЭС на более прогрессивные, к примеру за счет использования «сухих» систем.

В данной работе авторами на основе источников научной и научно-технической информации проведен анализ существующих охладителей в системах промышленного охлаждения, указаны их сравнительные преимущества и недостатки, в результате выбраны наиболее прогрессивные технологии в части будущей реализации. Произведена оценка основных геометрических параметров сооружения. А также при помощи логико-вероятностного метода оценена безопасность (частота отказов) сооружения и его технологических систем в пределах до трубы водоподачи.

В результате проделанной работы, авторами установлено, что представленный вариант для охладителя системы промышленного охлаждения ответственных и неотчетственных потребителей, может являться альтернативным решением при использовании в проектах АЭС современного российского дизайна, так как по оценкам авторов (выполненных в первом приближении), удовлетворяет требованиям безопасности, а также позволяет снизить площадь застройки (по сравнению с традиционным) на 66,5 %, при этом наблюдаются более высокие эксплуатационные и экологические характеристики по сравнению с традиционными системами, а также отсутствует потребность в применении специальных строительных материалах и дорогостоящих технологиях возведения.

ВВЕДЕНИЕ

Современный объемный портфель зарубежных заказов Государственной корпорации «Росатом» [1], планы по освоению новых рынков (планируемое строительство: АЭС Харипур в Индии, АЭС Маджал в Иордании [2, 3]), а также наращивание мощности за счет строительства новых АЭС внутри Российской Федерации [4], приводит к необходимости трансформации существующих проектных решений электрических станций с целью реализации более коротких сроков возведения объекта, а также оптимизации капиталовложений и инвестиционного цикла строительства объекта [5].

Указанное может быть достигнуто за счет: применения более прогрессивных строительных методов возведения, эффективной и оптимальной организации производства, снижения общего строительного и монтажного объема, использования прогрессивных технологических систем, строительных конструкций, включая материалы [5], однако, без ущерба в части безопасности [6]. Одним из перспективных решений, может оказаться – общее снижение строительного объема и упрощения конструктивных схем зданий и сооружений, располагаемых в пределах промышленной площадки, к примеру за счет трансформации общестанционных систем. В такой ретроспективе, рациональным является замена существующих систем технического водоснабжения АЭС нормальных и ответственных потребителей, занимающих около 1/5 общей площади в пределах генерального плана промышленной площадки АЭС (см. рис. 1) на более прогрессивные, к примеру за счет использования «сухих» систем [7, 8].

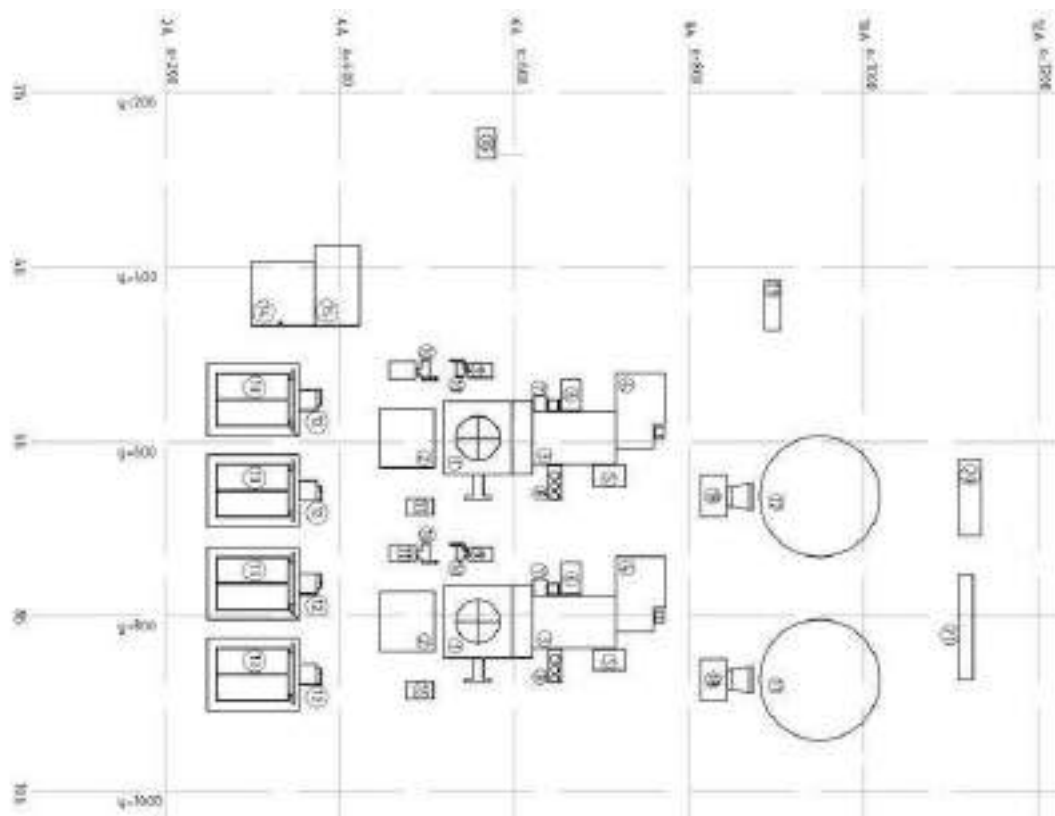


Рис. 1. Схема генерального плана проекта АЭС-2006 (прототип – Курской АЭС-2, разработка Московского отделения АО «Атомэнергопроект»). Повернуто на 90° . Где 1 – здание реактора; 2 – вспомогательное реакторное здание; 3 – здание турбины; 4 – площадка блочных трансформаторов; 5 – здание блочной обессоливающей установки; 6 – здание теплофикационной установки; 7 – здание холодильных машин; 8 – баки запаса обессоленной воды; 9 – здание резервной дизельной электростанции системы нормальной эксплуатации; 10 – промежуточный склад дизельного топлива; 11 – здание резервной дизельной электростанции системы аварийной эксплуатации; 12 – насосная станция ответственных потребителей; 13 – брызгальный бассейн; 14 – здание переработки и хранения радиоактивных отходов; 15 – мастерские зоны контролируемого доступа; 16 – здание хранилища радиоактивных источников; 17 – градирня; 18 – блочная насосная станция; 19 – теплораспределительный пункт; 20 – КРУЭ; 21 – здание центрального щита управления.

Поэтому целью данной работы, является оценка возможной трансформации систем технического водоснабжения АЭС нормальных и ответственных потребителей, направленной на снижение удельных строительных показателей, с учетом обеспечения приемлемых уровней безопасности.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи: анализ конкурентных решений в части охладителей оборотных систем промышленного охлаждения для АЭС; анализ требований к обеспечению безопасности АЭС; разработка математической модели для оценки безопасности вспомогательных объектов АЭС (на примере систем технического водоснабжения); обоснование возможного варианта блокировки технологических систем технического водоснабжения АЭС в едином сооружении с учетом обеспечения приемлемых уровней безопасности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основных методов, использованных в данной работе, применяются: анализ, обобщение, аналогия и логико-вероятностный метод. Логико-вероятностный метод позволяет на основе ранее выбранного конкурентного решения (на основе проведенного анализа) в части охладителей оборотных систем промышленного охлаждения для АЭС оценить безопасность (а именно частоту отказов) элементов указанной системы, на основе использования алгебры логики, при помощи которой аналитически записывается работоспособность системы в виде вероятностной функции. То есть при помощи указанного метода можно описать схему исходных событий для расчета надежности с последующим использованием теории вероятностей при определении показателя надежности [9]. В оценке принято допущение, предполагается, что система может находиться только в двух состояниях: в состоянии полной работоспособности ($y = 1$) и в состоянии полного отказа ($y = 0$). При этом действие системы детерминировано зависит от действия ее элементов, т.е. $[y]$ является функцией от $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ [10]. Элементы могут находиться также только в двух несовместных состояниях: полной работоспособности ($x_i = 1$) и полного отказа ($x_k = 0$) [10]. В качестве инициирующих условий и событий выступают отказы одного или нескольких элементов системы, которым соответствуют заданные вероятности этих состояний: $[p_i]$ и соответственно $- [q_k] = 1 - p_i$. Таким образом происходит преобразование функции алгебры логики к вероятностной функции, которая в дальнейшем используется для получения количественной оценки вероятности реализации состояния системы в отказе [10]. Вероятностные значения отказов элементов системы подобранными в соответствии с: ИТС 20-2016 «Промышленные системы охлаждения» [11], показателями аналогичных систем [12], каталогами SPX Cooling Technologies [13]. Расчет надежности системы произведен от границ захода в систему охлаждения, так как никаких изменений в части подвода к охладителю, от используемых в настоящее время, в работе не предлагается.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На настоящий момент наиболее распространенными охладителями технической воды являются: испарительные градирни; брызганные бассейны; аппараты воздушного охлаждения; «сухие» градирни непрямого охлаждения. Характеристики указанных типов охладителей по качественным и количественным показателям приведены в табл. 1.

Табл. 1. Краткая характеристика видов охладителей [11, 13-20].

| Вид промышленного охладителя | Испарительные градирни | Брызганные бассейны | Драйкуллеры («Сухие» градирни) | Комбинированные «сухие» градирни непрямого охлаждения |
|------------------------------|---|--|--|---|
| Основной принцип действия | Нагретая вода через водораспределительную систему подается в градирню и распыляется с помощью форсунок над оросителями, далее происходит ее охлаждение за счет воздушного потока. Охлаждаемая вода тонкой плёнкой (или в виде капель) стекает | Нагретая вода под напором подводится по распределительным трубам в бассейн и далее орошается через систему разбрызгивающих насадок, расположенных в верхней части (над) бассейном. Охлаждение происходит за счет контакта атмосферного воздуха с каплями воды. | Воздух нагнетается лопастями рабочего колеса вентилятора в межтрубное пространство, где находится техническая ввода. | Работа на рабочем теле охладителя (вода): воздух нагнетается лопастями рабочего колеса вентилятора в межтрубное пространство, где находится техническая ввода. Работа на паре: пар пропускают через охлаждающие модули в |

| Вид промышленного охладителя | Испарительные градирни | Брызганные бассейны | Драйкуллеры («Сухие» градирни) | Комбинированные «сухие» градирни непрямого охлаждения |
|---|--|---|---|--|
| | вниз через блок оросителей в водосборное устройство. | | | в виде радиаторов, куда нагоняется воздух вентиляторами. |
| Преимущества системы | <ul style="list-style-type: none"> - низкие затраты электроэнергии при эксплуатации; - большой расход технической воды. | <ul style="list-style-type: none"> - низкие затраты электроэнергии при эксплуатации; - малый строительный объем, простота конструкции; - более долговечны по отношению к строительным конструкциям градирни; - просты в эксплуатации; - наличие большого запаса воды. | <ul style="list-style-type: none"> - компактность расположения оборудования; - малый строительный объем сооружения; - относительно высокая долговечность при эксплуатации (по отношению к градирням испарительным), а также упрощенные строительные решения относительно испарительных градирен; - более высокая эффективность охлаждения технической воды; - замкнутый контур; - отсутствие безвозвратных потерь воды. | <ul style="list-style-type: none"> - сравнительно низкие энергозатраты в эксплуатационный период (по отношению к драйкуллерам); - более эффективное распределения тепла (по отношению к драйкуллерам); - устойчивость к условиям внешней среды, из-за чего упрощены строительные решения (относительно испарительных градирен); - высокие эксплуатационные характеристики; - меньший по отношению к испарительным градирням монтажный и строительный объем; - замкнутый контур; - отсутствие безвозвратных потерь воды. |
| Недостатки системы | <ul style="list-style-type: none"> - малая глубина охлаждения; - большой строительный объем, применение специальных материалов с повышенными характеристиками по морозостойкости и водонепроницаемости, использование специальных покрытий; - сложный ремонт, и остановка эксплуатации в планово-предупредительный период; - требуют специальных технологических мероприятий для зимнего периода; - возможность загрязнения оборотной воды, так как система открытая по отношению к окружающей среде; - наличие безвозвратных потерь воды. | <ul style="list-style-type: none"> - низкая эффективность охлаждения по сравнению с испарительными градирнями; - значительный напор воды у сопла и потери воды на унос ветром; - высокая площадь застройки; - применение специальных видов строительных материалов с повышенными характеристиками по морозостойкости, а также использование специальных материалов в качестве покрытий, организация сложной конструкции гидроизоляции (для предотвращения протечек); - требует организации строительных разрывов при их компоновке; - возможность загрязнения оборотной воды, так как система открытая по отношению к окружающей среде; - наличие безвозвратных потерь воды. | <ul style="list-style-type: none"> - высокая стоимость оборудования; - относительно низкая эффективность теплопередачи, по отношению к испарительным градирням; - необходимость использования химических добавок для ограничения замерзания в зимний период. | <ul style="list-style-type: none"> - высокая стоимость оборудования; - повышенные требования к обслуживанию и очистке теплообменников. |
| Диапазон воспринимаемой удельной тепловой нагрузки | <p>251 – 419 МДж / (м² * ч) для башенной;</p> <p>335 - 419 МДж / (м² * ч) для вентиляторной;</p> | 30 – 60 МДж / (м ² * ч) | 45 – 70 МДж / (м ² * ч) | 380 – 450 МДж / (м ² * ч) |

| Вид промышленного охладителя | Испарительные градирни | Брызганные бассейны | Драйкуллеры («Сухие» градирни) | Комбинированные «сухие» градирни непрямого охлаждения |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|
| Диапазон удельной тепловой нагрузки на единицу площади поверхности охлаждения | 70 – 116 кВт / м ² | 5,8 – 23 кВт / м ² | 3,2 – 19 кВт / м ² | 93 – 116 и выше кВт / м ² |
| Производительность | 30 – 650 м ³ / ч | До 500 м ³ / ч | До 400 м ³ / ч | 100 – 600 м ³ / ч |
| Разность температуры воды и атмосферного воздуха | 5 – 15 °С | 5 – 10 °С | н/д | 4 – 5 °С |
| Разность температур воды после и до охлаждения | 5 – 15 °С | 10 – 12 °С | 10 – 12 °С | 3 – 20 °С |

Из таблицы 1 видно, что наиболее подходящими в качестве охладителей промышленной системы технического водоснабжения АЭС являются испарительные градирни и «сухие» градирни непрямого охлаждения.

Вариант перехода от испарительных градирен к «сухим» был рассмотрен в работе [8], где описываются преимущества и недостатки применения «сухих» градирен. Главным из недостатков которых является их высокая стоимость в сравнении с испарительными градирнями, а также более низкая тепловая мощность. *«Среднегодовое снижение электрической мощности на АЭС-2006 при применении «сухого» отвода «сбросного» тепла за счет ухудшения вакуума в конденсаторе может составить ~ 25-30 МВт (электрической мощности). Однако эти недостатки могут быть компенсированы следующими особенностями: упрощение выбора площадки и снижение стоимости строительства АЭС из-за отсутствия привязки к источнику водоснабжения и исключения затрат на водозаборные сооружения и водоводы, включая стоимость отчуждаемых земель; исключение проблем, связанных с обработкой продувочной воды из бассейна испарительной градирни и «засолением» почвы; улучшение водно-химического режима в закрытом контуре «градирня – конденсатор» и исключение загрязнения трубок конденсатора; исключение потребности в подпиточной воде, которая достигает 1,2–1,5 м³/с; сокращение капитальных затрат на турбоустановку: при «сухих» градирнях турбине достаточно трех цилиндров низкого давления, вместо четырех при испарительных градирнях; укорочение турбины, обеспечивающей сокращение длины маизала на 1 пролет (12 м); применение смешивающих конденсаторов, которые значительно дешевле поверхностных конденсаторов; упрощение процесса технического обслуживания укороченной турбины по сравнению с полноразмерной»* [8].

Для последующей оценки безопасности перехода к системе «сухого» непрямого охлаждения, авторами выбрана система охлаждения SPX Dry Cooling [13] (см. рис. 2) (аналог примененных систем на ТЭС Kendal (6×690 МВт), Южная Африка, 1992).



Рис. 2. Схема градирни SPX Dry Cooling. Слева показан общий вид, справа – блок охлаждения.

Градирня работает с использованием смешивающих конденсаторов турбины после чего вода, нуждающаяся в охлаждении, перекачивается в охлаждающие модули, расположенные на уровне низа воздухопропускного зазора башни, они располагаются на самостоятельном каркасе, состоят из оребренных труб овальной формы и оснащены вентиляторными блоками. Поток воздуха вокруг охлаждающих элементов создается естественной тягой в башне и работой блочных вентиляторов. Такая комбинация систем приводит к тому, что существует возможность некоторого резервирования работы установки, основанной на иных физических принципах с применением пассивного охлаждения.

Предлагается использовать пространственное совмещение систем технического водоснабжения ответственных и неотвеченных потребителей АЭС в единой установке с различным (физически разделенным) подводом.

Для определения основных геометрических характеристик градирни, таких как: высота, нижний диаметр в опорном кольце и верхний диаметр кольца, выполнена оценка относительной требуемой площади орошения (взята как для Курской АЭС-2), и состоит из суммы необходимых площадей орошения для ответственных (7,5 тыс. м²) и неотвеченных (13,5 тыс. м²) потребителей, со сравнением данных указанных в каталоге производителя [13]. Высота градирни найдена путем интерполяции отношения известных высот градирен к площадям орошения [21]. Разность в воздушной тяге учтена на основании коэффициента [11]. Таким образом диаметр нижнего опорного кольца принят – 66,0 м, а верхнего кольца – 41,0 м, высота градирни – 87,7 м. Техническое решение градирни приведено на рисунке 3 и 4.

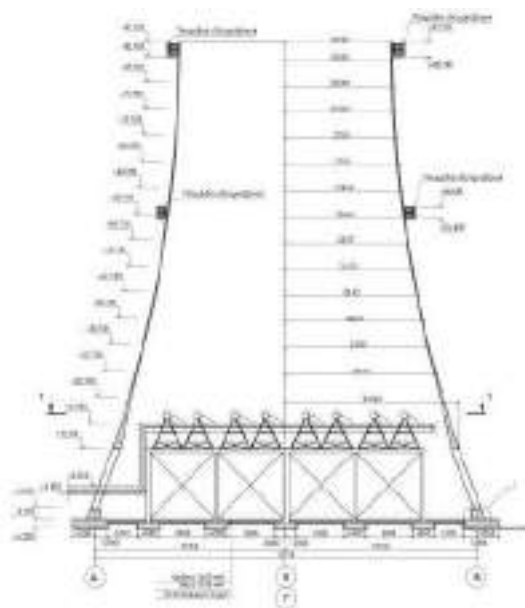


Рис. 3. Принятое техническое решение градирни. Продольный разрез.

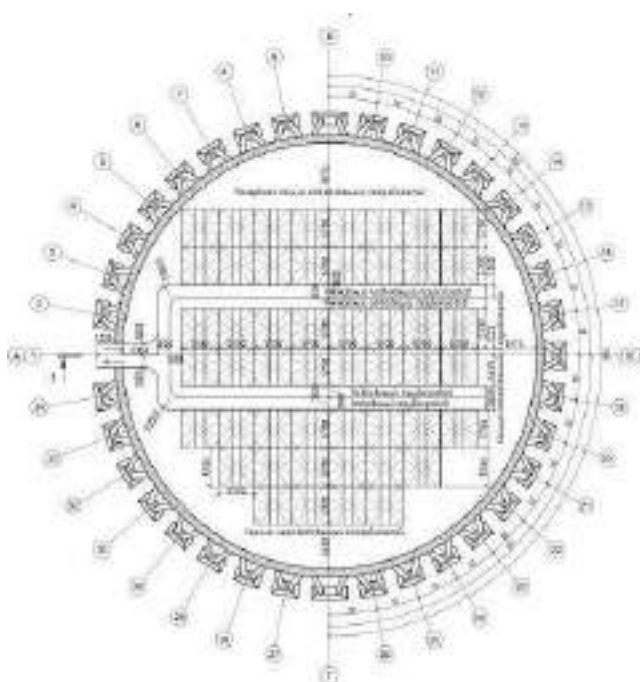


Рис. 4. Принятое техническое решение градирни. Поперечный разрез.

Для оценки безопасности принятого конструктивного решения градирни выполнена логическая схема отказа (см. рис. 5).

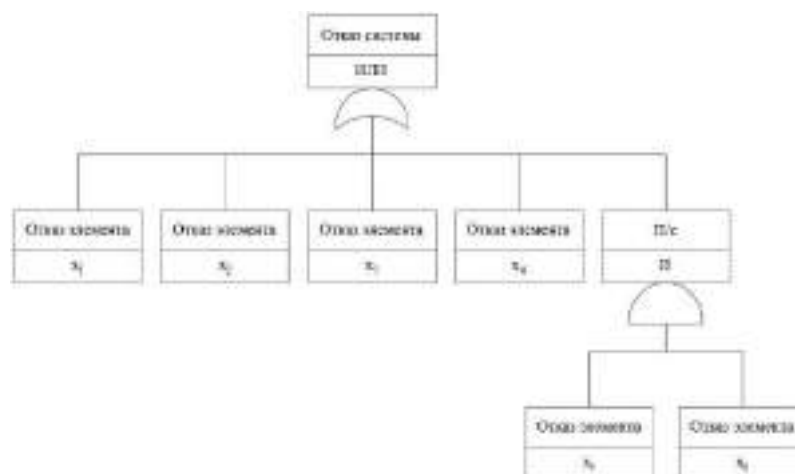


Рис. 5. Графическая логическая модель работоспособности здания в виде дерева отказов. Где $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ – элементы градирни и их ожидаемый отказ.

Расчёт измененного функционально-технологического решения системы технического водоснабжения примет следующий вид: $x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee x_4 \vee x_5 \cdot x_6$ – минимальное сечение отказов. А формула вероятности отказа (см. формула (1)):

$$Q_c \approx q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \cdot q_6; \quad (1)$$

Общая вероятность отказа определена на основании сведений приведенных в таблице 2.

Табл. 2. Исходные события и их вероятностные параметры [11-13].

| Обозначение | Постулируемые исходные события | P_k | Q_k |
|-------------|--|-----------|----------------------|
| x_1 | Отказ осевого вентилятора | 0,9999772 | $22,8 \cdot 10^{-6}$ |
| x_2 | Разрыв воздухоподводящих патрубков | 0,999999 | $1 \cdot 10^{-6}$ |
| x_3 | Разрушение оболочки градирни | 0,9999937 | $6,3 \cdot 10^{-6}$ |
| x_4 | Отказ системы управления подачи и рециркуляции воздуха | 0,9999921 | $79 \cdot 10^{-6}$ |
| x_5 | Отказ секции радиатора | 0,9999955 | $4,5 \cdot 10^{-6}$ |
| x_6 | Коррозия трубок радиатора | 0,999998 | $2 \cdot 10^{-6}$ |

Из формулы (1) следует, что суммарную вероятность отказа системы можно ожидать в пределах $8,32 \cdot 10^{-6}$ аварий / год, что ниже требуемого значения в 10^{-5} аварий / год [22].

ВЫВОДЫ

Представленный в настоящей работе вариант для охладителя системы промышленного охлаждения ответственных и неответственных потребителей, может являться альтернативным решением при использовании в проектах АЭС современного российского дизайна, так как по оценкам авторов (выполненных в первом приближении), удовлетворяет требованиям безопасности, а также позволяет снизить площадь застройки (по сравнению с традиционным) на 66,5 %, при этом наблюдаются более высокие эксплуатационные и экологические характеристики по сравнению с традиционными системами, а также отсутствует потребность в применении специальных строительных материалах и дорогостоящих технологиях возведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Портфель зарубежных заказов Росатома по итогам 2019 года составит \$133-135 млрд. [электронный ресурс] // Официальный сайт информационного агентства ТАСС. – Москва. – 30 декабря 2019 г. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/7446249>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
2. Харипур АЭС [электронный ресурс] // Официальный сайт научного портала "Атомная энергия 2.0". - 22 июня 2011 г. Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/Haripur>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
3. Маджал АЭС [электронный ресурс] // Официальный сайт научного портала "Атомная энергия 2.0". - 25 июля 2014 г. Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/organizations/madzhal-aes>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
4. АЭС в России до 2030 года [электронный ресурс] // Информационно-аналитический журнал «Геоэнергетика.ru». – 12 августа 2016 г. Режим доступа: <https://geoenergetics.ru/2016/08/12/aes-v-rossii-do-2030-goda/>. Дата обращения: 11.11.2021 г.
5. Нигматулин Б.И. ВВЭР-ТОИ – Турик, Обманка, Имитация // Официальный сайт научного портала "Атомная энергия 2.0". - 25 сентября 2012 г. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4045>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
6. Букринский А.М. Безопасность атомных станций и её регулирование в России: Сборник статей. – М.: 2016. – 421 с. Режим доступа: <https://docs.secnrs.ru/documents/works/Bukrinskiy.%20AES%20Safety.%20Articles/Bukrinskiy.%20AES%20Safety.%20Articles.pdf>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
7. Мелешко К.И. Возможности замены на АЭС брызгальных бассейнов сухими градирнями // Актуальные проблемы энергетики. – 2017. – с. 430-432;
8. Полтараков Г.И. Дилемма: градирни «мокрые» или «сухие» [электронный ресурс] // Официальный сайт научного портала "Атомная энергия 2.0". - 07 июня 2012 г. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3823>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
9. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности структурно-сложных систем. Учебное пособие. – Л.: Изд. ВМА им. Н.Г. Кузнецова. – 1988. – 68 с.;
10. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. – М.: Ленанд. – 2014. – 256 с.;
11. ИТС 20-2016. Промышленные системы охлаждения [электронный ресурс] / Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru). –

- М.: Бюро НТД. – 2016. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293748/4293748600.htm>. Дата обращения: 07.07.2021 г.;
12. Справочник интенсивности отказов элементов // Интенсивность отказов элементов справочник – Areliability.com. Режим доступа: <https://areliability.com/intensivnost-otkazov-elementov-spravochnik>. Дата обращения: 23.07.2021 г.;
 13. Официальный сайт систем SPX Cooling [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sa-es.ru/>. Дата обращения: 11.07.2021 г.;
 14. Сагатдинов И.М. Анализ эффективности работы промышленных градирен. В сборнике: Тинчуринские чтения. Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – 2019. – с. 154-161;
 15. Боев Е.В. Градирни промышленных предприятий. Часть 1. Особенности испарительного охлаждения оборотной воды // Вода: химия и экология. – 2011. - № 11 (41). – с. 39-46;
 16. Строганов А.А., Курындин А.В., Шаповалов А.С. О радиационном воздействии выбросов брызгальных бассейнов атомных станций // Ядерная и радиационная безопасность. – 2014. – № 4 (74). – с. 11-17;
 17. Читров Е.В., Кантер В., Походяев С.Б., Аношкин Ю.И. Аппараты воздушного охлаждения повышенной эффективности и надежности // Химия и технология топлив и масел. – 2007. – № 5 (543). – с. 17-20;
 18. Казаковцев Г.С., Колганов Д.А. Аппараты воздушного охлаждения // Аллея науки. – 2018. – Т. 1. – № 5 (21). – с. 493-498;
 19. Галлямов А.Ф., Мутугуллина И.А. Система непрямого сухого охлаждения геллера // В сборнике: Современные проблемы развития техники, экономики и общества. Материалы II Международной научно-практической очно-заочной конференции. Научный редактор А.В. Гумеров. – 2017. – с. 52-55;
 20. Мутугуллина И.А., Ваньков Ю.В. Преимущества системы непрямого сухого охлаждения геллера // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 10. – с. 365-368;
 21. Пособие по проектированию градирен. Пособие к СНиП 2.04.02-84. М.: ЦИТП Госстроя СССР. – 1989. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294854/4294854011.htm>. Дата обращения: 23.07.2021 г.;
 22. НП-001-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций [электронный документ]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420329007>. Дата обращения: 23.07.2021 г.

ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

М. Ю. Слесарев¹, А. А. Морозенко¹, В. В. Белов¹, С. А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹sotae@mgsu.ru

Аннотация

Существующий объемный портфель зарубежных заказов Государственной корпорации «Росатом», а также высокие требования к приемке работ выполненных при реализации проектов АЭС, приводят к необходимости повышения качества выполняемых операций на строительной площадке уже на текущий момент, а также к необходимости сокращению сроков производства однотипных операций, снижению площади занимаемого рабочим местом при производстве работ на площадке, без существенного изменения квалификации строительного и монтажного персонала. Поэтому в работе авторами рассматриваются технологии автоматизации строительного производства широкодоступные на сегодняшний день. Обзор выполнен на основе материалов научной и научно-технической информации, по соответствующим базам. Авторами рассмотрены современные доступные технологии автоматизации производственных процессов внутри площадки при возведении АЭС. Основными критериями для отбора являлись: доступность технологии (что определяется наличием серийной реализации данного оборудования); возможность внедрения в текущее производство на текущий момент; возможное сокращение числа задействованных операторов (или их не увеличение по сравнению с традиционными технологиями); сокращение (не увеличение) площади, занимаемой рабочим местом; незначительное повышение квалификации персонала при производстве работ. Авторами были качественно оценены основные преимущества и недостатки, а также применимость той или иной технологии в производственных процессах при возведении АЭС.

Сведения указанные в работе, могут быть использованы для дальнейшего технико-экономического анализа применимости и внедрения автоматизированных технологий при производстве работ на строительных площадках АЭС российского дизайна.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время роль роботизации и автоматизации приобретает все большее значение для человечества, оказывает существенное влияние на предприятия и их работу [1, 2, 3, 4, 5]. Однако, несмотря на высокие темпы развития технологий, строительная отрасль остается наименее автоматизированной [6, 7, 8].

Максимальная автоматизация строительных процессов обладает определенными преимуществами, среди которых можно выделить [6, 7, 8]: сокращение численности рабочей силы, как следствие травматизма при производстве работ; сокращение площади, отводимой под рабочее место при производстве работ; повышение качества при выполнении повторяющихся работ; возможность выполнения работ в неблагоприятных для человека условиях (что может быть важным аспектом при работах вывода из эксплуатации АЭС). Несмотря на указанное, ряд недостатков не позволяют максимальным образом автоматизировать строительные процессы, среди них можно выделить следующие: существующие системы не способны работать в непредсказуемых и меняющихся условиях в ходе реализации проекта, а наилучшим образом подходят для реализации однотипных повторяющихся операций; экономический эффект достигается только за счет сокращения персонала на объекте; значительные трудозатраты и потери времени при выполнении подготовительных работ по установке и наладке систем; требуется высококвалифицированный персонал, способный правильно использовать в работе указанные системы.

Реализация такого масштабного проекта как атомная электрическая станция в условиях сжатых сроков [9], с минимизацией себестоимости [9], приводит к необходимости автоматизации основного ряда трудозатратных операций строительного производства. В таком случае существует два основных пути развития управления строительными процессами: крупноблочный монтаж с переносом основных операций в цеховые условия, где существует возможность организации автоматизированного производства основных «рутинных» операций на высоком уровне; создание автоматизированного производства во внутри площадочных условиях [10]. Тот и другой путь приводит к необходимости существенного пересмотра и трансформации проектных решений и не может быть организован и внедрен на строящихся в настоящий момент объектах. Однако, объёмный портфель зарубежных заказов Государственной компании «Росатом» [11], высокие требования независимых международных комиссий при приемке работ [12], приводят к необходимости в повышении качества выполняемых операций на строительной площадке, а также сокращению сроков производства однотипных операций, снижению площади занимаемого рабочим местом при производстве работ на площадке, при этом квалификация персонала не должна существенным образом повышаться. Поэтому цель данной работы является обзор существующих на сегодняшний день серийных технологий автоматизации строительства АЭС, позволяющих сократить трудозатраты (сроки выполнения строительных операций) при повышении качества производимых работ (или его не снижении по сравнению с текущим), а также позволяющих минимизировать площадь занимаемую рабочим местом и не влияющим существенным образом на квалификацию персонала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной метод, использованный в данной работе, это метод научного познания – анализ. Обзор выполнен на основе материалов научной и научно-технической информации, по соответствующим базам. Авторами рассмотрены современные доступные технологии автоматизации производственных процессов внутри площадки при возведении АЭС. Основными критериями для отбора являлись: доступность технологии (что определяется наличием серийной реализации данного оборудования); возможность внедрения в текущее производство на текущий момент; возможное сокращение числа задействованных операторов (или их не увеличение по сравнению с традиционными технологиями); сокращение (не увеличение) площади, занимаемой рабочим местом; незначительное повышение квалификации персонала при производстве работ.

Авторами были качественно оценены основные преимущества и недостатки, а также применимость той или иной технологии в производственных процессах при возведении АЭС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Строительный процесс состоит из различных участков, каждый из которых требует выполнения определенных задач. Рассмотрим некоторые технологии автоматизации, существующие на текущий момент, оценив при этом качественно их преимущества и недостатки по сравнению с традиционными технологиями, а также возможность применения при строительстве АЭС.

Табл. 1. Аналитический обзор существующих технологий автоматизации производства работ при строительстве АЭС, которые могут быть использованы внутри площадки.

| Наименование технологии | Краткое описание и основные показатели рассматриваемой технологии | Преимущества рассматриваемой технологии автоматизации по сравнению с традиционными | Недостатки рассматриваемой технологии автоматизации по сравнению с традиционными | Применимость при строительстве АЭС |
|--|--|--|---|---|
| <p>Система лазерного нивелирования при выполнении планировочных работ и работ, связанных с подготовкой территории (разработка котлованов, организация земляных насыпей)</p> | <p>Система лазерного нивелирования, основана на использовании лазерного ротационного нивелира, который «предназначен для проведения вертикальной съемки поверхности земли» [13]. Лазерная дискретная плоскость, формируемая вращением в горизонтальной плоскости поворотной части нивелира в пределах 360° со скоростью до 600-1200 об/мин, может улавливаться приемниками, которые автоматически (программно) связаны с рабочими органами машин и механизмов землеройной и планировочной техники. Диапазон работы нивелиров составляет около 600 м в диаметре. Следовательно, при помощи применения лазерного нивелирования можно с приемлемой точностью организовать одновременную работу разнотипной техники.</p> <p>Цикл работы (на примере бульдозера): установка построителя лазерной плоскости; перемещение бульдозера к точке с опорной высотной отметкой и опускание на нее кромки отвала; позиционирование приемника лазерного излучения на уровне лазерной плоскости и фиксация положения; в процессе работы передача приемником лазерного излучения в панель управления информацию о своем текущем расположении относительно опорной лазерной плоскости; вычисление панелью управления направления смещения приемника; передача сигнала гидравлике машины об автоматическом приведении отвала в проектное положение. При этом поперечный наклон отвала бульдозера должен быть всегда равен нулю, что контролируется датчиком наклона отвала.</p> <p>Число операторов: 1.</p> <p>Стоимость системы: около 1 000 000 руб. (для систем на базе брендов Topcon и Leica)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - возможность одновременного нивелирования с приемлемой точностью различных площадочных работ при использовании нескольких видов техники; - отсутствие накопления ошибок, связанных с перемещением геодезической техники в процессе производства работ, а также ошибок оператора, связанных с многозадачностью операций; - автоматизация рабочего органа механизмов, что приводит к исключению погрешностей, связанных с человеческим фактором; - отсутствие высокой квалификации операторов, для обслуживания геодезической техники; | <ul style="list-style-type: none"> - формируемая дискретная лазерная плоскость может быть не проходной для приемников различных рабочих органов механизации, так как они могут находиться в одном уровне; - точность лазерных система хуже, чем оптических. | <p>Технология может быть использована в подготовительный период при выполнении планировочных работ в пределах ограниченных участков.</p> <p>В основной период, при выполнении обратных засыпок и при благоустройстве.</p> |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| <p>Система контроля точек забивания свай по GPS координатам</p> | <p>Система контроля точек забивания свай по GPS координатам предназначена для забивки свай согласно координатам, которые задаются оператором. Система состоит из спутникового GPS приемника Trimble серии 4000, установленного в кабине копра, антенны спутникового приемника и двухосевого датчика вертикальности, установленного на вершине мачты копра, компаса (для получения информации об ориентации установки), персональный компьютер с программным обеспечением (ПО) «Hydro» от компании Trimble. [14] Основной позиционирования является измерение расстояния от антенны наземного приемника до нескольких спутников ГЛОНАСС. Расстояние определяется временем, которое требуется для прохождения сигнала от спутника до приемника.</p> <p>Число операторов: 1.</p> <p>Технические характеристики (свайная установка Casagrande Classic C40):</p> <p>Максимальная глубина: 50 м.</p> <p>Максимальный диаметр: 1500 мм.</p> <p>Мощность двигателя: 201 кВт.</p> <p>Вес в рабочем состоянии: 41800 кг [15].</p> | <ul style="list-style-type: none"> - минимизация ошибок оператора; - отсутствует необходимость в оперативном геодезическом контроле и выносе в натуру; - низкая зависимость от времени суток, климатических условий при производстве работ; - сокращение сроков выполнения работ за счет экономии времени на подготовку оборудования и выноса точек в натуру с закреплением их географического положения на местности; - повышенная точность установки свай (до 25 мм); - возможность автоматизации импорта данных о свайном поле из проекта. [14] | <ul style="list-style-type: none"> - высокая автоматизация, что в условиях поломки системы может привести к столкновениям, не только с предметами, но и с людьми на площадке; - ошибки в проектной документации могут повлечь за собой большой объем переделки. | <p>Технология может быть использована в подготовительный период, а также для внеплощадочных работ.</p> |
| <p>Пистолет для вязки арматуры</p> | <p>Пистолет оборудован микрочипом, который контролирует натяжение проволоки, благодаря чему создается прочный и надежный арматурный каркас. Проволока легко поддается замене, т.к. находится на съемном барабане. Удобные размеры и эргономика позволяют оператору одной рукой управлять прибором, а другой одновременно соединять или удерживать стыки арматуры. [16]</p> <p>Цикл работы: установка агрегата на арматурные стержни выдвиганием рукоятки вперед до упора (устройство подачи перемещает скобку по доге до соединения); оттягивание рукоятки назад (скручивание дугообразных скобок, далее автоматическое освобождение вязального крючка).</p> <p>Число операторов: 1 (для обеспечения непрерывности работы можно увеличить число операторов до 2, где второй оператор подаёт и придерживает арматуру при необходимости).</p> <p>Технические характеристики (агрегат для вязки арматуры)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - повышение производительности; - более качественная затяжка вязальной арматуры с одинаковым усилием; - ускорение процесса производства работ; - небольшие габаритные размеры и вес; - не требует определенных знаний и навыков; - выполнение работы со скоростью шести профессионалов ручной вязки. [16] | <ul style="list-style-type: none"> - неэффективность и неудобство работы в труднодоступных местах и углах; [16] - высокая стоимость; - необходимость наличия специальной проволоки. | <p>Для арматурных работ в основной период строительства, но только для вспомогательных, а также внеплощадочных зданий и сооружений.</p> |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| | <p>WACKER DF 16):</p> <p>Размеры: 720x60x85 мм.</p> <p>Масса: 2,2 кг.</p> <p>Количество скобок на ленту: 77 штук.</p> <p>Стоимость: 100 000 руб.</p> | | | |
| <p>Роботизированная система сборки</p> <p>Балок</p> | <p>Роботизированная система сборки балок состоит из роботизированного болтового устройства, которое выполняет основную функцию по сборке балок, роботизированного транспортного механизма, который перемещает роботизированное болтовое устройство к целевым позициям болтов вокруг строящегося здания, и системы управления. Роботизированное болтовое устройство состоит из кабины, которая функционирует как станция управления, концевых механизмов, выполняющих задачу завинчивания, роботизированного манипулятора, имеющего механизм портального типа, и некоторых вспомогательных устройств. Концевые механизмы болтового соединения состоят из устройства подачи болтов, которое используется для установки болтов в отверстия для болтов, и устройства затяжки болтов, которое собирает стальные балки с помощью болтов и гаек. Эта система использует преимущества визуального сервоуправления для точного отслеживания положения болтов на стальной балке. Данная система применялась при строительстве Корейского университета Robot Convergence Building. [17]</p> <p>Примерная стоимость: 2 000 000 руб.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - повышения точности производимых операций; - повышения скорости производства работ; - повышение производительности процесса; - повышение безопасности производства работ (на определенном этапе ручной сборки стальных балок существует вероятность падения строительных материалов (например, тяжелые детали облицовки, инструменты для закручивания болтов) на рабочих, находящихся на земле). [17] | <ul style="list-style-type: none"> - строительная площадка - не самая благоприятная среда для применения данных технологий, т.к. вокруг много строительного мусора, и одновременно выполняются разные задачи. [17] | <p>Технология может быть использована в основной период производства работ для монтажа металлоконструкций вспомогательных зданий и сооружений внутри площадки, а также для монтажа металлоконструкций внеплощадочных зданий и сооружений, в том числе при возведении строительно-монтажной базы.</p> |
| <p>Устройство для установки арматуры</p> | <p>Компания Advanced Construction Robotics, Inc. Производит роботов TuBot и IronBot, которые выполняют повторяющиеся задачи по установке арматуры с использованием искусственного интеллекта. TuBot связывает до 1100 узлов в час. Робот может быть собран за 1-4 часа с привлечением только 2 рабочих и одного крановщика. Стоит отметить, что TuBot способен работать круглые сутки, что позволяет ускорить сроки строительства. IronBot - робот, транспортирующий и размещающий арматуру. На данный момент этот робот находится на последних этапах разработки и будет доступен к 2022 году. [19]</p> | <ul style="list-style-type: none"> - прогнозируемое увеличение производительности на 400 %; [20] - требуется только 1 контролер; - возможность работы в любое время суток при любых климатических условиях. | <ul style="list-style-type: none"> - возможность использования оборудования для горизонтальных конструкций. | <p>Для арматурных работ в основной период строительства, но только для вспомогательных, а также внеплощадочных зданий и сооружений.</p> |

| | | | | |
|--|--|---|---|--|
| <p>Роботизированная система окраски</p> | <p>Данный робот сканирует стену, движется в соответствии с указанным направлением на заданное расстояние. Окрашивание происходит валиком шириной 21 см, с шагом 20 см (перекрытие в 1 см необходимо для непрерывности окраски), или же распылением. Робот может наносить разные типы покрытия: лаки, клей, спецпокрытия, в том числе эмалированные. Кроме нанесения лакокрасочного покрытия робот может использоваться для дробеструйной обработки, обезжиривания, полировки, очистки от пыли. Покраска 46 м осуществляется за 3,5 часа, что в 1,5 раза быстрее, чем при ручной покраске. [21]</p> <p>Радиус действия: до 2,7 м.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - существенным образом сокращается использование ручного труда; - повышается качество производство работ, а также их скорость; - оптимальный (эффективный) расход краски; - быстрая смена цветов и составов; - возможность использования материалов высокой вязкости (для распылителей). | <p>- высокая стоимость установки.</p> | <p>В основной период строительства при производстве отделочных и антикоррозионных работ на площадке.</p> |
| <p>Аппараты ручной лазерной сварки</p> | <p>Лазерная сварка создает концентрированный источник тепла, что позволяет получать тонкие и глубокие сварные швы. Мощность лазерного луча – 1 МВт/см². Скорость сварки зависит от типа и толщины свариваемых деталей. [22]</p> <p>Цикл работы включает следующие процессы: подготовка соединения и поверхности; наведение лазерного луча; включение генератора; равномерный разогрев, плавление и испарение частиц на кромках.</p> <p>Число операторов: 1.</p> <p>Габарит рабочего места составляет до 1600 мм в диаметре, регламентируется ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 12.2.033-78. [23, 24]</p> <p>Используется 2 типа лазеров: твердотельный (на основе рубина, стекла с присадкой ионов неодима, алюмоиттриевого граната с неодимом, иттербиевого волокна), газовый (смесь CO₂, N₂ b He).</p> <p>Техническое требование к процедуре лазерной сварки установлено в ГОСТ ISO 15609-4-2017 [25]</p> <p>В России разработкой и производством лазерного оборудования занимается компания «Лазерформ». [26]</p> <p>Стоимость: от 1 000 000 до 3 500 000 руб.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - незначительное нагревание металла на соседних участках, за счет чего снижено термическое охрупчивание металла, что может существенно образом повысить качество производства сварочных работ, особенно на участках, где вероятно воздействие гамма-излучения и/или нейтронного потока; - многофункциональность, возможность использования аппарата для других видов работ, например, для резки; - более высокое качество сварных швов. | <p>- стоимость оборудования;</p> <p>- относительно низкая производительность.</p> | <p>Технология может быть использована в основной период работ, для сварки ответственных конструкций особенно работающих в условиях термических, влажностных воздействий, а также гамма и нейтронных потоков.</p> |

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| <p>Технология армирования «ВАМТЕС»</p> | <p>Технология армирования «ВАМТЕС» основана на армировании слоев, которые могут быть изготовлены заранее, свернуты и поставлены на строительную площадку. Стержни диаметром от 6 до 20 мм могут быть поданы с катушек, до 40 мм - вручную, при этом длина стержней лежит в пределах от 1,65 до 15 м. Максимальный вес одного ВАМТЕС-элемента: 1,5 тонны. [27]</p> <p>Арматуру можно проектировать с различным шагом. Программное обеспечение ВАМТЕС позволяет автоматически расставлять стержни заданной длины, диаметра и шага. Его применение уменьшает количество нахлестов, благодаря заводскому изготовлению элементов нет необходимости обрезать и подгонять длину стержней. [27]</p> <p>Транспорт для таких элементов должен обладать вместимостью до 25 тонн.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - экономия времени при производстве армирования; - экономия до 20% материала; - высокое качество арматурных элементов при заданных параметрах армирования, т.к. производство плетей автоматизировано и осуществляется станками ЧПУ в пределах подсобной индустрии сопутствующей строительному производству; - сокращение используемого персонала; - сокращение стоимости от сокращения сроков строительства (при строительстве башни High-rise building RWE Tower, Dortmund, Alemania было сэкономлено 20 дней, по 1 дню на каждый этаж). [27] | <ul style="list-style-type: none"> - возможность применения технологии только для горизонтальных конструкций; - сложность в транспортировке готовых элементов; - использование дополнительных материалов, для организации плетей. | <p>Технология может быть использована в основной период работ, для армирования горизонтальных конструкций вспомогательных зданий и сооружений, внутри площадки.</p> |
| <p>Сварочная сборочная линия ASSEMBLER, HST Creative, для трубопроводов</p> | <p>Автоматизированная сборочная линия, предназначенная для сборки и сварки поверхностей резервуаров большой емкости и труб различных типов с максимальным диаметром поворота 3000/4000/5000 мм и максимальной нагрузкой 40 000 кг. [28]</p> <p>Механическая конструкция устройства состоит из трех независимых частей, к которым добавлено четыре пары роликовых узлов. Первая часть представляет собой корпус тележки, размещенный на стальных колесах и свободно перемещающийся вдоль рельсов; вторая - закреплена на направляющих, в середине этой части находится саморегулируемое основание отгаливания обечайки, закреплена на двух массивных линейных подшипниках; третья - оснащена одиннадцатью роликами поверхности из вулканизированной резины и одним роликом из стали CrNi. Система подачи флюса для внутренней защиты сварного шва интегрирована на второй части.</p> <p>Максимальный диаметр собранной ячейки: 3000 мм. Диапазон скорости вращения: 0.50 - 598.4 см/мин Максимальная общая масса собранной ячейки: 40 000 кг.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - увеличение производительности труда; - возможность реализации трубопроводных плетей непосредственно на площадке, вплоть до установки стана внутри помещений зданий и сооружений; - отказ от части проектных отверстий в перекрытиях и стенах, предназначенных для монтажа оборудования, так как существует возможность реализовывать (изготавливать) часть резервуаров внутри помещений зданий и сооружений. | <ul style="list-style-type: none"> - крупные габариты; - стоимость установки | <p>Технология может быть использована в основной период работ, для работ в тепломонтажный поток, для реализации трубопроводных плетей непосредственно на площадке, вплоть до установки стана внутри помещений зданий и сооружений, а также отказаться от части проектных отверстий в перекрытиях и стенах, предназначенных для монтажа оборудования, так как существует возможность реализовывать (изготавливать) часть резервуаров внутри помещений зданий и сооружений.</p> |

ВЫВОДЫ

В настоящее время существует множество автоматизированных систем, которые могут быть применены при строительстве АЭС. Однако, их возможности не адаптированы для строительства уникальных объектов, их использование может приводить к ухудшению качества производимых работ, или же реализация их применения может иметь высокую стоимость. Применение же широкодоступных серийных технологий при строительстве АЭС, с незначительными изменениями квалификационных требований к персоналу, при не высокой стоимости самого оборудования, могут быть рассмотрены и предложены к внедрению на строительных площадках АЭС, без каких-либо корректировок стоимости и самого проекта, что является важной составляющей для быстрого внедрения.

Сведения указанные в работе, могут быть использованы для дальнейшего технико-экономического анализа применимости и внедрения автоматизированных технологий при производстве работ на строительных площадках АЭС российского дизайна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукас, В. А. Роль и задачи автоматизации в ближайшем десятилетии / В. А. Лукас // Автоматика. Информатика. – 2009. – № 1-2(25-26). – с. 7-14;
2. Литвинова, Н. А. Автоматизация производственных процессов и роль человека в индустрии 4.0 / Н. А. Литвинова, А. Г. Изотова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 1-2(52). – с. 123-125. DOI 10.24411/2500-1000-2021-1097;
3. Кривонос, А. М. Роль автоматизации в производстве / А. М. Кривонос, А. Ю. Помогаева, Е. В. Кофанова // Научный альманах. – 2015. – № 11-3(13). – С. 251-253. DOI 10.17117/na.2015.11.03.251;
4. Гафаров, Э. К. Роль автоматизации в организации безопасности технологических процессов / Э. К. Гафаров // Наука, техника и образование. – 2018. – № 7(48). – С. 20-22;
5. Роль автоматизации в производственной деятельности / С. В. Данилова, Е. В. Беляев, А. А. Ильинцева, М. А. Чесноков // Экономика, бизнес, инновации : Сборник статей VII Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 апреля 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 272-275;
6. Ключева, Н. В. О книге «Роботизация и автоматизация строительных процессов» // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 6. – С. 86;
7. Прохоров, С. В. Автоматизация и управление технологическими процессами в строительстве для повышения эффективности производства / С. В. Прохоров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 9. – С. 71-75;
8. Зарлык, А. Ж. Автоматизация и робототехника для дорожного строительства и технического обслуживания / А. Ж. Зарлык, С. Ж. Толеген // Образование и наука в современных реалиях: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 26 февраля 2018 года / Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс", 2018. – С. 192-194;
10. Марченко, А. С. Особенности международногорынка строительства АЭС / А. С. Марченко // Российский внешнеэкономический вестник. – 2020. – № 1. – С. 29-39;
11. Портфель зарубежных заказов Росатома по итогам 2019 года составит \$133-135 млрд. [электронный ресурс] // Официальный сайт информационного агентства ТАСС. – Москва. – 30 декабря 2019 г. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/7446249>. Дата обращения: 11.11.2021 г.;
12. Серия норм безопасности МАГАТЭ. Специальное руководство по безопасности. Ввод в эксплуатацию атомных электростанций. № SSG-28. – Вена. – 2016. – 128 с.;
13. А.Н. Ефремов «Лазерная планировка орошаемых земель». - М.: ООО «Литера Принт», 2016, 52 с.;
14. Seward, D.W., Scott, J.N., Dixon, R, Findlay, J.D., Kinniburgh H. Submitted version. Please cite published version: The Automation of Piling Rig Positioning using Satellite GPS, J. of Automation in Construction, 6. – 1997. pp. 229-240;
15. Casagrande S.p.A. [электронный ресурс] / Официальный сайт Casagrande S.p.A. Режим доступа: <https://www.casagrandegroup.com/piling-rigs/c40/#Media>. Дата обращения 27.10.2021 г.;
16. Пистолет для вязки арматуры [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tpsribor.ru/izdeliya-iz-metalla/chto-takoe-vyazal-nyu-pistolet-dlya-armatury.html>. Дата обращения: 27.10.2021 г.;
17. Jung, Kyungmo, Youngsu Chu, Baeksuk Chu, Daehie Hong, Shinsuk Park, Myo Taeg Lim, Yongkwun Lee, Sung Uk Lee, Kang Ho Ko and Min Chul Kim. Experimental evaluation of a robotic bolting device in steel beam assembly // 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2009 - Austin, TX, United States
Duration: 2009 Jun 24 → 2009 Jun 27. – 2009. Pp. 245-251;
18. Савватеева О.С., Давыдов В.М. Разработка системы автоматизированного контроля зимнего бетонирования сооружений // Символ науки. – № 5. – 2019. Режим доступа:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-avtomatizirovannogo-kontrolya-zimnego-betonirovaniya-sooruzheniy>. Дата обращения: 27.10.2021 г.;
19. Advanced Construction Robotics, Inc./ Официальный сайт Advanced Construction Robotics, Inc. Режим доступа: <https://www.constructionrobots.com>. Дата обращения: 10.10.2021 г.;
 20. W. Grayson, TyBot, Equipment World, 2020 [электронный ресурс] / <https://www.equipmentworld.com> (Accessed 13 July 2020). Режим доступа: <https://www.equipmentworld.com/tybot-is-an-autonomous-rebar-tying-robot-that-delivers-huge-productivity-gains-vi-deo/>. Дата обращения: 17.10.2021 г.;
 21. Sorour M.T., Abdellatif M.A., Ramadan A.A., Abo-Ismael A.A. Development of roller-based interior wall painting robot, World Acad. Sci. Eng. Technol. 59. – 2011;
 22. Патент № 2532686 С9 Российская Федерация, МПК В23К 26/067, G02В 27/30, G02В 5/00. Система для лазерной сварки и способ сварки с помощью лазерного луча : № 2011149136/02 : заявл. 26.04.2010 : опубл. 10.11.2014 / М. Бляйхер, М. Хааг ; заявитель ТАЙКО ЭЛЕКТРОНИКС АМП ГМБХ;
 23. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования / Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001;
 24. ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования / Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001;
 25. ГОСТ ISO 15609-4-2017. Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 4. Лазерная сварка / Официальное издание. М.: Стандартиформ. – 2018;
 26. Лазерное оборудование и технологии [электронный ресурс] / Официальный сайт Лазерформ. Режим доступа: <https://laser-form.ru/contacts/>. Дата обращения: 17.10.2021 г.
 27. Bantec is a registered trademark. All rights reserved [электронный ресурс] / Официальный сайт ВАН АГ, St. Gallen, Switzerland. Режим доступа: <https://www.bantec.com/ru/>. Дата обращения: 20.10.2021 г.
 28. Интертехприбор. Эксперт в области обработки металла [электронный ресурс] / Официальный сайт Интертехприбор. Режим доступа: https://www.intertechpribor.ru/catalog/avtomatizatsiya_svarki/spetsialnye_mashiny/1425/. Дата обращения: 20.10.2021 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ОСНОВЕ КАРКАСА ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

А.И. Гадиева, А.А. Давудов

ФГБОУ ВО Тюменский Индустриальный Университет,
general@tyuiu.ru.

Аннотация. В статье изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку и совершенствование конструктивных и организационно-технологических решений в проектах реконструкции пятиэтажных жилых домов массовой застройки, разработку и совершенствование методов экономического обоснования.

Анализ сложившейся ситуации в стране с обеспеченностью населения жильем, состояния жилищного строительства и существующего жилого фонда показывает, что жилищная проблема еще несколько десятилетий будет оставаться актуальной.

Старый жилой фонд представлен, в основном типовыми крупнопанельными, крупноблочными и кирпичными зданиями, запроектированными и построенными по устаревшим нормам строительной теплотехники.

Целью исследования является совершенствование организационно-технологических схем реконструкции 5-ти этажных жилых домов первых массовых серий с использованием надстроек из металлического каркаса с применением эффективных высокопрочных сталей и монолитного железобетона.

Ключевые слова: здания первой массовой серии, реконструкция жилых зданий, многоэтажная надстройка.

ВВЕДЕНИЕ

В создавшихся экономических условиях особую актуальность приобретает разработка стратегии комплексного решения проблемы нового жилищного строительства и сохранности существующего жилого фонда с реконструкцией домов первых массовых серий и последующих серий, в направлении повышения их потребительских качеств, продления жизненного цикла, снижения эксплуатационных затрат и улучшения их архитектурного облика.

Один из вариантов реконструкции зданий первых массовых серий, предложенный д.т.н., профессором М.М. Жербиным и д.т.н., профессором В.И. Большаковым, предполагает проведение работ по капитальному ремонту и перепланировке помещений в существующем здании, надстраиваемом до 10-15 и даже 20 этажей металлическими каркасами. Это позволяет получить значительное количество дополнительной жилищной площади с высоко комфортабельными квартирами и придать зданию специфическую архитектурную выразительность. Предложенный метод, возможно, использовать для других зданий, с любым состоянием наружных стен и фундаментов. Он предусматривает опирание надстройки на отдельные специальные фундаменты. Таким образом, существующее здание не воспринимает дополнительных нагрузок. Вместе с тем, при использовании подобных методов возникают и некоторые проблемы с нагрузкой на надстройку, что требует новых подходов к решению проблемы реконструкции, для чего предлагается использование нормальной прочности и высокопрочных сталей, которые раньше не использовались в строительстве. Таким образом, все несущие элементы выполняются из легких стальных конструкций эффективных высокопрочных сталей, исключая тяжелый сборный железобетон. В России есть все предпосылки для создания собственного производства стальных каркасов.

Использование металла в строительстве уже освоено во всем мире. Знаменитые небоскребы построены именно на металлическом каркасе. Металл - это высокопрочный,

высокоэффективный и экономически выгодный материал для гражданского строительства. Конечно при использовании металла, как и при использовании любого другого строительного материала, возникают и некоторые проблемы, которые в настоящее время решаются с помощью новейших технологий.

Предложенный вариант использования эффективных высокопрочных сталей, как материала для наиболее нагруженных элементов надстройки, является целью получения значительного эффекта за счет снижения массы конструкции в сравнении с монолитным железобетоном. Также выбор строительных материалов для надстраиваемых каркасов между монолитным железобетоном и металлом в пользу последнего является перспективным для использования в гражданском строительстве и реконструкции жилого фонда России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время преобразование и развитие старых городов, как альтернатива бытовавшему ранее приоритету строительства новых, приобретает все большее значение. В связи с этим возрастает роль реконструкции городов. В большинстве городов процесс развития идет за счет модернизации давно освоенных территорий, прежде всего исторического центра. Закономерно, что со временем эта тенденция только усилится. Снос - это не единственный путь реконструкции жилой застройки первого периода индустриального домостроения.

Московский опыт сноса домов первых массовых серий и строительство на их месте коммерческого жилья, в цену которого включают и затраты на снос, расселение людей, модернизацию инженерных сетей и реконструкцию благоустройства прилегающей территории, не может быть сегодня распространен в других регионах России из-за несопоставимых цен на жилье, а значит нерентабельности такого метода для нашей страны. Следовательно, изыскание новых действенных путей реконструкции таких зданий с обязательной их надстройкой до 9-10 этажей, а в отдельных случаях и выше, с образованием в них современных квартир представляют серьезную мало исследованную градостроительную и технологическую проблему.

При этом ограждающие конструкции и перекрытия выполняются из легких эффективных стеновых материалов. Дополнительные квартиры, полученные в надстраиваемой части здания, отвечают всем современным требованиям, предъявляемым к жилью. Количество квартир после реконструкции в здании не уменьшается, а увеличивается, что говорит об окупаемости и возможности получения дополнительной прибыли и делает предлагаемый метод реконструкции привлекательным и конкурентоспособным для инвесторов.

Таким образом, правильный выбор стратегии, видов и способов реконструкции возможен при комплексном (системном) подходе к оценке проектных решений по реконструкции жилой застройки. При этом необходимо учитывать не только прямые, но и сопряженные расходы, не только единовременные, ремонтно-строительные, но и косвенные затраты на содержание объектов. Кроме того, должны быть учтены новые факторы и методические требования, нормирующие целесообразность предлагаемых работ в условиях рыночных отношений (возможные доходы с учетом маркетинговой ситуации, расчетной цены земли, рейтинга территорий и т.п.).

Многолетняя строительная практика показала, что обычно догружать эксплуатируемые здания можно в пределах 20% испытываемой ими нагрузки, например, пятиэтажный дом можно повысить на один этаж. Надстройка свыше одного этажа, как правило, требует либо больших запасов прочности существующих конструкций зданий, что случается далеко не всегда, либо применения более легких материалов или специальных конструктивных решений, например, возведения мансард, что малоэффективно. Вместе с тем практика показывает, что если повышать малоэтажные дома, то следует добавлять не менее 4-5 полноценных этажа, а иногда и более. При этом

такие реконструированные здания должны соответствовать современным требованиям градостроительства и проживания в них.

К числу неудач попыток повышения таких зданий можно отнести основные две: стремление использовать существующие стены и фундаменты в качестве оснований для надстраиваемых зданий этажей и применение тяжелого железобетона в качестве основного материала, в том числе и для перекрытия 12-15 метровых пролетов, неизбежно появляющихся при надстройке домов, что в несколько раз увеличивало массу здания, усложняло его конструкцию и фундаменты. Сказанное является важным еще и потому, что многие десятилетия строительство в странах СНГ (и в России) осуществляется традиционными методами с максимальным использованием железобетона (в том числе и сборного) - отличного строительного материала, однако обладающего значительной массой, большими габаритами конструкций и требующего значительных энергозатрат и денежных средств на транспортировку конструкций к месту строительства и подъем их в проектное положение. Конструкции из сталей легче аналогичных железобетонных в 7-12 раз. При этом стали обладают значительно большей относительной прочностью, чем другие строительные материалы. Применение стальных конструкций позволяет возводить здания и сооружения любых размеров, с большими пролетами и высотой. Отличительной чертой металлических конструкций также является их высокая индустриальность изготовления и монтажа благодаря сравнительной простоте обработки и передела металла, технологичности монтажных соединений, удобства транспортирования (малый вес), возможности монтажа крупными блоками.

Выбор наиболее эффективных строительных материалов и конструктивных решений для строительства жилых и гражданских зданий представляет несомненный интерес, а использование при надстройке зданий стальных конструкций вместо традиционного железобетона требует обоснования.

В связи с тем, что проектирование многоэтажных зданий со стальными каркасами тесно связано со многими проблемами, особое значение принимает оптимальное проектирование с выбором характеристик сооружения, при котором возведенное здание будет иметь относительно лучшие показатели. Главнейшими из этих показателей, хотя и не единственными, являются затраты металла и железобетона, отнесенные к одному квадратному метру суммарной площади всех перекрытий. При этом необходимо рассматривать отдельно затраты стали на собственно каркас и затраты стали, необходимой для армирования железобетонных элементов (в основном перекрытий).

Затраты металла принимаются в $\text{кг}/\text{м}^2$, железобетона - в $\text{м}^3/\text{м}^2$. В зарубежной практике зачастую эти показатели относят не к одному квадратному метру, а к одному кубическому метру строительного объема всего здания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ и исследование построенных зданий со стальными каркасами, как в России, так и за рубежом показывают большую разбросанность показателей и зависимость их от значительного количества обстоятельств, помимо оптимальности системы каркасов:

1. Стоимость строительства. Зависит от района строительства, стоимости строительных материалов, архитектурных решений, отделочных работ, системы каркаса, общей технологии строительства и действующих в рассматриваемое время цен.

2. Сроки строительства. Зависят от многих причин, но во многом от системы стального каркаса и методов его монтажа.

Например, интересен метод монтажа металлоконструкций гостиницы «Альфа» в Амстердаме: 18 - этажные стальные рамы поперечника здания полностью собирались на земле и поднимались в проектное положение целиком, что существенно сокращало сроки строительства и стало возможным только при применении стальных конструкций. Зарубежный опыт показывает, что сроки возведения зданий со стальным каркасом высотой 10.. .20 этажей составляют в основном от одного до двух, в отдельных случаях,

трех лет. Вместе с тем, 110-этажное здание в Чикаго «Сирс-билдинг» было построено в рекордно короткий срок-всего за 15 месяцев (правда, за счет завышенных затрат стали), а 28-этажное здание вычислительного центра Аэропорта в Киеве строилось много лет.

3. Оценка качества архитектурно-планировочных решений. Зависит от требований заказчика, творческих замыслов архитекторов и является условным показателем. Предпочтение должно отдаваться решениям с минимальным количеством вспомогательных помещений, коридоров и наличием плоскостей стен без проемов (для размещения связей жесткости), планом, удобным для расположения колонн, а также решениям, обеспечивающим противопожарные требования.

4. Масса надземной части должна быть минимальной. Это объясняется многими причинами и прежде всего тем, что элементы стальных конструкций легче аналогичных железобетонных в 7.12 раз.

5. Горизонтальные прогибы зданий в металлических конструкциях должны быть минимальными в пределах, указанных в СП 16.13330.2017.

6. Затраты стали. По исследованным построенным зданиям с металлическими каркасами они имеют очень большой разброс. Вместе с тем, учитывая рациональный выбор современных систем каркасов, правильный выбор сталей, разумный учет и снижение нагрузок, можно высказать следующие предположения [25]:

А) По зданиям высотой 10-20 этажей затраты стали могут составлять 30-40 кг/м² общей площади этажей.

Б) По зданиям высотой 30-40 этажей они в среднем могут находиться в пределах 60 кг/м² общей площади этажей.

В) В зданиях высотой 60-70 этажей количество металла в среднем должно составлять около 80-90 кг/м² общей площади этажей.

Г) В сверхвысотных зданиях, имеющих 100 и более этажей, затраты стали будут велики и могут доходить до 150.200 кг/м² общей площади этажей. Так как с увеличением высоты здания затраты металла резко растут, указанные показатели могут оказаться заниженными.

Обобщая изложенное, нужно иметь ввиду, что приведенные данные по расходу металла и другие показатели являются сугубо ориентировочными и могут служить только в качестве предварительной оценки качества вновь проектируемых высотных зданий.

Стоит напомнить, что затраты металла в 110-этажных башнях Торгового центра в Нью-Йорке, разрушенных террористами, составляли 186 кг/м², в 110 - этажном здании «Сирс-билдинг» в Чикаго-160 кг/м², а в 100-этажном здании «Джон Хэнкок Центр» в Чикаго-145 кг/м². В зданиях количеством этажей от 18 до 35 затраты металла колеблются от 21,0 до 100 кг/м² [25].

Количество арматурной стали в зарубежных домах со стальными каркасами составляет около 8,0.10,0 кг/м² при среднем объеме железобетона в основном на перекрытия около 0,15.0,20 м³/м², хотя в отдельных случаях эти показатели оказываются и иными.

8. При реконструкции существующих 3-5-этажных типовых домов («хрущевок») с надстройкой в металлических конструкциях до 10 этажей количество металла невелико и находится в пределах около 30.35 кг/м² общей площади надстраиваемых этажей.

9. Неожиданные результаты получились при исследовании металлоемкости пятиэтажных типовых домов, спроектированных в СССР в 50-60 годах прошлого века. Их анализ показал в ряде случаев чрезвычайно высокие, абсолютно не оправданные затраты металла, доходящие до 85 кг/м², при большом использовании при этом железобетона и кирпича.

10. В современных проектах отечественных типовых железобетонных 16-20-этажных жилых домов средние затраты металла составляют около 40.60 кг/м² [25].

Как было сказано, несмотря на то, что все вышеприведенные показатели являются в некоторой степени условными, все же путем сопоставления они могут дать

представление об эффективности новых проектов многоэтажных и сверхвысотных домов со стальными каркасами.

Стальной каркас также может быть размещен внутри здания, т.е. быть невидимым. Однако, и то, и другое решение имеет как положительные, так и отрицательные свойства. Желательно также при планировке таких зданий оставлять некоторые стены без проемов для возможности установки вертикальных связевых ферм жёсткости. Особое внимание необходимо обращать на общую противопожарную надежность здания и определять места, требующие особой противопожарной защиты стальных конструкций.

Действующие на стальной каркас нагрузки по их приложению можно разделить на три вида:

1 - вертикальные постоянные и временные нагрузки, действующие на междуэтажные перекрытия и кровлю;

2 - вертикальные нагрузки, передаваемые от перекрытий на колонны и вертикальные нагрузки от веса наружных стеновых ограждений, также воспринимаемые колоннами;

3 - горизонтальные нагрузки от давления ветра и других горизонтальных воздействий (например, сейсмических), воспринимаемые зданием целиком колоннами и другими элементами каркаса.

При создании расчётной модели здания следует учесть перечисленные сочетания нагрузок.

Приступая к формообразованию стального каркаса, необходимо было предварительно подобрать:

1. Типы сталей, наиболее пригодных к сильно нагруженным, а также массовым элементам проектируемого сооружения. Рационально использование не более трех видов сталей на каркас одного здания;

2. Тип и конструкцию ограждающих наружных стен, которые должны обладать минимальной массой, должны быть простыми в изготовлении и монтаже;

3. Методы обеспечения горизонтальной жесткости и минимальной деформативности всего сооружения;

4. Тип и конструкцию основания и фундаментов под каркас;

5. Просчитать возможность монтажа каркаса крупными блоками с размерами в несколько этажей.

Применение каркаса, который надстраивается из монолитного железобетона относительно мало распространена и не эффективна, так как масса его значительно превышает металлическую надстройку, а стоимость его значительно выше, чем надстройка из стали.

Таким образом, можно рекомендовать для дальнейшей разработки варианты каркасов Р7 и Р11 - С245, как наиболее экономически и научно обоснованных.

ВЫВОДЫ

В данной работе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку и совершенствование конструктивных и организационно-технологических решений в проектах реконструкции пятиэтажных жилых домов массовой застройки, разработку и совершенствование методов технико-экономического обоснования мероприятий по сокращению стоимости, выбор лучшего решения разрешит повысить эффективность данного вида реконструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов, В.К. Концепция развития инженерной инфраструктуры при вторичной застройке жилых кварталов с одновременной реконструкцией домов первых массовых серий [Текст]. / Аверьянов В.К., Булгаков С.Н., Чистович С.А. // Промышленное и гражданское строительство. - 1997. - №2. - С. 4-13.
2. Булгаков, С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной застройки [Текст]. - М.: Глобус, 2001. - 248 с.
3. Акимов, С.Ф. Рациональные организационно-технологические решения надстройки 5-ти этажных жилых домов серии 1-510/5 / С.Ф. Акимов, В.Т. Шаленный, Ф.Н. Акимов, В.Д. Малахов, М.О. Карабутов // Экономика строительства и природопользования. - №1(74). - 2020. - С. 117-130.
4. Жербин, М.М. Новая концепция модернизации и надстройки существующих малоэтажных жилых зданий до любого количества этажей / Жербин М.М., Большаков В.И. [Текст]. - Днепропетровск: Gaudemaus, 2000. - 50с.
5. Дмитриев, Б.В. Реконструкция пятиэтажной массовой застройки и экономичные способы ее проведения / Дмитриев Б.В., Якубович Г.Н. [Текст]. // Промышленное и гражданское строительство. - 1998. - №8. - С. 19 - 34.
6. Кролевец, С.В. Мансарды и надстройки жилых и общественных зданий [Текст]. / С.В. Кролевец // Промышленное и гражданское строительство. - 1997. - №6. - С.16-22.
7. Папирный, Р.Б. Выбор и обоснование технологических схем возведения надстроек при реконструкции жилых домов: дисс...канд. техн. наук: 05.23.08. - Днепропетровск., 2001. - 202с.
8. Савйовский, В.В. Совершенствование организационно-технологических решений производства строительно-монтажных работ при реконструкции жилых и общественных зданий: дисс... к.т.н. 05.23.08. Харьков. - 1991.
9. Матвеев, Е.П. Индустриальные методы надстройки мансардных этажей / Е.П. Матвеев [Текст]. // Механизация строительства. - 1998. - № 5. - С. 24 - 31.
10. Шаленный, В.Т. Возможность сокращения сроков окупаемости инвестиций в энергосбережение путем учета и совершенствования и других ресурсосберегающих мероприятий при реконструкции [Текст]. / Шаленный В.Т., Мороз В.В. // Строительство и реконструкция. - 2016. - №6(67). - С. 108-115.
11. Шаленный, В.Т. Учет окупаемости инвестиций при выборе проекта реконструкции с утеплением гражданских зданий [Текст]. / В.Т. Шаленный // Коммунальное хозяйство городов. - Киев: Техника. - 2002. - Вып.39. - С. 374 - 378.
12. Аверьянов, В.К. Концепция развития инженерной инфраструктуры при вторичной застройке жилых кварталов с одновременной реконструкцией домов первых массовых серий [Текст] / В.К. Аверьянов, С.Н. Булгаков, С.А. Чистович // Промышленное и гражданское строительство. - 1997. - № 2. - С. 51-55.
13. Акимов, С.Ф. Реновации как направление воспроизводства жилищного фонда [Текст]. / С.Ф. Акимов, В.Д. Малахов // Экономика строительства и природопользования. -2017. - №2. - С. 3-8.
14. Тимощук, О.А. Совершенствование технологии надстройки типовых жилых зданий [Рукопись]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08: защищена 22.10.2002 / О.А. Тимощук; науч. рук. работы Г.М. Бадьин; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - СПб., 2002. -185 с.
15. Березюк, А.М. Реконструкция промислових та цивільних будівель: навч. поабник [Текст]. / А.М. Березюк, В.Т. Шаленний, К.Б. Дшарев, О.О. Кириченко // Дншпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2010. - 188 с.
16. Афанасьев, А.А. Реконструкция жилых зданий: учебное пособие [Текст]. / А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев. - М.: ОАО "ЦПП", 2008 - Ч.1: Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий. - 234 с.
17. Афанасьев, А.А. Реконструкция жилых зданий: учебное пособие [Текст]. / А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев. - М.: ОАО "ЦПП", 2008. - Ч.2: Технологии реконструкции жилых зданий и застройки. - 252 с.
18. Акимов, С.Ф. Вторая жизнь 5-ти этажных домов первых типовых серий / С.Ф. Акимов, А.С. Юзькив // Сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума - 2019 «Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее». - Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. - С. 136-139.
19. Романенко И.И. Направление реконструкции полносборных пятиэтажных домов массового жилищного строительства [Текст]. / Романенко И.И., Романенко Е.И. // Коммунальное хозяйство городов. - Вып.25. - 2000. - №9. - С. 32 - 40.
20. Шихов, А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий: монография [Текст]. / АН. Шихов // М.-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова. - Пермь: ИПЦ Прокрость, 2015. - 399 с.
21. Верстов, В.В. Технология ускоренной сборки мансардных этажей зданий [Текст]. / В.В. Верстов, Г.М. Бадьин, О.А. Тимощук // Сборник докладов международной научно-технической конференции. - СПб.: БИТУ, 1998. - С. 245-247.
22. Савйовский, В.В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий [Текст]. / В.В. Савйовский, О.Н. Болотских. - Харьков: Ватерпас, 1999. - 288 с.
23. Савйовский, В.В. Вторая жизнь пятиэтажных жилых домов первых массовых серий // Строительство Украины. - 2000. - №3. - С. 44 - 48.

24. Грабовский, П.Г. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города: учебное пособие для вузов / П.Г. Грабовский, В.А. Харитонов // М.: АСВ, Реалпроект, 2006. - 624 с.
25. Щеглова, О.Ю. Организационно-технологические решения реконструкции 5-ти этажных жилых домов с использованием надстройки: дис.канд. техн. наук: 05.23.08. -Днепропетровск., 2005. - 216с.
26. ГОСТ 27772-2015 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200133727>.

КОМПАРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЕМОНТАЖА КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

А.Н. Ларионов¹, Р.Р. Валиуллин²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹LarionovAN@mgsu.ru

²Valiulin.rr@yandex.ru

Аннотация

Обоснована актуальность темы поиска и обоснования эффективных организационно-экономических методов демонтажа крупнопанельных многоквартирных жилых домов первых массовых серий. Представлена ретроспектива организационно-экономических форм и методов демонтажа крупнопанельных жилых зданий. Описаны методы, мероприятия и процессы выведения объектов крупнопанельного жилищного строительства первых массовых серий из эксплуатации. Обоснована научная и практическая значимость для организации производства демонтажа крупнопанельных жилых зданий формирование современной отечественной нормативно-правовой базы. Изложено сущностное содержание механического, взрывного и специального методов разрушения металлического остова каркасных жилых домов первых массовых серий. Представлена технология «умного» сноса жилых домов первых массовых серий, которую предложено распространять во всех регионах нашей страны при сносе (демонтаже) ветхих и аварийных домов. Сделан вывод о том, что в рамках концепции жизненного цикла здания необходимо своевременно производить ликвидацию объекта на завершающей стадии своего проектного жизненного пути, а не продлевать его до наступления ветхого или аварийного состояния.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема сноса (демонтажа) зданий для отечественной строительной науки и хозяйственной практики не нова – наши ученые и инженеры стали заниматься поиском методов её решения еще в советское время, разрабатывая нормативные и методические документы в этой сфере. В частности, в ЦНИИОМТП Госстроя СССР в разработке нормативной документации в области организации строительного производства принимали участия Л.П. Аблязов, Е.А. Долгинин, В.В. Шахпаронов и др.

Значительный вклад в решение проблемы разборки жилых зданий и последующей переработки их конструкций и материалов для повторного использования внесли такие ученые-практики как Жуков К.В. [1], Колосков В.Н., Тихонов А.Ф. [2] и ряд других.

В настоящее время вопросами, связанными с ликвидацией жилых зданий и сооружений, занимаются коллективы АО «ЦНИИПромзданий» (В.В. Гранев, Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин, В.Н. Ягодкин и др.), ООО «ЦНИИОМТП» (П.П. Олейник, В.И. Бродский, О.В. Баранов, Ю.А. Гутарев, В.А. Щитникова и др.) [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проводимый нами компаративный анализ организационно-экономических методов демонтажа крупнопанельных жилых домов первых массовых серий предполагает изучение генезиса данной проблемы – ретроспективы форм и методов организации этой деятельности

Масштабный переход на новые решения в области крупнопанельного домостроения начался с Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 19.08.1954 «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства». В

этом постановлении было указано о необходимости строительства 402 заводов ЖБИ и организации изготовления деталей на 200 площадках полигонного типа.

Первые индустриальные серии крупнопанельных зданий предназначались для временного решения жилищной проблемы и были рассчитаны на 25-50 лет, но часть из них до сих пор используется по назначению. Позднее исследования показали, что при своевременном капитальном ремонте ресурс может быть продлён до 150 лет. При этом экономия средств при строительстве типовых серий домов составляла порядка 30%, стоимость одного квадратного метра жилья удешевлялась на 10-11%. Перестали строить такие многоквартирные жилые дома лишь в 1985 г. По данным Федеральной службы государственной статистики [6], за период 1956-1985 гг. в Советском Союзе было введено в эксплуатацию около 290 млн. кв. м. общей площади, что составляет порядка 10% всего жилого фонда страны.

Таким образом, переход к методам индустриального домостроения и использованию типовых проектов жилых домов позволили снизить стоимость строительства и решить проблему жилищного кризиса, возникшей в стране после Великой Отечественной войны. Несмотря на ряд недостатков: низкой величины потолка, маленькой площади кухонь, совмещенных санузлов, низкой звукоизоляции внутренних стен и перегородок, отсутствии лифтов, мусоропроводов и чердаков, своей квартирой обзавелись тысячи советских семей.

В настоящее время практически все здания серий К-7, П-32, П-35, 1605-АМ, 1МГ-300 и др. имеют значительную степень морального и физического износа. В них затруднительно, а местами практически невозможно, проводить капитальный ремонт из-за специфических конструктивных особенностей. Подчеркнем, что жилые дома, построенные в первом периоде индустриального строительства в 50-60 гг. прошлого века, были изначально спроектированы без учета возможности осуществления капитального ремонта – к такому итогу пришла Государственная жилищная инспекция города Москвы по итогам проверки данных домов.

Также выявлено, что несущие и не несущие элементы строительных конструкций, инженерные системы и оборудования таких многоквартирных жилых домов имеют пониженные технические и эксплуатационные характеристики, что через 10-15 лет может привести к их недопустимому состоянию.

В результате своих исследований Колосков В.Н., Олейник П.П., Тихонов А.Ф. [2] пришли к выводу о том, что капитальный ремонт не принесет существенных изменений технических и эксплуатационных характеристик зданий и к повышению условий комфортного проживания людей в таких домах по следующим причинам:

1. В подобных домах имеются конструктивные особенности, не позволяющие проведения ремонта, например, отсутствие подвала для доступа к коммуникациям.

2. Во многих домах отсутствуют приборы отопления, трубы регистров отопления квартир утоплены в стеновые панели, вследствие чего не обеспечивается требуемая температура внутри помещения и др.

В связи с моральным и физическим износом, невозможности и нецелесообразности проведения капитального ремонта в крупнопанельных домах первого индустриального поколения, было принято решение о ликвидации подобных объектов и строительстве нового и современного жилья. Поэтому ликвидировать объект, т.е. освободить территорию от здания или сооружения, можно одним из способов: снести или демонтировать.

К мероприятиям по выведению объекта из эксплуатации Олейник П.П. и Бродский В.И. [4] относят:

1. Проведение обследования объекта на общее техническое состояние, для получения необходимых данных, с целью разработки проекта организации работ. Обследованию подлежат железобетонные, каменные, металлические и деревянные несущие конструкции. На основании результатов обследования определяется техническое

состояние объекта, рекомендуются те или иные организационно-технологические решения для безопасного производства работ.

2. Отключение инженерных коммуникаций здания от городской сети (водоснабжение, канализация, газоснабжение, отопление, электроснабжение, слаботочные сети и другие).

3. Демонтаж внутренних инженерно-технических систем и сетей, оконных и дверных блоков, элементов отделки. После проведения мероприятий по выведению объекта из эксплуатации производят разборку или разрушение здания. Демонтаж или разборка здания может осуществляться одним из двух способов: поэлементно или же отдельными блоками. Демонтаж поэлементным способом позволяет обеспечить максимально возможную сохранность строительных конструкций, узлов и деталей для их повторного использования в строительстве.

В связи с ежегодным увеличением объемов ветхого и аварийного жилья в России в целом и в Москве [5], в частности, были приняты нормативно-правовые акты, направленные на решение данной проблемы. В их числе следует, прежде всего, отметить Постановление Правительства Москвы от 01.08.2017 г. № 497-ПП «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве» [7].

Важное значение для организации производства демонтажа крупнопанельных жилых зданий имеет достаточно развитая современная отечественная нормативно-правовая база. Особо хотелось бы выделить стандарты НОСТРОЙ 2.33.53-2011 [9], СП 325.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила производства работ при демонтаже и утилизации» [8] и ряд других документов.

Метод демонтажа отдельными блоками более прогрессивный по сравнению с первым, так как является более эффективным по организационно-технологическим параметрам, а именно: по трудоемкости, продолжительности и стоимости. При этом демонтаж или разборка зданий осуществляется в обратной последовательности монтажа конструкций сверху вниз по принципу «на кран».

После демонтажа элементов отделки, инженерных коммуникаций и сборных строительных конструкций приступают к обрушению монолитного остова. Это возможно выполнить одним из следующих методов:

1. Механическим методом:

а) *обрушение* (валку) конструкций здания с помощью различного навесного оборудования экскаватора: шар-молотом, клин-молотом, гидравлическими ножницами;

б) *распиливание* монолитных конструкций при помощи алмазного каната и станков с алмазными отрезными дисками;

в) *разрушение* конструкций с помощью клиновых раскалывателей, работающих по принципу гидроцилиндра.

Дополнительное дробление крупных элементов конструкций для удобства погрузки и транспортирования производят с помощью отбойных молотков.

Полученные таким образом обломки перемещаются бульдозерами в сторону от здания, для дальнейшего погружения их экскаваторами в транспортные средства и перевозки к пунктам переработки или утилизации.

2. Взрывным методом. Применяется данный способ для разрушения или дробления бетонных, железобетонных, каменных и армокаменных, массивных конструкций, как правило, на свободных площадях.

Снос объекта с использованием взрывчатых веществ является крайне опасным и сложным, так как требует сложных расчетов для определения зоны развала, опасной зоны, количества взрывчатого вещества, направления взрыва и др.

Также крайней необходимостью являются дополнительные меры безопасности, свойственные взрывному способу, а именно: правила безопасности при обращении с взрывчатыми веществами, методы выявления неразорвавшихся зарядов с последующей их ликвидацией, использование особых защитных укрытий для предотвращения разлета

осколков при взрыве, применение специальных способов и средств подавления облаков пыли и вредных газов, оповещение о начале взрывных работ и эвакуации, при необходимости, гражданского населения.

3. Специальным методом:

а) *гидровзрывным*. Разница между гидровзрывным и взрывным методами заключается в том, что пространство между зарядами и стенками шпуров заполняется водой или глинистым раствором.

б) *термическим*. Термическая резка конструкций производится с использованием мощного источника тепла в форме высокотемпературного газового потока или электрической дуги.

К средствам термического воздействия на материалы разрушенных конструкций относятся: кислородное копье, газоструйное порошково-кислородное копье, порошково-кислородный резак, реактивно-струйная горелка, электродуговое плавление [4].

в) *электродинамическим*. Разрушение происходит в результате эффекта гидравлического удара с высоким показателем давления, возникающим в объеме жидкости при электрическом разряде. Отсутствие шума, газов, пыли и большого разлета осколков – преимущества данного метода.

г) *гидрораскалывания*. Данный метод основан на применении гидравлических раскалывателей, представляющих клиновые устройства с гидроцилиндрами. Разрушение конструкции происходит бесшумно и без разлета кусков и осколков.

4 «Умным» сносом. Данный метод сноса является комплексным процессом, позволяющий проводить сортировку отходов по группам материалов, в процессе демонтажа, для дальнейшей переработки и тем самым минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, а также снизить уровень шума и запыленности в процессе производства работ для уменьшения неудобств окружающих.

С. Волкова [3] описывает технологию «умного» сноса следующим образом (см. рис.):

1. Производят демонтаж элементов отделки, оборудования кухонь и санузлов, оконных и дверных блоков с сортировкой их по материалам в контейнеры для дальнейшей переработки.



Рис. – Этапы «умного» сноса

2. Оставшейся монолитный железобетонный или каменный остов здания разрушается при помощи экскаватора-разрушителя, работающего также «умно». Экскаватор производит движения «от себя» начиная разрушение с наружной стены

верхнего этажа обрушая конструкцию внутрь здания. Дальнейшие разрушения конструкций происходит также внутрь. Данный процесс повторяется поэтажно. Применение этого метода позволяет избежать разлета осколков и элементов конструкций по территории строительной площадки и минимизировать количество пыли, поднимающейся в воздух.

Концепция «умного» сноса также предусматривает уменьшение образования облаков пыли и шума. С пылью борются при помощи водяных пушек, которые распыляют воду во время образования пыли, а с шумом благодаря специальным защитным конструкциям, устанавливаемым вблизи жилой застройки.

3. Полученные отходы после завершения второго этапа отвозят на станции по переработки материалов, где производят их дробления для повторного применения, или на полигоны для захоронения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По состоянию на сегодняшний день принимаемые в Москве организационно-экономические решения в жилищном строительстве, а также современные методы и формы его организации в реальной хозяйственной практике реновации не в полной мере адекватны требованиям современной рыночной экономики и, в первую очередь, экологичности и энергоэффективности. В частности, мы считаем, что внедрению в хозяйственную практику реновации в Москве и др. субъектах РФ технологии «умного» сноса не уделяется должного внимания, хотя она обладает весьма значительным количеством положительных качеств: высокие уровни безопасности, экологичности, минимального уровня шума и пыли, максимальной степени переработки мусора и повторному использованию отходов производства. Поэтому представленную технологию следует распространять во всех регионах нашей страны при сносе (демонтаже) ветхих и аварийных домов.

ВЫВОДЫ

В рамках концепции жизненного цикла здания необходимо своевременно производить ликвидацию объекта на завершающей стадии своего проектного жизненного пути, а не продлевать его до наступления ветхого или аварийного состояния здания подвергая потенциальной опасности людей, проживающих в них. Кроме того, такой подход муниципальным органам власти позволит улучшить эстетический облик городов.

Следует использовать передовые инновационные технологии в области утилизации объектов, которые повышают экономическую эффективность принятых организационно-технологических решений, безопасное производство работ и наименьшим образом причиняющие дискомфорт населению в период строительства.

При демонтаже (сносе) зданий нужно организовывать производство работ таким образом, чтобы была возможность производить сортировку строительных отходов по видам материалов, что, в свою очередь, позволит повторно их использовать. Ведь при утилизации зданий образуются тысячи тонн строительных отходов, которые возможно переработать, а не отвозить на полигоны для захоронения. Подобные мероприятия позволят не ухудшать и без того не радужную экологическую обстановку в стране, но и дополнительно создадут рабочие места на производствах по переработки строительных отходов, если данные мероприятия примут системный общегосударственный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоконов А.В., Глазкова В.В. Анализ методических подходов к расчету стоимости строительства объектов нефтегазового комплекса и направления их совершенствования. // Управленческий учет. №5. 2021. С.23-28.
2. Горелова А.В. Совершенствование методов формирования и оценки стоимости линейно-протяженных объектов недвижимости газификации на ранних стадиях инвестиционно-строительного процесса. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (строительство). М., 2015 г. 25 с.
3. Волкова С. Снос зданий: как и зачем разбирают старые здания. Электронный ресурс: <https://www.kp.ru/putevoditel/moskva/snos-zdaniy/>.
4. Дубовицкая Е.А., Ткаченко М.А., Атнагулов А.Р., Рахмангулов Р.Д., Киреев Г.А., Гизбрехт Д.Ю. Практические рекомендации по оценке стоимости строительства нефтегазовых объектов // Экономика, управление, право. №9. 2015. – С. 18-22.
5. Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации. Утверждена приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 04.08.2020 г. №421/пр. 116 с.
6. Методика по разработке и применению укрупненных нормативов цены строительства, а также порядка их утверждения, утвержденная приказом Минстроя России от 29.05.2019 № 314/пр.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 ноября 2016 года № 1159 «О критериях экономической эффективности проектной документации».
8. Прохорова Ю.С. Организационно-экономический механизм управления стоимостью строительства объекта в условиях государственного инвестирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство)). М., 2020 г. 231 с.
9. Ржевская Т.В. Методы определения стоимости строительства на предпроектной стадии: международный опыт // Вестник государственной экспертизы. - №2. – 2020.

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М. А. Фахратов, М. Халил

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
m.khalil0933@gmail.com*

Аннотация

В работе строительных компаний используется множество разноплановых документов – проектная документация, чертежи, договоры и дополнительные соглашения, акты, наряды, графики производства работ и т.д. При этом в документообороте задействовано большое число участников: поставщики, подрядчики, проектные организации, госэкспертиза, застройщики, органы муниципальной власти и др. От оперативного обмена документами зависит и сдача объектов в срок, и качество работы строительной компании в целом. Документооборот в современной строительной индустрии - это большой объем различной документации. Работа с такой документацией занимает определенное количество времени, которого в строительной отрасли может не хватить при решении эксплуатационных проблем. В целях повышения качества объекта после каждого выполнения строительных работ проводится приемка выполненного объема и актом фиксируется соответствие требованиям строительных норм и правил, проектным решениям. Анализ рабочего процесса на строительной площадке показывает, что в ведении документации много этапов, требующих согласования с другими исполнителями. Кроме того, на ведение самой документации уходит много времени. Автоматизация этого процесса может повысить эффективность документооборота и взаимодействия между его участниками. Еще одна важная особенность - возможность удобного хранения и дальнейшего использования. Новые требования к документации в строительстве появляются каждый год. Ведение и хранение документации требует дополнительных ресурсов. Кроме того, немаловажной проблемой является оперативное согласование действующей документации с участниками строительства. Со временем печатная документация теряет свои первоначальные свойства и не подлежит длительному хранению. Однако по прошествии длительного времени строительная документация может понадобиться другим организациям. Также электронная форма документа может содержать множество деталей конструкции, которые в печатной версии могут представлять дополнительную сложность. Такая документация удобно хранится и в ней достаточно легко найти необходимый материал.

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного исследования является изучение особенностей строительной документации и ее содержания. Также ставится цель создать систему электронного документооборота. Современные исследования обычно исследуют состав документации. Перевод такой документации в современный вид рассматривают организации, занимающиеся разработкой программных комплексов [3,4]. Для большинства участников строительства рабочий процесс организации выглядит как оформление входящих и исходящих документов, а также их согласование и последующее хранение. Против этого довольно сложно спорить, так как это важнейшие задачи для рабочего процесса большинства строительных организаций. В последние годы ведение архива документов любого предприятия ведется таким образом, а использование специальных программ, обеспечивающих точный документооборот, было редкостью. В лучшем случае приемный отдел дублировал данные документа в таблицы стандартных офисных программ, в другом - сотрудник, ответственный за рабочий процесс, мог не назначить входящий или исходящий номер тому или иному документу, упустив из виду ввод следующего номера документа. Такие ошибки недопустимы в век информационных технологий, но они

происходят и по сей день. При этом, если речь идет о среднем предприятии любого профиля, то в конечном итоге работа программы документооборота сводится к решению основных задач: фиксации, хранения и перемещения документов, то есть первоочередной задачей является выполнение канцелярских функций. Однако если говорить о рабочем процессе в строительных компаниях, то такого примитивного набора действий недостаточно, чтобы вести и поддерживать его в актуальном состоянии. Часто самым сложным в строительной компании является учет договоров в строительстве (формирование, контроль выполненных по ним работ, их перемещение, хранение).

Другим важным вопросом является вопросы автоматизации ведения производственной документации на самом строительном объекте. Зачастую подобная документация требует затрат определенного количества времени и ресурсов. Перевод такой документации в электронный вид может позволить повысить эффективность организации строительного производства и улучшить непосредственно документооборот в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения представленной темы были выделены следующие этапы: описание документации по разным объектам и статистические процедуры, используемые для анализа и обобщения данных. Документация, обсуждаемая в этой статье, была использована при строительстве комплекса жилых домов в городских условиях. Пакет документов формировался по каждому объекту отдельно. К исполнительной документации относятся документы, состоящие из текста и чертежей, схем, узлов, показывающих реальное положение объектов по конструкторской документации, деталей, узлов. До проведения осмотра уполномоченным органом завершенного объекта строительства документация, подтверждающая фактическое выполнение работ - исполнительная документация, находится у застройщика, заказчика [1]. На протяжении всего периода работы на строительной площадке ведется реестр исполнительной документации. Для проверки соответствия выполняемых на строительной площадке работ материалам, использованным при возведении здания или сооружения, орган государственного строительного надзора запрашивает исполнительную документацию. Исполнительная документация передается застройщику на постоянное хранение после проверки и получения заключения о достоверности соблюдения всех нормативных требований и технических регламентов. При капитальном ремонте объектов документация передается на хранение застройщику, техническому заказчику, лицу, ответственному за эксплуатацию здания, сооружения. Исполнительная документация хранится у лица, выполняющего строительство. Документация хранится в бумажном виде или по согласованию с участниками строительства автоматизированным способом, подписанным электронной подписью. Акты освидетельствования геодезической базы объекта капитального строительства. Работы, влияющие на безопасность объекта капитального строительства, в соответствии с технологией строительства, реконструкции, капитального ремонта, контроль за выполнением которых не может осуществляться после завершения последующих работ, то есть скрытых работ. Документооборот в современной строительной индустрии - это большой объем различной документации. Работа с такой документацией занимает определенное количество времени, которого в строительной отрасли может не хватить при решении эксплуатационных проблем. Задачи современного документооборота в строительном производстве состоят из большого количества различных этапов. Хранение исполнительной документации осуществляется в бумажном виде, что также нецелесообразно в современном мире. Если человек заполняет документацию за два дня, что хуже за неделю, то он может забыть включить любой вид работы и продублировать любую. Например, на стройке нужен был документ, использовали его и просто забыли отнести на место. Следовательно, потеря документа и

сложный обмен информацией между участниками производства также являются недостатком современного документооборота.

Строительство объекта ведется поэтапно. Работы, которые были выполнены в начале, скрыты в связи с производством следующего цикла работ - скрытых работ. Если они изготовлены без соблюдения технологии или по какой-либо причине имеют низкий уровень качества, то безопасность объекта находится под угрозой. В целях повышения безопасности объекта после каждого выполнения строительных работ проводится приемка выполненного объема и удостоверяется актом соответствия требованиям строительных норм и правил, проектным решениям. Исполнительная документация должна быть сформирована в соответствии с нормативными документами и должна отражать: ответственных лиц, технологию производства работ, сроки изготовления работ, внесенные изменения, задокументированные.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель оптимизации - качественная документация с минимальными затратами ресурсов и времени на заполнение журналов, составление актов и другой документации, характерной для строительного производства [13]. Для повышения качества и снижения трудозатрат и времени на формирование документации необходимо использование автоматизированного программного обеспечения, особенно при возведении крупных строительных объектов. Работникам приходится тратить не только рабочее время на выполнение однотипных операций по ведению исполнительной документации. В большом количестве организаций, выполняющих строительно-монтажные работы, исполнительная документация реализуется на бумаге, чаще всего документы заполняются с помощью стандартных компьютерных программ, не предназначенных для документирования. Становится сложной задачей определить, кто и когда редактировал, вносил какие-либо изменения в документацию. В настоящее время, когда вся необходимая информация об изменениях, внесенных в процесс ведения исполнительной документации, находится в открытом доступе в сети. Некоторые организации используют устаревшие формы документов. Однако строительная площадка отличается от офисной обстановки количеством актов, журналов и других документов. Контроль выполнения работ на строительной площадке в соответствии со стандартами на данный вид деятельности невозможен из-за большого объема документации. Уровень качества выполнения документации на строительной площадке зависит от: наличия образования, опыта, ответственности лица, формирующего исполнительную документацию, от опыта и добросовестности организации, контролирующей процесс строительства. Информация о проделанной работе на строительной площадке должна быть понятной и удобной для обработки, анализа, утверждения, как для исполнителей, так и для заказчиков. Исполнительная документация является основой объекта строительства. В современном мире с колоссальным объемом информации это невозможно без использования специализированных программ.

Автоматизация имеет вспомогательную функцию, которая осуществляется за счет ежедневного сбора информации о деятельности исполнителей, обработки и анализа введенных данных. В результате использования программы на строительной площадке должны улучшиться следующие показатели: скорость передачи информации; повышение качества формирования исполнительной документации; изменение культуры ведения исполнительной документации. Объектом автоматизации является исполнительная документация, формируемая одновременно с производством работ непосредственно на самой строительной площадке. В исполнительной документации каждый этап работы отображен и соответственно имеет большой объем. Одним из решений оптимизации управления документацией является разработка программных продуктов. Программа предназначена для снижения трудозатрат сотрудников на ведение исполнительной документации [10]. Основное назначение программы - автоматизировать ввод

структурированных данных для создания полного пакета документов. В рамках проекта автоматизирована деятельность следующих процессов: Выходные данные: результат взаимодействия исходных данных с информационной базой - готовая исполнительная документация. Организация доступа к информации в зависимости от их полномочий является одной из особенностей организации документооборота.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод о том, что современная схема разработки организационно-технологической документации - это необходимое решение поставленных в наше время задач. Классическая схема работает и все еще используется рядом компаний, но из проведенного выше исследования можно сказать, что современная схема эффективнее. Благодаря современным комплексам скорость работы значительно увеличивается, а качество получаемого результата повышается. Заметим, что именно эти два качества являются основными требованиями к успешному ведению делопроизводства в наше время, именно поэтому использование и применение современных методов в строительном производстве так необходимо. Программа минимизирует ручное заполнение полей. Необходимые данные вводятся путем выбора существующей информации в базе данных программы. Если какая-либо информация отсутствует, пользователь может добавить ее в базу данных. Приложение содержит аналогичную информацию и предоставляет доступ к документации, как с основного рабочего компьютера, но с ограниченным набором функций. Автоматизированное ведение актов, общих и специальных журналов работ осуществляется с помощью программного обеспечения. Это значительно сократит время поиска и ввода данных, исключит монотонную работу по дублированию записей в различных документах. Таким образом формируются оперативные отчеты, которые не только показывают наличие ошибок и неточностей, но и дают рекомендации по их исправлению. Программный комплекс обеспечивает удобный поиск проектной документации и ее многоуровневое сопровождение с необходимой разбивкой по томам, разделам, книгам. База данных программы может содержать шаблоны для формирования документов, соответствующих требованиям в соответствии с нормативными документами. Автоматизация повысит эффективность документооборота и взаимодействия между его участниками, предоставляя возможность удобного хранения и дальнейшего использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамхегов, М. Д. Рационализация разработки и ведения технической исполнительной документации / М. Д. Мамхегов, С. А. Синенко // *Успехи современной науки и образования*. - 2017. - Т. 4. - № 3. - С. 85-89.
2. Юргайтис, А.Ю. Формирование комплекта исполнительной документации и описание особенностей порядка сдачи-приемки работ по устройству внешних инженерных сетей / А.Ю. Юргайтис, О.Г. Куренков // *Технология и организация строительного производства*. - 2017. - №2 (3). - С. 11-16.
3. Олейник, П.П. Совершенствование управления качеством строительства на основе многофакторного анализа исполнительной технической документации / П.П. Олейник, О.Г. Куренков // *Строительное производство*. - 2019. - №4. - С. 27-30.
4. Мелин, М.А. Совершенствование методов исполнительной документации строительного предприятия / М.А. Мелин, Н.Л. Бреус // *Архитектура, строительство, транспорт*. - 2021. - №1. - С. 58-63.
5. Зацепина, Г. Правовое регулирование управленческой документации в организациях / Г. Зацепина // *Теория и практика мировой науки*. - 2017. - №2. - С. 69-71.
6. Куренков, О. Г. Оценка степени отражения качества объекта в исполнительной документации / О. Г. Куренков, П. П. Олейник // *Строительное производство*. - 2019. - №1. - С. 78-81.
7. Синенко С.А., Гинзбург В.М., Сапожников В.Н., Каган П.Б., Гинзбург А.В. Автоматизация орг. и технолог. проектирование в строительстве: Учебное пособие.- Саратов: Высшее, 2019. -235с.
8. Сазонов С.И. Некоторые вопросы хранения и использования электронных документов / Сазонов С.И. // *Журнал «Кадровик»* №6, 2014 г. - 17-18 с. ; Жильников, Ю.А. Электронный документооборот / Ю.А. Жильников, О. Михайлова // *Территория науки* №2, 2017. - 116-120 с.
9. Олейник П.П. Выбор рационального соотношения способа и формы организации строительства Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6.П. 46-50.

10. Божко В.П., Власов Д.В., Гаспарян М.С. Информационные технологии в экономике и менеджменте: Учебно-методический комплекс.- М.: Изд-во. Центр ЕАОИ, 2008. - 120с.
11. Пахомова Л.А., Олейник П.П. Выбор и оценка параметров для аттестации рабочих мест (специальная оценка условий труда) Технология и организация строительного производства. 2019. № 1. С. 49-52.
12. Олейник П., Юргайтис А., Воронина Г., Макаренко А. Методы формирования и оптимизации календарных планов строительных компаний Сборник: МАТЕС Web of Conferences 2018.S. 05037.
13. Жадановский Б.В., Ержокова Е.С., Горшкова Е.А. Поточный метод как способ организации построения Системных технологий. 2018. № 3 (28). С. 136-140.
14. Фахратов М.А. Исходные материалы и корректирующие вещества для производства легкого керамзитового щебня «Составляющие научно-технического прогресса». 2017. № 1 (31). С. 14-16.
15. Цай Т.Н., Грабовый П.Г. Организация строительного производства – М.: Ассоциация строит.вузов, 1999.

Секция 7. Цифровые технологии в строительстве

ОЦИФРОВКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Я. А. Айгарсович¹, Д. П. Катюк², А. А. Корнев³

^{1,2}Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

³Общеобразовательное учреждение «Частная школа «ЦОДИВ»

²katyuk.dp@edu.spbstu.ru

Аннотация

В работе рассматривается возможность применения технологии лазерного сканирования на промежутке железнодорожных путей Амуро-Якутской магистрали, обслуживаемых Акционерным обществом «Акционерная компания «Железные дороги Якутии» (АО «АК «ЖДЯ»). Лазерное сканирование является одним из способов получения информационной модели трассы железнодорожного пути. Цифровая модель пути помогает оценить состояние железнодорожного полотна и прилегающей инфраструктуры. Технология мобильного лазерного сканирования была названа оптимальным способом получения BIM-модели такого протяжённого линейного объекта, как железнодорожный путь. Перед наукой стоит актуальная и значимая проблема приведения скорости и точности выполнения технологических операций мобильного лазерного сканирования в условиях Крайнего Севера к требованиям различных отраслей экономики страны. Данную проблему можно решить путем совершенствования теоретических и методологических основ технологии лазерного сканирования и выбора оптимальных мобильных сканирующих систем для суровых климатических условий Якутии.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее проработанными технологиями измерения координат различных объектов в настоящий момент времени являются традиционные геодезические методы определения координат с применением электронных тахеометров и цифровых нивелиров, применение которых обеспечивает высокую точность, однако при оцифровке протяжённого участка железнодорожного пути потребует огромных затрат временных ресурсов, а также весьма квалифицированного персонала. Перспективным инструментом получения координатных данных по объектам железнодорожной инфраструктуры с требуемой точностью являются технологии дистанционного зондирования. Например, технология выполнения съемки с помощью мобильного лазерного сканирования, которое является инновацией в области выполнения измерений для создания картографических материалов, паспортизации, мониторинга и фиксации состояния протяженных инфраструктурных объектов. Решение проблемы получения BIM-модели железнодорожного пути позволит оптимизировать анализ состояния железнодорожных путей Амуро-Якутской магистрали, обслуживаемых АО «АК «ЖДЯ».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Железнодорожный путь представляет собой сложное инженерное линейное сооружение. Правилами технической эксплуатации и другими нормативно-техническими документами по текущему содержанию железных дорог РФ установлен систематический мониторинг путевых устройств, содержание их в технически исправном состоянии, обеспечивающем гарантированную безопасность и надежность перевозочного процесса. Основной формой проведения мониторинга инфраструктуры железнодорожного транспорта являются периодические съемки и наблюдения. На момент написания статьи в роли метода наблюдения за состоянием железнодорожных путей и прилегающей инфраструктуры

Амуро-Якутской железнодорожной магистрали выступает геодезическая съёмка с помощью тахеометров и нивелиров. Применение технологии лазерного сканирования, как основного метода геодезической съёмки, позволит оптимизировать процесс наблюдения за состоянием транспортной инфраструктуры [5].

В соответствии с постановлением правительства от 05.03.2021 г. № 331 с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели объектов капитального строительства становится обязательным для заказчика, застройщика, технического заказчика, эксплуатирующей организации, если на этот объект выделены средства из бюджета Российской Федерации [1]. Приведённый нормативный документ распространяется на все сферы строительства, в том числе и на строительство транспортной инфраструктуры, а в частности на железнодорожные пути. В связи с чем возникает потребность описания железнодорожного пути, как трехмерного пространственного объекта, с целью дальнейшего построения его цифровой информационной модели или BIM-модели.

Работа посвящена изучению и обобщению опыта применения технологии лазерного сканирования с целью оцифровки железнодорожного пути и прилегающей инфраструктуры, необходимой для полноценного функционирования железнодорожного транспорта. В работе [2] проанализирована деятельность ОАО «РЖД» в области лазерного сканирования, перевода облака точек в информационную модель, описаны задачи ведения геопространственных данных (электронных карт) на базе геоинформационных систем ГИС РЖД, создание механизма интеграции и синхронизации прикладных информационно управляющих систем. В деятельность организации ОАО «РЖД» внедряются технологии текущего содержания пути, проектирования и строительства на основе описания железнодорожного пути как трехмерного пространственного объекта и построения интеллектуальной системы управления на железнодорожном транспорте. Для этого созданы и поддерживаются на уровне современных требований цифровые модели пути, используемые для сбора, хранения и оценки пространственных данных о текущем состоянии пути и выработки рекомендаций по предупреждению и устранению выявленных неисправностей [7-8].

В работе рассматривается возможность применения технологии лазерного сканирования на промежутке железнодорожного пути Амуро-Якутской магистрали, обслуживаемых АО «АК «ЖДЯ». Опыт оцифровки железнодорожных путей организацией ОАО «РЖД» [2] можно экстраполировать на текущую деятельность АО «АК «ЖДЯ» с целью применения данной технологии в организации с адаптацией опыта применения технологии ОАО «РЖД» под суровые климатические условия Якутии. АО «АК «ЖДЯ» владеет системой железнодорожного транспорта общего пользования протяженностью 358 км на территории Республики Саха (Якутия). На участке Нерюнгри-грузовая-Томмот — 14 станций и разъездов, которые включены в прямое сообщение с общей сетью ОАО «РЖД». Из них на станциях Нерюнгри-грузовая, Чульман, Алдан, Куранах, Томмот и разъездах Чульбасс и Денисовский производятся грузовые и коммерческие операции. В 2014 году во временную эксплуатацию сдана линейная часть участка Томмот-Нижний Бестях, составляющая ещё 436 км стальной магистрали, проложенной на север [15]. На рисунке 1 представлена совокупная протяжённость железнодорожных путей, обслуживаемых компанией, которая составляет почти 800 км.

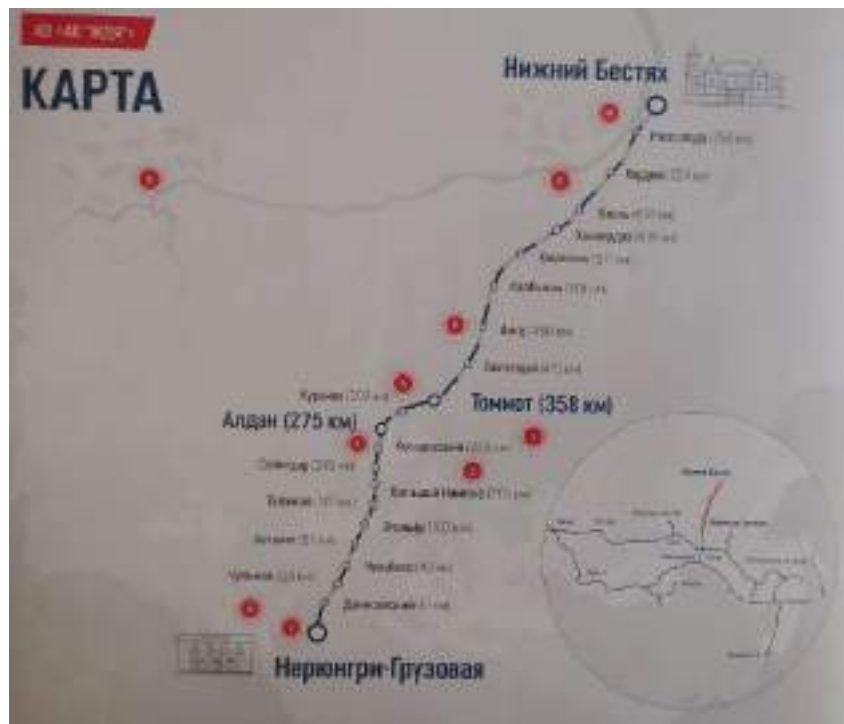


Рис. 1. Карта железнодорожного пути Нерюнгри-Нижний Бестях [16].

АО «АК «ЖДЯ» имеет все необходимые службы для поддержания требуемого уровня безопасности движения, депо для локомотивов на станции Алдан, свой эксплуатационный парк магистральных и маневровых тепловозов, снегоуборочную и снегоочистительную технику, оснащение складскими площадями и грузоподъемными механизмами [15].

Для обеспечения гарантированной безопасности и надежность перевозочного процесса необходимо осуществлять постоянный мониторинг состояния железнодорожного полотна и путевых устройств. Как уже отмечалось в работе, в роли метода наблюдения за состоянием железнодорожных путей и прилегающей инфраструктуры выступает геодезическая съёмка с помощью тахеометров и нивелиров. Авторами работы было принято решение сравнить три возможных способа получения координат с целью дальнейшего построения BIM-модели железнодорожной магистрали, предполагающие применение: лазерной сканирующей системы, тахеометра и нивелира.

В статье [6] приведены три вида лазерного сканирования: наземное, воздушное и мобильное. По мнению авторов работы именно мобильное лазерное сканирование наиболее подходит для получения “облака точек” железнодорожного полотна и инфраструктуры такого протяжённого линейного объекта, как железнодорожный путь. Поэтому при оцифровке железнодорожных путей оптимально использовать именно этот метод лазерного сканирования.

Мобильное лазерное сканирование в теоретическом плане относится к дистанционному зондированию. Дистанционное зондирование подразумевает получение любыми неконтактными методами данных о местоположении объектов. Чаще всего к методам дистанционного зондирования относят космическое дистанционное зондирование – навигационные спутниковые системы такие как GPS, ГЛОНАСС, DORIS, Beidou и Galileo. Мобильное лазерное сканирование находится на стыке дистанционного зондирования и стандартных геодезических методов съёмки (применение тахеометра и нивелира) [5]. По мнению авторов работы оптимальным методом сбора информации о состоянии железнодорожных путей в текущих условиях является технология мобильного лазерного сканирования, что подтверждается мнением многих авторов [2-3,5,9,12].

Специалист, проводящий мобильное лазерное сканирование получает “облако точек”, которое необходимо обработать на основании аппроксимации и регрессивного

анализа методом наименьших квадратов с целью компенсации погрешностей съёмки [3-4,13]. Описание процесса. Полученное “облако точек” необходимо перевести в цифровую информационную модель с помощью специализированного программного обеспечения для работы с “облаками точек”, таких как “Autodesk ReCap” После проведения дальнейшей обработки данных мобильного лазерного сканирования: взаимного уравнивания точек лазерных отражений, конвертации и пересчета данных в проектные системы координат можно формировать цифровую модель пути, которую в дальнейшем можно использовать в качестве основы для проектирования и реконструкции дорожных объектов, создания различной проектной документации или для анализа состояния железнодорожного полотна в различных программных продуктах для информационного моделирования, таких как “Autodesk Revit” и “Autodesk Navisworks” [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для того, чтобы конкретизировать участки проведения мобильного лазерного сканирования, на рисунке 2 схематически и графически изображён путь, который необходимо оцифровать. Чтобы полученное в результате сканирования “облако точек” имело максимально возможную точность съёмки предлагается разбить процесс сканирования на три этапа, причём каждый следующий этап съёмки перекрывает путь участка предыдущего этапа на 35-40% с целью наложения получаемых координат и формирования единой информационной модели пути Амуро-Якутской магистрали, длиной 800 км. Точность измерения находится в прямой зависимости от увеличения перекрытия зон различных этапов съёмки [13-14].



Рис. 2. Графическое представление лазерного сканирования пути.

Регулярные рейсы составов проходят описываемый путь за 18 часов, причём скорость их движения из-за больших уклонов железнодорожного полотна не превышает

90 км/ч. Из рисунка 2 видно, что расстояние пути, которое требуется отсканировать равно 1010 км за счёт того, что участки пути Косаревский-Томмот и Амга-Кюргелях планируется отсканировать дважды с целью перекрытия зон различных этапов съёмки.

Тема исследования посвящена работе в условиях крайнего севера, поэтому крайне важным показателем применяемых геодезических приборов является устойчивость к низким температурам [10-11]. Авторами исследования было принято решение сравнить между собой несколько видов геодезических приборов и вычислить коэффициент результативности каждого из выбранных приборов. В таблице 1 приведено сравнение двух лазерных сканеров (зарубежного и отечественного производства) и наиболее часто применяемых на предприятии АО «АК «ЖДЯ» электронный тахеометр, цифровой и оптический нивелир. Сравнение проводилось по следующим параметрам: максимально возможной скорости передвижения при проведении съёмки, диапазону рабочих температур, допускаемой средней квадратической погрешности измерений расстояний и времени измерения одной точки. Значение максимально возможной скорости передвижения при проведении съёмки для мобильных сканирующих систем приведено в соответствии с данными производителя, для электронного тахеометра, электронного нивелира и оптического нивелира значение параметра выбрано в 20 км/ч, потому что для проведения съёмки этими приборами специалистам необходимо самостоятельно перемещаться на каком-либо транспортном средстве и проводить замеры с заранее определённой периодичностью.

Табл. 1. Сравнение геодезических приборов.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|----------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| Тип прибора | Мобильный лазерный сканер | | Электронный тахеометр | Цифровой нивелир | Оптический нивелир |
| Название прибора | RIEGL VMX-RAIL | АГМ-МС7 | LEICA TS07 R500 Arctic (1") AutoHeight | LEICA LS15 | GEOBOX N7-26 |
| V – Скорость движения при съёмке (км/ч) | до 130 км/ч | до 80 км/ч | до 20 км/ч | до 20 км/ч | до 20 км/ч |
| Диапазон рабочих температур | от -10° до +40°С | от 0° до +45°С | от -35° до +50°С | от -20° до +50°С | от -30° до +45°С |
| Δ – Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений расстояний (миллиметров) | ±5.0 мм | ±3,1 мм | ±1.0 мм | ±0.3 мм | ±2.0 мм |
| t – время измерения одной точки (секунд) | 0,008 с | 0,1875 с | 2,4-6 с | 2,5 с | 100-120 с |

Как видно из таблицы 1, диапазон рабочих температур, заявленный производителем, у лазерных сканеров значительно уступает этому значению для электронного тахеометра, цифрового и оптического нивелира. Исходя из чего можно сделать вывод, что съёмку необходимо проводить в период года с температурой окружающей среды, удовлетворяющей требованию производителя (с мая по сентябрь). По информации производителя лазерной сканирующей системы “RIEGL VMX-RAIL”, частота повторения импульсов при проведении лазерного сканирования - 3 МГц, число циклов сканирования в секунду - 750, что обеспечивает плотность точек до 7000 точек/м² на расстоянии 3 м при скорости платформы, равной 80 км/ч. Производитель лазерного сканера “АГМ-МС7” заявляет о 320 циклов сканирования в секунду. В описываемом исследовании мобильное лазерное сканирование является оптимальным методом съёмки за счёт того, что есть возможность проведения съёмки в движении на подвижном железнодорожном составе. Выбор конкретных моделей сканирующих систем зависит от стоимости, наличия оборудования в регионе и других параметров.

Основываясь на данных, приведённых в таблице 1, можно вывести коэффициент результативности каждого прибора (K) с учётом стоимости оборудования. Чтобы оценка приведённых геодезических приборов была равнозначной, в проводимых расчётах необходимо учесть стоимость приборов, что можно сделать за счёт введения дополнительного коэффициента стоимости (k). У “RIEGL VMX-RAIL” самое высокое значение стоимости, примем значение k равное 4. Стоимость отечественной сканирующей системы “АГМ-МС7” ниже, поэтому значение k примем равным 3. Значение k для приборов “LEICA TS07 R500 Arctic (1") AutoHeight” и “LEICA LS15” примем равным 2, а у самого бюджетного прибора “GEOBOX N7-26” k примем за 1. Воспользуемся формулой (1) для вычисления коэффициента результативности для каждого прибора (K), предложенную авторами работы:

$$K = \frac{V}{(\Delta \cdot t + 1) \cdot k}; \quad (1)$$

где V – скорость движения при съёмке, км/ч;

Δ – допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений расстояний, мм;

t – время измерения одной точки, с;

k – стоимости геодезического прибора.

Табл. 2. Коэффициент результативности (K).

| Название прибора | RIEGL VMX-RAIL | АГМ-МС7 | LEICA TS07 R500 Arctic (1") AutoHeight | LEICA LS15 | GEOBOX N7-26 |
|-------------------------|----------------|---------|--|------------|--------------|
| Значение коэффициента K | 21,63 | 16,86 | 1,92 | 5,71 | 0,09 |

При вычислении коэффициента результативности (K) для прибора лазерной сканирующей системы “RIEGL VMX-RAIL” значение максимально возможной скорости передвижения при проведении съёмки было ограничено 90 км/ч, что обусловлено мерами безопасности вследствие больших уклонов железнодорожного полотна Амуро-Якутской магистрали. Из таблицы 2 можно сделать вывод, что на основании заявленных производителями характеристик мобильная сканирующая система “RIEGL VMX-RAIL” является наиболее результативной среди предложенных авторами работы геодезических

приборов. Однако, высокая результативность обуславливается высокой стоимостью оборудования.

ВЫВОДЫ

Цифровая модель пути может стать основой для проектирования будущих инвестиционно-строительных проектов АО «АК «ЖДЯ» с применением параметрических возможностей информационного моделирования. Кроме того, анализ цифровой модели пути позволит выявить коллизии, перепады высот и уклоны железнодорожного полотна, за счёт чего определить аварийно-опасные участки железнодорожного полотна. Применение описываемого подхода позволяет оптимизировать использование имеющейся железнодорожной инфраструктуры. Технология мобильного лазерного сканирования является оптимальным способом получения BIM-модели такого протяжённого линейного объекта, как железнодорожный путь. Оцифровка железнодорожных путей а именно: построение в специализированных программных продуктах цифровой модели пути Амуро-Якутской железнодорожной магистрали на основании «облака точек», полученного от проведения мобильного лазерного сканирования, позволит оптимизировать анализ состояния железнодорожных путей Амуро-Якутской магистрали, обслуживаемых АО «АК «ЖДЯ». На основании предложенного авторами работы коэффициента результативности геодезических приборов оптимальным была названа мобильная лазерная сканирующая система «RIEGL VMX-RAIL». Для оцифровки железнодорожного пути Амуро-Якутской магистрали, протяжённостью 800 км, потребуется отсканировать 1010 км железнодорожного полотна и прилегающей инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление от 05.03.2021 № 331 Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства. // Техэксперт. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573842519>. Дата обращения 20.10.2021.
2. Куштин В.И., Ревякин А.А., Колошина Г.В., Петренко А.М. Комплексная система пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта // Инженерный вестник Дона. 2019. Вып. 9(60). С. 28. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42519310>. Дата обращения: 23.10.2021.
3. Ленченкова Е.П. Моделирование трассы железнодорожного пути по результатам мобильного лазерного сканирования // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2018. Т. 15. Вып. 3. С. 408-413. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-trassy-zheleznodorozhnogo-puti-po-rezultatam-mobilnogo-lazernogo-skanirovaniya>. Дата обращения: 23.10.2021.
4. Пшидаток С.К., Лукьянова М.С. Особенности применения различных видов сканирования // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции, Краснодар, 19 декабря 2019 года // Ответственный за выпуск А. Г. Кошаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. С. 488-489. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42377449>. Дата обращения: 25.10.2021.
5. Андреева О.А. Применение мобильного лазерного сканирования для мониторинга объектов транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2019. Т. 3. Вып. 3(11). С. 61-74. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41123241>. Дата обращения: 28.10.2021.
6. Хахулина Н.Б., Нестеренко И.В. Возможности технологий лазерного сканирования для получения геопрограммных данных // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. Вып. 1(6). С. 141-149. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36423259>. Дата обращения: 28.10.2021.
7. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Акопян Г.Т. Применение наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM технологиях // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2018. Вып. 2. С. 251-260. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34939978>. Дата обращения: 30.10.2021.
8. Богданов А.Н., Алешутин И.А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Вып. 4(46). С. 326-332. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36737975>. Дата обращения: 30.10.2021.

9. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение мобильного лазерного сканирования железных дорог // Наука и технологии железных дорог. 2019. Т. 3. Вып. 2(10). С. 64-76. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39131057>. Дата обращения: 30.10.2021.
10. Шереметинский А.В. Применение технологии наземного лазерного сканирования для топографической съемки масштаба 1:500 на территории Крайнего Севера // Студенческий. 2018. Вып. 12-1(32). С. 31-35. Режим доступа: <https://sibac.info/journal/student/32/113352>. Дата обращения: 31.10.2021.
11. Шереметинский А.В. Применение наземного лазерного сканера в инженерно-геодезических изысканиях на территории ЯНАО // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. LXVI междунар. студ. науч.-практ. конф. Вып. 6(65). Режим доступа: <https://sibac.info/studconf/tech/lxvi/113021>. Дата обращения: 31.10.2021.
12. Дулин С.К., Манойло Д.С., Якушев Д.А. Анализ данных современных путеизмерительных комплексов для актуализации цифровой модели железнодорожной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. 2019. Т. 3. Вып. 2(10). С. 99-111. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39131060>. Дата обращения: 01.11.2021.
13. Неретин А.А., Позняк И.И. Геоинформационные системы в транспортном строительстве: учебное пособие // Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. 130 с. Дата обращения: 03.11.2021.
14. Позняк И.И. Сбор геодезических данных методами лазерного сканирования и фотограмметрии // Славянский форум. 2017. Вып. 2(16). С. 134-140. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29002113>. Дата обращения: 15.10.2021.
15. Официальный сайт компании АО «Акционерная компания «Железные дороги Якутии» Режим доступа: <https://rw-yu.ru/okompanii/>. Дата обращения: 03.11.2021.
16. Фотоальбом. Железные дороги Якутии. 25 лет в пути 2020 г. 351 стр. Дата обращения: 04.11.2021.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ (РЕСТАВРАЦИИ) И ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ

Д. Р. Ахмедчанов¹, Е. В. Панюгов², А. А. Давудов³

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», магистрант,

¹*disport.lk@gmail.com*

²*evpanyugov@gmail.com*

³*abduragim2015@yandex.ru*

Аннотация

В условиях массовой цифровизации всех аспектов жизни человека возрастает необходимость создания информационных моделей зданий и объектов в целом. На данный момент применение информационных технологий при реконструкции (реставрации) и техническом обследовании недостаточно распространено в отличие от строительства новых объектов. Проектные и исследовательские работы при реконструкции (реставрации) и техническом обследовании занимают существенный объем от отрасли в целом. Для решения данной проблемы необходимо, во-первых, использовать индуктивный метод исследования и разработки, во-вторых, разбирать конкретные кейсы с последующим распространением на другие объекты. Применение современных методов при проектировании позволяет ускорить работу и повысить качество конечного продукта. Полученная в результате выполнения работ информационная модель объекта, позволяет реализовать исполнение современных требований, а также наиболее рационально использовать средства актива в дальнейшей его эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент на территории РФ заканчивается срок эксплуатации объектов массового строительства, построенных в 1970-1980 годах. Это приводит к необходимости строительства большего количества новых объектов, для сокращения вложений капитальных средств наиболее благоприятным является техническое обследование и последующая реконструкция имеющихся объектов.

Работы по техническому обследованию являются трудозатратными. При условии, что необходимо выполнять множество монотонных работ, наиболее целесообразным является автоматизация данных действий. Достаточного уровня автоматизации можно достичь при применении современных информационных методов.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ (РЕСТАВРАЦИЯ)

Техническое обследование состоит из трёх основных элементов:

1. Визуальный осмотр;
2. Обмерные работы и формирование графической части работы;
3. Инструментальное определение физико-механических характеристик конструкций;
4. Поверочные расчеты.

Для каждого из элементов на данный момент существуют более прогрессивные подходы с применением информационных технологий.

ВИЗУАЛЬНЫЙ ОСМОТР И ОБМЕРНЫЕ РАБОТЫ

В современной практике получает распространение проведение обмерных работ с применением методов трехмерного сканирования. Применение современного оборудования позволяет получать панорамные фото объекта с привязкой их к точкам съёмки, а также пространственную модель на основе облака точек.

Данный подход позволяет многократно увеличить скорость «полевых» работ на объекте по фотофиксации и фиксированию геометрии элементов зданий и сооружений. Особенно актуально применение трехмерного сканирования на объектах, где необходимо зафиксировать положение в пространстве обширного количества инженерных сетей.

В дальнейшем по облакам точек возможно построение информационной модели здания или сооружения.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЗДАНИЯ (СООРУЖЕНИЯ)

Построение трехмерной модели здания (сооружения) позволит наиболее точно обнаружить и в дальнейшем отобразить геометрические отклонения конструкций, на рисунке 1 продемонстрирован пример смещения колонн на разных этажах, на рисунке 2 – пример отклонения по вертикали стены.

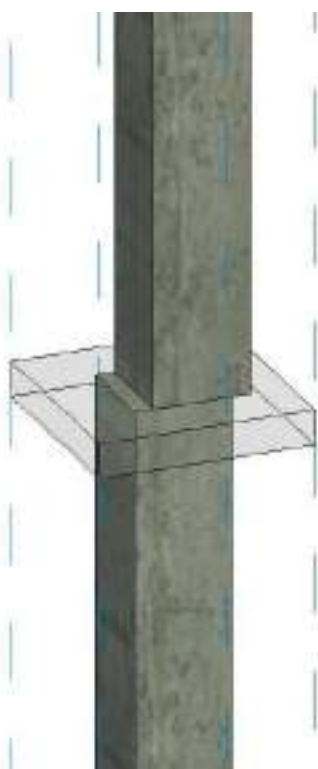


Рисунок 1 – Смещение колонны

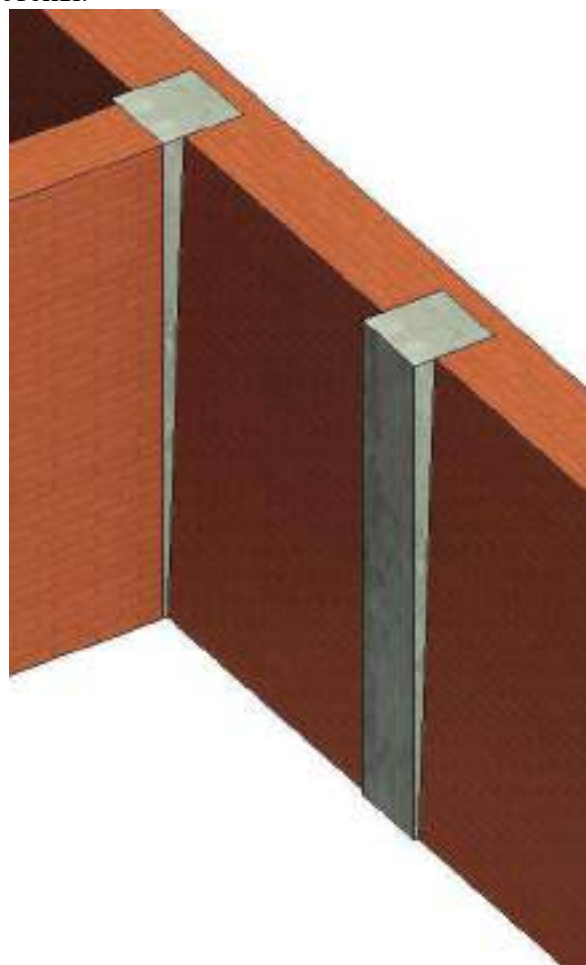


Рисунок 2 – Отклонение стены от вертикали

При дальнейшем решении о проведении реконструкции (реставрации) объекта, пространственная модель будет способствовать взаимоувязке существующих и вновь проектируемых элементов. На рисунке 3 представлено пересечение воздуховодов с несущей балкой, а на рисунке 4 – взаимопересечение инженерных сетей.

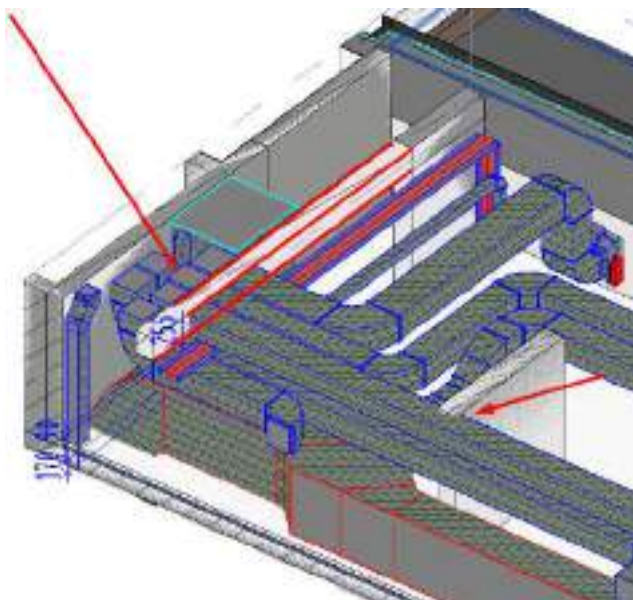


Рисунок 3 – Пересечение несущей балки воздуховодом

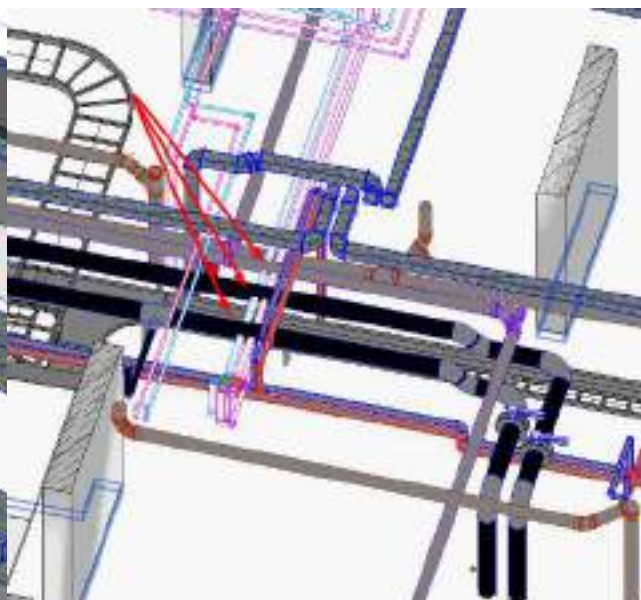


Рисунок 4 – Взаимопересечение смежных инженерных сетей

Построение объёмных моделей позволяет на ранних стадиях проектирования минимизировать коллизии на строительной площадке, а также спецификации, полученные с использованием информационных моделей, наиболее точно отражают потребность материалов на строительной площадке, потому что учитывают дополнительные элементы, затрачиваемые на «увязку», что невозможно при плоскостном проектировании.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИЙ И ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ

Элементы информационной модели содержат в себе не только геометрию элемента, но и различные параметры. На рисунке 5 представлена железобетонная колонна с маркером для проведения ультразвукового испытания на прочность. Данная методика позволяет зафиксировать в «пространстве» полученный результат измерений прочности конструкций.

В дальнейшем полученные результаты косвенного определения прочностных характеристик возможно преобразовать в автоматическом порядке в прочностную характеристику элемента модели.

На рисунке 6 представлен набор характеристик аналитической модели колонны



Рисунок 5 – Железобетонная колонна с маркером проведения ультразвукового испытания

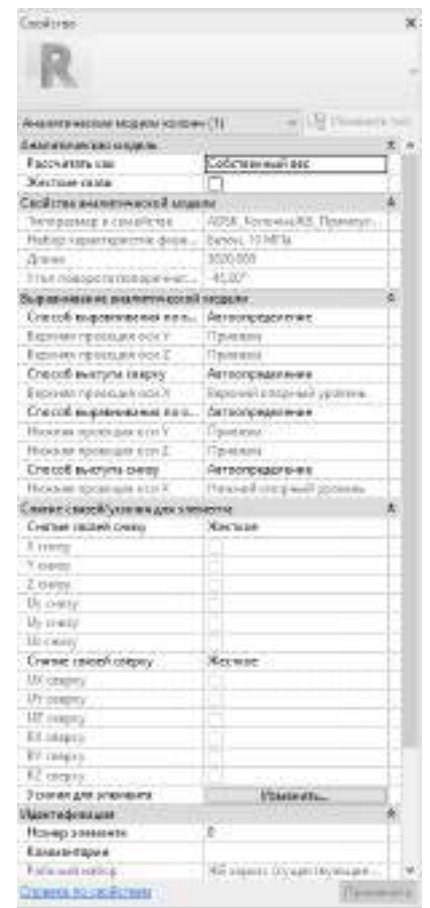


Рисунок 6 – Набор параметров аналитической модели колонны

Современные программы для информационного моделирования позволяют производить непосредственный экспорт моделей с заданными характеристиками в расчетные комплексы.

На рисунке 7 представлена информационная модель несущих конструкций здания, выполненная в ПК Autodesk Revit.

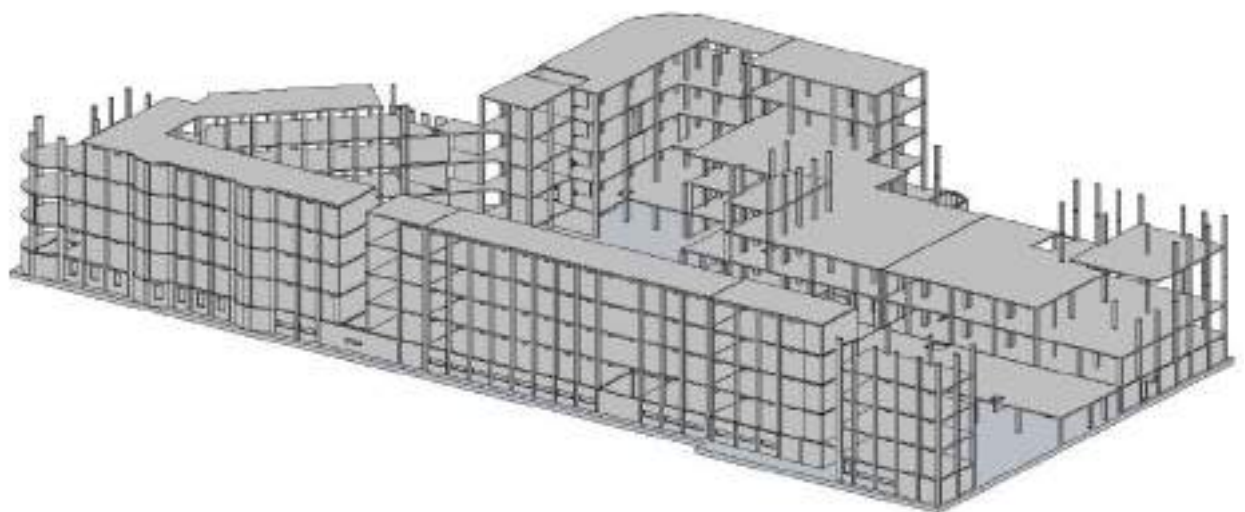


Рисунок 7 – Несущие конструкции здания в среде Autodesk Revit

На рисунке 8 представлена та же модель после экспортирования в расчетный комплекс в среде ПК Лира 10

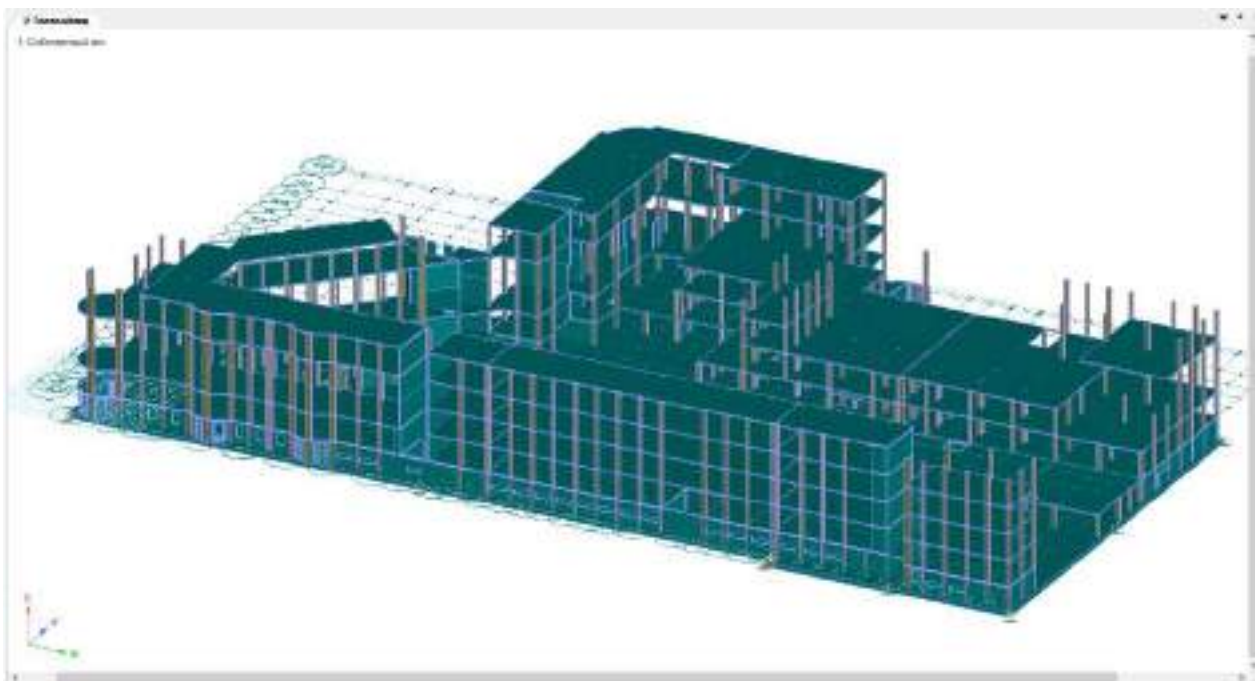


Рисунок 8 – Несущие конструкции здания после экспорта в ПК Лира 10

Данный подход позволяет обеспечить комплексный расчет несущих конструкций здания с учетом полученных прочностных характеристик, уменьшая при этом трудозатраты на повторное построение модели в расчетном комплексе, а также за счет автоматизации минимизируется возможность ошибки при задаче прочностных характеристик материалов конструкций.

ВЫВОДЫ

Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что на данный момент применение информационных технологий при реконструкции (реставрации) и техническом обследовании зданий и сооружений, позволяет значительно сократить трудозатраты на непосредственные работы по объекту. Согласно экспертным оценкам, представленным в [16], ускорение общего срока проектирования достигает 40%. Также применение BIM-технологий позволяет минимизировать человеческий фактор за счет высокого уровня автоматизации.

К сожалению, на данный момент уровень входа в информационные технологии достаточно высок. При единичных объектах создание базы для информационного моделирования зданий и сооружений при реконструкции (реставрации) и техническом обследовании зачастую бывает не оправдан. Но при увеличении спроса на данный вид услуг под воздействием, на наш взгляд, данных факторов: окончание срока эксплуатации массового строительства 1970-1980 годов, по информации [17] на конец 2018 года количество многоквартирных домов, требующих капитального ремонта, составляет 139978; массовая цифровизация отрасли, проектно-изыскательские организации будут вынуждены внедрять данные технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. СП 333.1325800.2017 // Свод правил. 2018. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556793897>. Дата обращения: 01.11.2021
2. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений СП 13-102-2003 // Свод правил. 2004. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200034118>. Дата обращения: 01.11.2021

3. Малахов В.И. BIM-NET как базис цифрового строительства // Курс лекций. 2019. Режим доступа: <https://samovod.ru/content/articles/57922>. Дата обращения: 01.11.2021
4. Байбурин А.Х., Кочарин Н.В. Применение цифровых технологий в строительстве // Учебное пособие. 2020. Режим доступа: https://sskural.ru/qms/1_tekhnicheskoe_regulirovanie/up/up-ssk-03-2020.pdf. Дата обращения: 01.11.2021
5. Пешков А.В. Разработка организационно-экономического механизма внедрения smart-пространства в бизнес-процессы строительной организации // Научная статья Интернет-журнал «Проблемы социально-экономического развития Сибири». 2021 Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=32307>. Дата обращения: 01.11.2021
6. Чубрик Д.И., Свидунови А.В., Ковылин С.В. Шаблоны Autodesk Revit 2019 к BIM Стандарту Autodesk // Руководство пользователя. 2020. Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/community>. Дата обращения: 01.11.2021
7. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. // Практическое издание. 2015. Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000018960/. Дата обращения: 01.11.2021
8. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование // Учебное издание. 2011. Режим доступа: <http://www.cstroy.ru/Document>. Дата обращения: 01.11.2021
9. Ануфриев Д.П., Жолобов А.В., Боронина Л.В. Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений // Учебное пособие. 2013. Режим доступа: <https://www.litres.ru/a-l-zholobov/novye-konstrukcii-i-tehnologii-pri-rekonstrukcii-i-stroitelstve-zdaniy-i-sooruzheniy-17186695/>. Дата обращения: 02.11.2021
10. Пеньковский Г.Ф. Основы информационных технологий и автоматизированного проектирования в строительстве // Конспект лекций. 2008. Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/437/67437/files/Penjkovskij_uchebni.pdf. Дата обращения: 02.11.2021
11. Петров К.С., Швец Ю.С., Корнилов Б.Д. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2018. Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5255>. Дата обращения: 02.11.2021
12. Ерофеев П.С., Манухов В.Ф., Карпушин С.Н. Применение технологии bim в архитектурном учебном проектировании зданий и сооружений. // Научный журнал «Инженерные технологии и системы». 2015. Режим доступа: <http://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/articles/32-15-1/131-10-15507-vmu-025-201501-105>. Дата обращения: 02.11.2021
13. Колесников А.В. Программный Комплекс Лира 10.6, Как Элемент BIM-Технологий. // Учебная презентация. 2016. Режим доступа: <https://lira-soft.com/download/present/>. Дата обращения: 02.11.2021
14. Колесников А.В. Программный комплекс ЛИРА 10.6 как элемент BIM-технологии. Возможности программного комплекса для расчета стальных конструкций. // Учебная презентация. 2016. Режим доступа: <https://lira-soft.com/download/present/>. Дата обращения: 03.11.2021
15. Бенклян С.В., Кисель Т.Н., Король М.В., Новикович Н. Руководство по информационному моделированию (bim) для заказчиков на примере промышленных объектов. // Руководство пользователя. 2019. Режим доступа: https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/node/publication/field-files/2019-09/bim_guide_for_owners_%28clients%29_of_industrial_facilities_2019-03-18.pdf. Дата обращения: 03.11.2021
16. Оценка применения BIM-технологий в строительстве Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний // Отчет 2016. Режим доступа: https://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf. Дата обращения 03.11.2021
17. Жилищное хозяйство в России. 2019 // Статистический сборник. Росстат. - Ж72 М., 2019. – 78 с. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Jil-kom_hoz-vo%202019.pdf. Дата обращения 03.11.2021

ТЕХНОЛОГИЯ BIM 4D ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МОНОЛИТНОГО ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

Ле Во Фу Тоан¹, Ле Чунг Хиеу², Данг Вьет Лонг³

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,

¹ hskdtoan@gmail.com

² hiuletrg@gmail.com

³ long19004066@gmail.com

Аннотация

В настоящее время строительство представляет собой очень сложную область, поэтому автоматизированное проектирование должно улучшать качество строительной продукции, и себестоимость из-за автоматизации становится минимизированной. В данной статье был произведен анализ технологии BIM 4D, в особенности на этапе планирования строительных объектов и управления проектами, на примере строительства монолитного высотного здания в городе Ханоя, Вьетнам. В результате исследования выяснилось, что использование BIM 4D позволяет наглядно представить процесс строительства объекта. Виртуальное создание 4D графика строительства значительно сокращает время обсуждения технических проблем в строительстве и принятия решения. Благодаря планированию и мониторингу 4D BIM получаемая информация становится более наглядной, что позволяет конструктивно общаться и принимать эффективные решения.

ВВЕЕНИЕ

Информационная модель здания (BIM) – это качественно согласованная, скоординированная и взаимосвязанная модель, имеющая геометрическую привязку, подходящая для расчетов и анализа, позволяющая производить необходимые обновления числовой информации о спроектированном, построенном или эксплуатируемом объекте благодаря использованию компьютера. Основным критерием успеха проекта является хорошо составленный план, поэтому проблема точного расчета сроков прогнозирования строительства и анализа хода строительства в реальном времени становится актуальной [1]. При использовании BIM-моделирования можно легко спроектировать сразу несколько вариантов проектных решений и представить их заказчику. При этом каждый из вариантов проекта правильно рассчитан и представлен в наглядной форме в виде плана, аксонометрии, фотореалистичной визуализации и даже в виде анимации (см. рис. 1). Для эффективного решения многих проблем и сложностей в отрасли строительства разработаны информационные модели BIM 4D, позволяющие иметь обзор всего проекта, касающийся плана, компоновки, а также предвидеть возможные конфликты, которые необходимо разрешить.

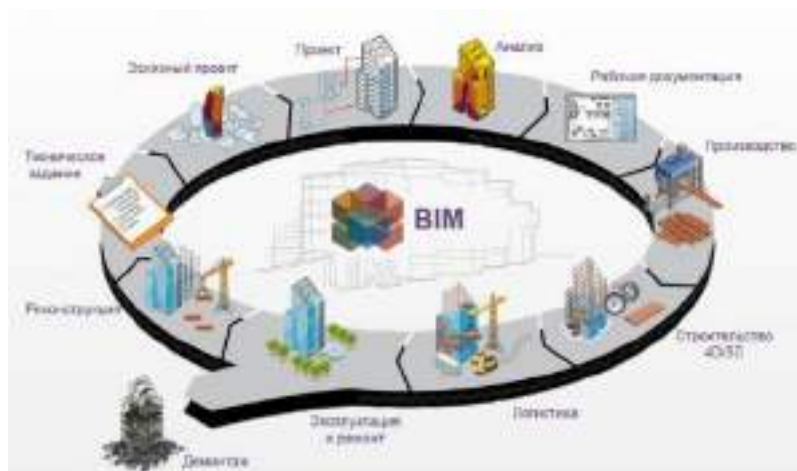


Рис. 1. Виды проектируемых объектов, получаемых на основе BIM- технологии (рисунок из презентации к докладу Н.А. Андреевой, представленного в феврале 2020).

Поиск решения поставленной научной задачи начался с изучения материала публикации Кузнецова К.К. «Исследование возможностей применения 4D BIM технологий для управления Архитектурным проектом» (2016 г.), где приведена теория модели BIM 4D. BIM (Building Information Modeling – информационное моделирование строения) [2]. В статье Бовтеева С. В. «4D моделирование в строительстве» представлены превосходства модели BIM [3]. Однако у этой модели есть несколько недостатков, которые проанализированы в статье Коровина М. Д., Шавва А. А. «Сложности перехода к BIM проектированию» [4]. В статье Нечипорук Я., Башкова Р. «Краткий обзор 4D моделирования в строительстве» представлена последовательность формирования модели BIM [5] (показано на рис. 2).



Рис. 2. Продолжительность создания модели BIM 4D [5]

Во Вьетнаме начинали применять документацию по использованию модели BIM согласно предложению 36-NQ/TW от 01/7/2014 правительства Вьетнама по ускорению применения модели BIM в строительстве и при эксплуатации строительных объектов. При строительстве уникальных зданий могут применять модель BIM на 60%. Пример проекта Landmark 81, проекта Vinhomes Central Park (см. рис. 3) запроектирован технологией BIM на 80 %, на этапе организации и управления, высота составляет 81 этажей и 461,2м.



Рис. 3. Проект Vinhomes Central Park во Вьетнаме

Виды инвестиционно-строительных проектов, разрабатываемых на платформе BIM во Вьетнаме – это многоэтажные дома, финансируемые зарубежными инвесторами; объекты, принадлежащие частным предпринимательским организациям; многоэтажные дома со сложной конструктивной и надземной частью.

Применение модели BIM 4D расширяется и набирает популярность в мире. Применение технологии BIM 4D дает множество преимуществ. Тенденция развития технологии BIM согласуется с развитием информатики для снижения сложности организации строительства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработать модель календарного планирования с использованием информационной технологии BIM 4D в организации строительства объекта в инженерно-геологических условиях на строительной площадке в г. Ханое, Вьетнам.

Участок расположен по адресу: Вьетнам, г. Ханой на улице Нгуен Чаи, дом 69 в районе Хадонга. Предлагаемое объемно-планировочное решение 18-ти этажного здания с подвалом и техэтажом расположено на пересечении улиц Нгуен Чаи д. 69 в районе Хадонга, г. Ханой (см. рис. 4).

Восемнадцатэтажное здание с подвалом и техническим этажом в плане имеет форму, близкую к квадрату с размерами в осях 32,44×35,68 м. Отметка низа подвала -3.500. Высота 1-го этажа - 3,3 м, высота 2-го и выше следующих -3,0 м, высота технического этажа-2,1 м.

Рис. 4. Высотное здание, спроектированное с применением модели 4D на процессе разработки организационно-технологических решений.



Для механизированного процесса продолжительность определяется временем работы основного механизма. Сводом стандарта организации СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 [15] в пункте 4.6.20 показана продолжительность выполнения работ для механизированного процесса определяется по формуле:

$$T_{\text{мех}} = \frac{P}{m \times n}$$

где q – требуемое количество маш./смен;

m – число машин, участвующих в данной работе;

n – число смен работы машины в сутки.

Трудоемкость работы Q определяется по формуле [15]:

где E – нормативное значение в чел./час. на выполнение единицы объема работ;

$$Q = \frac{E \cdot V}{t}$$

V – трудоемкость работы в сменах;

t – количество рабочих часов в смену.

Для формирования бригад служат перечень работ и состав звена, указанных в Норме сметы Вьетнама по циркуляру № 11/2019 / ТТ-ВХД от 26 декабря 2019 г [10].

Модель BIM может применяться на всех стадии разработки проекта, особенно в процессе организации. 4D моделирование объединяет 3D-модель объекта и его календарный план строительства, таким образом обозначая существование тех или иных элементов в определенном отрезке времени. В качестве ПО для реализации технологии 4D моделирования был выбран Autodesk Navisworks Manage. За 4D моделирование отвечает функция Timeliner, с помощью которой можно подгружать график выполнения работ и связывать его с существующей 3D BIM моделью.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве программного продукта для реализации построения 3D модели был выбран Autodesk Revit 18-ти этажного здания с подвалом и техэтажом, расположенного на пересечении улиц Нгуен Чаи д. 69 в районе Хадонга, г. Ханой (см. рис. 5). Основными несущими конструкциями являются наружные монолитные ЖБ стены, монолитные ж/б перекрытия, монолитные диафрагмы жесткости и монолитные лестничные клетки. Участок обустроен детской и игровыми площадками, тротуарами, наружным освещением. Произведено озеленение территории. Основной техникой строительства является башенный кран.



Рис. 5. Модель 3D организации строительства здания:
а) Перспектива; б) Генеральный план 1:600. А- Здание, Б- Обозначение машиномест, В- Место для маломобильных групп населения, Г- Десткая площадка и площадка для занятий физкультурой, Д- Газонное покрытие и деревьев

Общая трудоёмкость проектируемого здания: число: $Q \square 25856,73 \text{ чел./дней}$ в том

- трудоёмкость рабочих: $V \square 24730,37 \text{ чел./дней}$;
- трудоёмкость машинистов: $T_{\text{мех}} \square 1126,36 \text{ маш./смен}$.

Матрицы работ по трем разновидностям МОР (НИР, МКР, НОФР) для нормирования продолжительности строительства зданий и сооружений» для монолитного 18-ти этажного жилого дома общей строительной площадью

$12520,2 \text{ м}^2$ принимается нормативная продолжительность равная $T_{\text{норм}} \square 22,6 \text{ мес}$.

и один месяц подготовительного периода. Сравнение методов организации работ приведено в табл. 1.

Таблица 1. Формирования комплекса работ и определение их продолжительности

| МОР | $T_{\text{ра}}$ сч. | $T_{\text{норм}}$ | $T_{\text{опт}}$ |
|------|------------------------|-------------------|------------------|
| НИР | 375 | 4 9 8 | ОПТ |
| НОФР | 253 | | |
| МКР | 253 | | |

По результатам сравнения вариантов организации работ оптимальным является МКР.

По результатам сравнения вариантов организации работ календарный план организации высотного здания разрабатывается по МКР.

Для создания календарного планирования строительства используется программа Microsoft Project (показано на рис. 6).



Рис. 6. Календарный график строительства

После этого в процессе управления проектом выполняется анализ плановых и фактических дат выполнения в Navisworks и в полной мере внедряются технологии 4D моделирования. Получив результаты модели BIM 4D, можем отмечать процессы выполнения проекта по каждому рубочным дней, что показано в форме рисунков ниже.



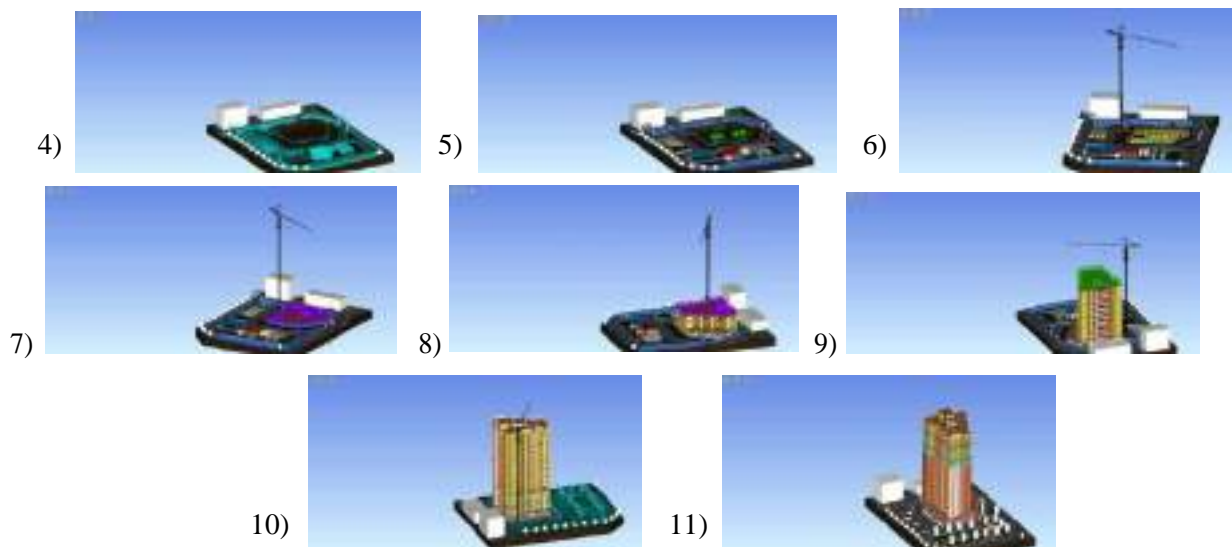


Рис. 7. Модель 4D строительства высотного здания:

- 1 - Точка обзора на рабочие дни начала работ; 2 - Точка обзора на рабочие дни земляных работ; 3 - Точка обзора на рабочие дни земляных работ; 4 - Точка обзора на рабочие дни земляных работ; 5 - Точка обзора на рабочие дни свайных работ; 6 - Точка обзора на рабочие дни нулевого цикла работ; 7 - Точка обзора на рабочие дни нулевого цикла работ; 8 - Точка обзора на рабочие дни надземной части; 9 - Точка обзора на рабочие дни надземной части; 10 - Точка обзора на рабочие дни заполнения приёмов; 11 - Точка обзора на рабочие дни возведения кирпичных стен.

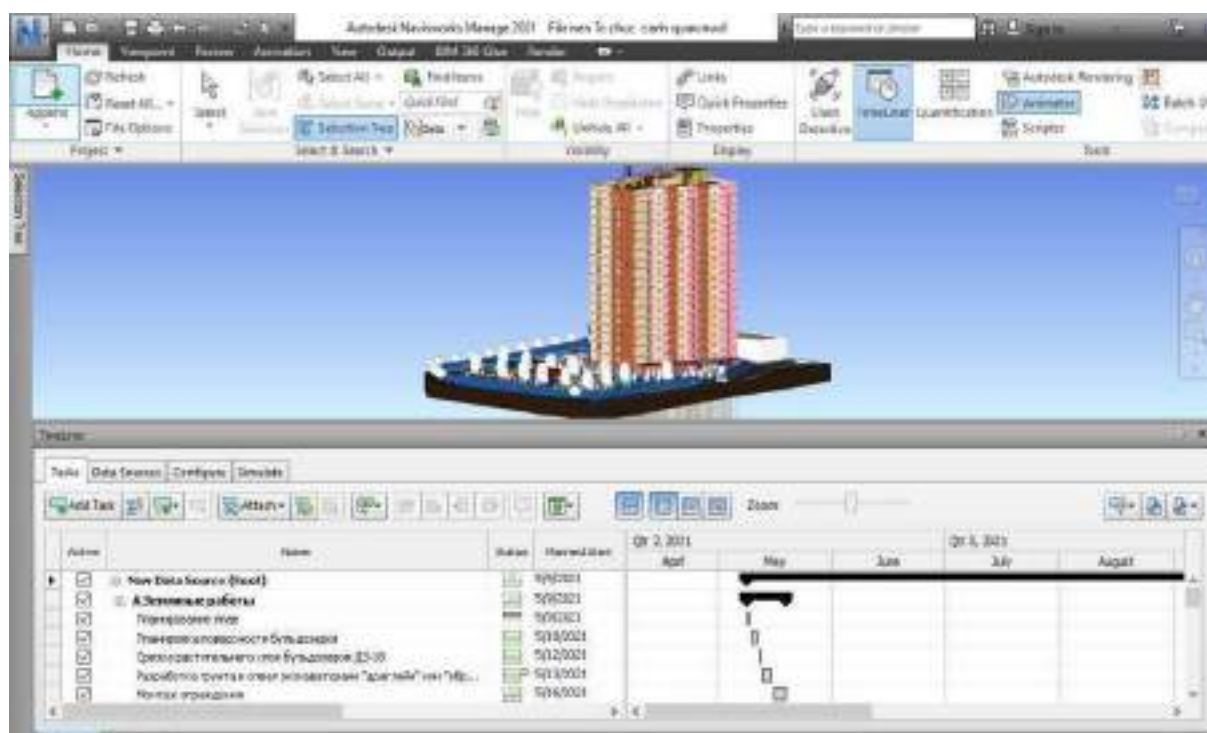


Рис. 8. Модель BIM 4D.

ВЫВОДЫ

Результаты, приведенные на рисунке 8, показывают, что при применении моделирования BIM 4D можно представлять построение высотного здания в пространстве, времени, а автоматизированная система обеспечивает высокую точность, что позволяет осуществлять крупномасштабное проектирование.

Кроме того с поправками в календарном графике или в 3D модели можно быстро обновить в Navisworks и увидеть другой результат, можно испытывать модель в различных условиях, проверять ее на коллизии. Также и показатели информационной панели можно обновлять в соответствии с внесенными изменениями.

Однако существуют недостатки при внедрении модели BIM, которые заключаются в высокой стоимости, большом количестве времени для освоения модели специалистами и множественности среды модели BIM, что приводит к трудностям в использовании модели BIM.

Разработка организационно-технологических решений по строительству монолитного высотного здания с применением технологии BIM 4D в организации строительства объекта в городе Ханоя, Вьетнам, послужит наглядным материалом для развития и продвижения информационной технологии в проектном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафонов Н. А. Рациональные методы управления возведением зданий и сооружений с использованием BIM-технологий /сборник: Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народнохозяйственных комплексов / сборник статей X Международной научно- практической конференции. – 2019. – С.245-249.
2. Кузнецова К. К. Исследование возможностей применения 4D BIM технологий для управления Архитектурным проектом – 2016, С.2, В сборнике - Сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции. – 2016. – С.183-185.
3. Бовтеев С. В. 4D моделирование в строительстве / статья [электронный ресурс] / <https://ppr48.ru/blog/4d-modelirovanie-stroitelstvo> (дата обращения 24.01.2011).
4. Коровина М. Д., Шавва А. А. Сложности перехода к BIM проектированию / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 12-3. – С. 124-127.
5. Нечипорук Я., Башкова Р. Краткий обзор 4D моделирования в строительстве // Архитектура. Строительство. Образование. – 2020. – № 1 (15). – С. 38.
6. Колчин В. Н. Применение BIM-технологий в строительстве и проектировании / Текст : электронный // «Инновации и инвестиции». Строительство и архитектура. – 2019. – № 2. –С. 209-214.
7. ГЭСН-2001 (Государственные элементные нормы на строительные работы) Госстрой России, 2000.
8. СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (с Изменением № 1).
9. ТСВН 4055:1985 Организация строительства.
10. Циркуляр № 11/2019 / ТТ-ВХД от 26 декабря 2019 г. «Руководство по определению и управлению инвестиционными затратами на строительство».
11. ТСВН 4252:1988. Организация процесса проектирования строительства и строительное проектирование – Правила строительства и приемки.
12. Приложение № 348 / QD-ВХД от 2 апреля 2021 г. «О публикации Общего руководства по применению информационных моделей зданий».
13. ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017. Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Ч. 2 Основы классификации информации.
14. ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017. Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Ч.3 Основы обмена объектно- ориентированной информацией Файл.
15. СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011. Организация строительного производства. Подготовка и производство строительных и монтажных работ (с Поправкой).

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

О. Н. Кузина¹, К. А. Агаханова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹kuzinaon@mgsu.ru

²AgahanovaKA@mgsu.ru

Аннотация

Формирование технологической карты (ТК) в настоящем исследовании рассматривается как часть организационно-технологической модели объекта капитального строительства. В контексте применения новых сквозных цифровых технологий для отрасли в статье рассматривается проблематика формирования технологических карт с учетом применения в качестве основных технологий производства работ сквозных цифровых. В ТК включаются наиболее прогрессивные и рациональные методы по технологии строительного производства, способствующие сокращению сроков и улучшению качества работ, снижению их себестоимости. ТК составляется на возведение здания, сооружения или его части; на выполнение отдельных видов работ - геодезических, земляных, свайных, каменных, монтажных, бетонных (опалубочных, арматурных), кровельных, отделочных, устройства полов, санитарно-технических и тому подобных работ; на работы подготовительного периода строительства. ТК может быть использована при разработке проекта организации строительства, при подготовке тендерной (договорной) документации подряда, для контроля качества выполнения работ заказчиками, генеральными подрядчиками и надзорными органами, при обучении и повышении квалификации рабочих и ИТР, в учебном процессе в строительных вузах и техникумах.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10 - 15 лет переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта является приоритетом научно-технологического развития Российской Федерации [1]. Кроме того, поручением Президента РФ от 19 июля 2018 года N Пр-1235 Правительству проложен курс на цифровизацию отрасли, которая предполагает формирование такой системы строительного производства, которая позволит управлять жизненным циклом объектов капитального строительства, используя цифровые технологии [2].

При этом основные задачи применения цифровых технологий: сокращение времени принятия решений, выполнения основных операций проекта и вывода готового объекта в эксплуатацию. Цифровые технологии позволяют формировать модель объекта для оперативного управления изменениями и прогнозирования возможных эффектов от принятых решений. Если рассматривать создание модели с точки зрения методологии системного инжиниринга, то моделирование в качестве центрального процесса системного проектирования уже на ранних стадиях проектирования сложных систем может учитывать: документирование процессов, участников и функций, требования системы, вести оценку/сравнение эффективности, затрат и возможных изменений, что позволит управлять рисками и затратами, а также повысить производительность труда. Безусловно, стандарты моделирования играют важную роль в реализации проекта и получения заданных целевых результатов, но они формируются исходя из тех технологий сбора, анализа, обработки, структурирования данных, которые были определены в требованиях заказчика [3].

В рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в федеральном проекте «Цифровые технологии» были разработаны дорожные карты по развитию сквозных цифровых технологий: нейротехнологии и искусственный интеллект, технологии виртуальной и дополненной реальности, технологии распределенного реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, компоненты робототехники и сенсорики, технологии беспроводной связи [4].

В соответствии с планом мероприятий по совершенствованию ценообразования в строительстве РФ от 10.12.2020 №11789п-П16 (утв. зам.пред.Правительства РФ М.Ш. Хуснуллиным) под п.2.5. значится задача - «Обеспечение перехода на ресурсно-индексный метод определения сметной стоимости строительства с одновременным использованием текущих цен ресурсов из ФГИС ЦС и индексов пересчета» со сроком исполнения во 2 квартале 2022 года. Ожидаемый результат: обеспечение безболезненного перехода на ресурсную модель с постепенным повышением точности сметной стоимости строительства за счет увеличения объема информации о текущих сметных ценах строительных ресурсов во ФГИС ЦС. В том же документе в п. 4.2. стоит задача интеграции ФГИС ЦС с информационными системами Минтранс, Росавтотранс, Ространсmodernизация, ГИСОГД, ЕГРЗ для получения достоверной стоимости о производителях и выпускаемой продукции, тарифах на перевозку строительных ресурсов, повышения достоверности сметных цен [5].

Федеральный закон от 01.07.2021 № 275-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» подразумевает изменение подхода к порядку определения перечня административных процедур, а также закрепляется понятие «рабочая документация» - как документация, содержащая материалы в тестовой и графической формах и (или) в форме информационной модели, в соответствии с которой осуществляются строительство, реконструкция объекта капитального строительства, их частей. Установлено, что рабочая документация разрабатывается на основании проектной документации. Подготовка проектной документации и рабочей документации может осуществляться одновременно [6].

Следующая фиксация констатирует, что экспертиза проектной документации проводится по стадии П (проект), а строительство и приемка законченного объекта ведется по стадии РД (рабочая документация), которая уточняет стадию П, а, следовательно, и основные технико-экономические показатели объекта, например, сроки и стоимость. При этом не определены критерии существенности отклонений рабочей документации от проектной, на основе которых может быть выдано заключение о соответствии построенного объекта проектной документации и нормативным требованиям в строительстве (рис.1).

Рис.1. Этапы формирования документации в системе строительной отрасли

| Движение данных | Входные данные | Процессы формирования и обработки данных | Выходные данные |
|--|---|--|--|
| Типы документации на разных этапах работы системы | Рабочая документация со штампом «в производство работ», включая ПОС и рабочие сметы | Исполнительная документация; Строительный контроль; Авторский надзор | Заключение о соответствии построенного объекта проектной документации; Исполнительная документация |
| Типы формируемых информационных моделей | Информационная модель, прошедшая экспертизу | Исполнительная информационная модель | Исполнительная информационная модель+ данные мониторинга состояния элементов объекта |

Также обстоят дела и с организационно-технологической документацией в строительстве: экспертизу проходит проект организации строительства (ПОС), а строительство ведется по проекту производства работ (ППР). И данные разрыв является существенным с точки зрения формирования единой организационно-технологической модели объекта, состоящий из всех видов ресурсов, которые завязаны в пространстве и во времени. ППР разрабатывают для определения наиболее эффективных методов выполнения строительного-монтажных работ, снижения себестоимости и трудоемкости, сокращения продолжительности строительства, повышения степени использования строительных машин и оборудования, улучшения качества строительного-монтажных работ. Ведение строительства без ППР запрещается. ПОС разрабатывает проектная организация, ППР разрабатывает строительного-монтажная организация или специализированная, предназначенная для оказания технической помощи и внедрения новых технологий [7].

Соединяя все вышесказанное, можно выделить несколько проблемных точек:

1. Для осуществления перехода к цифровому строительству необходимо определить методологию осуществления основных процессов жизненного цикла объекта с использованием различных цифровых технологий.
2. Далее следует определить, как правильно и качественно формировать информационную модель и в дальнейшем ее использовать.
3. Необходим стандарт коммуникационных процессов – организация работы в среде общих данных с заданным уровнем доступа.
4. Необходим алгоритм создания технического задания для формирования модели на каждом этапе жизненного цикла объекта.
5. Необходима единая организационно-технологическая ресурсная информационная модель объекта, интегрированная с государственными информационными системами, средой общих данных по объекту.
6. Необходим алгоритм сбора, анализа, обработки, согласования, хранения данных в информационную модель на этапе строительства посредством запланированных в организационно-технологической ресурсной модели алгоритмов реализации операций с помощью сквозных цифровых технологий. [8,9]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Единая организационно-технологическая ресурсная информационная модель объекта формируется на этапе планирования, то есть в рамках формирования ПОС и ППР.

В центре внимания системной инженерии как междисциплинарного подхода преобразование плана в действия с учетом потребностей, ожиданий и ограничений участников и поддержки принятых организационно-технологических решений на всем протяжении жизненного цикла объекта [10].

Проект производства работ является частью организационно-технологической документации в строительстве и представляет собой документированную модель процессов строительного производства по возведению объектов от начала подготовительных строительного-монтажных работ до сдачи объектов в эксплуатацию [7]. В рамках ППР определяются:

- виды и объемы строительного-монтажных работ по каждому объекту,
- последовательность и сроки их выполнения,
- потребность и сроки поступления на строительную площадку всех видов материально-технических ресурсов, строительных машин, рабочих кадров,
- рациональная технология и безопасные условия выполнения работ.

Утвержденный ППР является основанием для оперативного планирования, контроля, регулирования и учета строительного производства. ППР разрабатывают с целью регламентации выполнения строительного-монтажных работ наиболее эффективными методами с исследованием оптимальных составов бригад рабочих, комплектов строительных механизмов и ручных машин, обеспечивающих сокращение продолжительности строительства, снижение трудоемкости, себестоимости и улучшение качества строительного-монтажных работ [7].

ППР содержат в своем составе технологические карты (ТК). ТК наряду с ПОС и ППР является основным организационно-технологическим документом в строительстве. ТК содержит комплекс мероприятий по организации труда с наиболее эффективным использованием современных средств механизации, технологической оснастки, инструмента и приспособлений. В ТК включаются наиболее прогрессивные и рациональные методы по технологии строительного производства, способствующие сокращению сроков и улучшению качества работ, снижению их себестоимости. ТК составляется на возведение здания, сооружения или его части; на выполнение отдельных видов работ - геодезических, земляных, свайных, каменных, монтажных, бетонных (опалубочных, арматурных), кровельных, отделочных, устройства полов, санитарно-технических и тому подобных работ; на работы подготовительного периода строительства. ТК может быть использована при разработке проекта организации строительства, при подготовке тендерной (договорной) документации подряда, для контроля качества выполнения работ заказчиками, генеральными подрядчиками и надзорными органами, при обучении и повышении квалификации рабочих и ИТР, в учебном процессе в строительных вузах и техникумах. ТК разрабатывается для обеспечения строительства рациональными решениями по организации, технологии и механизации строительных работ [11].

Ресурсной точности можно добиться только при высоком уровне планирования обеспечения процессов деятельности, для этого и внедряются и сквозные цифровые технологии. Они позволяют обрабатывать большой объем получаемых данных на этапе строительства и формировать исполнительную документацию, а также решать сложные аналитические задачи и минимизировать риски, в частности риски по достоверности сметной стоимости [12].

Перспективы развития автоматизации строительного производства (строительных машин и технологических процессов):

- создание и внедрение контрольно-информационных автоматизирующих средств и систем для целей строительного контроля (применения БПЛА, лазерного сканирования, большие данные); [13]

- создание и внедрение автоматизирующих средств и систем управления рабочими органами машин (робототехника, сенсорика и аддитивные технологии); [14]

- используя массовое применение вышеуказанных двух направлений, создание и внедрение автоматических машин и выполнение технологических процессов в автоматическом режиме (робототехника, сенсорика и аддитивные технологии); [15]

- применение беспроводной связи на строительной площадке – обеспечение бесперебойной коммуникации между участниками процессов, а также формирования баз больших данных, для обработки и использования которых разрабатываются алгоритмы, основанные на методах искусственного интеллекта; [16]

- использование VR-технологий для обучения специалистов, выполняющих сложные или опасные работы, посредством моделирования и отработки возможных ситуаций, а также для проведения строительного контроля;

- управление проектом и прогнозирование изменений технико-экономических показателей проекта[17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современные требования общества и отрасли, в частности указанные во введении, определяют новый вектор развития организационно-технологических моделей. Настоящее исследование направлено на разработку и описание новой практики управления операциями в строительстве, основываясь на ресурсной точности и организационной эффективности решений, указанных в технологических картах, которые позволят выполнять разработанные планы в срок и с заданной достоверностью. На рисунке 2 показана схема формирования типовой технологической карты, процессы в которой выполняются с помощью сквозных цифровых технологий.



| Организация и технология выполнения операций. Уровень исполнения | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|
| Техника безопасности и охрана труда | | | | | |
| Подготовительный период | | | Основной период | | |
| Схема транспортирования, складирования | Схема расстановки и машин | Схема организации и рабочей зоны | Технологические схемы процесса (операций) | Схемы механизации работ (расстановки на объекте машин, технологического оборудования и оснастки) | График и последовательность выполнения, взаимосвязка и совмещение работ |
| Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии |
| Потребность в материально-технических ресурсах | | | | | |
| Перечень машин и технологического оборудования | | Перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений | | Перечень материалов и изделий. | |
| Организация и технология выполнения операций | | | | | |
| Техника безопасности и охрана труда | | | | | |
| Заключительный период | | | | | |
| Демонтаж технологического оборудования | | Благоустройство территории после выполнения работы | | Снятие предупредительных знаков и щитов, ограждений | |
| Потребность в материально-технических ресурсах | | | | | |
| Перечень машин и технологического оборудования | | Перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений | | Перечень материалов и изделий. | |
| Вид сквозной цифровой технологии | | Вид сквозной цифровой технологии | | Вид сквозной цифровой технологии | |
| Требования к качеству работ | | | | | |
| Подготовительный период | Основной период | | Заключительный период | | |
| Входной контроль проектной и технологической документации; Входной контроль применяемых строительных материалов, изделий и конструкций | Операционный контроль технологического процесса; Приемочный контроль качества работ, смонтированных конструкций и оборудования, построенных зданий и сооружений | | Оформления результатов контроля качества и приемки работ. | | |
| Вид сквозной цифровой технологии | Вид сквозной цифровой технологии | | Вид сквозной цифровой технологии | | |

Рис.2. Схема формирования типовой технологической карты

ВЫВОДЫ

Вендоры программного обеспечения предлагают решения по автоматизации разработки цифровых технологических карт, тем не менее, эта сфера разработки имеет большой потенциал для развития решений по производству и применению организационно-технологических решений:

- совершенствование инструментов по разработке цифровых технологических карт за счет насыщения библиотек технологических решений в пространстве информационных моделей и применения сквозных технологий;

- добавление параметрических семейств строительных механизмов и элементов строительных генеральных планов;
- внедрение средств оптимизации принятых решений;
- совмещение проекта организации строительства (ПОС) из стадии «проект» и ППР в единую пополняемую ЦОТМ, введение экспертизы ЦОТМ и контроль производства на соответствие проекту для сокращения количества аварий по причине нарушений технологии работ;
- совершенствование нормативных документов и гармонизация их с мировыми тенденциями в техническом регулировании организационных решений строительного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (далее – Стратегия) утверждена Указом Президента России от 1 декабря 2016 года №642.
2. Поручение Президента РФ от 19 июля 2018 года N Пр-1235 Правительству РФ.
3. Estefan, J. 2008. A Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies, rev. B. Seattle, WA, USA: International Council on Systems Engineering. INCOSE-TD-2007-003-02. Available at: http://www.omg-sysml.org/MBSE_Methodology_Survey_RevB.pdf. Accessed April 13, 2015.
4. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Дата обращения 07.11.20 <http://government.ru/info/35568/>
5. План мероприятий по совершенствованию ценообразования в строительной отрасли Российской Федерации" (утв. Правительством РФ 10.12.2020 N 11789п-П16).
6. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2021).
7. СП 48.13330.2019 "СНиП 12-01-2004 Организация строительства".
8. Кузина О.Н., Щедрина Л.Е., Мезенцева О.А. Классификатор цифровых технологий производства строительных работ. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 954-959.
9. Kuzina O. Information technology application in the construction project life cycle//IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044.
10. Estefan, J. 2008. A Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies, rev. B. Seattle, WA, USA: International Council on Systems Engineering. NCOSE-TD-2007-003-02. Available at: http://www.omg-sysml.org/MBSE_Methodology_Survey_RevB.pdf.
11. МДС 12-29.2006 Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты.
12. Кузина О.Н. Информационное моделирование стоимости объекта строительства на каждом этапе жизненного цикла. Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 1. С. 107-111.
13. Ларин В.С., Кравцов Л.С. Организация поставок строительных материалов на строительный объект с использованием технологии ИОТ. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ. 2020. С. 491-494.
14. Жаркова А.В. Алгоритмическое проектирование для 3d печати при реставрации элементов фасада со сложной геометрией. В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ. 2020. С. 463-468.
15. Кузина О.Н., Уткин М.А. Информационные технологии моделирования объектов для аддитивного производства. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 312-316.
16. Сорокина Е.А., Кузина О.Н. Цифровые двойники в умном городе. // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 498-501.
17. Кузина О.Н. Методика оценки эффективности цифровой трансформации строительства (IQ проекта). Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 12. С. 46-50.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

А. В. Гинзбург

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
ginav@mgsu.ru*

Аннотация

Переход на технологии информационного моделирования, современные сквозные цифровые и информационные технологии - актуальная задача, стоящая перед всей экономикой страны и, в том числе - перед строительной отраслью. Информатизация всех производственных и организационных процессов на протяжении полного инвестиционно-строительного цикла объекта капитального строительства (от инженерных изысканий до стадии сноса и утилизации отходов), может позволить перевести отрасль на современный производственный уклад, соответствующий требованиям научно-технического прогресса.

Важнейшим требованием является подготовка высококвалифицированных кадров строителей, владеющих компетенциями, позволяющими им применять сквозные цифровые технологии в повседневной практике. Кроме того, необходимы специалисты, углубленно владеющие не только умением применить цифровые технологии, но и умеющие обеспечить эффективное функционирование информационной среды, обмен данными между участниками всех этапов жизненного цикла объекта капитального строительства. Без наличия хорошо подготовленных кадров с необходимыми информационными компетенциями сегодня уже невозможно решать целый ряд задач, стоящих перед современным строительным комплексом.

В данной работе рассматриваются подходы к эффективному обучению специалистов строителей по разным направлениям подготовки с целью обеспечить необходимые знания, навыки и умения применения информационных технологий в строительной сфере.

ВВЕДЕНИЕ

Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р, ориентируясь на «Стратегию развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы», исходит из того, что цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме, и способствует формированию информационного пространства с учетом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений, развитию информационной инфраструктуры Российской Федерации, созданию и применению российских информационно-телекоммуникационных технологий, а также формированию новой технологической основы для социальной и экономической сферы.

В целях управления развитием цифровой экономики настоящая Программа определяет цели и задачи в рамках 5 базовых направлений развития цифровой экономики в Российской Федерации на период до 2024 года:

- нормативное регулирование;
- кадры и образование;
- формирование исследовательских компетенций и технических заделов;
- информационная инфраструктура;
- информационная безопасность.

В рамках направления «Кадры и образование» сформулирована цель: формирование среды развития и эффективного функционирования общества знаний. На

рис. 1 представлен перечень задач, которые необходимо решить в рамках Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и перечень сквозных цифровых технологий, которые должны быть внедрены во всех промышленных отраслях страны, включая строительство.



Рис. 1. Задачи и сквозные информационные технологии Программы «Цифровая экономика Российской Федерации»

Для решения указанных задач и активного внедрения сквозных информационных технологий необходима разработка программ с использованием цифровых компетенций для строительных образовательных программ различных уровней [1-3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой для выбора необходимых компетенций в настоящее время, в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), являются профессиональные стандарты. Для строительства основным документом, напрямую адресующим к цифровым информационным технологиям, является профессиональный стандарт «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве».

На рис. 2 представлены обобщенные трудовые функции на соответствующем уровне квалификации специалиста. Уровень квалификации, в свою очередь, определяет необходимый уровень образования (бакалавриат, специалитет, магистратура).

При разработке программы подготовки обучающихся образовательная организация формирует требования к результатам ее освоения в виде универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных компетенций (ПК) выпускников. В соответствии с действующими требованиями образовательные программы делятся на 2 части:

- обязательная;
- формируемая участниками образовательных отношений.

| Уровень квалификации | Обобщенная трудовая функция | Уровень образования |
|----------------------|---|-----------------------------|
| 5 | Техническое сопровождение информационного моделирования объекта капитального строительства | Бакалавриат |
| 6 | Разработка и использование структурных элементов информационной модели объекта капитального строительства на этапе его жизненного цикла | Бакалавриат |
| 6 | Организация разработки и использования структурных элементов информационной модели объекта капитального строительства на этапе его жизненного цикла | Бакалавриат Специалитет |
| 7 | Управление процессами информационного моделирования объекта капитального строительства на этапах его жизненного цикла | Специалитет Магистратура |
| 7 | Управление деятельностью по внедрению, поддержке и развитию технологий информационного моделирования объекта капитального строительства на уровне организации | Специалитет Магистратура |

Рис. 2. Взаимосвязь требований профессионального стандарта «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве» с уровнем образования

К обязательной части программы относятся дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование общепрофессиональных компетенций, а также профессиональных компетенций, установленных в качестве обязательных (при наличии). Дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование универсальных компетенций, могут включаться в обязательную часть программы и в часть, формируемую участниками образовательных отношений.

Организация устанавливает в программе индикаторы достижения компетенций и самостоятельно планирует результаты обучения по дисциплинам (модулям) и практикам, которые должны быть соотнесены с установленными в программе индикаторами. Совокупность запланированных результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам должна обеспечивать формирование у выпускника всех компетенций, установленных программой [4, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ показал, что подготовка специалистов, владеющих сквозными цифровыми и информационными технологиями в строительстве, должна базироваться на 2 типах профессиональных образовательных программ:

- основные строительные профессиональные образовательные программы, дополняемые цифровыми компетенциями;
- основные профессиональные образовательные программы, ориентированные на формирование компетенций по созданию, использованию и

сопровождению информационной модели объекта капитального строительства на всех этапах его жизненного цикла.

К первому типу программ относятся программы, готовящие профессионалов-строителей:

- 08.03.01 – бакалавриат – Строительство (все профили);
- 01.03.03 – бакалавриат – Механика и математическое моделирование;
- 08.04.01 – магистратура – Строительство (все программы);
- 08.05.01 – специалитет – Строительство уникальных зданий и сооружений.

Ко второму типу программ относятся программы, готовящие специалистов по разработке, организации и поддержке информационных моделей:

- 09.03.02 – бакалавриат – Информационные системы и технологии (Профиль «Системотехника и информационные технологии проектирования и управления в строительстве»);
- 09.04.01 – магистратура – Информатика и вычислительная техника (программа «Информационное моделирование в строительстве»);
- 09.04.01 – магистратура – Информатика и вычислительная техника (программа «Моделирование автоматизированных систем обработки информации, управления и проектирования в строительстве»).

Серьезной проблемой при подготовке кадров является высокая инерционность образовательной системы. Сегодняшние абитуриенты начнут работать в отрасли только через 4-6 лет. Фактически это означает, что эффективное применение полученных компетенций начнется, как минимум, через 5-7 лет после адаптации выпускника на предприятии.



Рис. 3 Состав базовых дисциплин программы профессиональной переподготовки и магистратуры «Информационное моделирование в строительстве»

Возможным выходом из ситуации является профессиональная переподготовка уже работающих в отрасли специалистов. Им не требуется продолжительная адаптация, а, кроме того, сама профессиональная переподготовка проходит существенно быстрее за

счет того, что обучающийся осваивает только дополнительные цифровые компетенции, а не проходит полный курс подготовки.

На базе действующей программы магистратуры «Информационное моделирование в строительстве» разработана программа профессиональной переподготовки. Состав базовых дисциплин представлен на рис. 3.

Осваивая дисциплины обязательной части и дисциплины по выбору, обучающиеся имеют возможность учета специфики будущей или уже настоящей работы в отрасли [6-10].

ВЫВОДЫ

Внедрение цифровых технологий, технологий информационного моделирования в строительной отрасли имеет свою специфику, связанную с особенностями строительства. Необходимо охватить широкий круг участников инвестиционно-строительного процесса, предусмотреть необходимые компетенции, связанные именно с профессиональной деятельностью. Одновременно требуется подготовка менеджеров и координаторов информационного моделирования, которые призваны, обладая необходимыми знаниями строительной деятельности, обеспечить разработку, организацию и сопровождение информационной модели объекта капитального строительства на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ginzburg A.V. LE IM: Living Environment Information Modelling // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry, ESCI 2018; Ho Chi Minh City; Viet Nam: MATEC Web of Conferences, Volume 193, 05030 (2018).
2. Кузина О.Н., Садовский Д.С. Оптимизация работы пользователя в программах по организационно-технологическому моделированию строительных объектов // В сборнике: Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве. Электронный ресурс: сборник научных трудов кафедры ИСТАС НИУ МГСУ. Москва, 2015. С. 102-108.
3. Горяев Н.А., Князева Н.В. Проектирование системы управления процессом разработки учебно-методических материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1-1. С. 301-305.
4. Князева Н.В., Горяев Н.А. Методы и технологии разработки и создания систем дистанционного обучения // В сборнике: Система дополнительного профессионального образования: структура, технологии, кадры. Труды международной научно-практической конференции. 2010. С. 237-245.
5. Князева Н.В., Горяев Н.А. Совершенствование системы дистанционного обучения в вузе // В сборнике: Система дополнительного профессионального образования: структура, технологии, кадры. Труды международной научно-практической конференции. 2010. С. 209-216.
6. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства / Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 1 (112). С. 7-13.
7. Гинзбург А.В., Каган П.Б. САПР организации строительства. // САПР и графика, 1999 № 9 - с. 32-34.
8. Каган П.Б., Гудков П.К. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением САПР // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 9. С. 164-168.
9. Ginzburg A., Skiba A. Creating an urban area planning design based on the theory of fuzzy logic / Applied Mechanics and Materials Vols. 584-586 (2014), Trans Tech Publications, Switzerland, 2014, -pp. 507-511.
10. Горяев Н.А., Краснощекова А.И., Князев А.А. Анализ рисков, возникающих при внедрении BIM-технологий в строительных организациях // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 7 (1007). С. 58-61.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ И ТРАЕКТОРИЙ КОМПОНЕНТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ В ВИДЕ ДЕЛЬТА ФУНКЦИИ: ЗАДАЧА ЛЭМБА

В. К. Мусаев

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
musayev-vk@yandex.ru*

Аннотация

Актуальность. Приводится информация о численном моделировании контурного напряжения и траекторий компонентов вектора упругих перемещений в полуплоскости при сосредоточенном вертикальном воздействии в виде треугольного импульса (дельта функция). *Методика.* С помощью математического моделирования разработаны алгоритм и комплекс программ для решения плоских (двумерных) задач, которые позволяют получать напряженно-деформированное состояние в сложных объектах. Матрица упругости выражена через скорость продольных волн, скорость поперечных волн и плотность. За основные неизвестные приняты два перемещения и две скорости перемещений в узле конечного элемента. Предложен квазирегулярный подход к решению системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях с начальными условиями и к аппроксимации исследуемой области. Методика основывается на схемах: точка, линия и плоскость. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная конечноэлементная схема. *Результаты.* Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде трапеции-треугольника-трапеции на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Рассмотрена задача о численном моделировании траектории компонентов вектора упругих перемещений с глубиной в полуплоскости при сосредоточенном вертикальном воздействии. Исследуемая расчетная область имеет 12008001 узловых точек. Решается система уравнений из 48032004 неизвестных. Получены траектории упругих перемещений с глубиной в полуплоскости. Траектория упругих перемещений с глубиной в полуплоскости имеет вид деформированного эллипса.

ВВЕДЕНИЕ

Приводится моделирование контурного напряжения, траекторий перемещений на поверхности и с глубиной в упругой полуплоскости с помощью численного метода.

При интерференции волн напряжений их интенсивности складываются. Они могут достигать значений, которые превосходят предел прочности материала. В этом случае наступает разрушение материала.

После нескольких, обычно трех или четырех, прохождений и отражения волн напряжений в деформируемом теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении.

Некоторые вопросы в области моделирования нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–31].

В работах [7–8, 10–14, 17–26, 28, 30] приведена информация о верификации (физической достоверности и математической точности) рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы применяются нестационарные уравнения волновой теории упругости [1–6, 7–8, 10–11, 17–18].

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы рассмотрим некоторое тело Γ в прямоугольной декартовой системе координат XOY , которому в начальный момент времени $t=0$ сообщается механическое нестационарное импульсное воздействие [1–6, 7–8, 10–11, 17–18].

Предположим, что тело Γ изготовлено из однородного изотропного материала, подчиняющегося упругому закону Гука при малых упругих деформациях.

Точные уравнения двумерной (плоское напряженное состояние) динамической теории упругости имеют вид [1–6, 7–8, 10–11, 17–18]

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial X} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial Y} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial X} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial Y} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \quad (x, y) \in \Gamma,$$

$$\sigma_x = \rho C_p^2 \varepsilon_x + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_y, \quad \sigma_y = \rho C_p^2 \varepsilon_y + \rho(C_p^2 - 2C_s^2) \varepsilon_x, \quad \tau_{xy} = \rho C_s^2 \gamma_{xy},$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial X}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial Y}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial Y} + \frac{\partial v}{\partial X}, \quad (x, y) \in (\Gamma \cup S), \quad (1)$$

где: σ_x , σ_y и τ_{xy} – компоненты тензора упругих напряжений; ε_x , ε_y и γ_{xy} – компоненты тензора упругих деформаций; u и v – составляющие вектора упругих перемещений вдоль осей OX и OY соответственно; ρ – плотность материала;

$C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$ – скорость продольной упругой волны; $C_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$ – скорость поперечной

упругой волны; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; $S (S_1 \cup S_2)$ – граничный контур тела Γ .

Систему (1) в области, занимаемой телом Γ , следует интегрировать при начальных и граничных условиях [1–6, 7–8, 10–11, 17–18].

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

Принимая во внимание определение матрицы жесткости, вектора инерции и вектора внешних сил для тела Γ , записываем приближенное значение уравнения движения в теории упругости [7–8, 10–11, 17–18]

$$\bar{N}\ddot{\bar{\Phi}} + \bar{K}\bar{\Phi} = \bar{R}, \quad \bar{\Phi}|_{t=0} = \bar{\Phi}_0, \quad \dot{\bar{\Phi}}|_{t=0} = \dot{\bar{\Phi}}_0, \quad (2)$$

где: \bar{N} – матрица инерции; \bar{K} – матрица жесткости; $\bar{\Phi}$ – вектор узловых упругих перемещений; $\dot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих скоростей перемещений; $\ddot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих ускорений; \bar{R} – вектор узловых упругих внешних сил.

Интегрируя по временной координате соотношение (2) с помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина, получим двумерную явную двухслойную конечноэлементную линейную схему в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек [7–8, 10–11, 17–18]

$$\vec{\Phi}_{i+1} = \vec{\Phi}_i + \Delta t \bar{H}^{-1}(-\bar{K}\vec{\Phi}_i + \bar{R}_i), \quad \vec{\Phi}_{i+1} = \vec{\Phi}_i + \Delta t \vec{\Phi}_{i+1}. \quad (3)$$

Система уравнений (3) для внутренних и граничных узловых точек, полученная в результате интегрирования уравнений движения теории упругости, должна давать решение, сходящееся к решению исходной системы [7–8, 10–11, 17–18].

Общая теория численных уравнений математической физики требует для этого наложение определенных условий на отношение шагов по временной координате и по пространственным координатам, а именно [7–8, 10–11, 17–18]

$$\Delta t = k \frac{\min \Delta l_i}{C_p} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, r), \quad (4)$$

где: Δt – шаг по временной координате; Δl – длина стороны конечного элемента; r – общее число конечных элементов.

Результаты численного эксперимента показали, что при $k = 0,5$ обеспечивается устойчивость двумерной явной двухслойной конечноэлементной линейной схемы в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках [7–8, 10–11, 17–18].

Для исследуемой области, состоящей из материалов с разными физическими свойствами, выбирается минимальный шаг по временной координате (4).

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ В ВИДЕ ТРАПЕЦИИ-ТРЕУГОЛЬНИКА-ТРАПЕЦИИ

Рассматривается задача о моделировании плоских волн в упругой полуплоскости (рис. 1) в виде трех полупериодов синусоиды (рис. 2).

Задача решается для оценки физической достоверности и математической точности рассматриваемого численного метода [7–8, 10–11, 17–18].

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [7–8, 10–11, 17–18].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

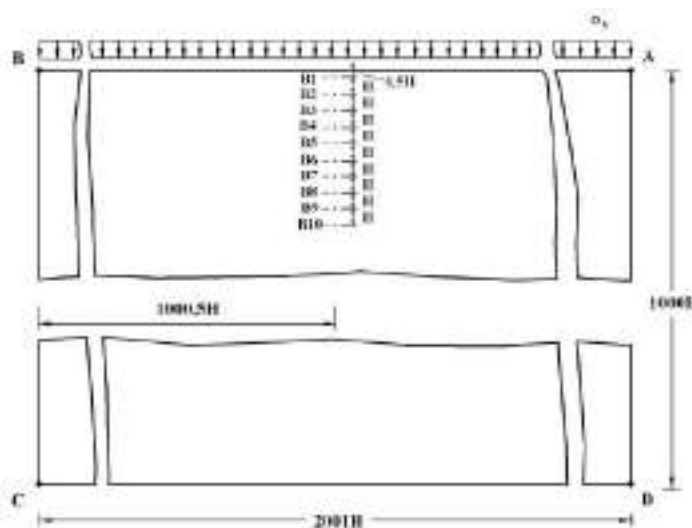


Рис. 1. Постановка задачи о распространении плоских продольных волн в виде трех полупериодов синусоиды в упругой полуплоскости

На границе полуплоскости АВ (рис. 1) приложено нормальное напряжение σ_y , которое изменяется от $0 \leq n \leq 81$ ($n = t/\Delta t$) и максимальное значение равно P ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1$ МПа (-1 кгс/см²)). Граничные условия для контура ВСДА при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура ВСДА не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 200$.

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,862 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа ($2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²); $\nu = 0,3$; $\rho = 0,8 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,8 \cdot 10^{-5}$ кгс с²/см⁴); $C_p = 5371$ м/с; $C_s = 3177$ м/с.

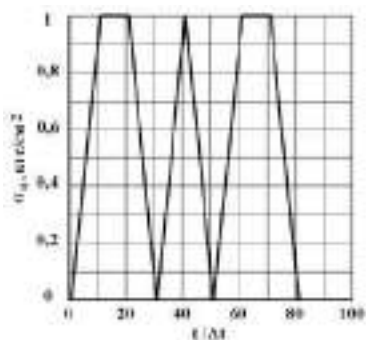


Рис. 2. Воздействие в виде трапеции-треугольника-трапеции

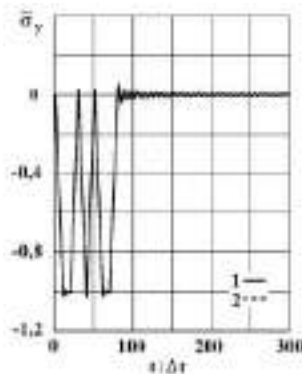


Рис. 3. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ (задача о распространении плоских продольных волн в виде трапеции-треугольника-трапеции в упругой полуплоскости) во времени $t/\Delta t$ в точке В1: 1 – численное решение; 2 – аналитическое решение

Исследуемая расчетная область имеет 2004002 узловые точки. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

Результаты расчетов получены в характерных точках В1-В10 (рис. 1).

В качестве примера на рис. 3 приводится изменение нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ ($\bar{\sigma}_y = \sigma_y / |\sigma_0|$) (рис. 2) во времени n в точке В1 (1 – численное решение; 2 – аналитическое решение). В данном случае можно использовать условия на фронте плоской волны, которые изложены в работе [5].

На фронте плоской продольной волны имеются следующие аналитические зависимости для плоского напряженного состояния $\sigma_y = -|\sigma_0|$. Отсюда видим, что точное решение задачи соответствует воздействию σ_0 (рис. 2).

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН В ПОЛУПЛОСКОСТИ ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ: ДЕЛЬТА ФУНКЦИЯ

Рассмотрим задачу о воздействии сосредоточенной волны перпендикулярной свободной поверхности упругой полуплоскости (рис. 4) при воздействии в виде дельта функции (рис. 5).

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [7–8, 10–11, 17–18].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: 1 кгс/см² $\approx 0,1$ МПа; 1 кгс с²/см⁴ $\approx 10^9$ кг/м³.

В точке В перпендикулярно свободной поверхности ABC приложено упругое нормальное напряжение σ_y , которое при $0 \leq n \leq 11$ ($n = t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P, а при $11 \leq n \leq 21$ от P до 0 ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1$ МПа (-1 кгс/см²)). Граничные условия для контура CDEA при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура CDEA не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 500$. Контур ABC свободен от нагрузок, кроме точки В, где приложено сосредоточенное упругое нормальное напряжение σ_y .

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,393 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 3,15 \cdot 10^4$ МПа ($3,15 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,255 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,255 \cdot 10^{-5}$ кгс с² / см⁴); $C_p = 3587$ м/с; $C_s = 2269$ м/с.

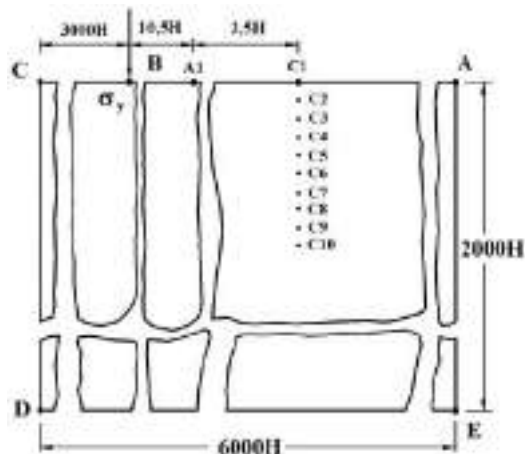


Рис. 4. Постановка задачи о воздействии сосредоточенной волны в виде дельта функции на свободной поверхности упругой полуплоскости

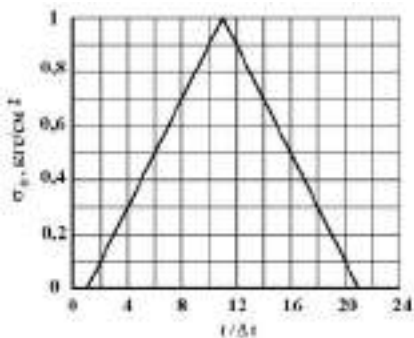


Рис. 5. Воздействие в виде треугольного импульса (дельта функция)

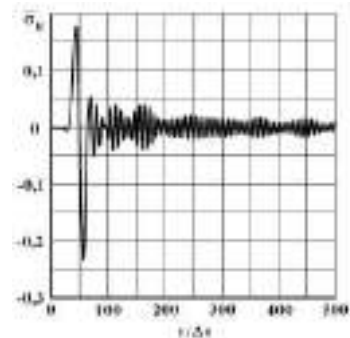


Рис. 6. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ во времени $t/\Delta t$ в точке A1

Исследуемая расчетная область имеет 12008001 узловых точек. Решается система уравнений из 48032004 неизвестных.

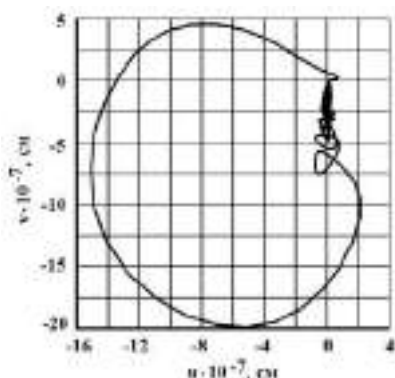


Рис. 7. Изменение траектории упругих перемещений в точке С1 на поверхности полуплоскости при воздействии в виде дельта функции

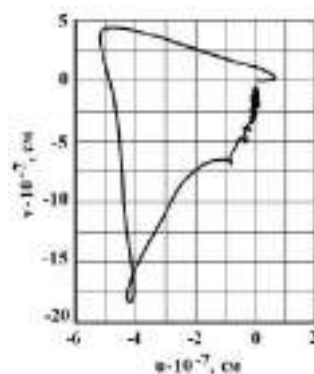


Рис. 8. Изменение траектории упругих перемещений в точке С3 на поверхности полуплоскости при воздействии в виде дельта функции

На рис. 6 показано изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ ($\bar{\sigma}_k = \sigma_k / |\sigma_0|$) во времени n в точке А1 (рис. 4), находящихся на свободной поверхности упругой полуплоскости.

На рис. 7–10 показано изменение траектории компонентов вектора перемещений в точках С1, С3, С5 и С6, находящихся в упругой полуплоскости (расстояние между точками: С1 и С2 равно Н; С2 и С3 равно Н; С3 и С4 равно Н; С4 и С5 равно Н; С5 и С6 равно Н; С6 и С7 равно Н; С7 и С8 равно Н; С8 и С9 равно Н; С9 и С10 равно Н).

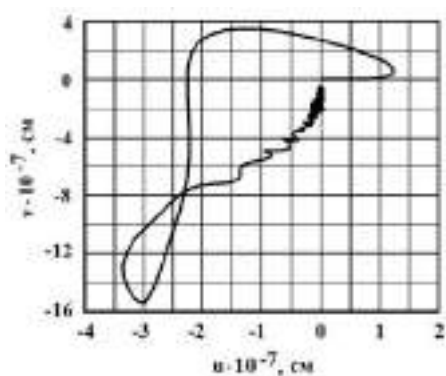


Рис. 9. Изменение траектории упругих перемещений в точке С5 на поверхности полуплоскости при воздействии в виде дельта функции

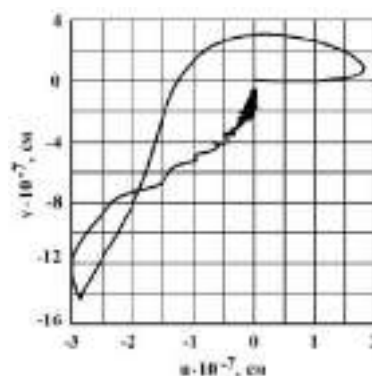


Рис. 10. Изменение траектории упругих перемещений в точке С6 на поверхности полуплоскости при воздействии в виде дельта функции

ВЫВОДЫ

1. На основе метода конечных элементов разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных двумерных задач при нестационарных волновых воздействиях.

2. Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде трапеции-треугольника-трапеции на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных.

3. Решена задача о математическом моделировании нестационарных упругих волн напряжений при сосредоточенном вертикальном воздействии в виде дельта функции на поверхности полуплоскости. Решается система уравнений из 48032004 неизвестных.

4. Траектория упругих перемещений с глубиной в полуплоскости имеет вид деформированного эллипса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольский Г. Волны напряжений в твердых телах. М.: Иностранная литература. 1955. 192 с.
2. Дэйвис Р. Волны напряжений в твердых телах. М.: Иностранная литература. 1961. 104 с.
3. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука. 1966. 708 с.
4. Ионов В.И., Огибалов П.М. Напряжения в телах при импульсивном нагружении. М.: Высшая школа. 1975. 464 с.
5. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Теория упругости. М.: Наука. 1975. 576 с.
6. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука. 1978. 512 с.
7. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука. 1979. 744 с.
7. Musayev V.K. Testing of stressed state in the structure-base system under non-stationary dynamic effects // Proceedings of the second International conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics. Sent-Louis: University of Missouri-Rolla, 1991. V. 3. P. 87—97.
8. Мусаев В.К. Численное моделирование динамического напряженного состояния сооружений уравнениями двумерной теории упругости и пластичности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.04. М.: Совинтервод. 1993. 46 с.
9. Мусаев В.К. О моделировании сосредоточенной взрывной волны на свободной поверхности упругой полуплоскости // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2008. № 3. С. 11—14.
10. Мусаев В.К. Моделирование волн напряжений в сложных областях с помощью метода вычислительной механики // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 44—52.
11. Мусаев В.К. Вычислительный эксперимент в задачах моделирования нестационарных волн напряжений в областях сложной формы // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 138—149.
12. Бедняков В.Г., Куранцов В.А., Суцев Т.С., Денисенков А.Н., Савичев В.А. Достоверность результатов численного метода Мусаева В.К. в перемещениях при решении дифракционной задачи на круглом подкрепленном отверстии // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием. М.: РУДН. 2012. С. 234—236.
13. Акатьев С.В., Куранцов В.А., Денисенков А.Н., Черникова Н.Г., Кормилицин А.И. Сопоставление результатов численного метода Мусаева В.К. в перемещениях с интерференцией плоских продольных упругих волн напряжений в виде дельта функции // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XIV. В 3 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет. 2012. С. 270—278.
14. Мусаев В.К. О моделировании отражения упругих волн напряжений от свободной поверхности деформируемой области // Двойные технологии. 2012. № 4. С. 61—64.
15. Nemchinov V.V. Diffraction of a plane longitudinal wave by spherical cavity in elastic space // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 85—89.
16. Nemchinov V.V. Numerical methods for solving flat dynamic elasticity problems // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 90—97.
17. Musayev V.K. Estimation of accuracy of the results of numerical simulation of unsteady wave of the stress in deformable objects of complex shape // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 135—146.
18. Musayev V.K. On the mathematical modeling of nonstationary elastic waves stresses in corroborated by the round hole // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 147—156.
19. Акатьев С.В., Суцев Т.С., Куранцов В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В. Оценка точности моделирования плоских волн (прямоугольный импульс) в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XVIII. В 2 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет. 2016. С. 22—31.
20. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Куранцов В.А., Мусаева С.В., Кулагина Н.В. Оценка точности и достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений (треугольный импульс) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 352—355.
21. Саликов Л.М., Мусаев А.В., Идельсон Е.В., Самойлов С.Н., Блинников В.В. Оценка физической достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений в виде импульсного воздействия (функция Хевисайда) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 356—359.

22. Куранцов В.В., Мусаев А.В., Самойлов С.Н., Мусаева С.В., Шиянов С.М. Моделирование импульса (восходящая часть – четверть круга, средняя – горизонтальная, нисходящая – линейная) в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Новые технологии науки, техники, педагогики высшей школы: материалы Международной научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2017». М.: Московский политех. 2017. С. 29—35.
23. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В., Крылов А.И. Моделирование достоверности и точности импульсного воздействия в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. М.: РУДН. 2017. С. 339—341.
24. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – четверть круга) в полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 36—40.
25. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование с помощью численного метода Мусаева В.К. нестационарных упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть – четверть круга, средняя – горизонтальная, нисходящая часть – линейная) в сплошной деформируемой среде // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 63—68.
26. Куранцов В.А., Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Самойлов С.Н., Кузнецов М.Е. Моделирование импульса (первая ветвь: восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – линейная; вторая ветвь: треугольник) в упругой полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 2. С. 51—55.
27. Musayev V.K. Mathematical modeling of non-stationary elastic waves stresses under a concentrated vertical exposure in the form of delta functions on the surface of the half-plane (Lamb problem) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2019. Volume 15. Issue 2. P. 111—124.
28. Мусаев В.К. Моделирование распространения перемещений и скоростей перемещений в упругой полуплоскости при воздействии плоской продольной волны (треугольный импульс) // Проблемы безопасности российского общества. 2020. № 2. С. 45—50.
29. Мусаев В.К. Математическое моделирование нестационарных упругих волн напряжений (переходной процесс) при воздействии (вертикальное сосредоточенное в виде треугольного импульса) на поверхность полуплоскости (задача Лэмба) // Геология и геофизика Юга России. 2020. № 4. С. 164—174.
30. Мусаев В.К. Моделирование распространения перемещений и скоростей перемещений в упругой полуплоскости при воздействии плоской продольной волны (треугольный импульс) // Проблемы безопасности российского общества. 2020. № 2. С. 45—50.
31. Мусаев В.К. Математическое моделирование волн напряжений при сосредоточенном вертикальном воздействии в виде треугольного импульса: задача Лэмба // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2021. № 2. С. 112—120.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

М. В. Петроченко¹, С. М. Медведева²

*Высшая школа промышленно-гражданского и дорожного строительства,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,*

¹*petrochenko_mv@spbstu.ru*

²*medvedeva.sm@edu.spbstu.ru*

Аннотация

Устойчивое развитие и зеленое строительство являются общемировыми трендами. Существуют различные методы сертификации зеленого строительства, схожих в основных требованиях к зданиям – создание экологичной и устойчивой среды. Технологии информационного моделирования и энергомоделирования уже активно используются в иностранной практике для ускорения процессов повышения энергоэффективности зданий и упрощения сертификации по стандартам зеленого строительства. Целью данной статьи является рассмотрение целесообразности использования технологий информационного моделирования для упрощения сертификации объектов по российскому стандарту Green Zoom. На основе проведенного исследования было выявлено, что возможности применения информационной модели зависят от качества самой модели. Качественная информационная модель здания может предоставить данные по 35% критериев, причем по данным критериям в общей сложности можно получить баллы, достаточные для получения сертификата бронзового уровня.

ВВЕДЕНИЕ

Зеленое строительство за рубежом является острой темой. Во-первых, многие зарубежные страны испытывают трудности, связанные с добычей энергии. Возобновляемая энергетика, несомненно, безопаснее обычных топливных методов добычи энергии, но ее функционирование ограничено множеством условий. Высокие цены на энергоносители так же являются серьезным ограничением, в том числе и при строительстве – высокая стоимость эксплуатации зданий снижает их конкурентоспособность на рынке недвижимости. С другой стороны, в мире все серьезней идет разговор о влиянии человеческой деятельности на экологию. В этом плане строительство является одной из самых «грязных» областей – строительная область производит 32% от общих выбросов углекислого газа, 25% отходов и потребляет до 40% от общей энергии в Европе каждый год [1].

С целью снижения влияния строительной сферы на окружающую среду, в разных странах были разработаны стандарты зеленого строительства, в основе которых лежат законы и нормативные акты посвященные декарбонизации и устойчивому развитию. Среди наиболее известных и распространенных систем сертификации стоит выделить BREEAM (Великобритания), LEED (Соединенные Штаты Америки), SBTool (международная система). Существуют и другие региональные системы сертификации, которые учитывают особенности климата и географии [2,3].

Большинство из существующих сегодня систем сертификации зеленого строительства были разработаны в 2000-х годах и предлагают несколько уровней сертификации. Обычно уровни по количеству набранных проектами баллов подразделяются по возрастанию на бронзовый, серебряный, золотой и платиновый. Помимо очевидных преимуществ систем сертификаций, как доказанное пониженное потребление энергии зданием в течение его жизненного цикла, авторы сертификатов так же заостряют внимание на повышение привлекательности данных объектов для покупателей [4,5].

Говоря о технической стороне вопроса, каждая система сертификации требует предоставления информации по перечням критериев. Ручной сбор и обработка данной информации является долгим и трудоемким процессом. В связи с этим зарубежные исследователи обратили свое внимание на технологии информационного моделирования не только со стороны ускорения и упрощения самого процесса проектирования, но и как на инструмент для повышения экологичности зданий.

Чаще всего зарубежные исследователи обращают внимание на возможности информационного моделирования для повышения энергоэффективности зданий как с помощью задания параметров и использования дополнительных надстроек в программных комплексах, так и в части энергомоделирования зданий [6–8].

Так же среди возможностей информационного моделирования отмечают различные исследования, связанные с жизненным циклом здания. Среди них можно выделить возможности расчета и приведения зданий к зданиям с нулевым потреблением энергии [9], отслеживание и менеджмент отходов [10], отслеживание фактической стоимости зданий на протяжении всего его жизненного цикла [11].

Несмотря на действительно широкие возможности применения технологий информационного моделирования для целей зеленого строительства, наиболее важным фактором остается качество моделей, которые используются для подобных расчетов. Для ускорения применения BIM при зеленом строительстве, модели должны удовлетворять требованиям по наполненности определенной информацией, которые должны быть закреплены в таких документах организаций как BEP и EIR [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе был проведен анализ возможностей использования информационных моделей зданий для сертификации по стандарту Green Zoom.

Green Zoom – российская национальная система устойчивого развития в строительстве. Данная система сертификации была опубликована в 2014 году АНО «НИИУРС». Система имеет в своей основе такие документы, как:

- Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»
- Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ
- Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2010 № 2446-р «Об утверждении государственной программы «Энергосбережение и повышение экономической эффективности на период до 2020 года»»

Данная система сертификации основана на опыте зарубежных аналогов и предлагает сертификацию объектов нового строительства, эксплуатируемых зданий, центров обработки данных, социальных объектов.

Стандарт состоит из 48 практических рекомендаций, 13 из которых обязательны к исполнению [13–15].

Авторы предлагают 4 уровня сертификации в зависимости от количества набранных проектом баллов (максимум – 90 баллов):

- Бронзовый сертификат – от 35 баллов;
- Серебряный сертификат – от 45 баллов;
- Золотой сертификат – от 55 баллов;
- Платиновый сертификат – от 70 баллов.

За 2020 год сертификат получили 65 объектов капитального строительства, общей площадью 2,8 млн кв.м.

Методика сертификации состоит из таких разделов, как: транспортное обеспечение, экологическая устойчивость застраиваемой территории, водоэффективность, энергоэффективность, материалы, экология внутренней среды здания, инновации и региональные особенности.

Все критерии, перечисленные в данных разделах, требуют доказательную базу для подтверждения выполнения требований стандарта. Обычно в качестве доказательной базы запрашиваются разделы проектной документации, но есть и такие требования, для которых необходимо предоставлять дополнительные расчеты, не отражаемые в проектной документации.

Например, для раздела энергоэффективности необходимо предоставить результаты энергомоделирования здания. Всего в разделе энергоэффективности можно заработать 21 балл, а при использовании энергетической модели здания «на полную» возможно получить еще 18 баллов из других разделов, что в сумме дает 39 баллов, при достаточных для бронзового сертификата 35 баллов [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зачастую сертификация проводится отдельным специалистом, который может участвовать в процессе проектирования лишь косвенно. В связи с этим затрудняется сбор информации для сертификации. Информационное моделирование позволяет не только прописать необходимые параметры материалам и оборудованию, но и получить быстрый доступ к нужной информации специалистам, которые работают с моделями лишь косвенно.

Рассмотрим критерии сертификации Green Zoom, данные для которых можно получить из модели при предварительной подготовке модели (табл. 1). В качестве программного обеспечения, в котором предполагается подготовка модели, был использован Autodesk Revit.

Табл. 1. Выборка критериев Green Zoom

| Критерий | | Возможности отражения в модели | Кол-во баллов |
|---|---|---|---------------|
| Экологическая устойчивость застраиваемое территории | 2.3. Защита и восстановление растительности | Введение параметров для элементов генплана, соответствующих требованиям критерия (объектам растительности, зеленых зон и др.) | 2 |
| | 2.4. Организация общественного пространства | Создание и маркировка объектов, соответствующих требованиям критерия | 2 |
| | 2.6. Сокращение локального перегрева | Для внешних отделочных материалов ввести параметр отражения солнечной радиации | 2 |
| Водоэффективность | 3.2. Сокращение объема потребляемой воды питьевого качества | Введение дополнительного параметра для водозапорной арматуры, отражающий расход воды | 3 |

| | | | |
|---|---|---|----|
| | 3.4. Контроль протечек | Введение параметров, отражающих наличие системы контроля протечек воды, датчиков и электроприводов перекрытия горячей и холодной воды | 1 |
| Энергоэффективность и снижение выбросов в атмосферу | 4.4. Использование хладагентов, не разрушающих озоновый слой | Для систем кондиционирования ввести среди параметров оборудования показатель ODP или GWP | 1 |
| | 4.5. Оптимизация использования энергоресурсов и достижение максимального уровня энергоэффективности | Для упрощения процесса энергомоделирования введение параметров для теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, для источников света | 12 |
| Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами | 5.3. Использование материалов с переработанной составляющей | Введения параметра для материалов, отвечающего за отражение использования переработанной части | 2 |
| | 5.5. Использование экологически безопасных материалов | Введение параметра материала для проставления экологической маркировки | 2 |
| | 5.6. Использование материалов из сертифицированной древесины | Введение параметра материала для отражения сертифицированной древесины | 2 |
| | 5.7. Локальные строительные материалы | Введение параметра для обозначения локальных строительных материалов | 2 |
| Экология внутренней среды здания | 6.3. Повышение качества воздуха внутри помещений | Введение параметров для классов очистки фильтров наружного воздуха, объектов грязезащиты, датчиков и вентиляционного оборудования | 4 |
| | 6.5. Снижение эмиссии летучих органических соединений | Введение параметра для отражения уровня эмиссии материала | 2 |

| | | | |
|--------|--|---|----|
| | 6.8. Обеспечение возможности индивидуального регулирования параметра микроклимата в помещениях | Введение параметров для устройств регулирования микроклимата | 1 |
| | 6.9. Требования к искусственному освещению | Введение параметров для осветительных приборов как цветопередача, срок службы, мощность | 1 |
| | 6.12. Обеспечение акустического комфорта | Введение параметра для отражения звукоизоляции конструкций | 2 |
| | 6.14. Оценка жизненного цикла материалов (LCA) | Введение параметра, отражающего выбросы CO2 конкретными материалами | 1 |
| Итого: | 17 критериев | | 42 |

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Цифровое моделирование является перспективным инструментом для предоставления информации для нужд сертификации объектов зеленого строительства.
2. Для 17 критериев сертификата Green Zoom можно получить необходимую информацию на основе информационной модели. 42 балла, которые можно заработать при введении дополнительных параметров, которые либо отвечают доказательной базе критерия, либо облегчают дальнейшую обработку информации, являются достаточными для получения сертификата бронзового уровня.
3. Введение различных дополнительных параметров упростит процесс сбора информации специалистом по сертификации. Помимо этого, отражение параметров материалов и оборудования, которые влияют на устойчивость здания, уже в процессе проектирования позволит увеличить общую осведомленность проектировщиков в вопросах причин и последствий используемых материалов.
4. Реализация подобной системы параметров требует подготовки, внедрения требований к наполнению информацией моделей в BERP и EIR и последующий контроль и проверка качества моделей для их использования при сертификации по стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.P. Carvalho, L. Bragança, R. Mateus, Optimising building sustainability assessment using BIM // Automation in Construction. 2019. 102. P. 170–182.
2. J.P. Carvalho, L. Bragança, R. Mateus, A systematic review of the role of BIM in building sustainability assessment methods // Applied Sciences (Switzerland). 2020. 10.
3. Z. Liu, Q. Wang, V.J.L. Gan, L. Peh, Envelope thermal performance analysis based on building information model (BIM) cloud platform - Proposed green mark collaboration environment // Energies. 2020. 13.
4. M. Reizgevičius, L. Ustinovičius, D. Cibulskienė, V. Kutut, L. Nazarko, Promoting sustainability through investment in Building Information Modeling (BIM) technologies: A design company perspective // Sustainability (Switzerland). 2018. 10.

5. A.H. Oti, W. Tizani, BIM extension for the sustainability appraisal of conceptual steel design // *Advanced Engineering Informatics*. 2015. 29. P. 28–46.
6. M. Khanzadi, A. Kaveh, M.R. Moghaddam, S.M. Pourbagheri, Optimization of building components with sustainability aspects in BIM environment // *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2019. 63. P. 93–103.
7. R. Long, Y. Li, Analysis of Designing Green Architecture Based on Building Information Modeling (BIM) Technology // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 827.
8. I. Petri, S. Kubicki, Y. Rezgui, A. Guerriero, H. Li, Optimizing energy efficiency in operating built environment assets through building information modeling: A case study // *Energies*. 2017. 10.
9. S. Kaewunruen, P. Rungskunroch, J. Welsh, A digital-twin evaluation of Net Zero Energy Building for existing buildings // *Sustainability (Switzerland)*. 2018. 11.
10. M. Zoghi, S. Kim, Dynamic modeling for life cycle cost analysis of BIM-based construction waste management // *Sustainability (Switzerland)*. 2020. 12.
11. S.A. Abdulrasool, A.M. Raof Mahjoob, Using BIM for Optimizing the Upgrading Cost to Convert the Traditional Buildings to Sustainable Buildings in Iraq // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 901.
12. H.S. Ryu, K.S. Park, A study on the LEED energy simulation process using BIM // *Sustainability (Switzerland)*. 2016. 8.
13. Жеребцова О.В., Экономические аспекты повышения энергоэффективности при строительстве зданий и сооружений // *Журнал Правовых и Экономических Исследований*. 2021. 1. С. 120–124.
14. Фенина К.В., Методическая база “устойчивого” строительства и использование комплексного подхода к проектированию экопроектов // *Аллея Науки*. 2019. С. 273–277.
15. Панаськова Е.М., Экодевелопмент и современные “зеленые технологии” в России на примере загородной недвижимости // *Проблемы Науки*. 2016. С. 38–42.
16. Пакуть М.В., Энергомоделирование: метод повышения оценки качества зданий (на примере Green Zoom) // *Синергия Наук*. 2017. С. 857–863.

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

А. А. Петров¹, О. А. Король²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*alex08_96@mail.ru*

²*KorolOA@mgsu.ru*

Аннотация

В статье приведены данные об использовании BIM-технологий при проведении капитального ремонта многоквартирных домов. Перечислены основные виды ПО, используемые в трехмерном моделировании: «BARS», «СтройКонтроль». Приведены данные об использовании BIM-систем при решении задач по проведению капитального ремонта: контроль сроков проведения работ, контроль использования материалов и ресурсов, создание и хранение проектной документации. Определены перспективы и преимущества использования 3D-моделей при проведении капитального ремонта многоквартирных домов.

Цель: изучить практику применения BIM-моделей для проведения работ по капитальному ремонту общего имущества многоквартирных домов.

Задачи: изучить основные программные комплексы для проведения трехмерного моделирования, используемые при капитальном ремонте многоквартирных домов; выявить основные задачи капитального ремонта, которые можно решить при использовании BIM-технологий; определить перспективы и преимущества применения BIM-систем.

Результаты: BIM-технологии позволяют существенно сэкономить временные, материальные и денежные ресурсы при проведении капитального ремонта. Проектная документация в BIM-системах представлена в электронном формате. В этих системах удобно размещать информацию о проведении натурных исследований, о результатах проверок строительного контроля, об анализе состояния многоквартирного дома, о рекомендациях по эксплуатации и проведению капитального ремонта.

ВВЕДЕНИЕ

BIM (Building Information Modeling) – процесс трехмерного моделирования, который позволяет инженерам в строительной сфере получить инструменты и данные для эффективного управления жизненным циклом зданий, в том числе многоквартирных домов. BIM-система включает структурированные данные в виде модели и связанные базы данных, открытые для всех заинтересованных специалистов.

С помощью BIM-модели можно создать значительное количество вариантов проекта в сжатые сроки, это позволит сэкономить время и затраты. Возможность эффективного изменения проекта позволит значительно упростить рабочие задачи. Выполняемые автоматические расчеты помогут снизить количество совершаемых ошибок [1-3].

Информационная модель эффективна при капитальном ремонте общего имущества многоквартирных домов. Разработка модели электронного паспорта многоквартирного дома позволит избежать ошибок в проектах, повысит точность сметных расчетов, поможет в быстром построении графиков производства ремонтных работ, в управлении затратами на материалы и ресурсы. Проект необходим при контроле на любом этапе ремонтных работ. Все части BIM-системы взаимосвязаны, поэтому изменения необходимо производить во всех связанных разделах проектной документации. Строительный контроль возможен как при создании проекта, так и при организации ремонтных работ [4-5].

Пример 3D-модели многоквартирного дома представлен на рис.1.



Рис. 1. 3D-модель многоквартирного дома

Таким образом, BIM-технологии играют важную роль при управлении на каждом этапе жизненного цикла многоквартирных домов и имеют потенциал для актуализации 3D-модели, непрерывного изменения и дополнения, визуализируя состояние многоквартирных домов в настоящее время [6-7].

Цель: изучение практики применения BIM-моделей для проведения работ по капитальному ремонту общего имущества многоквартирных домов.

Задачи:

- изучить основные программные комплексы для проведения трехмерного моделирования, используемые при капитальном ремонте многоквартирных домов;
- выявить основные задачи капитального ремонта, которые можно решить при использовании BIM-технологий;
- определить перспективы и преимущества применения BIM-систем.

Предмет исследования: использование BIM-технологий в капитальном ремонте общего имущества многоквартирных домов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили следующие документы и программы:

- положения по разработке стандартов BIM-модели;
- структура управления проектной информацией BIM-системы;
- программное обеспечение BIM-технологий – «BARS»;
- программный комплекс «СтройКонтроль».

База BIM-технологий продолжает расширяться.

Использование программного комплекса «BARS» помогает актуализировать данные объекта по необходимым критериям, выбранным оператором. Также это программное обеспечение помогает в формировании двухмерной модели объекта.

Программного комплекс «СтройКонтроль» является инструментом связи между техническим заказчиком (строительным контролем), генподрядными и субподрядными организациями. Данное программное обеспечение позволяет обработать и автоматизировать данные о нарушениях и замечаниях технического заказчика в Excel (на данный момент в ПО «BARS» данный функционал отсутствует), это делает проще

осуществление проверок строительным контролем и генподрядными, субподрядными организациями.

Применение информационной модели при капитальном ремонте общего имущества многоквартирных домов имеет следующие перспективы:

- BIM электронная проектная документация, создаваемая эффективным способом;
- BIM натурные исследования и обмеры;
- BIM учет данных по обследованию многоквартирных домов;
- BIM анализ состояния многоквартирных домов и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации и капитальному ремонту;
- получение системой лазерного сканирования объектов облака точек для BIM-модели – 3D изображения [8-9].

В таблице 1 указаны основные виды программного обеспечения для проектирования BIM-моделей.

Табл.1. Программное обеспечение для проектирования BIM-систем

| Формат файлов | Виды программ |
|--|---|
| (IFC) | Расчетные ПК |
| (IFC) | BIM-системы: ArchiCAD, Revit, Allplan, BARS, СтройКонтроль |
| (CSV) | Системы табличных данных: Excel |
| (OBJ, DAE, STL) | Визуализация: Cinema 4D, 3DSMax, Blender |
| (OBJ, DAE, STL, 3DS, LWO, C3D, STEP, IGES, ACIS, SAT, X_B) | 3D-объекты: SketchUp, 3DSMax, Cinema 4D, КОМПАС-3D |
| (DXF, DWG) | 2D CAD-системы: КОМПАС-График, КОМПАС-3D, AutoCAD, nanoCAD, ZWCAD, BricsCAD |
| (STL) | 3D-печь: 3D-принтеры для печати |

РЕЗУЛЬТАТЫ

Таким образом, деятельность по внедрению BIM-технологий в капитальный ремонт общего имущества многоквартирных домов в России является весьма трудоемким и долговременным процессом. В первую очередь для реализации данной задачи следует создать законодательную и нормативную базу.

Жизненный цикл объекта капитального ремонта можно условно разделить на следующие этапы:

- обследование объекта;
- проектирование;
- ремонтные работы;
- эксплуатация;
- вывод из эксплуатации [10].

BIM-системы охватывают каждый этап жизненного цикла объектов ЖКХ. Обследование объекта представляет выполнение 3D-лазерного сканирования с преобразованием в 3D-модель. После данная модель берется в работу проектировщиками, которые её дополняют в соответствии с графиком производства ремонтных работ, а также принятыми материалами и ресурсами в проекте организации строительства. 3D-модели

многоквартирных жилых домов при проведении капитального ремонта представлены на рис.2.

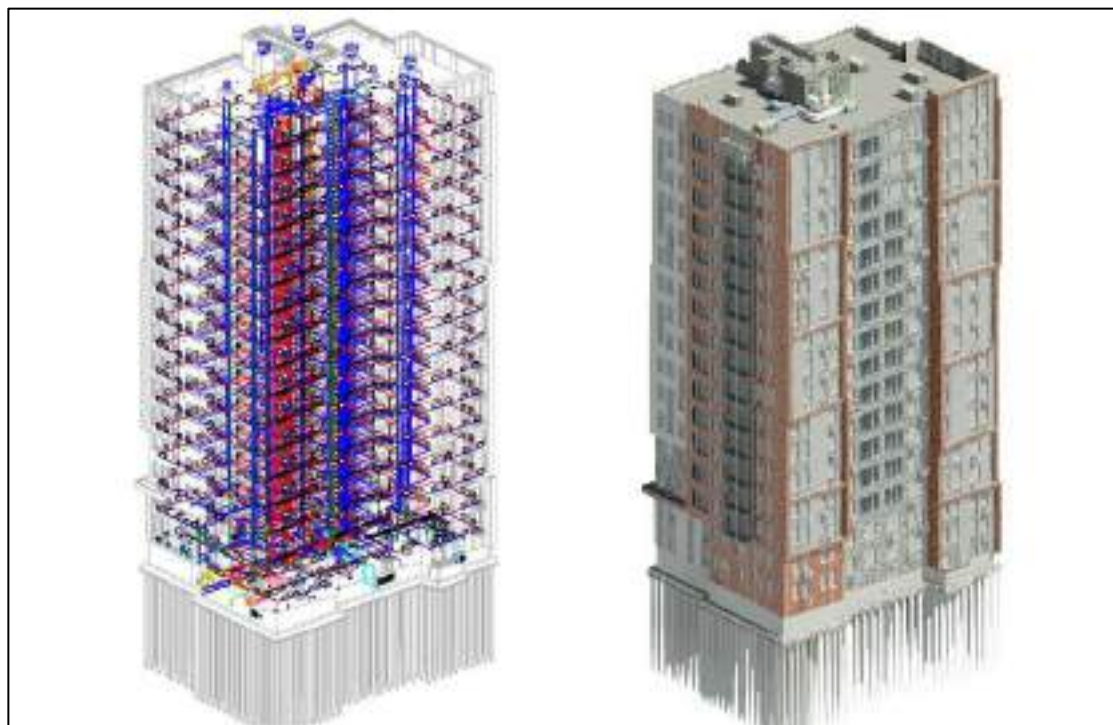


Рис.2. 3D-модели многоквартирных жилых домов при проведении капитального ремонта (слева – модель инженерных систем здания)

На 3 этапе все виды работ производятся в соответствии с графиком производства работ: выполняется контроль качества по отдельным видам работ в фиксированные сроки, соблюдение за рациональным использованием материалов и ресурсов, за подготовкой проектной документации и электронного доступа к ним. Следовательно, прикладное преимущество BIM-технологий в рациональном использовании объектов ЖКХ на примере решения существующих задач.

Для решения вопроса по соблюдению сроков работ при капитальном ремонте жилых домов необходимо сформировать 4D-модели. Созданные модели должны отразить показатели сроков выполнения ремонтных работ по этапам. Информация о моделях импортируется в облако BIM в качестве атрибутивных свойств, согласно которым будут произведены ремонтные работы. Анализируя информацию, связанную с графиком проведения работ, следует уточнить используемые показатели:

- планируемое начало/окончание работ;
- фактическое начало/окончание работ.

Учитывая данные характеристики, BIM-модели могут помочь производить контроль за соблюдением календарного планирования работ на объектах ЖКХ.

В процессе реализации основных задач при капитальном ремонте изменения внесенные в 4D-модели вносятся в 3D-модели. Это предполагает изменения нескольких показателей объектов, для которых были выполнены ремонтные работы. Также это является необходимостью для обновления информации и упрощения работ с многоквартирными домами в трехмерной системе [11-14].

4D-модель многоквартирного дома представлена на рис.3.

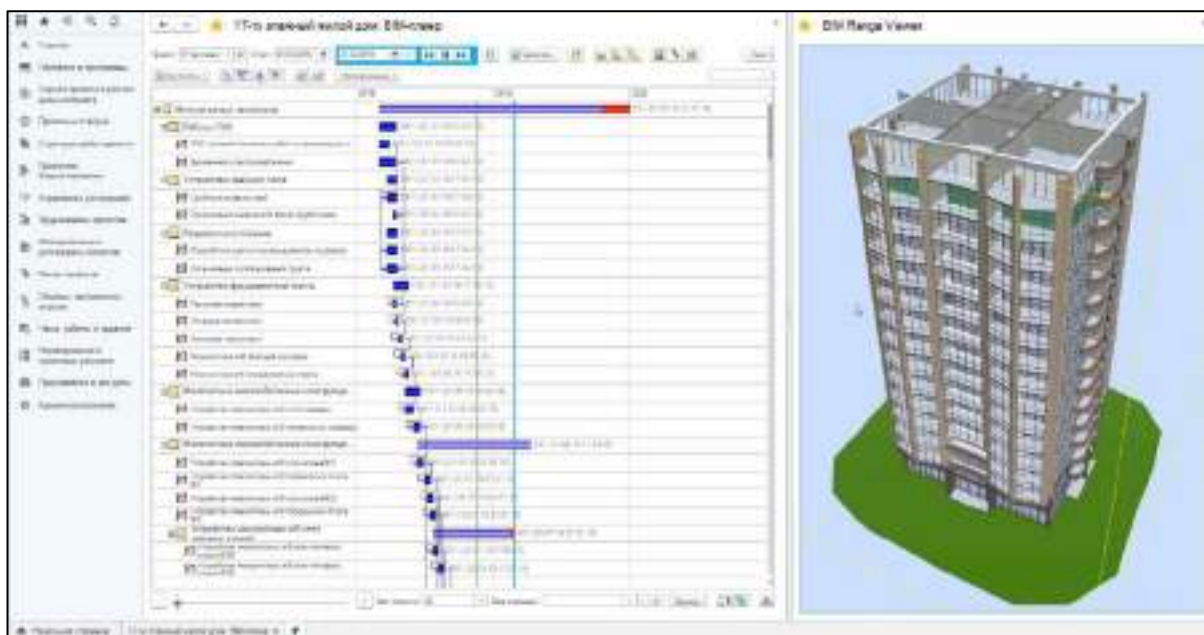


Рис.3. 4D-модель многоквартирного дома (слева – календарный план работ капитального ремонта)

Контроль распределения ресурсов осуществляется следующим образом. Во время ремонтных работ следует рационально распределять применяемые материалы и ресурсы, и контролировать финансовые затраты. Контроль за приведенными характеристиками выполняется за счет 5D-модели. С помощью данного метода фиксируются расходы на всех этапах работ и выполняется программный расчет материалов и ресурсов, если это потребуется. Результативность 5D-модели уменьшается без 4D-модели, так как учет финансовых затрат на ресурсы выполняется для определенной задачи [15-17].

Следовательно, во время работы с BIM-системами возможно получить полную информацию о каждом этапе ремонтных работ. На рис.4 представлена 5D-модель многоквартирного дома.



Рис.4. 5D-модель многоквартирного дома (слева направо: 3D-модель многоквартирного дома, сроки выполнения работ, затраты денежных средств на проект)

Контроль при создании документов с помощью BIM-технологий производится с помощью облака BIM, которое, помимо описанных ранее моделей включает всю информацию для документооборота.

В данных системах все документы организованы иерархически, с доступом для пользователя.

Согласно данной концепции формируются базы данных, элементами которых являются документы. Поэтому, имеется возможность легкого перехода между документами и файлами. База данных располагается в облачном хранилище, что дает простой и комфортный доступ к информации. На этапе эксплуатации объекта и вывода из эксплуатации работа производится в 6D-модели. Эта модель обновляется информацией о работе производственного оборудования на объекте.

За счет цифровых технологий при капитальном ремонте многоквартирных домов возможно частично реализовать концепцию «Умный город» [16-17].

Схема BIM-систем в жизненном цикле зданий представлена на рис.5.



Рис.5. BIM-технологии в жизненном цикле зданий

ВЫВОДЫ

В настоящее время BIM-технологии являются одним из наиболее перспективных методов информационного обеспечения при капитальном ремонте общего имущества многоквартирных домов. Технологии трехмерного моделирования позволяют контролировать сроки выполнения проектов объектов ЖКХ, распределять финансовые средства и интегрировать различные подсистемы.

BIM-технологии могут применяться на протяжении всего жизненного цикла многоквартирных домов, от стадии проект (создания проектной и рабочей документации) до стадии возведения объекта, капитального ремонта, эксплуатации и демонтажа.

Применение BIM-систем в капитальном ремонте автоматизирует большое количество задач, и переводит информацию в цифровой формат.

Использование BIM-модели позволят уменьшить капиталовложения на проведение капитальных ремонтов общего имущества многоквартирных домов. Преимуществами применения BIM-технологий в ЖКХ являются:

- использование BIM-системы многоквартирных домов позволят сохранить данные об объекте в электронном формате, искать и анализировать необходимую информацию. Таким образом, появляется возможность увидеть общее состояние каждого многоквартирного дома, а не применяемый в настоящий момент процент физического износа;

- с помощью BIM-модели можно разработать проектную документацию на капитальный ремонт общего имущества многоквартирных домов;
- внедрение BIM-системы позволяет повысить точность проекта, эффективность быстрой корректировки в определенное время использования, которое можно применить для идентичных серий многоквартирных домов.

Внедрение инновационных подходов при реализации проектов в концепции BIM-технологий позволяет достичь высокого уровня при выполнении ремонтных работ.

Применение информационной модели при капитальном ремонте общего имущества многоквартирных домов имеет следующие перспективы:

- контроль за сроками выполнения ремонтных работ;
- увеличение скорости проведения натурных исследований и обмеров;
- учет данных по обследованию многоквартирных домов;
- анализ состояния многоквартирных домов и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации и капитальному ремонту;
- электронная проектная документация, создаваемая эффективным способом;
- получение системой лазерного сканирования объектов облака точек для BIM-модели – трехмерного изображения с возможностью 3D печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкодав В. А., Волкодав И. А. Разработка структуры и состава классификатора строительной информации для применения BIM-технологий // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – №. 6.
2. Герасимов А. И., Никонова Е. В. Перспективные направления применения BIM-технологий в эксплуатации зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №. 1. – С. 5545.
3. Гинзбург А. В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. – 2016. – №. 5. – С. 28-31.
4. Гусакова Е. А. Информационное моделирование жизненного цикла проектов высотного строительства // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – №. 1 (112) С. 14–22.
5. Дронов Д. С., Киметова Н. Р., Ткаченко В. П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия наук. – 2017. – №. 10. – С. 529-549.
6. Зайцев В. О., Богданов А. Н. Мониторинг зданий в BIM-комплексах в период эксплуатации, капитального ремонта и реконструкции на примере стадиона "Заря" // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – №. 4 (54).
7. Карякин Ю. Е., Головкин В. А. Концепция BIM-технологий: прикладное значение при капитальном ремонте жилых зданий // Математическое и информационное моделирование: материалы Всероссийской конференции молодых ученых, г. Тюмень, 18 апреля 2019 г. – Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2019. – С. 168-184.
8. Королев Д. С., Липатова А. В. BIM-технологии при эксплуатации зданий и сооружений. Внедрение технологии информационного моделирования в сфере ЖКХ // Master's Journal. – 2019. – №. 2. – С. 56-68.
9. Кужакова З. У., Байбури А. Х. Обзор нормативной документации в области BIM-моделирования в Российской Федерации // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 20. – №. 3.
10. Ледовских Л. И., Карпиняну Е. Нормативно-техническая база по применению BIM-технологии на начало 2021 года // Инженерный вестник Дона. – 2021. – №. 5 (77). – С. 54-63.
11. Льянов Д. Р. Использование BIM-технологий для создания энергоэффективного будущего // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №. 2 (53).
12. Манухина Л. А., Яценко А. А. Интеграция организационно-технологических решений в BIM // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2015. – №. 2. – С. 246-249.
13. Петров К. С. и др. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. – 2018. – №. 4 (51). – С. 173.
14. Петров К. С. и др. Применение BIM-технологий при ремонте и эксплуатации зданий // Постулат. – 2018. – №. 12.
15. Римшин В. И., Черкас А. Д. Инновационные технологии проектирования в области BIM-систем при эксплуатации недвижимости зданий и сооружений // Недвижимость: экономика, управление. – 2016. – №. 3. – С. 53-56.
16. Султанова А. Д. Использование BIM-технологий в сфере технической эксплуатации зданий // Высокие технологии и инновации в науке. – 2020. – С. 190-193.
17. Smith P. BIM implementation–global strategies // Procedia engineering. – 2014. – Т. 85. – С. 482-492.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРСОНАЛА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

И. И. Зазнобин¹, М. М. Железнов², Л. А. Адамцевич³, Д. Ю. Резников⁴

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²*ZheleznovMM@mgsu.ru*

³*AdamtsevichLA@mgsu.ru*

Аннотация

В статье произведен анализ первичных данных, которые могут быть использованы для предотвращения несчастных случаев на строительных площадках, сбор которых возможен в автоматическом режиме. К таким данным можно отнести индивидуальные показатели здоровья рабочего персонала, задействованного на строительной площадке, причины и факторы, вызывающие травмоопасные ситуации и производственные несчастные случаи. Проведён анализ способов сбора информации, необходимой для составления рекомендаций по предотвращению несчастных случаев, в том числе при выполнении прямых служебных задач сотрудниками.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие науки и техники в строительной отрасли приводит к тому, что роль человеческих ресурсов пересматривается, а одной из важнейших задач эффективного управленческого процесса является повышение эффективности его работоспособности.

Все виды трудовых качеств человека, посредством которых он изменяет себя и окружающую его среду, в современном мире необходимо воспринимать, как человеческий капитал. Это расширяет понятие и трактовку социально-экономических и эмоционально-психологических аспектов деятельности человека, предлагает по-новому рассматривать и строить системы управления человеческими ресурсами, определить и понять основную роль сотрудника в обеспечении эффективности и инновационной изменчивости как организации (предприятия), так и общества в целом. В настоящее время исследование понятия «человеческий капитал» перешло из фазы теоретического изучения, осмысления и анализа, в результате которых была обоснована его высокая роль, в фазу практического применения [4]. Современное общество все больше интересуется возможными путями рационального использования человеческого капитала в рамках строительной отрасли как на стадии проектирования, так и на стадии ведения работ непосредственно на строительной площадке. Работодатели на прогрессивных предприятиях начинают придавать большое значение не только накоплению человеческого капитала, но и его сохранению, и воспринимают его, как самого трудно восполняемого, а значит самого значимого из всех видов капитала, пришли к пониманию необходимости обучения сотрудников, перестройки как бизнес-процессов, так и работы всего предприятия при привлечении новых работников. Единственным способом сохранения и улучшения человеческого капитала являются инвестиции как в физическое, так и в психологическое здоровье сотрудников, в обучение, не только профессиональное, но и в сфере охраны труда и техники безопасности.

Предприятия, способные обеспечивать конкурентную борьбу в строительной отрасли, подтверждают, что их успех зависит не только от капитальных вложений в материальные активы производства, но от привлечения высококвалифицированных кадров, выступающих одним из эффективных преимуществ организации, повышающих ее конкурентоспособность [6], имеющими теоретические и практические знания и навыки,

развитыми творческими качествами и хорошим физическим здоровьем и психологически устойчивыми в стрессовых ситуациях.

Вместе с тем, несчастные случаи, как на производстве, так и на строительной площадке во многих развитых странах относят к значительной проблеме в сфере здравоохранения. При этом статистические данные подтверждают гипотезу о том, что одной из наиболее травмоопасной отраслей является строительство.

В соответствии со статистическими данными за 2014 год, которые представлены в открытом доступе, произошли несчастные случаи, в которых пострадало 263 человека, в том числе 48 случаев с летальным исходом [1]. При этом очевидно, что любой несчастный случай вызывает последствия, как социальные, так и экономические, связанные как с деятельностью сотрудника, а именно потеря работоспособности, так и последствия для предприятия, простои в работе, затраты на устранения последствий несчастного случая, а также общее моральное состояние сотрудников и т.д. Изучая причины несчастных случаев в строительной отрасли, можно заключить, что в большей части они связаны с условиями выполнения работ и состоянием сотрудника. Так же существующие исследования, учитывающие такие факторы, как возраст сотрудников и стаж их работы, связывают травматизм на строительной площадке с индивидуальными показателями состояния здоровья работника [2]. Однако данные исследования не учитывают ряд параметров, необходимых для описания всесторонней картины, и не рассматривают одновременное влияния нескольких параметров [2].

Анализ факторов, повышающих риск возникновения инцидентов, в настоящее время проводится статистическими или органолептическими методами, что не отвечает современным тенденциям развития строительной отрасли. Для создания современных и безопасных условий труда необходимо своевременно и в автоматическом режиме собирать информацию о причинах и факторах, влияющих на безопасность строительной площадки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вопросам изучения факторов, приводящих к возникновению несчастных случаев на производстве, возможных причин в работе предприятия и способов их устранения занимались такие ученые, как Л. Чередниченко, Е. Лашина, В. Ачин. В частности учеными было установлено, что причиной большинства несчастных случаев на строительной площадке выступает низкий уровень трудовой дисциплины, низкая квалификация рабочих, несоблюдение и отсутствие обучения требованиям безопасности проведения работ, а также отсутствие необходимого контроля инженерно-технологическими специалистами за соблюдением технологий при производстве работ, в том числе подготовительных, что более подробно описано в труде Л. Чередниченко [3].

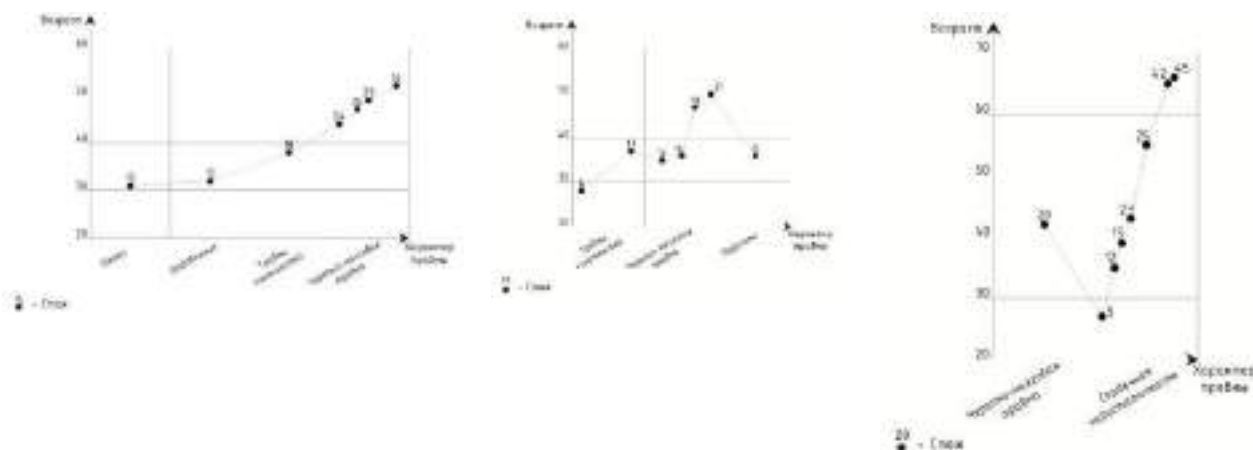
Классификация травм по характеру причины возникновения травмы в результате несчастного случая на строительной площадке представлена на рис.1.

Однако до сих пор не изучено влияние так называемого «человеческого фактора» на возникновение несчастных случаев, возникающих по причине общего рабочего времени, продолжительности смены, влияния содержания рабочих задач в течение дня.



Рис.1. Классификация травм [4]

На рис.2 представлены зависимости таких параметров, как возраст и стаж работы к характеру травм, полученных на строительной площадке в зависимости от причины возникновения.



а Зависимость характера травм в результате несчастного случая по техническим причинам.

б Зависимость характера травм в результате несчастного случая по организационным причинам.

в Зависимость характера травм в результате несчастного случая по психофизиологическим причинам.

Рис. 2. Зависимости характера травм по различным критериям [10-17]

Согласно ст. 229 Трудового кодекса РФ для проведения следственных действий, связанных с расследованием несчастного случая на строительной площадке, установление причинно-следственных связей, между характером травм, причин инцидента, а также ответственных лиц за происшествие, в результате которого пострадали сотрудники, выполняющие свои трудовые обязанности, создается комиссия. Возглавляют данную комиссию сотрудники государственной инспекции труда в федеральном регионе, в котором зафиксирован несчастный случай.

Обязательное участие в составе данной комиссии принимают представители исполнительной власти, а также сотрудники исполнительного органа страховой компании, представляющей интересы фирмы работодателя пострадавшего сотрудника.

Утвержденный в трудовом кодексе состав комиссии гарантирует проведение независимого исследования, в котором будут достоверны установлены причины несчастного случая на строительной площадке, а именно его правильная классификация, которые в дальнейшем позволят сформировать такой перечень мероприятий, выполнение которого позволит минимизировать риск возникновения как повторного случая, имеющего схожие параметры, так и совершенно нового несчастного случая.

В качестве примера можно привести «Правила по охране труда при работе на высоте», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 марта 2014 г. № 155н, «Правила проведения земляных работ, установки временных ограждений, размещения временных объектов в городе Москве», утвержденные Правительством Москвы в Постановлении от 19 мая 2015 года № 299-ПП и др.

Данный перечень мероприятий является следствием из основной задачи (предотвращение повторных несчастных случаев) при формировании комиссий для расследования несчастных случаев, в том числе в строительной сфере [18].

Анализируя материалы комиссий происшествий на строительной площадке, произошедших при производстве работ можно увидеть, что они направлены на установление ответственного лица и фактической причины несчастного случая, но не содержат рекомендаций по улучшению ситуации в сфере охраны труда, не устанавливается первостепенная (истинная) причина несчастного случая [19].

Вместе с тем, создание аппаратно-программного обеспечения, способного отслеживать функциональное состояние сотрудников, анализировать пространство и рабочее место сотрудника, позволит определить и проанализировать факторы, оказывающие на него влияния. А в случае возникновения несчастного случая - зафиксировать причины. Имея статистические данные и проведя анализ имеющихся параметров строительной площадки и состояния сотрудника, можно выстраивать план мероприятий, реализация которого позволит адаптировать рабочее пространство сотрудников и свести риски травматизма на производстве к минимуму, т.е. повысить качество условий труда и, как следствие, производительность труда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом исследования является выявленная необходимость в автоматизированном составлении, на основе собранных данных со строительной площадки, перечней возможных причин возникновения несчастных случаев, которые должны стать основой инструкций по охране труда, перечня мероприятий по недопущению несчастных случаев (далее - Инструкция), а также позволять оперативно устанавливать первостепенную причину возникновения факторов, оказывающих влияние на сотрудников.

Автоматизированный сбор данных в будущем позволит оформлять несчастные случаи, без привлечения государственного инспектора труда. Инструкция поможет разработать меры по недопущению производственного травматизма и предотвращению возможных источников возникновения подобных несчастных случаев.

Инструкция должна основываться на нормативно-правовых документах в сфере охраны труда и техники безопасности при производстве работ, а также на актах проверки состояния строительного оборудования и требованиях к обучению специалистов, при проведении определённых видов работ. Мероприятия, прописанные в перечне, позволят систематизировать обучение персонала, проведение инструктажей (плановых и внеплановых), позволит предприятию повысить уровень знаний в области охраны труда и техники безопасности, как руководящему персоналу, так и рядовым сотрудникам. Позволит проводить своевременное, необходимое и качественное техническое обслуживание рабочего места персонала.

Данная Инструкция должна составляться на основе анализа данных, полученных на строительной площадке, и факторов, вызывающих травмоопасные ситуации, полученных в том числе с использованием автоматических средства фиксации и сбора информации.

Так, имея только два параметра о сотруднике строительной площадке: данные о перемещении сотрудников по строительной площадке и автоматический учет фактического рабочего времени - возможно разработать поведенческой модели и применять ее в рамках информационного моделирования. Что позволит исключить нахождение сотрудников в местах с максимальным риском травмоопасности, не связанных с прямыми трудовыми обязанностями.

Обобщенная/принципиальная блок-схема аппаратно-программного комплекса для предотвращения несчастных случаев на строительной площадке представлена на рис.3



Рис. 2. Принципиальная блок-схема функционирования аппаратно-программных комплексов для задач мониторинга физического состояния персонала и предотвращения чрезвычайных ситуаций на строительной площадке

Эффективность работы системы зависит от уровня цифровизации строительной площадки, наличия на ней современных систем контроля и управления доступом, систем обеспечивающих безопасность проведения работ, применение современных проектных технологий, а также от наличия у сотрудников смартфонов под управлением операционной системой Android или IOS. В связи с тем, что данный комплекс рассчитан на использование смартфонов сотрудниками, необходимо проводить дополнительные организационные мероприятия, связанные с обеспечением и обучением работников.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования был произведен анализ случаев травматизма на строительной площадке, на основе которого можно сделать вывод, что несмотря на политику нулевого травматизма на объектах строительства, данная отрасль занимает лидирующее место среди травмоопасных сфер деятельности.

Проведенное исследование показывает необходимость во внедрении аппаратно-программного комплекса, позволяющего в режиме реального времени, рассчитывать риски, связанные с производственной деятельностью строительной площадки. Собранные данные и их анализ позволят заранее определить необходимость проведения мероприятий для предотвращения травмоопасных ситуаций, а также определить риски для каждого конкретного сотрудника строительной площадки.

БЛАГОДАРНОСТИ

При разработке статьи авторы опирались на результаты исследования выполненного при финансовой поддержке РФФИ, НТУ «Сириус», ОАО «РЖД» и Образовательного Фонда «Талант и успех» в рамках научного проекта № 20-38-51013.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rules of the Game: a brief introduction to International Labour Standards [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_318141.pdf (дата обращения: 22.04.2017).

2. Compendium of International Labour Conventions and Recommendations [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_413175.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
3. Handbook of procedures relating to international labour Conventions and Recommendations [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_192621.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
4. David Tajzman, Catherine Saget, Natan Elkin and Eric Gravel Rights at work in times of crisis: Trends at the country level in terms of compliance with international labour standards [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_elm/documents/publication/wcms_167804.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
5. Guide to international labour standards [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_246944.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
6. Fundamental rights at work and international labour standards [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_087424.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
7. International labour standards: a global approach [Электронный ресурс]. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---normes/documents/publication/wcms_087692.pdf (дата обращения: 22.04.2017).
8. Графкина М.В., Михайлов В.А., Нюнин Б.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение». Москва, 2002. 416 с.
9. Николаенко Т.М., Николаенко Н.Н. Оценка экономической эффективности от мероприятий по охране труда в строительных организациях // Сибирский торгово-экономический журнал. 2009. No 8. С. 28–30.
10. Доклад об осуществлении государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и надзора в сфере социальной защиты населения за 2016 год. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/doklad_y-ob-osushchestvlenii-i-effektivnosti-federalnogo-gosudarstvennogo-nadzora-za-soblyudeniem-tru/ (дата обращения: 27.04.2017).
11. Доклад об осуществлении эффективности в 2015 году государственного надзора и контроля в сфере труда и социальной защиты населения. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/doklad_y-ob-osushchestvlenii-i-effektivnosti-federalnogo-gosudarstvennogo-nadzora-za-soblyudeniem-tru/ (дата обращения: 27.04.2017).
12. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2015 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
13. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2014 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
14. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2013 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
15. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2012 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
16. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2011 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
17. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2010 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchet_y-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 27.04.2017).
18. Богомазов А. Особенности и проблемы расследования несчастных случаев на производстве, происшедших в результате дорожно-транспортных происшествий // Социальное партнерство. 2013. No 4 (26) 59. С. 58–60.
19. Графкина М.В., Сафрина Н.А. Анализ и профилактика производственных несчастных случаев, происшедших в результате дорожно-транспортных происшествий // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д. т. н., профессора Л. Г. Резника: в 2 томах. Тюмень, 2017. С. 278–284.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА УСТРОЙСТВ GPS ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ПРИВЯЗКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗЫСКАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА

М. М. Железнов¹, Хайдар А. Н. Аль-Дами²

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²НИУ МГСУ, Университет Аль-Кадисия (Республика ИРАК),

¹ZheleznovMM@mgsu.ru

²mechsmart@yahoo.com

Аннотация

Применение информационных технологий, а также современных методов инженерной геодезии, позволяют значительно повысить точность определения координат наземных контрольных точек для коррекция по ним спутниковых изображений.

В этом исследовании было проведено сравнение результатов по определению координат наземной контрольной точки (КТ) с использованием низкоточной навигационной аппаратуры и высокоточного геодезического приемника системы GPS. Для повышения точности проводимых измерений были использованы методы статистического анализа и специализированные геоинформационные системы.

В статье описаны результаты измерений и характер ошибок получаемый при использовании низкоточной аппаратурой GPS для задач привязки спутниковых изображений на территорию Республики Ирак. Даются рекомендации по применению высокоточной спутниковой аппаратуры для устранения ошибок координатной привязки данных дистанционного зондирования.

ВВЕДЕНИЕ

Геодезическая инженерия - это наука, которая претерпела существенное развитие с точки зрения устройств и методов, используемых в различных приложениях, таких как электронные устройства измерения расстояния (EDM), тахеометры, GPS-аппаратура (геодезическая и навигационная) и т.д. [1, 2].

Разработанные приложения и современные технологии сделали геодезическую инженерию и космическое дистанционное зондирование смежными науками, позволяющими реализовывать решение высокоточных инженерных задач при геодезических изысканиях для задач строительства. [3, 4, 5].

Однако следует отметить, что устройства GPS, используемые в геодезических инженерных приложениях, отличаются от портативных устройств GPS (навигаторов) с точки зрения их цены, комплектующих, методов мониторинга и необходимых расчетов [5].

Недостаток средств и возможностей часто приводит к тому, что компании используют низкоточную навигационную аппаратуру вместо высокоточной геодезической, что приводит к существенным погрешностям при привязке данных дистанционного зондирования. В частности, применение навигационной аппаратуры для задач министерств и ведомств Республики Ирак приводит к существенным проблемам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента была использована спутниковая аппаратура двух категорий:

1. GPS-навигационные устройства. Это небольшие, дешевые одночастотные устройства с низкой точностью, используемые для обнаружения естественных или искусственных объектов. Позиционирование в этом типе устройства определяется путем измерения разницы в расстоянии между принимающим устройством и как минимум четырьмя

спутниками для измерения переменных (ΔX , ΔY , ΔZ , ΔT) путем измерения разности фаз несущей и, следовательно, получаемая точность измерений невысока (от 2 до 50 метров).

2. GPS-геодезические устройства. Это двухчастотные устройства, состоящие из двух приемных компонент, базы и ровера. Стоимость устройства зависит от необходимой точности. Определение координат точек производится путем измерения разницы расстояний между приемным устройством и как минимум четырьмя спутниками для измерения переменных (ΔX , ΔY , ΔZ , ΔT), а также путем измерения разности фаз несущих L1 и L2 и сравнение между ними, поэтому полученная точность колеблется от ± 1 мм до 5 метров в зависимости от метода контроля.[14].

Методика выбора контрольных точек приведена на рисунке 1.



Рис.1. Алгоритм выбора КТ

Выбранная область исследования находилась в городе Аль-Дивания, Ирак, открытая территория, свободная от зданий и деревьев, чтобы избежать возможных ошибок сигнала в глобальной системе позиционирования, в контрольной точке с известными координатами (КТ). Как показано на рисунке 2.



Рис. 2. Наблюдаемая наземная контрольная точка

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

БМ контролировался двумя приборами GPS (GARMIN e trex venture) и устройством геодезического типа (TPSGRS3). Мониторинг БМ велся в течение двух часов, и горизонтальные координаты (X, Y) регистрировались в разные периоды времени. В таблице 1 показаны координаты БМ, полученные с помощью GPS-навигации и геодезической GPS.

Таблица 1.

| GPS (GARMIN e trex venture) | | | | | |
|-----------------------------|--------|------------|---------|-------------|---------|
| время | х | у | время | х | у |
| 1 мин | 459663 | 3538562 | 30 мин | 459660 | 3538564 |
| 2 мин | 459659 | 3538563 | 35 мин | 459653 | 3538578 |
| 3 мин | 459660 | 3538563 | 40 мин | 459653 | 3538563 |
| 4 мин | 459662 | 3538564 | 45 мин | 459662 | 3538565 |
| 5 мин | 459650 | 3538572 | 50 мин | 459659 | 3538572 |
| 10 мин | 459653 | 3538565 | 55 мин | 459661 | 3538564 |
| 15 мин | 459662 | 3538565 | 60 мин | 459662 | 3538565 |
| 20 мин | 459650 | 3538574 | 120 мин | 459659 | 3538574 |
| 25 мин | 459653 | 3538565 | ----- | ----- | ----- |
| GPS (TPSGRS3) | | | | | |
| БМ | | 459656.675 | | 3538570.957 | |

Затем наблюдаемые значения (координаты) были спроецированы на спутниковое изображение с помощью геоинформационной системы, чтобы показать взаимосвязь между ними (рисунке 3).



Рис.3. Проекция наблюдаемых значений (координат КТ) на спутниковое изображение

На рисунке 4 показана разница между координатами, наблюдаемыми навигационным устройством GPS, и координатами, наблюдаемыми геодезическим устройством GPS.

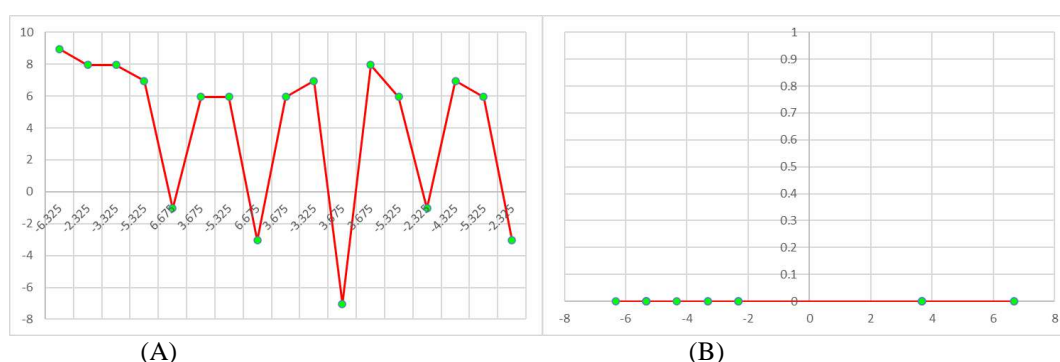


Рис.4. Разница между значениями координат КТ по оси X (А) и по оси Y (В).

Отметим, что величина разброса наблюдаемых значений колеблется от ($\pm 6,5$ м) приблизительно по оси X и до (± 7 м) по оси Y.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенного эксперимента можно сделать однозначный вывод, что применение низкоточной навигационной аппаратуры для задач координатной привязки спутниковых изображений не рекомендуется для задач изысканий и строительства. Целесообразно использовать специализированную геодезическую аппаратуру при проведении измерений контрольных точек. Данный вывод базируется на полученных данных в результате эксперимента по привязке данных дистанционного зондирования на территорию Республики Ирак.

ЛИТЕРАТУРА

1. James Bao-Yen Tsui, " Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach", Wiley & Sons, Inc., Vol. 4, No. 11, 1-368, 2000.
2. Wang, Y., Forman, G., & Wei, H., "Mining large-scale GPS streams for connectivity refinement of road maps". The Computer Journal, 58(9), 448-451, 2015.
3. Mario A. Gomarasca, " Basics of Geomatics", Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 1-598, 2009.
4. J.Parthasarathy, " Positioning and Navigation System Using GPS", International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVI, Part 6, Tokyo Japan, 208-212, 2006.
5. Chen YQ and XF He, " Contribution of Pseudo lite observations to GPS precise surveys". KSCE Journal of Civil Engineering, Vol. 12, Iss. 1, 31-36. 2008.
6. Fasel Qadir, M. A. Peer, K. A. Khan Research Scholar, Chairman BOPEE, J & K, Associate Professor at S. P. College Srinagar, " Digital Image Scrambling Based on Two Dimensional Cellular Automata", ijcnis.02.05, 36-41, 2013.
7. Diofantos G. Hadjimitsis, Christopher Clayton and Adrianos Retalis, " On the darkest pixel atmospheric correction algorithm: A revised procedure applied over satellite remotely sensed images intended for

- environmental applications”, SPIE, Bellingham, WA, Vol. 5239, 464-471, 2004.
8. Rafael C. Gonzales and Richard E. Woods, “Digital Image Processing”, Third Edition, Pearson Education, 1-1022, 2013.
 9. Peter Pehani, Klemen Cotar, Aleš Marseti, Janez Zaletelj and Krištof Oštir, “Automatic Geometric Processing for Very High-Resolution Optical Satellite Data Based on Vector Roads and Orthophotos”, *Remote Sens.*, 8, 343, 2-26, 2016.
 10. Chintan P. Dave, Rahul Joshi and S. S. Srivastava, “A Survey on Geometric Correction of Satellite Imagery”, *International Journal of Computer Applications*, V. 116, No. 12, 24-27, 2015.
 11. Lee Hung Liewa, Yin Chai Wangb and Wai Shiang Cheahb, “ Evaluation of Control Points’ Distribution on Distortions and Geometric Transformations for Aerial Images Rectification”, *Procedia Engineering*, 41, 1002 – 1008, 2012.
 12. Thanh Nguyen, “Optimal Ground Control Points for Geometric Correction Using Genetic Algorithm with Global Accuracy”, *European Journal of Remote Sensing*, 48, 101-120, 2015.
 13. Jae Woo Park and Dong Jun Yeom, “Method for establishing ground control points to realize UAV-based precision digital maps of earthwork sites”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1-10, 2021.
 14. Mariusz Rychlicki, Zbigniew Kasprzyk and Adam Rosinski, “Analysis of Accuracy and Reliability of Different Types of GPS Receivers”, *Sensors*, 20, 6498, 1-14, 2020.
 15. Harold I. Heaton, “GPS Monitoring Practices in Community Supervision and the Potential Impact of Advanced Analytics, Version 1.0”, Johns Hopkins Rd., 1-42, 2016.
 16. Marcelo Santos and Silvio De Freitas, “A practical evaluation of the GPS rapid static method”, *Geomatica*, 54(4):504–512, 2000.
 17. Jinsang Hwang, Hongsik Yun, Sun-Kyu Park, Dongha Lee and Sungnam Hong, “ Optimal Methods of RTK-GPS/Accelerometer Integration to Monitor the Displacement of Structures”, *sensors*, 12(1), 1014-3412, 2012.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ПРИНТЕРА

О. М. Кротов¹, И. С. Птухина²

СПбПУ Петра Великого, Инженерно-строительный институт,

¹*krotovom@mail.ru*

²*irena_ptah@mail.ru*

Аннотация

В данной статье рассматривается комплексная подготовка и печать элемента ограждающей конструкции здания с воздушным зазором и пространством для установки теплоизолирующих материалов на портативном строительном принтере, разработанном в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Для проведения работ по строительной печати необходимо учитывать 3 основные фактора – машину, материалы и программные комплексы. Все эти факторы подбираются индивидуально в зависимости от поставленной задачи. Цель исследования в статье заключается в оценке возможности применения технологий строительной печати на примере мобильного строительного принтера для разработки отдельных блоков ограждающих конструкций зданий. По результатам 3D моделирования выбранного объекта и его подготовки для дальнейших работ был напечатан экспериментальный блок ограждающей конструкции из специально подготовленной смеси с добавлением микрофибры для быстрого набирания прочности смеси, что показывает применимость данной технологии для возможности сборного домостроения.

ВВЕДЕНИЕ

В традиционном строительстве создание конструктивных элементов зданий и сооружений производится с использованием опалубки, т.е. специальной временной конструкции, которая заполняется бетоном и придает конструкции заданную форму [1-2].

В аддитивном строительстве, или по-другому – строительном принтинге, создания объектов из бетона производится автоматизировано, то есть без использования опалубки.

Технология строительной печати заключается в послойном создании объектов из бетона при помощи экструдирования смеси из сопла печатающей головки строительного принтера. В рамках грантового конкурса Умник-Технет Фонда содействия инновациям в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого был разработан мобильный строительный принтер порталного типа для создания малых архитектурных форм, а также отдельных элементов конструкций зданий и сооружений, представленный на рисунке 1. Данный способ позволяет затрачивать меньше рабочей силы, сократить перерасход материалов из-за траекторной работы [3], то есть ограниченной определенной траекторией движения.

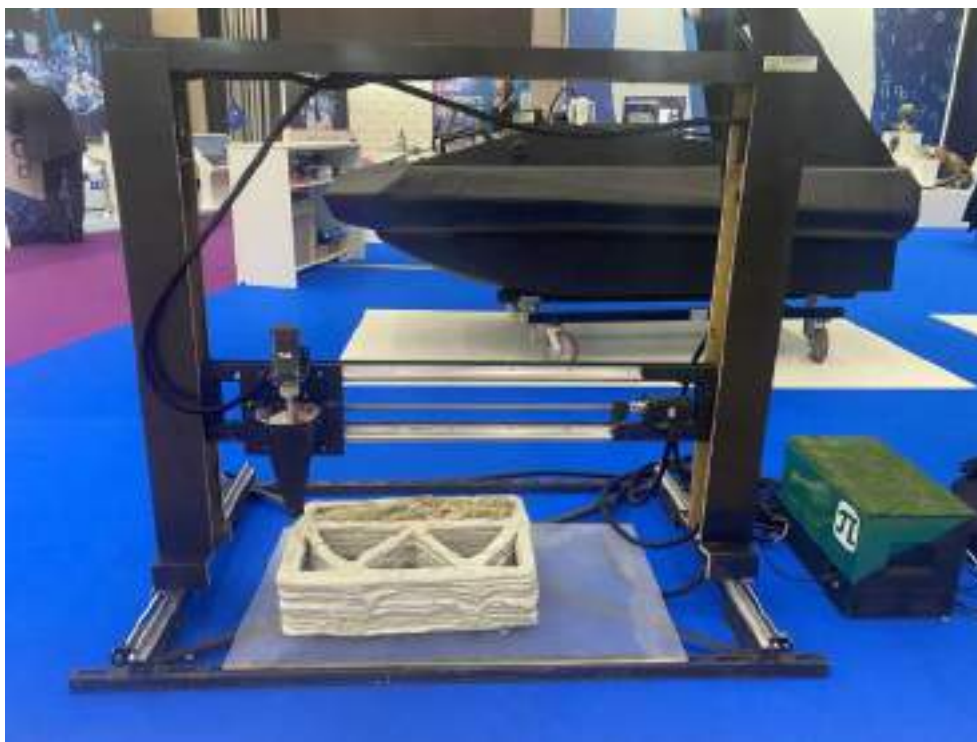


Рис. 1. Строительный мобильный принтер портального типа.

Прогресс строительных технологий следует вперед к автоматизации. Основным изобретением за последнее десятилетие является строительный принтер, открывший путь к технологии нового строительства - 3D печать бетоном (3DCP). Теперь требуется меньше людей, чтобы организовать печать здания. Один человек в бригаде всегда сидит около компьютера-оператора, другой – следует за движениями экструдера – печатающей головкой строительного принтера, выдавливающей смесь из сопла, согласно заданной траектории в программе.

Строительные материалы для аддитивной печати разнообразны. Для получения правильной консистенции добавок в материале, некоторые авторы рассматривают метод «реактивного спекания и последующего отжига» [4-5]. По сравнению с обычным портландцементом, порошок для 3DCP состоит из оксихлорида магния цемента и армированного волокном цементного полимера, который повышает прочность на сжатие и растяжение строительных элементов, таких как стены, полы и т.д. Наиболее популярным в настоящее время является геоплимерный цемент, состоящий из шлака и летучей золы, что делает его экологически чистым. Кроме того, геоплимерный цемент имеет меньше выбросов углерода, чем портландцемент на 80 процентов. Он делает геоплимерный цемент более предпочтительным в строительной печати [6-7]. Другими важными свойствами материалов для строительной печати являются печатаемость, быстрая схватываемость, точность. Точность в терминах 3DCP означает правильную послойную печать, отсутствие неправильных траекторий, которые могли бы снизить прочность конструкции. Иногда для повышения общей прочности конструкции используются специальные поверхностные высокопрочные слои.

Как и большое разнообразие материалов для строительной печати, технологические аспекты этого процесса также различны. Сегодня существует несколько специальных строительных принтеров-манипуляторов, стационарных портальных принтеров и мобильных принтеров [8].

Цель исследования в статье заключается в оценке возможности применения технологий строительной печати на примере мобильного строительного принтера для разработки отдельных блоков ограждающих конструкций зданий.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Смоделировать эскиз конструкции стены в AutoCAD;
2. Подготовить модель для печати в SheetCAM;
3. Произвести печать на строительном принтере с помощью программы Mach3;
4. Оценить качество и целесообразность печати отдельных конструкций зданий

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для печати на строительном принтере на сегодняшний момент не существует определённого программного комплекса, который позволял бы обойтись без сторонних программ, поэтому в сфере строительной печати используется ряд специализированных программ. Печать бетоном схожа по технологии с печатью пластиком за исключением отсутствия нагревающего элемента в экструдере [9-10], который позволяет размягчать нить печатаемого пластика на время для создания проектируемой формы. В случае с бетоном для качественной печати необходим правильно спроектированный шнек печатающей головки [11-12], который отвечает за скорость и вид печатаемого слоя. Под видом понимается правильно обработанная шнеком смесь в экструдере и выдавленная через сопло определенной формы. Схема печати представлена на рисунке 2.

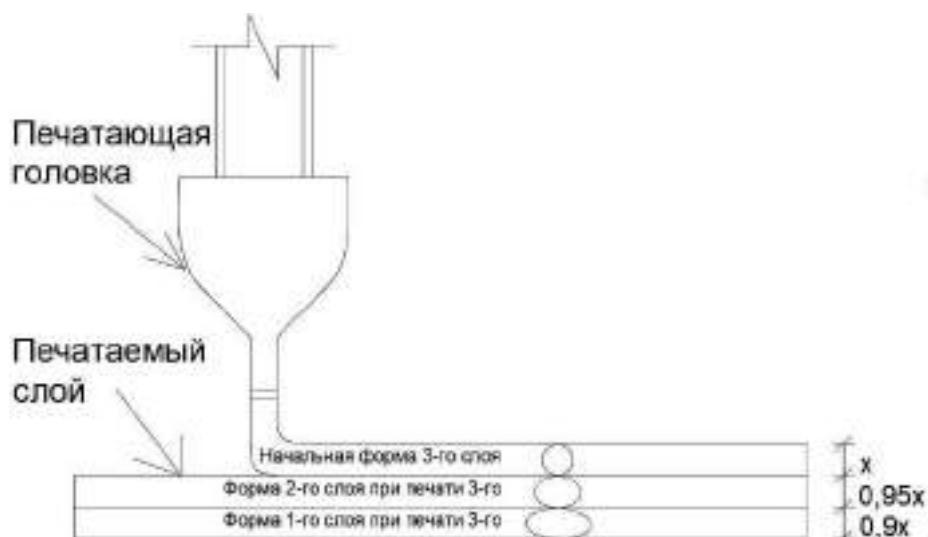


Рис. 2. Схема строительной печати.

Как видно из рисунка, при непрерывной печати нижележащие слои изменяют свою форму под весом вновь печатающихся. Это связано с тем, что напечатанный слой не может сразу набрать даже среднюю прочность, чтобы не изменять свою форму под весом других слоев. В итоге, при непрерывной печати мы получаем искривлённую форму итоговой модели. Кроме изменения формы слоя меняется и высота нижележащих слоев. Исследования и многочисленная печать показывают, что высота следующего нижнего слоя в среднем изменяется на 5 процентов от заданной. Например, если производить печать 40 мм с заданной высотой одного слоя 10 мм, то по формуле ниже получим:

$$H = \frac{x \cdot (1 - 0,05 \cdot d_1) + x \cdot (1 - 0,05 \cdot d_n)}{2} \cdot (n + 1)$$

где H – высота объекта; x – высота одного слоя; d – номер слоя нижележащего, учитывая тот факт, что $d_1 = 0$; n – количество слоев.

$$H = \frac{1 + 1 \cdot (1 - 0,05 \cdot 3)}{2} \cdot 4 = 37 \text{ мм}$$

Получается, что при непрерывной печати специальной смесью высота всего объекта может уменьшиться в среднем на 3 мм.

Для создания модели и её дальнейшего переноса в инженерную программу, отвечающую за создание параметров и условий 3D печати (далее, SheetCAM), можно использовать разнообразные САД платформы, с возможностью как 3D, так и 2D проектирования [13]. После создания эскиза в проектируемой программе чертеж сохраняется в DXF формате, который поддерживается в следующей программе – слайсере.

Конечным продуктом программы SheetCAM является G-код, созданный текстовым файлом для Блокнота. В данном файле можно увидеть три основных направления с координатами: X, Y и Z. При движении головки в горизонтальной плоскости задействуются только оси X и Y. Ось Z используется каждый раз в одной строчке для поднятия головки на высоту слоя.

Подготовленный G-код переносится в программу Mach3, являющуюся оператором работ на строительном принтере (рисунок 3). Данная программа позволяет изменять как скорость вращения валов двигателей принтера, так и отдельно скорость вращения шнека [14-15]. При непредвиденном схватывании смеси в печатающей головке или нарушении траектории печати, данная программа позволяет остановить процесс печати и начать с необходимой точки.

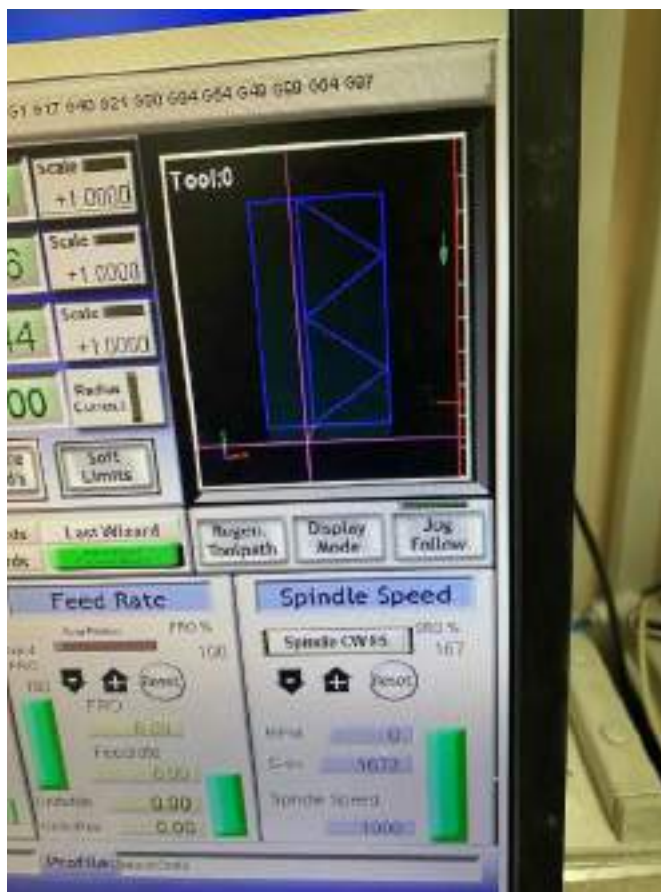


Рис. 3. Оператор работ принтера Mach3.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате подготовки модели элемента ограждающей конструкции и преобразования ее в G-код был напечатан образец конструкции стены (рисунок 4). Для печати использовался специально спроектированный бетон с добавлением фиброволокн. Подобная смесь начинает свое схватывание сразу после выдавливания из сопла печатающей головки, то есть вышележащие слои не

уменьшают высоту нижележащих за счет быстрого набора прочности. Головка принтера позволяет производить печать многосекционных блоков для заполнения каждого из них шумо и теплоизоляционными материалами. В данный блок была добавлена минеральная вата с внутренней стороны здания. Треугольные отверстия выступают в качестве воздушных зазоров.



Рис.4. Образец стенового блока.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования можно сделать вывод, что установка мобильного строительного принтера портального типа с необходимыми программными комплексами может применяться для создания отдельных элементов конструкций зданий в частности. Габариты модели, заданные при проектировании в AutoCAD, не видоизменились при последующем преобразовании эскиза в G-код, что говорит о том, что комплект из трех выбранных программных продуктов (AutoCAD, SheetCAM, Mach3) может применяться для строительной печати. Также важно отметить, что программа Mach3 позволяет правильно синхронизовать шаговые двигатели принтера для более плавной и качественной печати. Таким образом, технология строительной печати при использовании мобильных установок позволяет продуктивно производить работы в рамках блочного строительства

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева С.В., Кротов О.М., Гокканен А.И., Обмачкин В.А. Применение 3d-принтера в строительной отрасли // Неделя Науки. 2019. С. 83—85.
2. Мустафин Н.Ш., Барышников А.А. Новейшие технологии в строительстве. 3D принтер // Региональное развитие. 2015. №8. С.13-15.
3. Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А. 3д печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №1. С. 27-46.
4. Абрамян С.Г., Илиев А.Б., Липатова С.И. Современные строительные аддитивные технологии. Часть 2 // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. С. 1-11.
5. Финашенков Е.А. 3D-печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. №52. С.27-46.

6. Shatornaya A.M., Chislova M.M., Drozdetskaya M.A., Ptuhina I.S. Efficiency of 3D printers in Civil Engineering // Construction of unique buildings and structures. 2017. Vol. 60. P.22-30.
7. Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкции без предварительно напряженной арматуры: методическое пособие. – М: Министерство строительства и ЖКХ РФ, 2015. – 293 с.
8. Xu J.: Volume-forming 3D concrete printing using a variable-size square nozzle // Automation Construction.2019. Vol. 104. P. 95–106.
9. Wei Y., Tay D., Qian Y., Tan M.J.: Printability region for 3D concrete printing using slump and slump flow test // Compos. Part B. 2019.174. P. 104-118.
10. Kruger J., Zeranka S., Zijl G. Van. Automation in Construction 3D concrete printing : A lower bound analytical model for buildability performance quantification // Automation Construction. 2019. Vol. 106. P. 112–143.
11. Duballet R., Baverel O., Dirrenberger J. Automation in Construction Classification of building systems for concrete 3D printing // Automation Construction. 2019. Vol. 83. P. 247–258.
12. Schutter G. De, Lesage K., Mechtcherine V., Naidu V., Habert G., Agustijuan I. Cement and Concrete Research Vision of 3D printing with concrete — Technical , economic and environmental potentials. Cem. // Concr. Res. 2018. Vol. 42. P.21–43.
13. Asprone D., Auricchio F., Menna C., Mercuri V. 3D printing of reinforced concrete elements : Technology and design approach. // Constr. Build. Mater. 2018. Vol. 165. P. 218–231.
14. Slavcheva G.S., Artamonova O. V. Rheological behavior of 3D printable cement paste : criterial evaluation // Constr. Build. Mater. 2018. Vol. 8. P.97–108.
15. Zhang Y., She W., Yang L., Liu G., Yang Y. Rheological and harden properties of the high-thixotropy 3D printing concrete // Constr. Build. Mater. 2019. Vol. 10. P. 278–285.

ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. А. Гусарова¹, Н. В. Мокрова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²gaa.26@yandex.ru.

Аннотация

Предметом исследования данной статьи является опыт использования инструментов искусственного интеллекта в строительном проектировании зданий и сооружений. Искусственный интеллект в строительной сфере стал развиваться относительно недавно, поэтому важным является анализ работ и исследований, связанных с данным направлением, так как существующий опыт может стать базой для дальнейшего развития. В связи с этим, был проведён обзор и анализ работ, основанных на применении искусственного интеллекта в сфере строительного проектирования. Целью данного анализа было выявление перспективных направлений развития исследований в данной области. Результатом работы стало определение некоторых существующих инструментов искусственного интеллекта и обнаружение ограничений, связанных со спецификой задач или несовместимостью разных приложений.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня популярно применение технологии искусственного интеллекта (далее - ИИ) в разных сферах деятельности человека. Потенциал этой технологии имеет большое значение для строительной сферы. Возможности ИИ быстро обрабатывать огромные объемы данных, обучаться и накапливать опыт по какому-либо процессу является привлекательной особенностью данной технологии для использования в строительной инженерии [1]. Однако, практического опыта по данному направлению не так много. В данной статье рассматриваются некоторые исследования, связанные с использованием искусственного интеллекта в строительном проектировании. На базе этих исследований получены выводы о состоянии данной отрасли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для обзора были выбраны работы, связанные с применением ИИ в строительном проектировании зданий и сооружений в части архитектуры и дизайна. Основные методы данного исследования: изучение и анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пример использования ИИ в архитектурном проектировании описан в исследовании [2], главными задачами которого были: анализ планов этажей здания и генерация планов этажей здания при помощи ИИ. Цель исследования состояла из трёх частей:

- 1) создание разнообразного дизайна планов этажей;
- 2) разработка методологии классификации созданных планов этажей;
- 3) “просмотр” сгенерированных вариантов дизайна.

Методология данной работы состояла из двух основных задач: создание планов здания и проектирование пространств. Для реализации этих задач необходимо было определить инструменты исследования (Рис.1). Авторы работы использовали генеративно-сопоставительные нейронные сети (англ. *Generative adversarial network*, GAN) в качестве инструмента. Генеративные сопоставительные нейронные сети (GAN) представляют собой алгоритм машинного обучения без учителя, построенный на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых генерирует образцы (сеть G), а другая старается отличить “правильные” образцы от “неправильных” (сеть D). Сети G и D

имеют противоположные цели — создать образцы и отбраковать образцы — между ними возникает антагонистическая игра. В процессе обучения GAN изучает статистически значимые явления среди представленных данных.

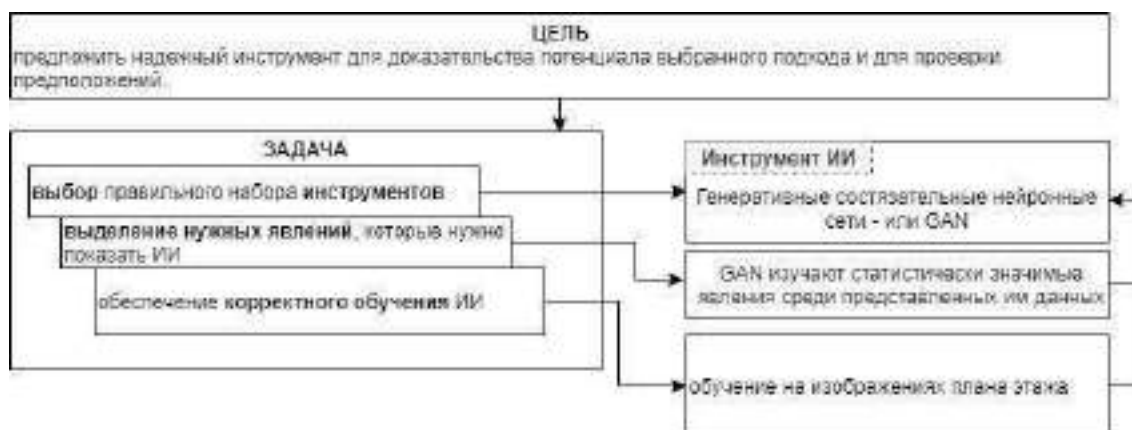


Рис.1 Выбор инструмента исследования [2]

Основные этапы работы [2] (Рис. 2) состояли из:

- обучения GAN архитектурному проектированию, с целью отрисовки планов этажей;
- разработки основы для классификации сгенерированных поэтажных планов;
- организации результатов GAN для реализации просмотра пользователем различных вариантов дизайна.

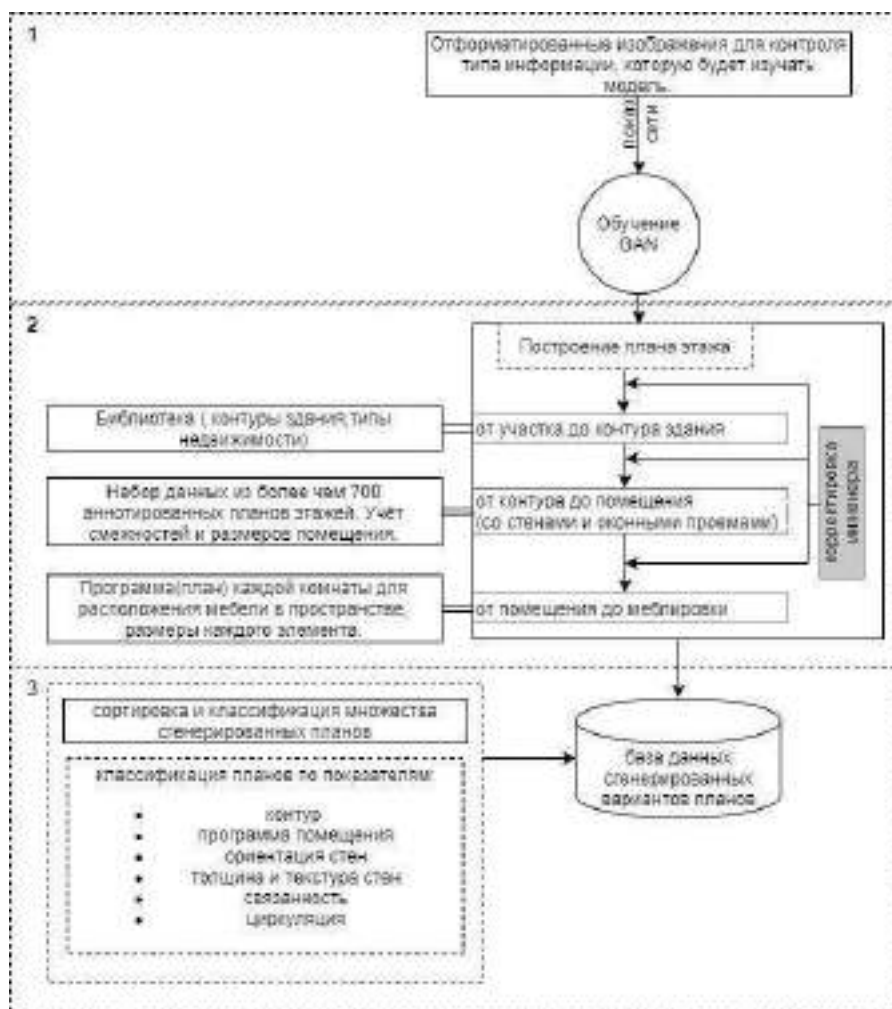


Рис.2. Основные этапы работы [2]

Обучение GAN осуществлялось на просмотре изображений планов этажей. Важным являлось правильное определение набора данных, которые будут представлены на изображении планов для обучения. Например, в течении полутора дней обучения GAN, после 250 итераций, выработала своего рода “интуицию”, с помощью которой были сгенерированы комнаты с оконными проемами. На Рис.3 представлен процесс обучения GAN.

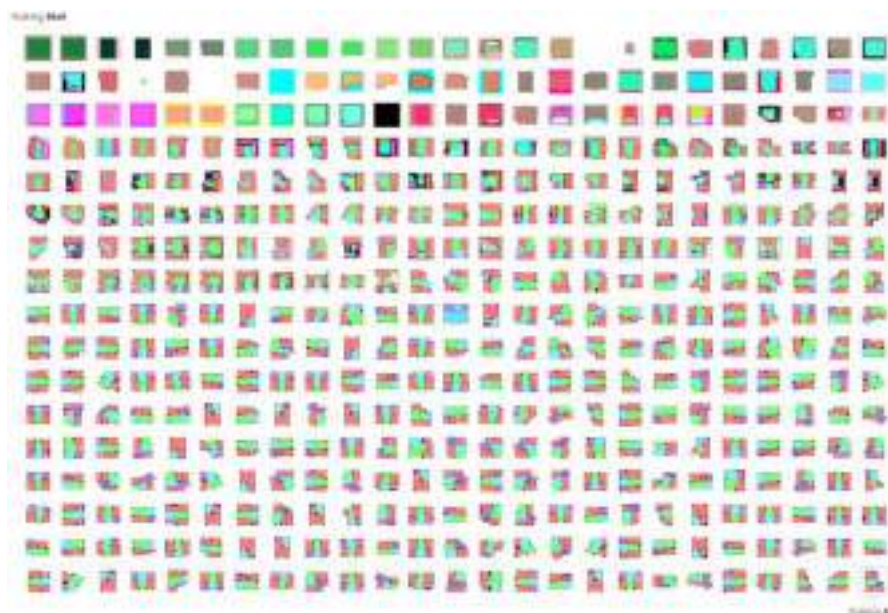


Рис. 3. Последовательность обучения. Источник:[2]

Многоступенчатый процесс генерации планов состоит из следующих шагов (Рис. 4): от участка до контура здания, от контура до помещения (со стенами и оконными проемами), от помещения до мебелировки. На каждом шаге формируется своего рода модель.

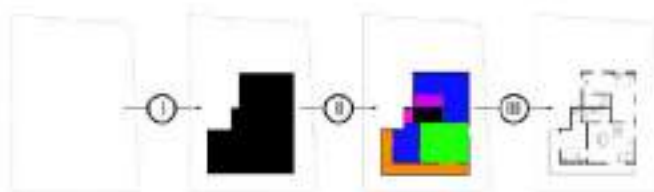


Рис. 4. Процесс генерации (модели с I по III) | Источник:[2]

На первом шаге происходит создание контура здания на заданной геометрии участка. Для обучения этой модели используется большой набор данных с разными формами контура.

На следующем шаге происходит разбивка площади с учетом планировки. Важной задачей для GAN является способность разделить площадь здания с учетом значимых смежностей, типичных размеров комнаты и корректности расположения оконных проёмов. Исследователи использовали более 700 аннотированных поэтажных планов для обучения моделей и получили релевантные результаты.

На шаге мебелировки происходит добавление мебели в пространство. Для этого было проведено обучение модели по расстановки мебели с учётом типа комнат (гостиная, кухня и т.д.).

Для возможности взаимодействия машины с человеком между каждой моделью допускается вмешательство пользователя с возможностью редактирования заданных параметров.

Для сбалансированной генерации поэтажных планов важны структурирование и подходящая классификация множества сгенерированных планов. Для решения данной задачи было выделено 6 показателей (Рис.5), которые описывают аспекты архитектурного

проектирования поэтажных планов: контур помещения (Footprint), программа (Program), ориентация (Orientation), толщина и текстура стен (Thickness & Texture), связность (Connectivity) и циркуляция (Circulation).

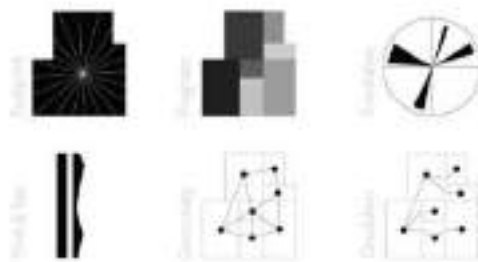


Рис. 5. Показатели классификации результатов. Источник:[2]

Для выбора наилучшего варианта сгенерированного плана на каждом шаге генерации инженеру доступны фильтры по разным классификациям. Инженер получает древовидную структуру своего выбора, где в центре расположен выбранный им план, а рядом похожие планы в порядке убывания.

Данная работа интересна для обсуждения предложенной авторами концепции применения ИИ в архитектурном проектировании в качестве помощника инженера. С помощью алгоритма машинного обучения GAN можно автоматизировать анализ существующих и генерацию новых проектов. Важными особенностями для применения данного инструмента являются:

- формирование корректного набора данных для обучения сети GAN;
- возможность инженера контролировать промежуточные результаты работы GAN и корректировать параметры генерации планов на разных этапах.

Однако, авторы признают, что некоторые результаты данного исследования являются удовлетворительными, а разработанные концепции требуют совершенствования.

В процессе других исследований[3] были получены выводы, что архитекторы, при использовании ИИ, сталкиваются с двумя основными проблемами:

- подбор оптимальной таксономии, т.е. определение показателей, на основе которых программа ИИ будет обеспечивать оптимальный результат работы.
- подбор инструментов ИИ и способа их обучения для выполнения задач архитектурного проектирования.

Другое исследование[4] применения искусственного интеллекта в архитектурной области выделяет следующие инструменты:

- эволюционные алгоритмы;
- интеллект роя;
- искусственная нейронная сеть.

Эволюционные алгоритмы - алгоритмы основанные на принципе “естественного отбора”, в которых центральными процессами являются воспроизведение, мутация, рекомбинация и отбор. Параметры алгоритма проверяются и настраиваются в ходе последовательного процесса. Данная вычислительная модель эволюционных алгоритмов позволяет настраивать входные параметры для оптимизации конфигурации для поставленных целей.

Одним из направлений эволюционных алгоритмов являются генетические алгоритмы. Потенциал генетических алгоритмов был использован в дизайнерском проекте, где в процессе пространственной оптимизации был получен результат в виде снижения использования материалов при производстве на 42% от первоначальной формы, предложенной проектировщиком.

Интеллект роя - с математической точки зрения, это эмерджентное поведение, возникающее из простого набора правил, созданных самодвижущимися объектами, которое не требует внешней координации. Тему интеллекта роя изучали в эксперименте, связанном с процессом поиска формы. Целью алгоритма было создание пространственной структуры между двумя заранее заданными перпендикулярными областями на расстоянии 640 см, с учётом строительных конструкции для избежания пересечения с ними. Рой состоял из агентов с одинаковым набором параметров, основанном на трёх правилах Крейга Рейнольдса: разделение, согласованность и единство.

Разделение позволяет сохранить дистанцию от окружающих агентов, чтобы избежать их столкновения и сохранить размер стаи. **Согласованность** позволяет рой держать плавный поток. **Единство** позволяет формировать две цели: цель для движения роя в заданной области и цель сплоченности, чтобы не допустить распада роя на отдельные группы.

Данные о перемещении роя записывались при каждой итерации, создавая облако точек по следам агентов (Рис.6). Сгенерированное облако точек было преобразовано в кубы размерами 100-200 мм, что приблизительно соответствовало координатам, записанным агентами.



Рис. 6. Этапы создания формы с помощью интеллекта роя. Источник:[4]

В результате исследования[4] была построена сгенерированная модель, которая отвечала требованию по избежанию пересечений со строительными элементами (Рис.7).



Рис. 7. Пространственная инсталляция, созданная с помощью интеллекта роя. Источник:[4]

Интеллект роя с коллективным поведением системы позволяет применять данный метод в архитектурном дизайне. Однако, отсутствие возможности внешней координации системы довольно часто может привести к неудовлетворительным результатам.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) - математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Сеть способна к обучению и состоит из нескольких узлов, или нейронов, которые взаимодействуют друг с другом. Эти узлы могут принимать данные и производить простые операции над ними. Обучение ИНС происходит на основе предоставленного обучающего набора данных в виде входных параметров и соответствующих значений на выходе. При помощи алгоритма могут генерироваться разные варианты пространств в исследуемой форме, которые можно использовать для дальнейшего процесса проектирования или как конечный результат.

В ходе одного из исследований ИНС обучалась на основе детальной конфигурации капителей колонн Римско-коринфского ордена. Набор данных состоял из образцов

капителей, позволяющих анализировать локальную деформацию. В результате обучения ИНС смогла генерировать трехмерные варианты новых форм капителей на основе заданных входных параметров.

Проанализированные работы[4] процесса проектирования с помощью ИИ основаны на одном принципе - пользователь определяет набор правил. Отличие данных инструментов ИИ в важности решения пользователя и возможности внешней координации системы. При сложных процессах проектирования, например с использованием нейронной сети, данный процесс может меняться в зависимости от среды, что способно приводить к неожиданным результатам. Интеграции разных инструментов ИИ в более крупную систему искусственного интеллекта возможно компенсирует ограничения каждого инструмента в отдельности.

Внедрение сложных инструментов проектирования на основе искусственного интеллекта может позволить повысить эффективность создания сложных архитектурных форм, которые, возможно, не могли быть созданы иным образом. Однако, полная автоматизация таких процессов невозможна на данный момент. Рассмотренные инструменты могут служить дополнением для работы инженера.

В других работах [5-10] было изучено использование информационных моделей зданий для работы с интеллектуальными программными инструментами.

Однако на данный момент существуют некоторые ограничения в совместной работе BIM-технологии и искусственного интеллекта. К таким ограничениям относят: неадекватную совместимость информации, трудности с формированием данных информационной модели для интеллектуальных программных инструментов.

Также существуют проблемы, связанные с тем, что многие отношения и свойства объектов все еще неявные в BIM-моделях, и объектно-ориентированные представления объектов и их свойств не позволяют применять стандартный ввод данных для существующих методов искусственного интеллекта. Некоторые проблемы могут быть решены посредством семантического обогащения или разработки стратегий инженерии данных, чтобы сделать информацию совместимой для обработки ИИ.

Семантическое обогащение моделей BIM - это процесс, в котором алгоритмы применяют знания экспертной области для вывода любой информации, необходимой для данного конкретного приложения, которая отсутствует в явных данных в модели. Недостающая информация может быть добавлена к модели, что облегчает её использование в некоторых приложениях.

Исследования показали, что некоторые аспекты семантического обогащения могут быть выполнены с использованием машинного обучения. Например, алгоритм машинного обучения с учителем был успешно применен для классификации типов комнат в жилых квартирах. Расхождения в обмене данными на основе IFC также устраняются путем применения алгоритмов машинного обучения, таких как машины опорных векторов (SVM, англ. Support Vector Machine)[11], для обнаружения неправильной классификации конкретных объектов в файлах IFC.

Информационные модели зданий обычно имеют несколько форматов (Рис.8). Данные форматы напрямую несовместимы с алгоритмами распознавания образов и машинным обучением.

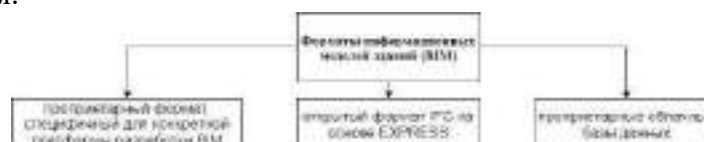


Рис. 8. Информация в модели BIM.

В результате традиционных методов извлечения данных из моделей BIM для приложений ИИ теряется часть информации, например взаимосвязь между окнами и стенами или другим конструктивом. В получении таких связей может помочь трудозатратное программирование, которое способно извлечь выражение отношений

строительных объектов, или представление модели здания в виде графов свойств. Для применения этого метода были разработаны инструменты [12] для компиляции модели данных графа из файла IFC модели здания. Другие исследователи [13] предложили иное представление графа свойств, а именно через граф схемы IFC из EXPRESS и графы моделей IFC для отдельных экземпляров моделей зданий, хранящихся в файлах IFC.

Получение полноценной информации о производительности здания может позволить провести высококачественный анализ, чтобы переопределить способ проектирования здания. Общей проблемой для применения инструментов искусственного интеллекта в средах BIM является ограничение в обмене данными, связанное с несовместимостью разных программных сред и приложений. На Рис.9 представлены основные проблемы, связанные с несовместимостью BIM и инструментами ИИ.

Обзор данных работ [5-14] показывает, что существуют ограничения в виде несовместимости для высококачественного анализа информации, которую содержат модели BIM, с помощью приложений ИИ.

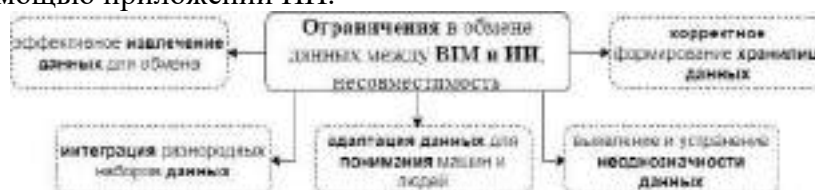


Рис. 9. Проблемы несовместимости сред разработки BIM и ИИ.

Кроме проблем несовместимости данных, связанных с программными ограничениями, могут быть и другие, в исследовании интеллектуального анализа данных [15] разделяют основные проблемы в этой области на 5 категорий (Табл.1).

Табл. 1. Проблемы интеллектуального анализа

| Проблемы интеллектуального анализа | Общее содержание |
|--|--|
| Методология интеллектуального анализа данных | Интеллектуальный анализ данных в многомерных пространствах; использование мультидисциплинарных подходов и семантических отношений; подходы к интеллектуальному анализу; шум, неопределенность и неполнота данных для обеспечения точных результатов. |
| Взаимодействие с пользователем | Визуализация, интерпретация и понимание результатов. |
| Эффективность и масштабируемость | Эффективность и масштабируемость методологий и алгоритмов интеллектуального анализа данных. |
| Разнообразие типов данных | Обработка сложных типов данных и динамических репозиториях. |
| Социальные аспекты | Этические соображения и потенциальные воздействия с точки зрения конфиденциальности и потенциального неправомерного использования информации. |

ВЫВОДЫ

В результате обзора и анализа работ, основанных на применении искусственного интеллекта в сфере строительного проектирования, были выявлены существующие инструменты ИИ (GAN, ИИС и др.), которые имеют потенциал для их применения. Также на примере проектов были рассмотрены некоторые инструменты и методики, связанных с применением искусственного интеллекта для задач строительного проектирования.

Анализ работ [1-15] помог выявить существующие ограничения в использовании приложений ИИ в данном контексте. Текущее состояние данного вопроса располагает к проведению дальнейших исследований на основе существующего опыта и теории. Преодоление существующих ограничений и проблем поможет в развитии отрасли строительства. Особенно важной является проблема несовместимости среды BIM с приложениями ИИ, так как информационные модели являются большим источником данных о зданиях и сооружениях. Для того, чтобы сделать эти большие объемы данных ценными, нужно уметь их быстро и качественно анализировать. Анализ такого уровня позволяют выполнять инструменты искусственного интеллекта. Данные инструменты начинают внедряться в процесс проектирования, но в повсеместной практике почти не используются. Развитие инструментов для эффективного процесса строительного проектирования является перспективным в развивающейся строительной сфере, а методы искусственного интеллекта имеют потенциал в данном контексте.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. Donovan. 5 Ways Artificial Intelligence Is Changing Architecture // Интернет-ресурс «Interesting Engineering, Inc». 2020. Режим доступа: <https://interestingengineering.com/5-ways-artificial-intelligence-is-changing-architecture>. Дата обращения: 20.10.21.
2. S. Chaillou. AI & Architecture An Experimental Perspective // Платформа «Medium.com». 2019. Режим доступа: <https://medium.com/built-horizons/ai-architecture-4c1ec34a42b8>. Дата обращения: 21.10.21.
3. S. Chaillou. The Advent of Architectural AI A Historical Perspective // Платформа «towards data science». 2019. Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/the-advent-of-architectural-ai-706046960140>. Дата обращения: 21.10.21.
4. J. Cudzik, Kacper Radziszewski. Artificial Intelligence Aided Architectural Design // Design Standards for Mixed - Use Development, The Mukilteo Municipal Code. 2018. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/328018944_Artificial_Intelligence_Aided_Architectural_Design. Дата обращения: 22.10.21.
5. R.Sacks, M.Girolami, Ioannis Brilakis. Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech // Developments in the Built Environment Volume 4, November 2020, 100011.
6. T. Bloch, R. Sacks. Comparing machine learning and rule-based inferencing for semantic enrichment of BIM models // Autom. ConStruct. 2018. № 91. Pp. 256-272.
7. A. Ismail, A. Nahar, R. Scherer. Application of graph databases and graph theory concepts for advanced analysing of BIM models based on IFC standard // European Group for Intelligent Computing in Engineering. 2017. № 12.
8. B. Koo, S. La, N.-W. Cho, Y. Yu. Using support vector machines to classify building elements for checking the semantic integrity of building information models // Autom. ConStruct. 2019. № 98. Pp. 183-194.
9. R. Sacks, T. Bloch, M. Katz, R. Yosef. Automating design review with artificial intelligence and BIM: state of the art and research framework // Autom. ConStructComputing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation, American Society of Civil Engineers, Atlanta, GA, USA. 2019. Pp. 353-360.
10. J. Wu, J. Zhang. New automated BIM object classification method to support BIM interoperability // J. Comput. Civ. Eng. № 2019. 33 (5). Article 04019033.
11. Koo, B., Shin, B. Applying novelty detection to identify model element to IFC class misclassifications on architectural and infrastructure Building Information Models // J. Comput. design Eng. 2019. № 5 (4). 2019. Pp. 391-400.
12. A. Khalili, D. Chua. IFC-Based Graph Data Model for Topological Queries on Building Elements // Journal of Computing in Civil Engineering. 2013. № 29 (3). 2019. 04014046
13. A. Ismail, A. Nahar, R. Scherer. Scherer Application of graph databases and graph theory concepts for advanced analysing of BIM models based on IFC standard // Conference: 24th International Workshop on Intelligent Computing in Engineering (EG-ICE 2017) At: Nottingham, UK. 2017. № 29 (3). 2017 Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/318600860_Application_of_graph_databases_and_graph_theory_concepts_for_advanced_analysing_of_BIM_models_based_on_IFC_standard. Дата обращения: 25.10.21.
14. E.Petrova. Ai for BIM-based sustainable building design: Integrating knowledge discovery and semantic data modelling for evidence-based design decision support // Thesis for: PhD in Civil Engineering Advisor: Associate Professor Kjeld Svidt, Associate Professor Rasmus Lund Jensen. 2019. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/335335471_AI_FOR_BIM-BASED_SUSTAINABLE_BUILDING_DESIGN_Integrating_knowledge_discovery_and_semantic_data_modelling_for_evidence-based_design_decision_support. Дата обращения: 30.10.21.
15. F. Berzal, N. Matin. Data mining: concepts and techniques by Jiawei Han and Micheline Kamber // ACM SIGMOD Record 31(2):66-68. 2020. № 31 (2). 2019. Pp. 66-68.

Секция 8. Инженерные системы и средства механизации в строительстве и ЖКХ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДАЧИ ГАЗА К ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩЕМУ ОБОРУДОВАНИЮ ОТ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ БАЛЛОННЫХ УСТАНОВОК

Н. Н. Осипова¹, Ю. А. Орлова²

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,

¹osipova_nn@internet.ru

²orlovaaaaa1998@gmail.com

Аннотация

В статье предложена двухступенчатая схема редуцирования паров сжиженного углеводородного газа, перед подачей в газоиспользующее оборудование, предусматривающая настройку диапазонов редуцирования регуляторов давления от 1,6 МПа до 0,7 МПа и от 0,7 МПа до 5 кПа. Предложенная схема обеспечивает возможность замены баллонов без отключения от газоиспользующего оборудования и стабилизацию процесса редуцирования газа в различные периоды года за счет работы первой и второй ступеней редуцирования в зависимости от формируемого давления в баллоне.

Рассмотрены процессы естественной регазификации паров сжиженного углеводородного газа, определено давление паровой фазы, идущей на редуцирование и последующую подачу в газоиспользующее оборудование в зависимости от температуры и состава жидкой фазы газа в баллоне. Установлены режимы эксплуатации индивидуальных баллонных установок с применением одной или двух ступеней редуцирования в зависимости от температурных условий эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сжиженный углеводородный газ для коммунально-бытового потребления поставляется согласно ГОСТ 20448-2018, ГОСТ Р 52087-2018. При этом состав газа может варьироваться в зависимости от сезона года и марки газа от 60% бутана до 75% пропана по массовой доле. Различная температура кипения указанных углеводородов приводит к их неравномерному испарению в баллоне и последующему содержанию в газообразной фазе, подаваемой к газоиспользующим приборам [1]. Указанное обстоятельство приводит к нестабильности подаваемого давления в регуляторы, что сказывается на работе газоиспользующего оборудования [2]. Вопросы повышения эффективности подачи газа от баллонных установок рассматривались в научных работах отечественных [3, 4, 5, 6] и зарубежных авторов [7, 8, 9, 10]. Многочисленными исследованиями установлено, что на эффективность работы газоиспользующего оборудования влияют многочисленные факторы, такие как объем сосуда, состав газа, температурные условия хранения и эксплуатации баллонных установок, режимы газопотребления, уровень заполнения баллонов газом [5, 6, 11, 12, 13]. Недостаточное внимание к газовой смеси, идущей на сжигание в газоиспользующих установках, приводит к аварийным ситуациям, что является недопустимым явлением в практике эксплуатации систем газоснабжения [14, 15, 16].

В связи с выше изложенным, необходимо провести дополнительные научные исследования, позволяющие разработать рекомендации для стабилизации подачи газа к газоиспользующему оборудованию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведенные авторами научные исследования [1, 11] показали, что для сжиженных углеводородных газов наиболее значимыми параметрами, влияющими на состав смеси,

подаваемой на сжигание, являются климатические условия эксплуатации систем газоснабжения. В связи с тем, что согласно Своду правил 62.13330 индивидуальные и групповые баллонные установки для бытовых газовых приборов (в том числе кухонных плит, водогрейных котлов, газовых колонок), за исключением 1 баллона объемом не более 5 литров, подключенного к газовой плите заводского изготовления, располагаются вне зданий в пристройках, регазификация жидкой углеводородной фазы проходит в баллоне в течение года в максимальном диапазоне температур от максимальной летом до минимальной зимой.

Учитывая сезонную неравномерность климатических условий, влияющих на процесс естественной регазификации в баллонах СУГ, авторами предложена схема двухступенчатого редуцирования паровой фазы при подаче к газоиспользующему оборудованию. Схема предлагаемого технического решения представлена на рис. 1.

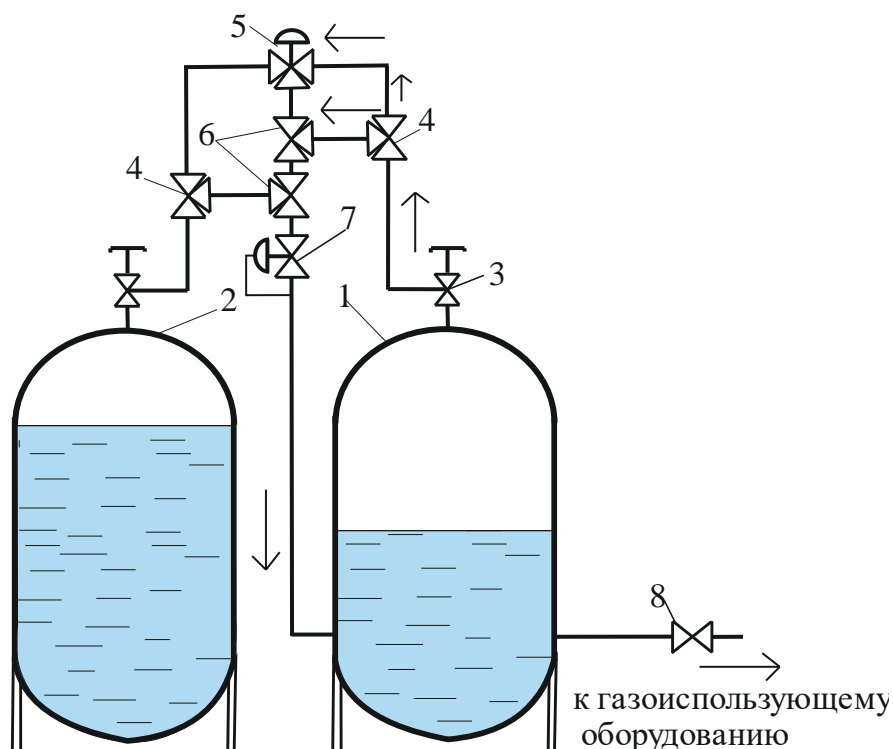


Рис.1. Схема двухступенчатого редуцирования газа при подаче к газоиспользующему оборудованию: 1 – основной баллон индивидуальной баллонной установки, 2 – резервный баллон индивидуальной установки, 3 – вентиль, 4, 6 – клапан трехходовой, 5 – клапан переключатель с функцией редуцирования газа, 7 – регулятор давления, 8 – кран запорный проходной.

Схема работает следующим образом. Вентиль (3) на основном баллоне индивидуальной баллонной установки находится в положении открыто. В начальный период эксплуатации в диапазоне давлений паровой фазы от 1,3 МПа до 0,7 МПа из основного баллона (1), паровая фаза через открытый вентиль (3) баллона (1) и открытый трехходовой клапан (4), поступает в клапан переключатель (5), где снижает свое давление до 0,7 МПа, проходит через открытые трехходовые клапаны (6) и поступает на редуцирование во вторую ступень - регулятор давления (7). В регуляторе (7) происходит редуцирование паровой фазы в диапазоне давлений от 0,7 МПа до 5 кПа, после чего подается в газоиспользующее оборудование, при открытом кране (8).

При достижении в баллоне давления 0,7 МПа, трехходовой клапан закрывает проход на первую ступень редуцирования, и паровая фаза подается через трехходовой клапан (4) и клапан (6), сразу во вторую ступень редуцирования - в регулятор давления (7), где производится снижение давления до заданной величины 5 кПа.

При достижении в основном баллоне (1) давления паровой фазы 0,1 МПа (в холодный период года или при опорожнении баллона), подача паровой фазы

прекращается, и система переключается на резервный баллон СУГ. Работа резервного баллона осуществляется аналогичным способом. В теплый период года минимальный уровень содержания жидкой фазы газа в баллоне перед отключением ограничивается уровнем в 15% с учетом тяжелых остатков и скопившейся воды [17] или определяется визуально по шкале, нанесенной на композитный баллон.

Применение клапана переключателя в системе газоснабжения позволяет производить пуск в эксплуатацию резервного баллона без отключения системы газоснабжения от потребителя в целом, осуществлять замену основного баллона без нарушения работоспособности системы.

Для представленной системы газоснабжения используются регуляторы прямого действия с неравномерностью регулирования от 0 до 20%. Гарантированная, пропускная способность регулятора находится в диапазоне, наблюдаемом в докритическом режиме истечения газа в регуляторе, что определяется соотношением $P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}} > 0,5$ (характерно для первой ступени редуцирования). В случае критического режима истечения газа в регуляторе, формируемое при условиях отношения $P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}} < 0,5$, пропускная способность зависит только от входного давления и находится с ним в прямо пропорциональной зависимости (характерно для второй ступени редуцирования). Таким образом разделение диапазона редуцирования газа, обуславливает преимущества эксплуатации индивидуальной баллонной установки в части стабилизации процесса редуцирования в первой ступени, осуществляемого в диапазоне от 1,6 МПа (максимальное давление паровой фазы в баллоне согласно ГОСТ 20448-2018 и ГОСТ Р 52087-2018) до 0,7 МПа и во второй ступени, осуществляемого в настраиваемом диапазоне от 0,7 МПа до 5 кПа. Данное обстоятельство существенно сужает диапазон настройки регуляторов давления и стабилизирует количество подаваемого газа к газоиспользующему оборудованию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для создания практических рекомендаций по применению технического решения (рис.1) были проведены исследования режимов работы баллонных установок в течение годового цикла эксплуатации.

Связь между температурой нагрева жидкой фазы сжиженного углеводородного газа и давлением паровой фазы устанавливает выражение:

$$P_{\text{см}}(t) = 10^{\frac{A_{\text{см}}}{C_{\text{см}} + t} - B_{\text{см}}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{см}}$, $B_{\text{см}}$, $C_{\text{см}}$ – константы уравнения, значения которых для пропана и бутана приводятся в [18, 19].

Подача газа из баллона при естественной регазификации на редуцирование в регуляторы давления осуществляется, при условии, что давление полученной паровой фазы должно превышать атмосферное, т.е. в баллоне должно формироваться избыточное давление:

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{см}} - P_{\text{атм}}, \quad (2)$$

Таким образом, при формировании соотношения $P_{\text{см}} < P_{\text{атм}}$, в емкости формируется вакуум, и подача газа потребителю прекращается.

Учитывая то обстоятельство, что сжиженный углеводородный газ представляет собой смесь из пропана и бутана, отличающихся разными физическими свойствами, главными из которых является температура регазификации и формируемое давление паровой фазы, в соответствии с температурными условиями эксплуатации [17] были проведены расчеты формируемого давления в баллоне сжиженного углеводородного газа в зависимости от компонентного состава испаренного газа (табл.1).

Табл. 1. Давление паровой фазы в баллоне СУГ, МПа

| Содержание в жидкой фазе, доли | | Температура наружного воздуха, °С | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| пропан | бутан | -40 | -30 | -20 | -10 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| 0,1 | 0,9 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,36 | 0,48 |
| 0,2 | 0,8 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,25 | 0,33 | 0,45 | 0,58 |
| 0,3 | 0,7 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,21 | 0,30 | 0,40 | 0,53 | 0,69 |
| 0,4 | 0,6 | 0,05 | 0,08 | 0,12 | 0,20 | 0,25 | 0,34 | 0,46 | 0,61 | 0,79 |
| 0,5 | 0,5 | 0,06 | 0,10 | 0,14 | 0,22 | 0,29 | 0,39 | 0,53 | 0,69 | 0,89 |
| 0,6 | 0,4 | 0,07 | 0,11 | 0,16 | 0,25 | 0,32 | 0,44 | 0,59 | 0,77 | 0,99 |
| 0,7 | 0,3 | 0,08 | 0,12 | 0,18 | 0,28 | 0,36 | 0,49 | 0,65 | 0,85 | 1,09 |
| 0,8 | 0,2 | 0,09 | 0,14 | 0,20 | 0,31 | 0,40 | 0,54 | 0,72 | 0,93 | 1,20 |
| 0,9 | 0,1 | 0,10 | 0,15 | 0,22 | 0,34 | 0,44 | 0,59 | 0,78 | 1,01 | 1,30 |

Как видно из таблицы 1, при отрицательных температурах окружающей среды в баллоне формируется вакуум при минус 40⁰С при любом компонентном составе жидкой фазы СУГ, при минус 30⁰С формируется в диапазоне содержания бутана в газовой фазе 50% - 90%, при минус 20⁰С в диапазоне содержания бутана в газовой фазе 30% и более. Данное обстоятельство присуще эксплуатации индивидуальной баллонной установки в холодный период года и для обеспечения подачи газового топлива потребителю требует повышенного содержания пропановой фракции в жидкой фазе СУГ.

С ростом температуры окружающего воздуха и переходе режима эксплуатации в летний период значения давления увеличиваются и в зависимости от состава паровой фазы газа формируют среднее давление над зеркалом испарения в баллоне, что соответствует температурным условиям от минус 30⁰С с содержанием пропана от 60 % и более до плюс 20⁰С с содержанием пропана от 10% и более. Увеличение в составе паровой фазы пропановой фракции приводит к росту избыточного давления над зеркалом испарения. Не выделенная цветом область в табл. 1, соответствует значениям высокого давления паровой фазы над зеркалом испарения в баллоне.

Таким образом, в период годовой эксплуатации индивидуальных баллонных установок подача паровой фазы в редуцирующие устройства осуществляется в диапазоне от 0,11 МПа до 1,3 МПа.

В качестве практических рекомендаций применения схемы редуцирования следует отметить, что в теплый период года эксплуатации баллонных установок при температуре от плюс 20⁰С и переменным содержанием пропана в жидкой фазе от 10% до 90% (табл.1), необходимо использовать две ступени редуцирования, в остальное время эксплуатации, в диапазоне температур от минус 40⁰С до плюс 20⁰С (содержание пропана в жидкой фазе до 80%)– одну ступень редуцирования.

ВЫВОДЫ

- предложена схема подключения индивидуальной баллонной установки к газоиспользующему оборудованию обеспечивающая стабилизацию процесса редуцирования при использовании двухступенчатого снижения давления в диапазонах от 1,6 МПа до 0,7 МПа для первой ступени и с 0,7 МПа до 5 кПа для второй ступени максимально адаптируя работу системы газоснабжения к климатическим особенностям эксплуатации, предусматривающая возможность автоматического переключения с опорожненного баллона на заполненный с помощью клапана переключателя;

- обоснованы режимы использования одной или двух ступеней редуцирования предлагаемой схемы в зависимости от температур наружного воздуха и состава сжиженного углеводородного газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипова Н.Н., Поберий А.А., Бычкова И.М. Влияние нестабильности температуры газообразной смеси пропан-бутана на устойчивую работу автономных систем газоснабжения с естественной регазификацией // Вестник Волгogr. Гос. Архит.-строит. ун-та. Серия «Строительство и архитектура». 2017. Вып.49(68). С. 69–78.
2. Осипова Н.Н., Поберий А.А. Влияние гидродинамической и тепловой стабилизации на режимы течения паровой фазы газа в резервуаре // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе: сборник научных трудов по материалам V Междунар. научн.-практ. конф. Саратов. СГТУ. 2017. С.209–213.
3. Курицын Б.Н. Повышение надежности газоснабжения от баллонных установок сжиженного газа // Газ России. М. 2005. С. 30–31.
4. Никишкин С.И., Котов В.В. Компьютерный анализ и применение системы динамических моделей газовых емкостей в автоматизированном проектировании систем газоснабжения // Мониторинг. Наука и технологии. 2018. №1. С. 91–98.
5. Osipova N.N., Grishin V.M. Modeling of operating modes gas composite cylinders // Russian journal of building construction and architecture. 2021. № 3(51). doi 10.36622/vstu.2021.51.3.005
6. Осипова Н.Н., Гришин Б.М., Родионов Ю.В., Тараканов О.В. Обеспечение условий предупреждения образования кристаллогидратов в регуляторах давления систем газоснабжения на базе резервуарных установок // Региональная архитектура и строительство. 2019. №2(39). С.155–162.
7. Bruce Nigel, Aunan Kristin, and Rehfuess Eva. Liquefied Petroleum Gas as a Clean Cooking Fuel for Developing Countries: Implications for Climate, Forests, and Affordability // KfW Development Bank: Materials on Development Financing. 2017.
8. Kumar Praveen, Kaushalendra Rao R, and Hemalatha Reddy N. Sustained Uptake of LPG as Cleaner Cooking Fuel in Rural India: Role of Affordability, Accessibility, and Awareness // World Development Perspectives. 2016.
9. Asante K.P., Afari-Asiedu S., Abdulai M.A., et al. Ghana's liquefied petroleum gas scale up: a case study // Energy for Sustainable Development. 2018. doi: 10.1016/j.esd.2018.06.010.
10. Vahlne N. On LPG usage in rural Vietnamese households // Development Engineering. 2017. P.1–11.
11. Осипова Н.Н., Орлова Ю.А. Обоснование минимального уровня заполнения резервуара бутаном для обеспечения необходимого газопотребления // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе: Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции. Саратов. СГТУ. 2020. С.473–476.
12. Kowalski M. Modeling of LPG density depending on its chemical composition // Institute of Chemistry, Plock Branch of Warsaw University of Technology. 2015.
13. Pielat M. Elaboration of a mathematical model for the dependence between the density and the temperature of LPG fuel produced by Orlen Gaz basing on selected compositions of liquefied petroleum gases // Institute of Chemistry, Plock Branch of Warsaw University of Technology. 2013.
14. Шеногин М.В. Мероприятия по снижению аварийности бытовых газовых баллонов со сжиженными углеводородными газами // Инновации и инвестиции. 2018. №12. С.205–209.
15. Недлин М.С., Вольнов Ю.Н., Гордеева Р.П. Баллоны с СУГ: откуда исходит опасность? // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. №3(27). С.15–17.
16. Sang Hyub Oh, Byung Moon Kim and Namgoo Kang Evaluation of changes in cylinder volume due to gas filling and subsequent release // VIPM & IOP Publishing Ltd. 2013. Vol.50. №4. P.318–325.
17. Стаскевич Н.Л., Вигдорчик Д.Я. Справочник по сжиженным углеводородным газам. Л.: Недра. 1986. 543 с.
18. Тиличев М.Д. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов. М.–Л.: Гостоптехиздат. 1947. Вып. 2–4.
19. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Л.: Химия. 1982.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

В. С. Федорова¹, Н. В. Шешенев²

¹Рязанский институт (филиал) Федерального Государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»,

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно – исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова»,

¹valyaFyo@mail.ru

²n.sheshenev@yandex.ru

Аннотация

Предметом исследования статьи является применение фильтрационных материалов при устройстве горизонтального дренажа. Экономически целесообразно строительство горизонтального дренажа открытым траншейным и бестраншейным способом. Горизонтальная система осушения способствует понижению уровня грунтовых вод, который стремительно поднимается во время таяния снега или обильных осадков. Рекомендовано устраивать подобные системы на грунтах с избыточным увлажнением. На данный момент существует множество способов строительства горизонтальной дренажной системы. Исследование направлено на решение проблемы при выборе наиболее подходящего способа. Учитывается сложность установки, эффективность, материальная стоимость и стоимость обслуживания системы. Будет проведён анализ наиболее известных существующих методов устройства горизонтального дренажа, показаны принципиальные схемы и конструктивные решения осушительной системы.

ВВЕДЕНИЕ

Применение дренажных систем является актуальным решением по водоотведению в сельскохозяйственной мелиорации для получения стабильных урожаев, в сфере строительства для защиты фундаментов зданий от подтопления и производства работ нулевого цикла, в геотехнике для изменения физико-механических характеристик грунтов с целью повышения их несущей способности [1, 2, 3, 4].

Защита дренажных труб является крайне важной составляющей осушительной системы. Если при прокладке дренажа не используется фильтр, то происходит заиливание труб. Правильный подбор необходимых в данном случае характеристик фильтра влияет на будущую работоспособность всей дренажной системы [5]. Нормативные требования к коэффициенту фильтрации неструктурных фильтров составляют: $K_{\phi} \geq 10 \text{ м/сут}$ [6].

Фильтрационные материалы для дренажа бывают органическими (кокосовые волокна, стружка, торфопилы) и неорганические – синтетические (геотекстиль) [7]. Для правильного выбора фильтра необходимо учитывать физико-механические характеристики грунтов, количество закисного железа в грунтовых водах и общие почвенно-физические условия. В общем случае кольматаж разделяют на несколько типов: механический, биологический и химический. Также тип кольматирования определяют по месту расположения: кольматаж защитных фильтров, водоприёмных отверстий, сводообразующей придренной области грунта или неструктурных фильтров.

Факторы, влияющие на заиливание дренажной системы:

1. Окислительные процессы при аэрации дренируемой воды с высоким содержанием закисного железа.
2. Ошибки при установке фильтра или дренажных труб: механическое повреждение во время строительных работ, неправильный подбор фильтрующего материала, неправильный монтаж самой системы.
3. Большие градиенты потока вблизи дрен.

4. Проникновение корней растений в перфорированные отверстия.

Также важна долговечность фильтрующего материала, которая обеспечивается только при помощи точных исследований механического состава осушаемого грунта и условий фильтрации [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Трубы с фильтром из кокосового волокна используются в США и Европе уже более 70 лет (рис. 1). В России их использование началось примерно 15-20 лет назад. Кокосовое волокно относится к типу органических фильтров [9]. Это означает, что со временем он имеет свойство разлагаться, но процесс разложения занимает обычно более 10 лет и может достигать даже 40 лет. Проведённые исследования в 1984 году в США установили, что скорость разложения кокосового фильтра в обычных условиях эксплуатации составляет 1 мм толщины в год, а уменьшение объёма пор в фильтре не составило больше 3,9%.



Рис. 1. Пример дренажной трубы с фильтром из кокосового волокна

Также за достаточно большой период разложения кокосового фильтра грунт в придренажной области стабилизируется и вокруг трубы формируется сеть активных микропор, через которые вода в грунте попадает в дренажную трубу[10].

Плюсы использования дренажной системы с фильтром из кокосового волокна:

1. Не требуется щебневая обсыпка, что влияет на стоимость укладки (так как нет необходимости в спецтехнике для транспортировки щебня).
2. Не нужно выкапывать большие траншеи.
3. Считается одним из самых экономичных видов фильтра для дренажной трубы (на 45% экономичнее дренажа с обсыпкой и в среднем на 17% экономичнее других способов).

В среднем плотность составляет около 700 г/м^2 . Площадь водоприёмных отверстий на 1 погонный метр материала около 30 см^2 . Коэффициент пропускной способности кокосовой койры составляет около 700 мкн.

Геотекстиль представляет собой синтетический материал, созданный тканым или нетканым материалом (рис. 2). Существует три основных вида: полипропиленовый, многокомпонентный, полиэфирный. Так, например, полипропиленовый геотекстиль

крайне прочен, не гниёт и не подвержен заселению грибками. Комбинированный в своём составе имеет не только синтетические волокна, но и включения из натуральных вторично переработанных нитей, это сильно влияет на сопротивление фильтра гниению, но делает его более дешёвым. Геотекстиль из полиэфирных волокон не так устойчив к различным щелочным и кислотным воздействиям, как полипропиленовый, но в то же время его себестоимость меньше.



Рис. 2. Пример дренажной трубы с фильтром из геотекстиля и с засыпкой в виде щебня

Геотекстильный фильтр высокого качества часто превосходит срок службы постройки. При этом качество геоматериала может нарушиться даже при неосторожной транспортировке – любое повреждение фильтра в будущем влечёт за собой засорение данного участка вплоть до полного нарушения работы дренажной системы. В основном подходит для песчаного и смешанного (суглинистого) грунта [11].

Важно учитывать, что геотекстиль очень уязвим к воздействию прямых солнечных лучей. Для монтажа системы требуется довольно трудоёмкая обработка траншеи - для укладки необходимо удалить весь строительный мусор, который может повредить материал [12]. До слоя с полотном необходимо укладывать слой щебня. Лучшим вариантом для этого является гранитный щебень, так как он не подвергается размыванию.

Плюсы фильтра из геотекстиля:

1. Имеет повышенную прочность.
2. Хорошая переносимость агрессивного воздействия щелочей, кислот и различных солей.
3. Большой разброс температурных условий, в которых геотекстильный фильтр можно использовать.
4. Крайне высокая пропускная способность.

В настоящее время геоматериал крайне часто используется во время строительства.

Для обеспечения некольматируемости геотекстильных материалов должно соблюдаться соотношение:

$$d_{ci} \leq d_u \div 3 = 0,03 \div 3 = 0,01,$$

где d_{ci} – максимальный диаметр суффозных частиц, мм, d_u – расчётное значение диаметра фильтрационного хода.

Коэффициент фильтрации (измеренный при давлении 20 кПа) 140 м/сут. при плотности 100 кг/кв.м, и 80 м/сут. – при 500 кг/кв.м.

Пенополистироловое наполнение дренажных труб становится достаточно популярным в настоящее время, так как не требуется засыпка из щебня. Это является экономически выгодным. Часто такой вид фильтра используется вместе с геотекстилем – в таком случае идет уже готовая труба, внутри которой находятся гранулы пенополистирола, а снаружи обмотка из геотекстиля (рис. 3). Срок службы подобного фильтрационного материала измеряется десятилетиями.



Рис. 3. Пример дренажной трубы с наполнителем из пенополистирола, с укрепляющей сеткой и геотекстилем

Плюсы фильтра с наполнением из пенополистирола:

1. Данный материал довольно устойчив к взаимодействию к химически агрессивным кислотам и щелочам.
2. Пенополистирол не изменяет свою фильтрационную способность даже при крайне низких температурах.
3. Монтаж такого типа фильтра не требует больших трудозатрат [13].

Количество фильтрующих частиц составляет 115 единиц/м³. Средний размер гранул составляет 20×40мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировав три типа фильтров для горизонтальной дренажной системы, можно составить таблицу, которая отражает основные их параметры. При проектировании дренажа необходимо учитывать тип осушаемого грунта, его гранулометрический состав, коэффициент фильтрации и др. [14,15].

Табл. 1. Сравнительная таблица основных параметров дренажных фильтров.

| Дренаж без щебня в кокосовом фильтре | Дренаж с наполнителем из пенополистирола (для поверхностного дренажа до 2 метров) | Дренаж в геотекстиле (подходит для пристенного дренажа) |
|--|--|--|
| В наименьшей степени подходят для песчаных грунтов. Оптимален для применения в глинистых и суглинистых грунтах | По применению схож с дренажем в виде кокосового фильтра, но с обмоткой из геотекстиля является почти универсальным | Наиболее подходящий вариант для песчаных и супесчаных грунтов |
| Не требуется обсыпка из гравия или щебня | Не требуется обсыпка из гравия или щебня | Требуется щебневая/гравийная засыпка для увеличения пропускной способности |
| Максимальная глубина закладки- 3,5 метра. Для большей глубины необходима обсыпка | Только поверхностная засыпка до 2 метров. Так как пенополистирол подвержен сжатию | От 3 до 6 метров в зависимости от кольцевой жёсткости |
| Коэффициент водоприёмной способности (для песчаного грунта) – 1,24 | Коэффициент водоприёмной способности более 1 | Коэффициент водоприёмной способности - 1 |
| Не подвержен заиливанию во время эксплуатации | Возможно заиливание на уровне обмотки из геотекстиля | Возможно заиливание, так как у обмотки из геотекстиля образуется плёнка из частиц грунта |
| Ширина траншеи при диаметре трубы 65 мм – 115 мм | Ширина траншеи в зависимости от диаметра трубы - 300-400 мм | Ширина траншеи в зависимости от диаметра трубы - 400 мм |
| Не требуется использование спецтехники | Не требуется использование спецтехники | Требуется спецтехника для доставки щебня |
| Из-за малых объёмов трубы не требуется вывоз лишнего грунта | Требуется вывоз лишнего грунта | Требуется вывоз лишнего грунта |
| Экономия времени укладки относительно трубы с геотекстилем – 40% | Экономия времени укладки относительно трубы с геотекстилем – 25% | - |
| Цена за метр трубы диаметром 110 мм – 315 рублей | Цена за метр трубы с диаметром 110 мм – 400 рублей | Цена за метр трубы с диаметром 110 мм – 74 рубля |
| Стоимость укладки одного метра – 900 рублей | Стоимость укладки одного метра – 1100 рублей | Стоимость укладки одного метра – 1100 рублей |

Наилучшим вариантом фильтрации воды для дренажных труб является труба с пенополистиролом и геотекстилем, свойства которых сопоставимы с характеристиками универсального строительного материала [16].

ВЫВОДЫ

1. Исследованы различные способы применения и типы фильтров для горизонтальной дренажной системы.
2. Рассмотрены основные случаи, в которых рационально использовать фильтры из геотекстиля, кокосового волокна и фильтр в виде наполнителя пенополистиролом.

3. Сделан вывод об экономической целесообразности каждого из типов: наиболее выгодным фильтрационным материалом является кокосовое волокно.
4. Рассмотрен самый оптимальный и качественный способ фильтрации дренажа: дренажная труба с наполнением из пенополистирола и фильтром из геотекстиля.
5. Замечена тенденция развития фильтрующих материалов в будущем. Видно, что в настоящее время большой упор делается на развитие фильтров из неорганических (синтетических) материалов. Это экономически целесообразно со стороны транспортировки материала, так как синтезировать неорганические фильтры возможно даже на близлежащих заводах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисева, Е. С. Дренаж как неотъемлемая часть строительства зданий и сооружений / Е. С. Елисева, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции, Рязань, 17–19 апреля 2019 года. – Рязань: Рязанский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», 2020. – С. 91-95.
2. Шешенев, Н. В. Продуктивность фитомелиорантов при их возделывании на вновь осваиваемых ранее мелиорированных землях Рязанской области / Н. В. Шешенев // Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения) : Материалы международной научно-практической конференции. Форум молодых ученых. Сборник трудов молодых ученых, Москва, 01 октября 2020 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2020. – С. 21-27. – DOI 10.37738/VNPIGIM.2020.42.36.005.
3. Шешенев, Н. В. Рассмотрение вопроса об использовании конструкции свай для закрепления оползней / Н. В. Шешенев // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 27–29 апреля 2016 года / ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет». – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 1100-1102.
4. Бакулина, А. А. Мероприятия, направленные на укрепление оползней / А. А. Бакулина, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : материалы XIV Межвузовской научно-технической конференции, посвященной 60-летию института, Рязань, 26–29 апреля 2016 года / Под редакцией Платонова А.А., Бакулиной А.А.. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязанский Издательско-Полиграфический Дом "ПервопечатникЪ", 2016. – С. 194-197.
5. Новиков.Н.П., Сегаль Г.Я., Цонева.Е.Л.. Дренажные фильтры//1984.
6. Митрахович.А.И., Казьмирук.И.Ч. Подбор фильтров дренажа для мелиоративных систем//Мелиорация 2015 №1(73). С.54-66.
7. Елисева, Е. С. Оценка применения конструктивных материалов при эксплуатации дренажных систем / Е. С. Елисева, Н. В. Шешенев // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – 2020. – Т. 23. – № 2(76). – С. 30-39.
8. Батулин Г.Е., Климова Г.Р. Потребность в фильтрующих материалах при развитии закрытого горизонтального дренажа в хлопкосеющих республиках//1981.
9. Ежов А.А. Кокосовый субстрат: особенности и нюансы использования//Интернет – блог. 2021. Статья. Режим доступа: <https://dzagigrow.ru/blog>. Дата обращения: 02.11.21.
10. Фильтры мелиоративных дренажей// 1976. 14 С.
11. Юрченков, Н.П. Технические указания по ремонту и восстановлению закрытого дренажа в Калининградской области. //Н.П.Юрченков. –Калининград, 1977.
12. Полотно нетканое мелиоративное. Технические условия. СТБ 1980-2009 – Минск, 2010. – 14 с.
13. Абрамов С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве // Стройиздат. Москва. 1960. С.115-120.
14. Оптимизация расчета и анализа инженерно-геологических данных строительной площадки / Н. В. Шешенев, А. А. Бакулина, Е. Н. Бурмина, А. А. Крутов // Наука и образование XXI века : Материалы X Международной научно-практической конференции, Рязань, 28 октября 2016 года / под ред. А.Г. Ширяева, А.Д. Кувшиновой; Современный технический университет. – Рязань: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Современный технический университет", 2016. – С. 76-78.
15. Галкина, А. С. Расчёт параметров грунта с использованием microsoftofficeexcel / А. С. Галкина, Ю. В. Уткин, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XIII межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 27–30 апреля 2015 года / Под редакцией Паршина А.Н.. – Рязань: Общество с ограниченной ответственностью "Рязанский Издательско-Полиграфический Дом "ПервопечатникЪ", 2015. – С. 63-65.

16. Карташов, А. Е. Перспективы универсального строительного материала. Его физические и механические свойства/ А. Е. Карташов, Н. В. Шешенев // Новые технологии в учебном процессе и производстве : Материалы XV межвузовской научно-технической конференции, Рязань, 26–28 апреля 2017 года / Под редакцией начальника НИО Платонова А.А., канд. техн. наук Бакулиной А.А. – Рязань: ООО«Рязаньпроект», 2017. – С. 85-87.

ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА СТОЧНЫХ ВОД И ОСАДКОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛН

А. М. Фугаева¹, М. В. Обухова², Е. И. Вялкова³

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,

¹nastyafugaeva@mail.ru

²marina_tm@mail.ru

³vyalkova-e@yandex.ru

Аннотация

В связи с ухудшением экологической обстановки, вызванной сбросом недостаточно очищенных сточных вод, ведется поиск новых эффективных способов обработки стоков и их осадков. В мире набирает популярность СВЧ-обработка, под воздействием которой происходит изменение физико-химических свойств, качественных показателей сточных вод, а также улучшение коагуляционных свойств водной среды. В статье представлена актуальная информация по параметрам микроволнового (МВ) нагрева сточных вод и осадков. Произведены натурные наблюдения за процессом МВ-нагрева образцов воды с помощью тепловизора. Отмечено, что нагрев водной среды микроволнами имеет объемный характер, скорость нагрева в 2,5 раза выше, чем в духовом шкафу или на электроплите. Выявлена зависимость температуры от продолжительности МВ-нагрева воды. Проведено сравнение двух типов нагрева осадков сточных вод. В результате эксперимента получены уравнения полиномиального вида, показывающие высокую степень адекватности проведенных исследований. Расчеты показали, что энергопотребление поверхностного электрического нагрева смеси осадков сточных вод в 1,8 раза выше, чем при МВ-обработке при постоянном объеме.

ВВЕДЕНИЕ

В результате активного роста населения и промышленности мировое водопотребление увеличивается с каждым годом. По опубликованным данным [1] в топ – 5 стран, потребляющих наибольшее количество воды, входят Индия (761 млрд. м³/год), Китай (601,6 млрд. м³/год), США (≈ 444, 3 млрд. м³/год), Индонезия (≈ 222,6 млрд. м³/год) и Пакистан (≈ 183,5 млрд. м³/год). Россия также занимает высокую позицию по водопотреблению (около 80 млрд. м³/год), расходуя около 2% всех водных запасов страны [2]. При этом, окружающая среда современных населенных пунктов становится все более загрязненной. Одной из причин ухудшения состояния экологии является сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод (примерно 70% от общего количества) в водные источники. Общее количество осадков, образующихся в результате обработки воды, составляет 0,1-0,05% от объема обрабатываемых на КОС стоков. В США, например, годовое количество осадков составляет 7000 млн тонн, в России - до 100 млн тонн [3, 4]. Осадки, не подлежащие утилизации, занимают огромные площади вокруг городов и поселков, нарушая санитарное и экологическое благополучие территорий.

В связи с вышеизложенным, актуальным остается поиск наилучших доступных технологий эффективной и экономичной обработки сточных вод и осадков. В последние годы все чаще проводятся исследования возможностей микроволнового облучения в технологиях обработки жидких и твердых коммунальных отходов. Микроволновые реакторы используются в качестве эффективного термического метода обработки сточных вод и осадков, в основном из-за его быстрого и избирательного нагрева, улучшения свойств обрабатываемых сред, энерго-эффективности, способности повышать производительность и качество продукции, а также снижать образование опасных продуктов [5]. Обеззараживающее влияние микроволн открывает широкие возможности для применения данного способа в условиях пандемии.

Изменение отдельных физико-химических свойств сточных воды под воздействием микроволн таких как температура, вязкость, pH, электропроводимость, поверхностное натяжение и других отмечают многие авторы [31-36]. В процессе микроволновой обработки происходит изменение и некоторых качественных показателей воды, таких как взвешенные вещества, БПК, ХПК, азото- и фосфоро-содержащие соединения [5]. Улучшение коагуляционных свойств среды также происходит в результате данного воздействия [36]. Микроволновая обработка в сочетании с другими физико-химическими способами изучается в целях деструкции органического вещества сточных вод [14, 37-41]. Не вызывает спора высокий обеззараживающий эффект МВ.

Микроволновое облучение (МВ) — это часть электромагнитного спектра, встречающаяся в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц [6]. Сверхвысокочастотная энергия микроволн может поглощаться МВ-поглотителями и обычно рассеиваться в виде тепловой энергии, данный процесс называется тепловым эффектом МВ.

Для водных растворов характерен микроволновый нагрев с диэлектрическими потерями, то есть основными механизмами МВ-нагрева является дипольная поляризация. Вода — это молекула (или диполь), которая заряжена положительно на одном конце и отрицательно заряжена на другом. Дипольная поляризация возникает из-за межмолекулярной инерции, которая ответственна за большую часть микроволнового нагрева, наблюдаемого в жидкостях. Быстрое изменение электрического поля микроволнового излучения заставляет молекулы воды (или диполи) вращаться. При этом скорость вращения (реверсирование) диполя не может адекватно соответствовать скорости изменения направления электрического поля. Это является причиной возникновения «внутреннего трения» молекул воды, что приводит к непосредственному и очень равномерному нагреванию реакционной смеси. Однако отражения и преломления на локальных границах между фазами приводит к появлению так называемых «горячих точек» и эффекту «перегрева», который может вызывать противоположные эффекты [7-13].

На эффективность разложения загрязняющих веществ и минерализации сточных вод и осадков под действием МВ могут влиять несколько параметров, таких как мощность, частота, продолжительность и температура обработки. Как правило, эффективность МВ-системы постепенно увеличивается с увеличением мощности генераторов и времени облучения [14,15]. Взаимосвязь между потребляемой мощностью и скоростью увеличения температуры водной среды в системе переменного тока с использованием МВ показана на Рисунке 1. Рисунок демонстрирует, что увеличение МВ-мощности пропорционально увеличивает скорость нагрева пробы и, следовательно, скорость реакции. Таким образом, время обработки, необходимое для удаления целевого соединения, можно сократить за счет увеличения входной МВ-мощности.

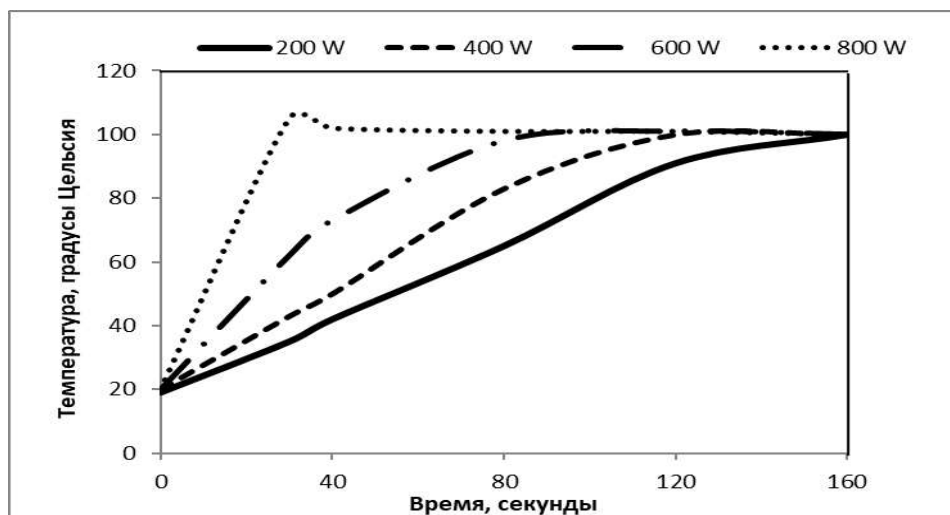


Рис. 1. Влияние продолжительности СВЧ-обработки при определённой мощности на температуру водной среды в системе с переменным током [6]

Отмечено, что микроволновая обработка осадков сточных вод приводит к изменению их свойств: влагоотдачи, степени и скорости уплотнения, удельного сопротивления и капиллярного всасывания [15-18]. После микроволновой обработки в течение 5-10 минут и последующего уплотнения смеси осадков бытовых сточных вод (сырой осадок и активный ил) выход ионов некоторых металлов в декантированную воду (надильную воду) увеличивается примерно в 1,2-2 раза [16, 17].

Многими исследователями отмечается обеззараживающий эффект СВЧ. Дезинфекция воды происходит при мощности СВЧ от 300W и выше (частота 2450 МГц) при нагреве от 45 до 100°C. Продолжительность обработки зависит от объема образца и мощности СВЧ-нагрева [19, 20]. Отмечается, что СВЧ-облучение способно за 5-10 минут полностью уничтожить патогенные бактерии в пробе смеси осадков СВ [19, 21].

В последние десятилетия мировой интерес к микроволновому излучению в технологиях обработки сточных вод и осадков значительно возрос [22]. И хотя остаются нерешенными проблемы увеличения объемов обрабатываемых отходов и сокращения энергозатрат, ведется активный поиск оптимальных условий и режимов процессов. Например, в России уже разработано несколько конструкций реакторов, которые могут послужить основой для промышленных установок обработки жидких коммунальных отходов в будущем [23-30].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На первом этапе исследовательской работы было проведено исследование различных способов нагрева проб воды питьевого качества. В эксперименте не использовались реальные сточные воды из-за соображений санитарной гигиены. Пробы воды объемом 200 мл нагревали в бытовой микроволновой печи, в духовом шкафу и на электроплите (с одинаковой мощностью приборов). При этом производили натурные наблюдения за процессом СВЧ-нагрева образцов воды с помощью тепловизора «Нти» с фиксацией изменения температуры среды. Далее, при изменении мощности микроволнового облучения, определялась продолжительность нагрева проб воды до момента кипения. В эксперименте использовалась СВЧ-печь марки «LG» MW-25R95GIR. Установленная мощность СВЧ составляла 200, 600 и 1000 Вт; частота – 2,43 кГц.

На втором этапе работы опыты проводились со смесью осадков сточных вод (сырой осадок из первичного отстойника и активный ил из вторичного отстойника в соотношении 1:2), взятой в цехе механического обезвоживания на ГОСК г. Тюмени. С целью сравнения двух типов нагрева осадков сточных вод была определена предельная продолжительность термообработки проб до момента кипения.

Порядок и условия проведения эксперимента:

- измерение начальной температуры проб воды объемом 200 мл (составила +15 °С);
- нагрев первой пробы в МВ-печи с установленной мощностью (W) 600 Вт, измерение температуры;

- нагрев второй пробы на электроплите лабораторной (марки «ПЭ») с мощностью 600 Вт (заранее разогретой), измерение температуры.

Площадь поверхности нагрева плиты составила при диаметре нагревательного элемента 15 см – 176,6 см²; площадь дна металлической посуды диаметром 7,5 см – 44,15 см².

Нагрев в обоих случаях производился до момента кипения пробы. Температура пробы фиксировалась термометром с ценой деления 0,1 °С.

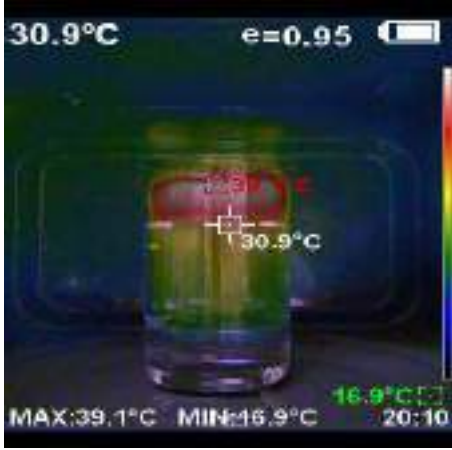
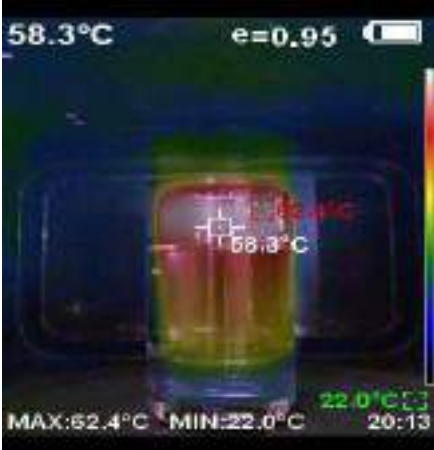
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

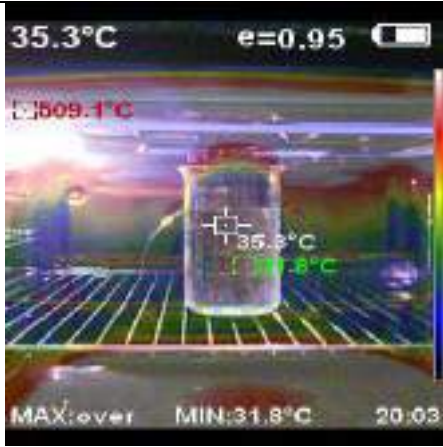
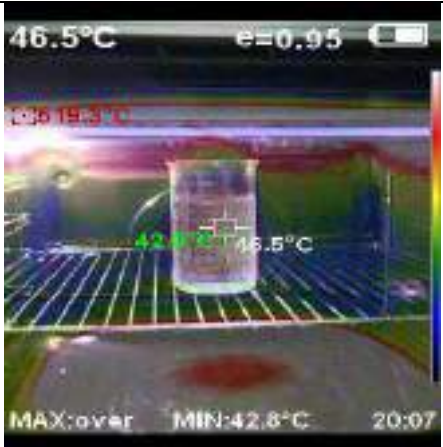

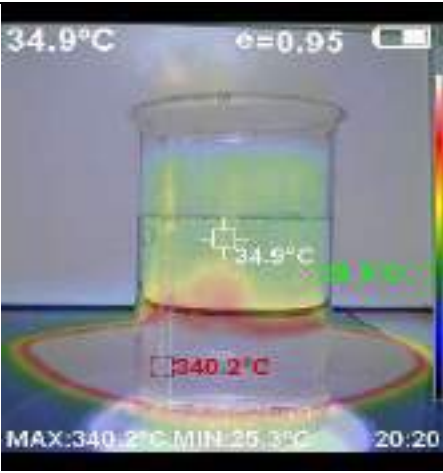
Этап 1. Исследование нагрева воды. С целью сравнения различных способов нагрева водных сред производился нагрев одинаковых по объему проб водопроводной воды с помощью различных бытовых приборов и одновременная фиксация изменения температуры и условий нагрева тепловизором. В Таблице 1 приведены результаты фотофиксации разных способов нагрева воды питьевой: в микроволновой печи, духовом шкафу и на электроплите. За начальный момент принято состояние после 1 минуты нагрева. Конечный момент был зафиксирован через 3-4 минуты.

В результате эксперимента получена скорость нагрева пробы воды объемом 200 мл: в микроволновой печи – 9,13 °С/мин, духовом шкафу – 2,8 °С/мин и на электроплите – 3,97 °С/мин. Отмечено, что скорость МВ-нагрева в 3,2-2,3 раза выше, чем в духовом шкафу или на плите.

Анализируя полученные данные, отмечено, что нагрев микроволнами имеет объемный характер, об этом говорит одновременное изменение цвета всего объема пробы на экране тепловизора. При нагреве в духовке и на плите нагрев носит поверхностный характер, то есть тепло передается от поверхности стакана и постепенно распространяется всему объему воды.

Табл. 1. Результаты фотофиксации разных способов нагрева воды на 1 этапе.

| Условия нагрева | Начальный момент | Конечный момент |
|---|---|---|
| Нагрев воды в МВ-печи в течение 3 минут: $\Delta t = 27,4^\circ\text{C}$ |  |  |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Нагрев воды в электрическом духовом шкафу в течение 4 минут: $\Delta t = 11,2^\circ\text{C}$</p> |  |  |
| <p>Нагрев воды на электроплите в течение 3 минут: $\Delta t = 11,9^\circ\text{C}$</p> |  |  |

Далее, изменяя мощность МВ-нагрева, фиксировалась продолжительность нагрева пробы воды до момента кипения, т.е. достижения 100°C при атмосферном давлении. Определено, что в процессе обработки микроволнами проба воды в объеме 200 мл достигает температуры кипения за 2,5-8 минут в зависимости от установленной мощности МВ. Причем, при мощности 1000 Вт проба 200 мл закипает через 2,5 минуты, при мощности 600 Вт – через 3,5 минуты, а при мощности 200 Вт – через 7,6 минут. Результат говорит о том, что в данном эксперименте наиболее оптимальной и энерго-экономичной при нагреве воды является мощность 600 Вт. На Рисунке 2 представлен график зависимости температуры $T=f(t)$ от продолжительности МВ-обработки при мощности 200, 600 и 1000Вт.

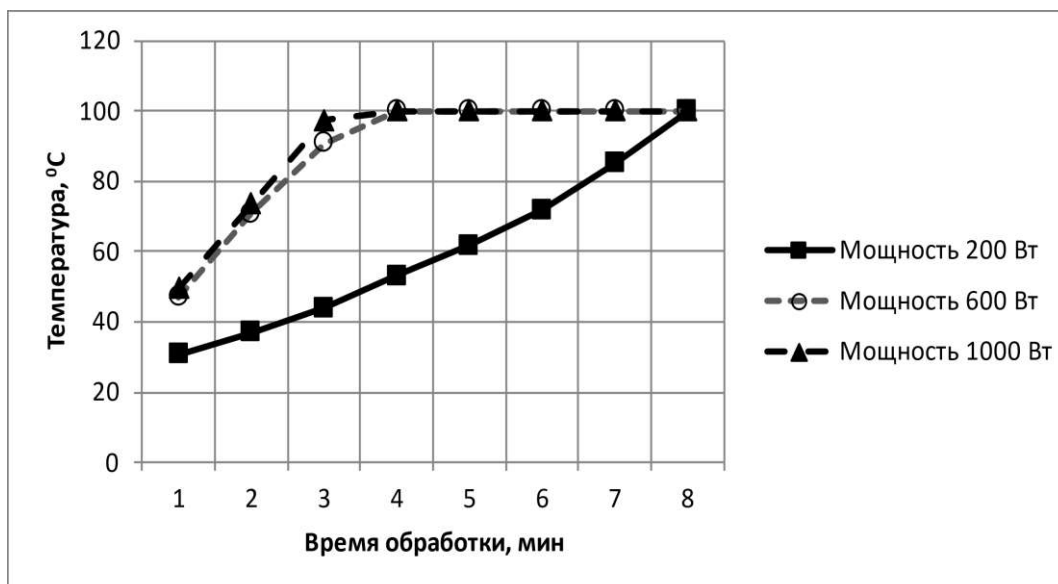


Рис. 2. Зависимость температуры от времени МВ-обработки воды питьевого качества

Характер полученного графика не противоречит результатам, опубликованным ранее [6]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что полученные экспериментальные данные позволительно использовать как прикладные для реальных сточных вод.

Этап 2. Исследование нагрева осадков сточных вод. На данном этапе эксперимент проводился с реальными осадками сточных вод с целью сравнения различных условий нагрева (на электроплите и в МВ-печи) до момента закипания проб. По результатам измерений построен сводный график (Рисунок 3) зависимости $T = f(t)$ при постоянной мощности обработки МВ-излучения и электроплиты ($W = 600$ Вт) и объеме проб ($V = 200$ мл).

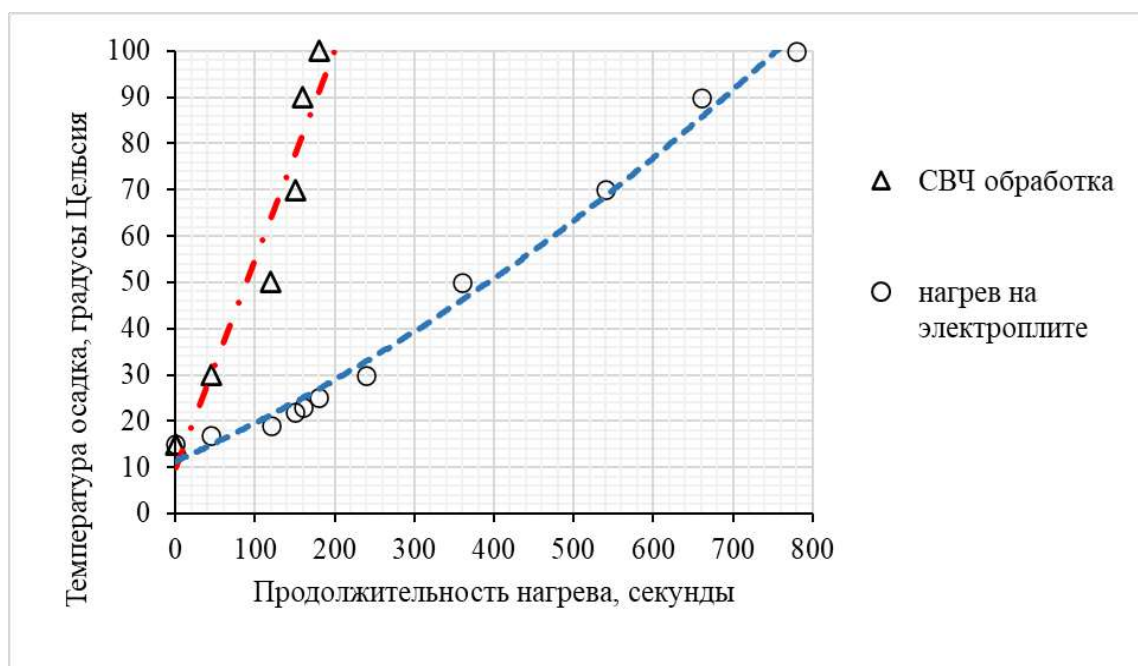


Рисунок 3. Зависимость температуры смеси (Т) от продолжительности нагрева (t) для двух видов тепловой обработки при равных прочих условиях.

На графике (рис.3) видно, что для нагрева пробы осадка до температуры кипения в МВ-излучении потребовалось около 200 сек, а для нагрева на электрической плите – 760 секунд, почти в четыре раза дольше.

Далее рассчитывалось удельное энергопотребление при простом поверхностном нагреве и МВ-облучении проб осадка сточных вод. При расчете энергопотребления при простом поверхностном нагреве до момента кипения учитывался понижающий коэффициент, определенный по соотношению поверхностей теплоотдачи (нагревающей поверхности) и теплопередачи (площадь дна металлической посуды), равный $44,15 : 176,6 = 0,25$.

Результаты экспериментального исследования и расчетов представлены в Таблице 2.

Табл. 2. Результаты определения удельного энергопотребления по данным экспериментального нагрева пробы смеси осадков сточных вод

| № п/п | Продолжительность обработки | | Температура пробы при обработке, °С | | Удельное энергопотребление, кВт·ч/дм ³ | |
|-------|-----------------------------|-------|-------------------------------------|--------------|---|--------------|
| | секунды | часы | МВ | электроплита | МВ | электроплита |
| 1 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 |
| 2 | 45 | 0,013 | 30 | 17 | 0,039 | 0,016 |
| 3 | 120 | 0,033 | 50 | 19 | 0,100 | 0,042 |
| 4 | 150 | 0,042 | 70 | 22 | 0,125 | 0,052 |
| 5 | 160 | 0,044 | 90 | 23 | 0,133 | 0,056 |
| 6 | 180 | 0,050 | 100 | 25 | 0,150 | 0,063 |
| 7 | 240 | 0,067 | | 30 | | 0,083 |
| 8 | 360 | 0,100 | | 50 | | 0,125 |
| 9 | 540 | 0,150 | | 70 | | 0,188 |
| 10 | 660 | 0,183 | | 90 | | 0,229 |
| 11 | 780 | 0,217 | | 100 | | 0,271 |

По результатам расчетов построен сводный график (рисунок 4) зависимости $E_{уд} = f(t)$ при постоянной мощности МВ-обработки ($W = 600$ Вт), постоянной тепловой мощности электроплиты ($W = 600$ Вт), постоянном объеме проб ($V = 200$ мл = 0,2 дм³).

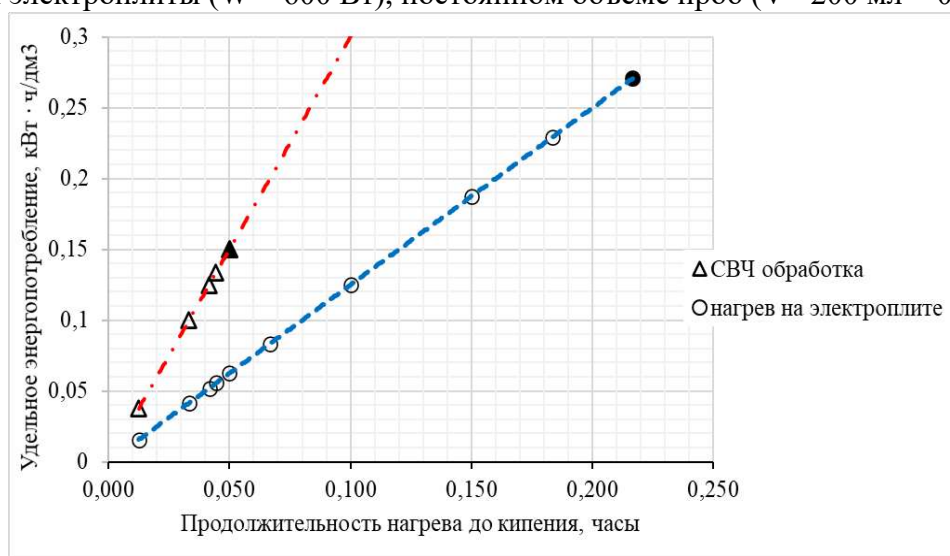


Рис. 4. Удельное энергопотребление для двух видов тепловой обработки в зависимости от продолжительности нагрева

В программном продукте Excel получены уравнения полиномиального вида, описывающие графики на рисунке 4 с высокой степенью адекватности.

Исследования и расчеты показали, что энергопотребление поверхностного электрического нагрева смеси осадков сточных вод в 1,8 раза выше, чем при МВ-обработке при постоянном объеме. Требуемая температура кипения пробы осадка при МВ-нагреве достигается быстрее в 4,3 раза.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные испытания подтвердили высокую эффективность микроволновой обработки сточных вод и осадков. Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Микроволновой нагрев имеет объемный характер; нагрев происходит очень быстро; скорость МВ-нагрева в 3,2-2,3 раза выше, чем в духовом шкафу или на плите, и составляет для исследуемых образцов воды 9,13 °С/мин.

2. При обработке микроволнами проба воды в объеме 200 мл достигает температуры кипения за 2,5-8 минут в зависимости от установленной мощности МВ. Чем выше мощность, тем быстрее нагрев. Оптимальное значение МВ-мощности – 600 Вт, при которой кипение воды достигается всего на минуту позже, чем при мощности 1000 Вт.

3. Энергопотребление поверхностного электрического нагрева смеси осадков сточных вод на плите в 1,8 раза выше, чем при МВ-обработке при постоянном объеме. При этом, требуемая температура кипения пробы осадка при МВ-нагреве достигается быстрее в 4,3 раза.

Проведенная исследовательская работа подтверждает тот факт, что микроволновая обработка сточных вод и осадков является достаточно перспективной и эффективной технологией. Полученные закономерности обосновывают высокую степень энергосбережения за счет высокой скорости процессов. Результаты исследований могут послужить основой при разработке МВ-реактора, предназначенного для обработки жидких коммунальных отходов промышленного масштаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Последняя капля: топ-5 стран, потребляющих наибольшее количество воды. Режим доступа: <https://greenbelarus.info/articles/17-03-2020/poslednyaya-kaplya-top-5-stran-potrebyayushchih-naibolshee-kolichestvo-vody>. Дата обращения: 01.10.21.
2. Вода России. Водопотребление. Режим доступа: [https://water-ru.ru/Glossary/951/Water Consumption](https://water-ru.ru/Glossary/951/Water%20Consumption). Дата обращения: 01.10.21.
3. Тихонова И.О. Утилизация иловых осадков в экономике замкнутого цикла - опыт Германии // Режим доступа: http://www.otxod.com/files/materials/статья%20иловые%20осадки_3004%20на%20сайт.pdf. Дата обращения: 01.10.21.
4. Nikovskaya G. N., Kalinichenko K. V. Biotechnology of utilization of municipal wastewater sediments // *Biotechnologia Acta*. 2014. No. 3. pp. 21-32.
5. Vialkova E., Zemlyanova M., Danilov O. Energy efficiency in municipal waste treatment // *MATEC Web of Conf.* 2018, 170, 04020.
6. Remya, N., Lin, J.-G. Current status of microwave application in wastewater treatment—A review // *Chem. Eng. J.* 2011, 166, 797–813.
7. Hidaka H., Saitou A., Honjou H., Hosoda K., Moriya M., Serpone N. Microwave-assisted dechlorination of polychlorobenzenes by hypophosphite anions in aqueous alkaline media in the presence of Pd-loaded active carbon // *J. Hazard. Mater* 2007, 148, 22–28.
8. Kappe C.O. Controlled microwave heating in modern organic synthesis // *Angew. Chem. Int. Edit.* 2004, 43, 6250–6284.
9. Wei R., Wang P., Zhang G., Wang N., Zheng T. Microwave-responsive catalysts for wastewater treatment: A review // *Chem. Eng. J.* 2020, 382, 122781.
10. Mishra R.R., Sharma A.K. Microwave-material interaction phenomena: heating mechanisms, challenges and opportunities in material processing // *Compos. Pt. A Appl. Sci. Manuf.* 2016, 81, 78–97.

11. Clark D.E., Folz D.C., West J.K. Processing materials with microwave energy // *Mater. Sci. Eng. A-Struct. Mater. Prop. Microstruct. Process.* 2000, 287, 153–158.
12. Horikoshi S., Serpone N. Photochemistry with microwaves: catalysts and environmental applications // *J. Photochem. Photobiol. C-Photochem. Rev.* 2009, 10, 96–110.
13. Baghurst D. R., Mingos D. M. P. Superheating Effects associated with microwave dielectric heating // *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 1992, 674–677.
14. Zhang L., Guo X., Yan F., Su M., Li Y. Study of the degradation behavior of dimethoate under microwave irradiation // *J. Hazard. Mater.* 2007, 149, 675–679.
15. Vialkova E., Zemlyanova M., Fugaeva A. Treatment and utilization of liquid communal waste in the cities // *MATEC Web of Conf.* 2018, 212, 03005.
16. Kichigin V.I., Zemlyanova M.V., Vyalkova E.I. Study of the possibility of using microwave radiation for the treatment of liquid municipal waste // *Urban construction and architecture.* 2018. V.8, 1. Pp. 44–49.
17. Qiang Yu. Physical and chemical properties of waste-activated sludge after microwave treatment // *Water research.* 2010. No 44. Pp. 2841–2849.14.
18. Wojciechowska E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning // *Water research.* 2005. No 39. Pp. 4749–4754.
19. Mawioo P. M., Rweyemamu A., Garcia H. A., Hooijmans C. M., Brdjanovic D. Evaluation of a microwave based reactor for the treatment of blackwater sludge // *Sci. Total Environ.* 2016, 548–549, 72–81.
20. Mawioo P. M., Hooijmans C. M., Garcia H. A., Brdjanovic D. Microwave treatment of faecal sludge from intensively used toilets in the slums of Nairobi, Kenya // *J. Environ. Manage.* 2016, 184, 575–584.
21. Karlsson M., Carlsson H., Idebro M., Eek C. Microwave heating as a method to improve sanitation of sewage sludge in wastewater plants // *IEEE Access.* 2019, 7, 142308–142316.
22. Vialkova E., Obukhova V., Belova, L. Microwave Irradiation in Technologies of Wastewater and Wastewater Sludge Treatment: A Review // *Water* 2021, 13(13), 1784.
24. Воробьев Н.Г., Аюпов Т.А., Бакаев А.В., Воробьева Е.Г. Устройство для микроволновой обработки водонефтяной эмульсии, транспортируемой по трубопроводу // Патент RU2440169C2, 2012.
25. Степанов С.Ф., Ахмедова О.О., Сошимов А.Г. Установка обработки сточных вод // Патент RU116851U1, 2012.
26. Гучин С.В., Валычева Т.И. Способ переработки бытовых и промышленных отходов в топочное топливо и углеводородное вещество и устройство для этого // Патент RU2552259C2, 2015.
27. Наумов В.В., Здраевский Д.А., Глазунов В.И., Березовский О.М. Метод обработки и утилизации отходов // Патент RU2573137C1, 2016.
28. Левин Е.В. Установка микроволновой обработки осадков сточных вод // Патент RU2582415C2, 2016.
29. Землянова М.В., Вялкова Е.И., Обухов Л.В. Способ обработки и обеззараживания сточных вод и их осадков, и устройство для осуществления способа // Патент RU2693783C1, 2019.
30. Землянова М.В., Вялкова Е.И., Обухов Л.В. Безреагентный способ обработки и обезвреживания осадков сточных вод // Патент RU2569533, 2015.
31. Asakuma Y., Kanazawa Y., Parmar H., Phan C., Pareek V., Evans G. Surface tension profiles under various microwave radiation modes // *Journal of energy and power engineering* 2014, 8, 585–588.
32. Parmar H., Asada M., Kanazawa Y., Asakuma Y., Phan C.M., Pareek V., Evans G.M. Influence of microwaves on the water surface tension // *Langmuir* 2014, 30, 9875–9879.
33. Asakuma Y., Munenaga T., Nakata R. Observation of bubble formation in water during microwave irradiation by dynamic light scattering // *Heat mass transfer* 2016, 52, 1833–1840.
34. Wong T., Iskhandar A., Kamal M., Jumi S., Kamarudin N., Zaherah N., Salleh N. Effects of microwave on water and its influence on drug dissolution // *Progress in electromagnetics research* 2009, 11, 121–136.
35. Землянова М.В. Интенсификация процессов обработки осадков городских сточных вод с помощью сверхвысокочастотного электромагнитного излучения // автореферат дис. к.т.н., 2015, 23 с.
36. Zhang J., Pang Q., He Z., Tian C., Wu T. Treatment of blast furnace gas washing water by utilization of coagulation associated with microwave // *Springer International Publishing: Cham* 2017, pp. 555–563.
37. Lin L., Chen J., Xu Z., Yuan S., Cao M., Liu H., Lu X. Removal of ammonia nitrogen in wastewater by microwave radiation: a pilot-scale study // *J Hazard Mater* 2009, 168, 862–867.
38. Ravera M., Buico A., Gosetti F., Cassino C., Musso D., Osella D. Oxidative degradation of 1,5-naphthalenedisulfonic acid in aqueous solutions by microwave irradiation in the presence of H₂O₂ // *Chemosphere* 2009, 74, 1309–1314.
39. Lee Y.C., Lo S.L., Chiueh P.T., Chang D.G. Efficient decomposition of perfluorocarboxylic acids in aqueous solution using microwave-induced persulfate // *Water Res* 2009, 43, 2811–2816.
40. Han D.H., Cha S.Y., Yang H.Y. Improvement of oxidative decomposition of aqueous phenol by microwave irradiation in UV/H₂O₂ process and kinetic study // *Water Res* 2004, 38, 2782–2790.
41. Ta N., Hong J., Tingfeng L., Sun C. Degradation of atrazine by microwave-assisted electrodeless discharge mercury lamp in aqueous solution // *Journal of hazardous materials* 2006, 138, 187–194.

О ТУРБУЛЕНТНОСТИ И УРАВНЕНИЯХ НАВЬЕ-СТОКСА

С. С. Воронков

*Псковский государственный университет, Институт инженерных наук,
vorss60@yandex.ru*

Аннотация

Проблема турбулентности является одной из нерешенных проблем физики и техники XX века. Турбулентный режим движения жидкости и газа является основным для инженерного оборудования. Поэтому понимание турбулентности позволит улучшить характеристики инженерного оборудования.

Традиционно считается, что турбулентность в жидкостях и газах описывается системой уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды. Предполагается, что доказательство существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса позволит глубже понять свойства уравнений и разобраться в проблеме турбулентности.

Но как показано в работах автора, турбулентность в жидкостях и газах связана со сжимаемостью среды. Поэтому задача существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды представляет интерес лишь с точки зрения математики и лишена физического содержания. С точки зрения физики при рассмотрении существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса в жидкостях и газах необходимо учитывать сжимаемость среды.

Турбулентность в жидкостях и газах представляет собой циклически повторяющийся процесс возникновения и распада когерентных вихревых структур, описываемых векторным волновым уравнением. Распад вихревых структур сопровождается взрывным, асимптотическим ростом пульсации давления, запускающим новый цикл генерации турбулентности. Приведенное выражение для пульсации давления свидетельствует о том, что давление в турбулентном потоке жидкости и газа в зонах распада когерентных вихревых структур асимптотически возрастает и претерпевает разрыв, то есть для давления нарушается гладкость решения. Но такое разрывное поведение давления в турбулентном потоке жидкости и газа следует не из решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды, а из решений более общей системы уравнений, учитывающей сжимаемость и диссипацию энергии: уравнений Навье-Стокса, сохранения энергии, неразрывности и состояния.

Приводится анализ закона роста пульсации давления при различных условиях распада вихревых трубок.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема турбулентности является одной из нерешенных проблем физики и техники XX века. Турбулентный режим движения жидкости и газа является основным для инженерного оборудования. Поэтому понимание турбулентности позволит улучшить характеристики инженерного оборудования.

Традиционно считается, что турбулентность в жидкостях и газах описывается системой уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды [1]

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = \mathbf{F} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{V}, \quad (1)$$

$$\nabla \mathbf{V} = \text{div} \mathbf{V} = 0, \quad (2)$$

где \mathbf{V} – вектор скорости с проекциями u , v , w на оси декартовой системы координат x , y , z соответственно; \mathbf{F} – гравитационные силы; ρ – плотность; p – давление; ν – коэффициент кинематической вязкости; t – время; $\nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$ – оператор набла; $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа.

Уравнение (1) представляет собой уравнение Навье-Стокса. Уравнение (2) выражает условие несжимаемости среды.

Допущение о несжимаемости среды существенно упрощает математическую постановку задачи. Система уравнений (1-2) – это система из четырех уравнений (первое векторное уравнение представляет собой три скалярных) с четырьмя неизвестными – u , v , w и p .

Задача существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса [2] сформулирована Математическим институтом Клэя [3] как одна из семи математических задач тысячелетия. Уравнения Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды являются нелинейными и их аналитические решения на сегодня найдены только для узкого круга задач [4,5]. Поэтому считается, что доказательство существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса позволит глубже понять свойства уравнений и разобраться в проблеме турбулентности, которая остается одной из важнейших нерешенных проблем в физике [6].

В постановке задачи о существовании и гладкости решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды требуется доказать одно из двух утверждений [2], что решения уравнений Навье-Стокса, вектор скорости $\mathbf{V}(x,y,z,t)$ и поле давления $p(x,y,z,t)$, существуют и они гладкие или же, что решения $\mathbf{V}(x,y,z,t)$ и $p(x,y,z,t)$ не существуют или они негладкие.

Но как показано в работах [7,8], турбулентность в жидкостях и газах связана со сжимаемостью среды.

Поэтому задача существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды представляет интерес лишь с точки зрения математики и лишена физического содержания.

С точки зрения физики при рассмотрении существования и гладкости решений уравнений Навье-Стокса в жидкостях и газах необходимо учитывать сжимаемость среды.

В работе [8] показано, что турбулентность в жидкостях и газах представляет собой циклически повторяющийся процесс возникновения и распада когерентных вихревых структур, описываемых векторным волновым уравнением

$$\frac{\partial^2 \boldsymbol{\omega}}{\partial t^2} = (a_{si}^2 + C_1 \nu \text{div} \mathbf{V}) \text{grad} \text{div} \boldsymbol{\omega}, \quad (3)$$

где $\boldsymbol{\omega}$ – вектор круговой частоты вихревой трубки; t – время; a_{si} – адиабатное значение скорости звука жидкости или газа [8]; C_1 – константа, определяющая свойства жидкости или газа [8]; \mathbf{V} – вектор скорости газа с проекциями u , v , w на оси декартовой системы координат x , y , z соответственно; ν – коэффициент кинематической вязкости.

Распад вихревых структур сопровождается взрывным, асимптотическим ростом пульсации давления

$$\Delta p = C_2 \mu \frac{\omega_0^2 t_0^2}{t_0 - t}, \quad (4)$$

где p – давление; C_2 – константа, определяющая свойства жидкости или газа [8]; μ – коэффициент динамической вязкости; ω_0 – круговая частота вихревой трубки до начала распада, t_0 – полное время распада вихревой трубки; t – время.

Взрывной характер роста пульсации давления порождает высокочастотные пульсации скорости и запускает новый цикл генерации турбулентности.

Полученное выражение для пульсации давления (4) свидетельствует о том, что давление в турбулентном потоке жидкости и газа в зонах распада когерентных вихревых структур асимптотически возрастает и претерпевает разрыв, то есть для давления $p(x,y,z,t)$ нарушается гладкость решения.

В некоторых работах [9,10] оспаривается катастрофический характер разрушения ламинарного режима. Так в работе [10] делается следующий вывод: «Ввиду больших скоростей нарастания вторичной неустойчивости, господствующее до сих пор утверждение о том, что разрушение носит катастрофический характер, не является необоснованным. Однако в свете настоящих экспериментов мы должны констатировать, что разрушение является не катастрофическим, а постепенным, таким же постепенным, как неустойчивости струй и следов».

Рассмотрим, что влияет на скорость разрушения ламинарного режима течения при вторичной неустойчивости.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве примера когерентных вихревых структур приведем вихревые трубки, первоначально возникающие в пограничном слое на передней кромке пластины – рис. 1.

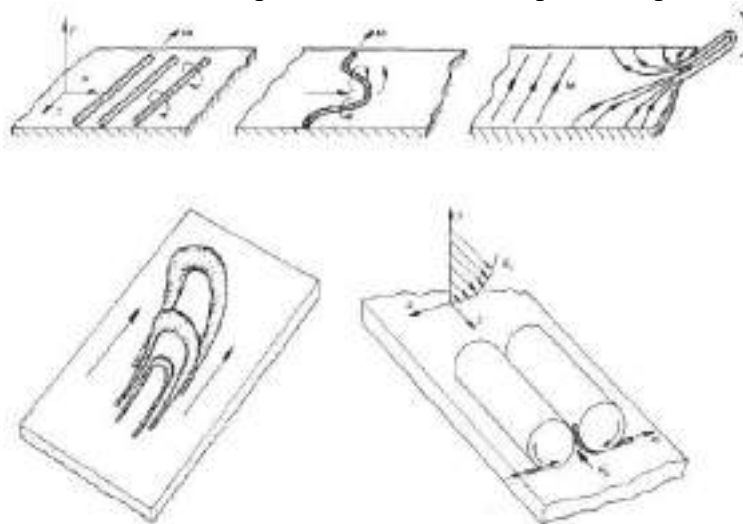


Рис. 1. Появление двумерных вихрей и их распад на трехмерные структуры в естественном переходе. Рисунок из работы [11]. Цитируется по [12]

По мере развития турбулентного течения структура вихревых трубок усложняется.

Рассмотрим образование и распад вихревых трубок на теле вращения при вынужденном возбуждении волн Толлмина-Шлихтинга – рис. 2.

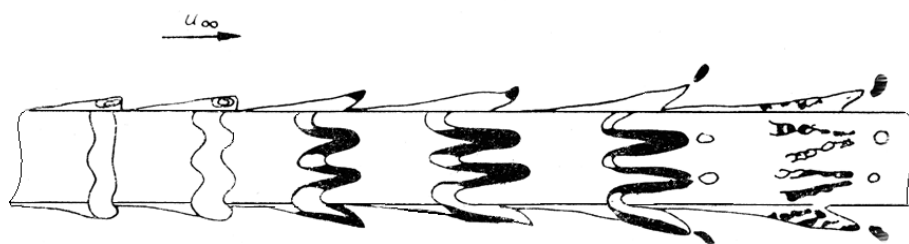


Рис. 2. Визуализация процесса образования Λ – образных вихрей с закругленной головкой на теле вращения. Рисунок из работы [13]. Цитируется по работе [9]

Трехмерное искажение плоской волны Толлмина-Шлихтинга приводит к образованию системы Λ – образных вихрей с закругленной головкой [9] – рис. 2. «По мере распространения вниз по потоку, - как отмечается в [9], - головка всплывает по направлению к внешней границе пограничного слоя и, попадая в область более высоких скоростей, отрывается от боковых вихрей, разрушается и образует турбулентное пятно. Каждый из Λ – образных вихрей разрушается индивидуально». В сечении отрыва головки происходит резкий скачок давления, определяемый по формуле (4). Это возмущение давления распространяется внутри вихревой трубки, внутри Λ – образного вихря, разрушая его, что и придает пятну Эммонса характерную стреловидную форму – рис. 3.

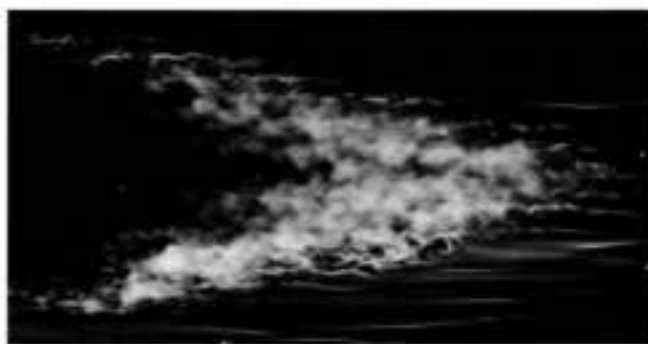


Рис. 3. Турбулентное пятно Эммонса. Число Рейнольдса $Re = 400000$. Визуализация осуществляется при помощи дыма в воздухе, освещаемого вспышкой. Фото R.E. Falco. Рисунок из работы [14]

Рассмотрим образование и распад вихревых трубок при естественном переходе на теле вращения – рис. 4.

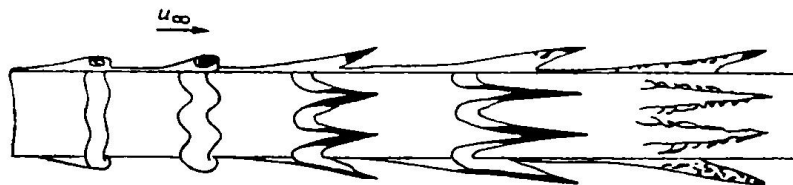


Рис. 4. Визуализация процесса образования групп Λ – образных вихрей с заостренной головкой на теле вращения. Рисунок из работы [13]. Цитируется по работе [9].

В [9] отмечается: « Λ – образные вихри имели заостренные головки и их разрушение происходило не индивидуально с отрывом головок, а всех сразу». Как установлено в работах Линь Цзя-цзяо, Фроста, Битте и др. [15,16], вихревые трубки подвержены растяжению с уменьшением площади сечения вихря. Как видно из рис. 4, растяжение вихря, его распад, начинается сразу после возникновения вихревой трубки. Поэтому время t_0 , характеризующее полное время распада вихревой трубки для этих

вихрей, будет значительно больше, чем для вихрей с закругленной головкой – рис. 2. Это и обуславливает более плавный, постепенный рост пульсации давления в естественном переходе при распаде вихревой трубки.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Выпишем формулу для пульсации давления (4) в вязком газе [8]

$$\Delta p = 4(k-1)\mu \frac{\omega_0^2 t_0^2}{t_0 - t}, \quad (5)$$

где k – показатель адиабаты.

Перепишем ее в виде

$$\Delta p = 4(k-1)\mu \frac{\omega_0^2 t_0}{1 - \frac{t}{t_0}} = 4(k-1)\mu \frac{\omega_0^2 t_0}{1 - \tau}, \quad (6)$$

где $\tau = \frac{t}{t_0}$ - безразмерное время.

Приведем график изменения пульсации давления в пограничном слое вязкого газа при распаде вихревых трубок – рис. 5, построенного по формуле (6).

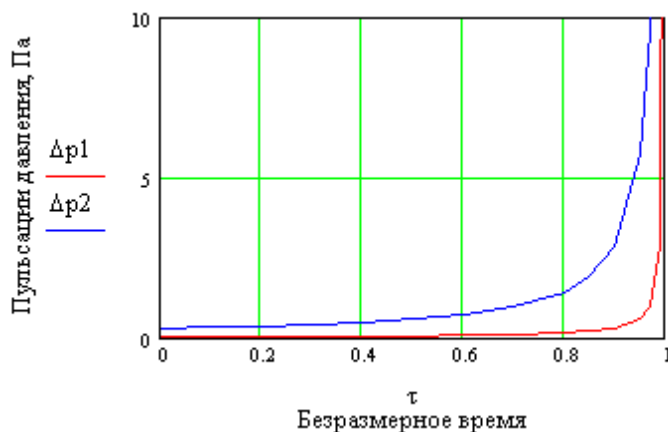


Рис. 5. Пульсации давления в пограничном слое вязкого газа, вычисленные по формуле (6). При расчете принималось: $\mu = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$; $k = 1,4$; $\omega_0 = 100\pi \text{ рад/с}$; $\Delta p1: t_0 = 0,01 \text{ с}$ - пульсация давления при распаде вихревой трубки с отрывом головки; $\Delta p2: t_0 = 0,1 \text{ с}$ - пульсация давления при распаде вихревой трубки с заостренной головкой.

Сравнение двух графиков роста пульсации давления – рис. 5 показывает, что при естественном переходе при распаде вихревой трубки с заостренной головкой происходит более плавный, постепенный рост давления.

Приведенный график свидетельствует о том, что давление в зонах распада вихревых трубок асимптотически возрастает и претерпевает разрыв, то есть для давления $p(x, y, z, t)$ нарушается гладкость решения.

Но такое разрывное поведение давления в турбулентном потоке жидкости и газа следует не из решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды, а из решений более общей системы уравнений, учитывающей сжимаемость и диссипацию энергии [8]: уравнений Навье-Стокса, сохранения энергии, неразрывности и состояния.

ВЫВОДЫ

1. Турбулентность в жидкостях и газах представляет собой циклически повторяющийся процесс возникновения и распада когерентных вихревых структур, описываемых векторным волновым уравнением $\frac{\partial^2 \boldsymbol{\omega}}{\partial t^2} = (a_{si}^2 + C_1 \text{vdiv} \mathbf{V}) \text{graddiv} \boldsymbol{\omega}$. Распад вихревых структур сопровождается взрывным, асимптотическим ростом пульсации давления $\Delta p = C_2 \mu \frac{\omega_0^2 t_0^2}{t_0 - t}$, запускающим новый цикл генерации турбулентности.
2. Сравнение двух графиков роста пульсации давления – рис. 5 показывает, что при естественном переходе при распаде вихревой трубки с заостренной головкой происходит более плавный, постепенный рост давления.
3. Показано, что давление в зонах распада вихревых трубок асимптотически возрастает и претерпевает разрыв, то есть для давления $p(x, y, z, t)$ нарушается гладкость решения.
4. Но такое разрывное поведение давления в турбулентном потоке жидкости и газа следует не из решений уравнений Навье-Стокса в приближении несжимаемости среды, а из решений более общей системы уравнений, учитывающей сжимаемость и диссипацию энергии: уравнений Навье-Стокса, сохранения энергии, неразрывности и состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 5-е. – М.: Наука, 1978. – 736 с.
2. Существование и гладкость решений уравнений Навье-Стокса. – Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Существование_и_гладкость_решений_уравнений_Навье_—_Стокса Дата обращения: 03.11.2021.
3. The Clay Mathematics Institute. Режим доступа: <https://claymath.org/> Дата обращения: 03.11.2021.
4. Ладыженская О.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. – 2-е изд. – М.: Наука, 1970. – 288 с.
5. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. – М.: Мир, 1981. – 408 с.
6. Нерешенные проблемы современной физики. – Википедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Нерешённые_проблемы_современной_физики Дата обращения: 03.11.2021.
7. Воронков С.С. О турбулентности в вязком газе. Электронный журнал «Техническая акустика», 2021, 3. Режим доступа: <http://www.ejta.org> Дата обращения: 03.11.2021.
8. Воронков С.С. О турбулентности в жидкости. Электронный журнал «Техническая акустика», 2021, 4. Режим доступа: <http://www.ejta.org> Дата обращения: 03.11.2021.
9. Качанов Ю.С., Козлов В.В., Левченко В.Я. Возникновение турбулентности в пограничном слое. – Новосибирск: Наука, 1982. – 151 с.
10. Nishioka M., Asai M., Iida S. An experimental investigation of the secondary instability. – In: IUTAM-Symposium on Laminar-Turbulent Transition. Abstracts. Stuttgart, 1979, p. 30-31.
11. Davidson P. A. Turbulence: an introduction for scientists and engineers. Oxford, UK: Oxford University Press, 2004. 680 p.
12. Гарбарук А. В. Переход к турбулентности. Лекция 2. СПб.: СПбГПУ, 2019. – 35 с. Режим доступа: https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/turb_models/Term8_Lec02_transition.pdf Дата обращения: 03.11.2021.
13. Knapp C.F., Roache P.J. A combined visual and hot-wire, anemometer investigation of boundary layer transition. – AIAA J., 1968, v. 6, № 1, p. 29–36.
14. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. – М.: Мир. 1986. – 184 с.
15. Линь Цзя-цзяо. Статистические теории турбулентности, в кн.: Турбулентные течения и теплопередача, под ред. Линь Цзя-цзяо. – М.: ИИЛ, 1963, с. 206-264.
16. Фрост У., Битге Ю. Статистические концепции теории турбулентности, в кн.: Турбулентность. Принципы и применения, под ред. У. Фроста, Т. Моулдена. – М.: Мир, 1980, с. 66-98.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ МАССИВНОСТИ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЯ

А. Г. Рымаров

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
rymarovag@mgsu.ru*

Аннотация

Повышенные требования нормативных документов к утеплению наружных ограждений привело к изменению тепловой массивности наружных ограждений. Тепловая инерционность изменения температурного режима наружной стены влияет на постоянство температурного режима в помещении. Чем массивнее наружное ограждение, тем сильнее затухают колебания температуры внутри ограждения. При массивных наружных ограждениях резкие колебания температуры наружного воздуха меньше влияют или совсем не влияют на температурный режим помещения. Анализ массивности наружного ограждения позволяет снизить расчетную температуру наружного воздуха и снизить требования к утеплению наружных стен. В статье проведен анализ тепловой массивности и сопротивления теплопередаче вариантов наружных стен, выполненных из керамзитобетона, кирпичной кладки с утеплением и из минеральной ваты и сэндвич панелей. Сочетание разных материалов в многослойной наружной стене приводит к одновременному росту значений сопротивления теплопередаче и тепловой массивности.

ВВЕДЕНИЕ

Современные задачи по энергосбережению в здании при утеплении наружных стен часто обходят стороной тепловую инерцию наружных стен зданий при одновременном росте сопротивления теплопередаче. Анализ влияния тепловой массивности наружных стен на затухание температуры внутри стены и на внутренней поверхности стены в период резкого похолодания имеет важное значение для формирования устойчивого микроклимата в помещениях и при изучении возможностей по увеличению энергосбережения в здании [1]. Тепловая передача через наружные ограждения носит нестационарный характер [2]. Чем массивнее ограждение, тем быстрее затухает волна колебания температуры наружного воздуха в стене [3, 4]. Амплитуда изменения температуры наружного воздуха, относящаяся к периоду резкого похолодания, понижается при массивных и сверхмассивных ограждениях, что учитывается при расчете показателя сквозного затухания в ограждении амплитуды изменений температуры наружного воздуха при резком похолодании и коэффициента теплоинерционности ограждения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы нормы СП 50.13330. 2016 «Тепловая защита здания» для определения сопротивлений теплопередаче наружных стен и для справочных целей СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника». Тепловая массивность и сопутствующие значения показателя сквозного затухания температурных колебаний и коэффициента теплоинерционности ограждения рассматривались на основе данных академика РААСН Богословского В.Н. [4], который много лет посвятил созданию методов расчета теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций здания. Для расчетов стационарной и нестационарной теплопередачи определены следующие величины: амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности наружной стены, амплитуда

колебаний температуры наружного воздуха, сопротивление теплообмену на внутренней поверхности наружной стены, сопротивление теплопередачи наружной стены, коэффициент теплоинерционности наружной стены, показатель сквозного затухания в наружной стене амплитуды изменения температуры наружного воздуха, тепловая инерция (тепловая массивность) стены, термическое сопротивление слоя, $(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, удельный коэффициент теплоусвоения материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$. Основные расчетные зависимости для определения выше указанных величин приведены в книге В.Н. Богословского, [4]. Теплотехнические характеристики строительных материалов для расчетов приняты из данных приведенных в СП 50.13330. 2016 «Тепловая защита здания».

Для анализа тепловой инерции рассмотрены 10 вариантов наружных стен, которые обладают требуемым сопротивлением теплопередачи не ниже требований, установленных в СП 50.13330. 2016 «Тепловая защита здания» для климатических условий города Москвы.

1 – 4 варианты стена из керамзитобетона с послойным формованием [5], в каждом варианте слои равны 0,1 м, всего 5 слоев с разной плотностью керамзитобетона, толщина стены 0,5 м без учета фактурных слоев. При расчете сопротивления теплопередаче и тепловой массивности фактурные слои на внутренней и наружной поверхностях стены учитывались. 1 вариант имеет следующие плотности слоев 500, 500, 600, 600, 800 $\text{кг}/\text{м}^3$, 2 вариант 500, 600, 600, 800, 800 $\text{кг}/\text{м}^3$, 3 вариант 500, 600, 800, 1000, 1000 $\text{кг}/\text{м}^3$, 4 вариант – все слои по 500 $\text{кг}/\text{м}^3$.

5 – 7 варианты стены из кирпича с утеплением из минеральной ваты и фактурными слоями на внутренней и наружной поверхностях. Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе плотностью 1800 $\text{кг}/\text{м}^3$, минеральная вата плотностью 75 $\text{кг}/\text{м}^3$. 5 вариант - стена в один кирпич, 6 вариант – стена в 2 кирпича и 7 вариант – стена в 2,5 кирпича.

8 – 10 варианты – сэндвич панели с минеральной ватой плотностью 75, 60 и 45 $\text{кг}/\text{м}^3$, и 2 стальными листами с наружной и внутренней сторон.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате расчетов для климатических условий города Москвы получены значения сопротивлений теплопередачи (рис. 1) и тепловой массивности (рис. 2) для указанных выше вариантов наружных стен.



Рис. 1 Сопротивления теплопередаче наружной стены для 1 – 10 вариантов.

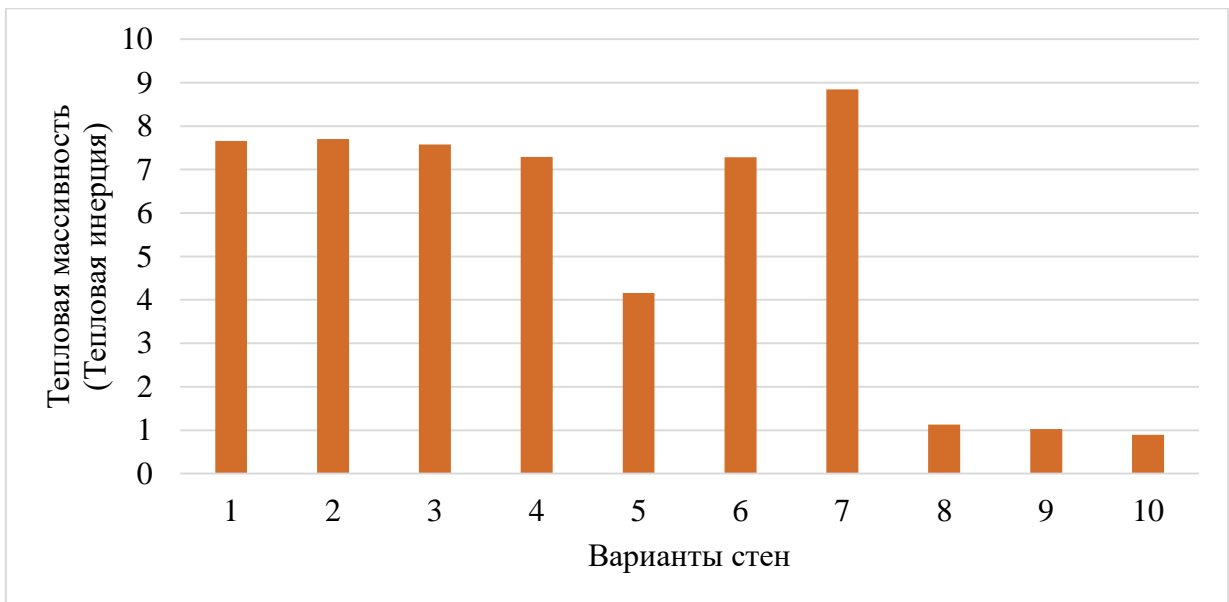


Рис. 2 Тепловая массивность (тепловая инерция) наружной стены для 1 – 10 вариантов.

Проведено сопоставление сопротивления теплопередачи и тепловой массивности рассмотренных вариантов наружных стен. Варианты наружных стен 1-4, 6 и 7 обладают тепловой массивностью выше 7, что показывает высокую устойчивость рассматриваемых вариантов стен к колебаниям температуры наружного воздуха в период резкого похолодания. Для варианта наружной стены 5 с тепловой массивностью около 4, необходимо проверить колебание температуры внутренней поверхности в периоды резких похолоданий, так как понижение данной температуры может привести к выпадению конденсата водяного пара из внутреннего воздуха.

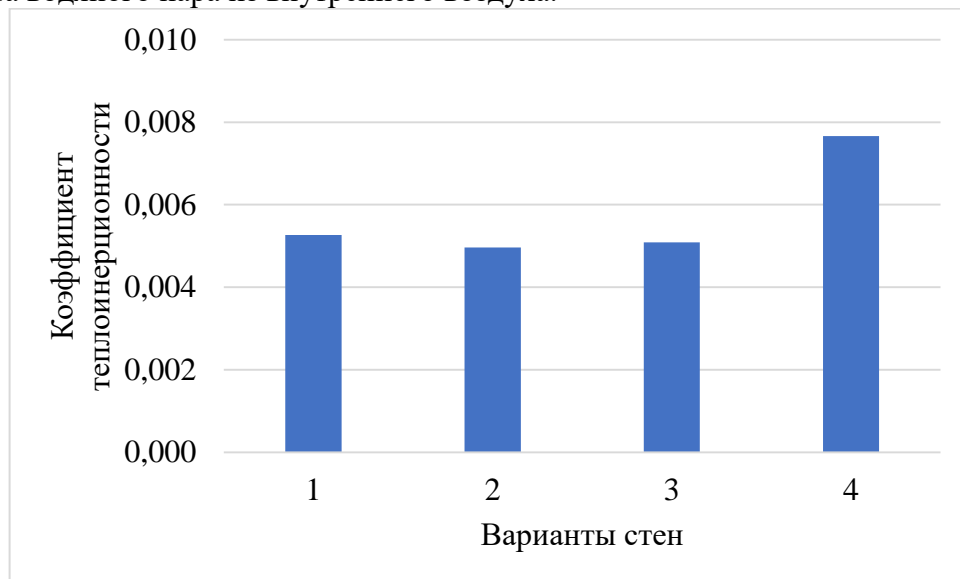


Рис. 3 Коэффициент теплоинерционности наружной стены для 1 – 4 вариантов.

Особенно необходимо отметить варианты стен 8 – 10, где сопротивление теплопередачи достаточно высокое за счет применения эффективного утеплителя в виде минеральной ваты, а массивность ограждения низкая за счет низких значений коэффициента теплоусвоения минеральной ваты. Такое сочетание сопротивления теплопередачи и тепловой массивности наружного ограждения не типично и ранее не изучалось. Низкая тепловая массивность и низкая тепловая защита вызывали необходимость дополнительного утепления наружной стены с применением расчетной

температуры наружного воздуха равной минимальной температуре. Ограждения с 8 по 10 применяются в общественных и промышленных зданиях.

Варианты стены с 1 по 4 имеют высокую массивность и затухание колебаний наружной температуры мало сказываются на температуре внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружной стены. На рис. 3 показаны величины коэффициентов теплоинерционности наружных стен для вариантов 1-4. Вариант 5 наружной стены редко применяется в московском регионе с толщиной кирпичной кладки в 1 кирпич, что создает тепловую массивность равную примерно 4 и, следовательно, коэффициент теплоинерционности (рис. 4) здесь выше по сравнению с вариантами 1-4 и 6-7.

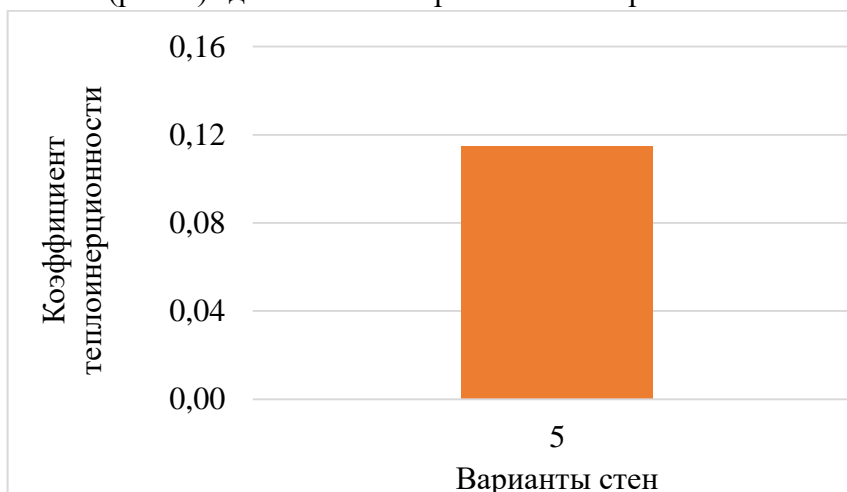


Рис. 4 Коэффициент теплоинерционности наружной стены для 5 варианта.

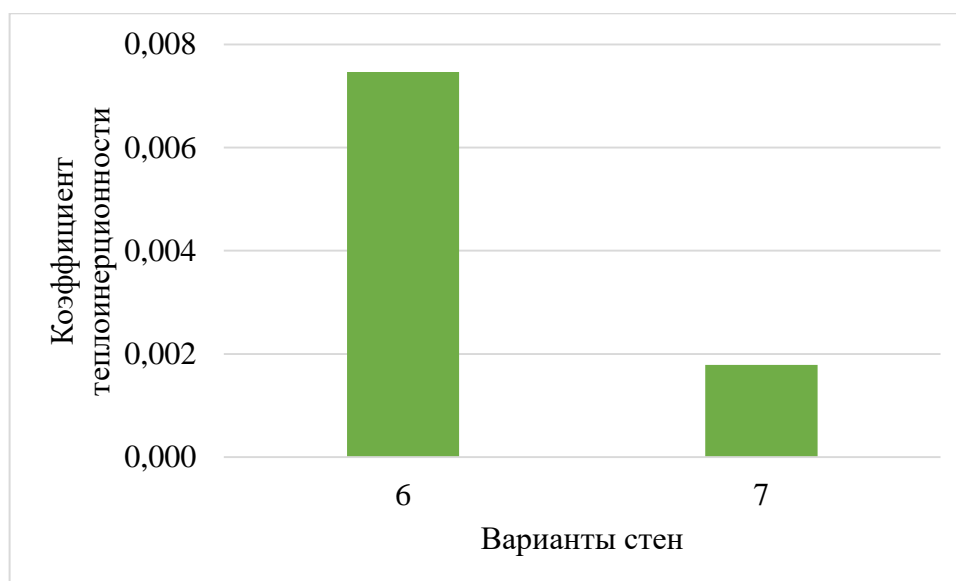


Рис. 5 Коэффициент теплоинерционности наружной стены для 6 и 7 вариантов.

Кирпичные стены с утеплением эффективным утеплителем с толщиной кладки в 2 и 2,5 кирпича (варианты 6 и 7) имеют высокую тепловую массивность и низкий коэффициент теплоинерционности (рис. 5), что позволяет данную конструкцию стены успешно применять в строительстве и повышать энергосбережение в том числе и в жилых зданиях [6].

Совсем малоинерционными являются сэндвич панели с эффективным утеплителем – варианты стены 8-10. Коэффициент теплоинерционности для 8-10 вариантов самый высокий из рассматриваемых (рис. 6) и соответственно низкую тепловую массивность, что показывает слабую сопротивляемость данных стен колебаниям температуры

наружного воздуха и особенно в период резкого похолодания. Отклик на прогрев внутренней поверхности наружного ограждения при отоплении помещений с применением инфракрасных тепловых волн приводит к дополнительному прогреву наружного ограждения с изменением влияния колебаний температуры наружного воздуха на наружное ограждение в периоды резких похолоданий [7].



Рис. 6 Коэффициент теплоинерционности наружной стены для 8 – 10 вариантов.

В нашей стране до 1917 года здания строились со сверхмассивными стенами с применением кирпичной кладки толщиной 1, 2 и даже 3 метра, чаще такие здания относились к РПЦ, а также разным госучреждениям. Для сверхмассивных стен толщиной 1, 2 и 3 метра тепловая массивность наружных ограждений равна 12.7, 25.2, 37.7 соответственно, а коэффициент теплоинерционности равен практически 0, что означает отсутствие влияния резкого похолодания и изменений температуры наружного воздуха на температуру внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружной стены [8]. Такие сверхмассивные стены в наше время применяются очень редко, но анализ их влияния на температурный и влажностный режимы помещений существующих зданий культурного наследия [9] и церковных зданий проводится [10, 11, 12]. Очень высокая массивность наружных ограждений, примыкающих к грунту в нижней части зданий и в подземных сооружениях изучается отдельно [13, 14, 15].

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ вариантов наружных стен с различной тепловой массивностью показал, что влиянию периода резкого похолодания и изменениям температуры наружного воздуха подвержены стены с низкой тепловой массивностью. Применение эффективных утеплителей совместно с кирпичной кладкой повышает массивность наружных стен и повышает тепловую устойчивость помещений и здания. Пониженные значения коэффициента теплоинерционности ограждения позволяют получить более стабильные значения параметров микроклимата в помещении и, следовательно, более стабильную и надежную работу инженерного оборудования, формирующего параметры микроклимата в помещениях здания. Совместная работа наружных ограждений и инженерного оборудования, формирующего микроклимат определяют энергетическую эффективность здания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рымаров А.Г. Прогнозирование параметров воздушного, теплового, газового и влажностного режимов помещений здания // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 362-364.

2. Рымаров А.Г. Мониторинг параметров микроклимата и концентраций вредных примесей в помещениях здания // Приволжский научный журнал. 2014. № 1 (29). С. 61-63.
3. Рымаров А.Г. Characteristics of heat-mass exchange modes of mutual influence buildings // Естественные и технические науки. 2013. № 1 (63). С. 380—382.
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / Москва: Высшая школа. 1982. 415 с.
5. Ананьев А.И., Рымаров А.Г., Денщиков Н.А. Теплозащитные и влажностные свойства наружных стен зданий из керамзитопенобетонных блоков // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 1. С. 28-34.
6. Бодров М.В., Кузин В.Ю., Морозов М.С. Повышение энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 48—50.
7. Бодров В.И., Бодров М.В., Смыков А.А. Исследование теплового режима наружных ограждающих конструкций в промышленных помещениях с системами отопления на базе инфракрасных излучателей // Приволжский научный журнал. 2018. № 2 (46). С. 29-36.
8. Рымаров А.Г., Лушин К.И. Особенности расчета теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями в холодный период года // Научно-практический интернет-журнал "Наука. Строительство. Образование". 2012. № 2. С. 5.
9. Титков Д.Г., Плющенко Н.Ю. Методика проведения натурального эксперимента теплового и влажностного режимов в здании культурного наследия России // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2020. № 4 (220). С. 44-45.
10. Кочев А.Г., Соколов М.М., Сергиенко А.С., Москаева А.С., Кочева Е.А. Особенности создания микроклимата в православных храмах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2016. № 4 (688). С. 74-82.
11. Кочев А.Г., Москаева А.С., Кочева Е.А., Мартынов А.А. Исследование задач теплоустойчивости ограждающих конструкций православных храмов // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 8. С. 36-40.
12. Кочев А.Г., Соколов М.М., Кочева Е.А., Москаева А.С. Реконструкция систем создания и поддержания микроклимата в православных храмах // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2017. № 2. С. 26-33.
13. Титков Д.Г. Управление температурой внутреннего воздуха в подземном коллекторе для инженерных коммуникаций // Естественные и технические науки. 2017. № 5 (107). С. 169-171.
14. Brukhanov O., Rymarov A., Malysheva A., Titkov D. Analysis of heat losses of underground tunnel for engineering utilities with available methods // В сборнике: MATEC Web of Conferences 2016. С. 04028.
15. Рымаров А.Г., Титков Д.Г. Анализ теплопотерь подземным коллектором по методике Б. А. Казанцева // Научное обозрение. 2015. № 10-2. С. 44-47.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБМЕРА ПЛОЩАДЕЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ

Е. Г. Малявина¹, А. А. Фролова², Г. А. Петров³

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,,

³ ООО «Смарт-Строй»,

¹ *emal@list.ru*

² *privalova-a@mail.ru*

³ *gpetrov962@gmail.com*

Аннотация

На растущее строительство затрачивается много тепловой энергии на отопительный сезон. Федеральный закон РФ №261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» требует рационального использования ресурсов.

В статье сравниваются методики обмера наружных ограждающих конструкций здания, которые напрямую влияют на полученные расчетные тепловые потери здания. Расчет теплопотерь здания выполнен по 4 методикам: 1-й - по российским нормативным документам, 2-й - по EN ISO 10211, 3-й - по EN ISO 13789 и 4-й - по EN ISO 14683. Проанализировав полученные в расчетах результаты, можно сделать вывод, что площадь между оконными проемами первого и второго этажа, которая учитывается в третьем и четвертом способах, сильно увеличивает теплопотери здания. Это дает перерасход мощности системы отопления.

ВВЕДЕНИЕ

Федеральный закон РФ №261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», призывает к рациональному использованию энергии.

Система отопления предназначена для компенсации потерь теплоты через наружную оболочку здания. В связи с постоянным увеличением темпов строительства неизменно затрачивается большое количество тепловой энергии на отопительный сезон [1-4]. Нагрузку на систему отопления можно уменьшить, минимизировав тепловые потери в холодное время года [5-8] путем усиления тепловой защиты здания. Кроме того, в последнее время подвергаются пересмотру методики расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции здания [9, 10].

В каждой стране существуют стандарты теплозащиты зданий [11]. Они зависят от климатических условий страны и проводимой ею политики энергосбережения. Поскольку цены на энергоресурсы постоянно растут, не возобновляемые источники энергии сокращаются, требования к теплоизоляции зданий возрастают.

В статье сравниваются методики измерения наружной оболочки здания, которая напрямую влияет на тепловые потери здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки различных методов обмера наружной оболочки здания были проведены расчеты теплопотерь здания за отопительный сезон двухэтажного здания детского сада на 140 мест, расположенного в Уфе. Средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 равна -33 °С. Климатическая зона застройки здания - это сухая зона. В здании нормальный влажностный режим (влажность 55%) [8]. Для расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания принимаем температуру воздуха в помещении 20 °С по ГОСТ 30494 [12]. В качестве теплоизоляции

использовались утеплители из экструдированного пенополистирола толщиной 0,12 м. Принимаем, что подвал в доме не отапливается [2].

Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций выполнен по российским нормативным документам [8, 13-15] и соответствует их требованиям.

Нормативные документы Российской Федерации определяют правила измерения наружной и внутренней поверхности ограждений в метрах с точностью до 0,01 м² (рис. 1). Эти правила одинаковы для всей страны.

В зарубежных странах нет единого документа, регулирующего обмер ограждающих конструкций помещения. Существуют три документа, предлагающих разные правила: EN ISO 10211, EN ISO 13789 и EN ISO 14683 (рис. 2).

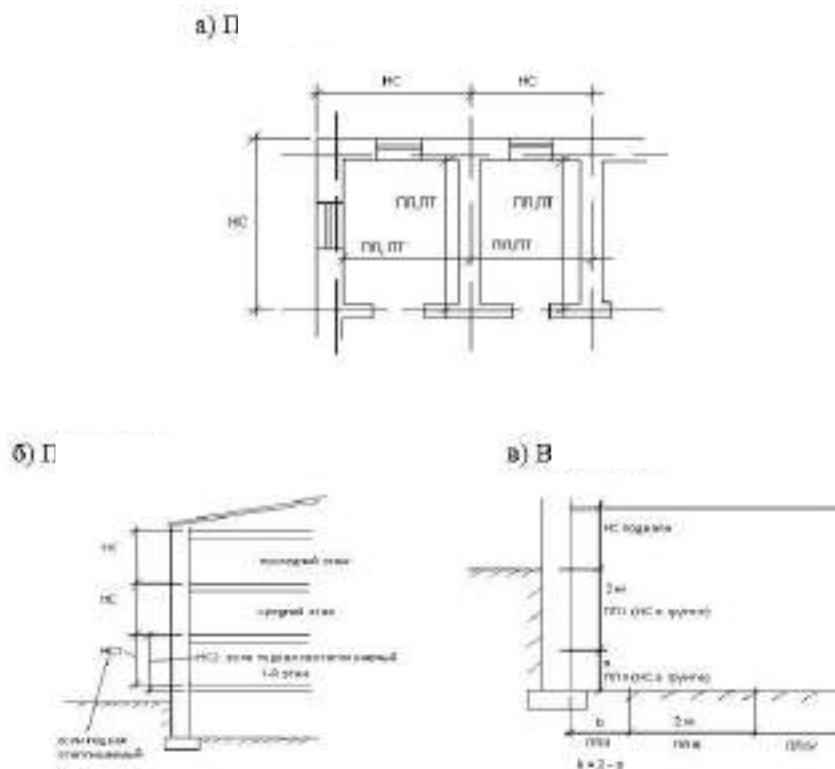


Рис. 1. Правила обмера помещений по российским нормам: а) в плане здания, б) по разрезу здания, в) в подвале здания

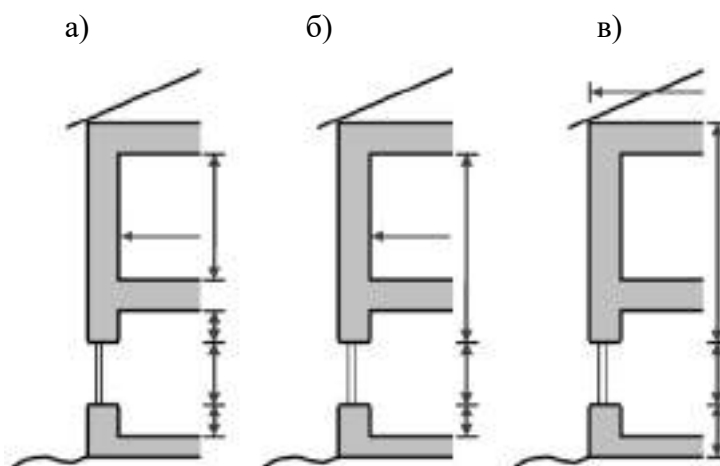


Рис. 2. Три различных метода обмера наружных ограждений здания в соответствии с EN ISO 10211, EN ISO 13789 и EN ISO 14683: а) внутреннее измерение, б) габаритное внутреннее измерение, в) наружное измерение

Расчет тепловых потерь здания производился по 4 методикам: 1-й - по российским нормативным документам, 2-й - по EN ISO 10211, 3-й - по EN ISO 13789 и 4-й - по EN ISO 14683.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Суммарные расчетные тепловые потери для рассматриваемого здания представлены на рис.3. При этом, если тепловые потери, рассчитанные по российским нормам принять за 100%, то в табл.1 можно увидеть отличие суммарных потерь теплоты, рассчитанным по европейским методикам.



Рис. 3. Общие тепловые потери здания, рассчитанные 4-мя методами, обозначенными в табл.1

Табл. 1. Соотношение величины потерь теплоты в здании

| | Метод обмера | | | |
|---|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 1 метод (российский метод) | 2 метод (EN ISO 10211) | 3 метод (EN ISO 13789) | 4 метод (EN ISO 14683) |
| Тепловые потери, %, (относительно российского метода) | 100 | 95 | 104 | 112 |

Как видно из таблицы 1, расчеты тепловые потерь по российским нормам имеют среднее значение между вторым и третьим методами. Потери тепла, рассчитанные по 4-му методу, были наибольшими, что свидетельствует о значительных потерях теплоты.

Для наглядности выделим в нашем доме 4 типа помещений: рядовые на промежуточных этажах, рядовые на верхнем этаже, угловые на промежуточных этажах, угловые на верхнем этаже. Интересно сравнить тепловые потери в каждом из этих помещений по четырем рассмотренным методикам расчета. (рис.4).

В этом случае также наблюдается сильное увеличение тепловых потерь в 4-ом способе. (табл. 2). Наиболее заметно на диаграмме увеличение тепловых потерь углового помещения на верхнем этаже и обычного на верхнем этаже. Увеличение тепловых потерь

для этих помещений составило 12 % и 9 %. Тепловые потери рассчитывались по российским стандартам и находятся в среднем диапазоне, по сравнению со вторым и третьим методами расчета.

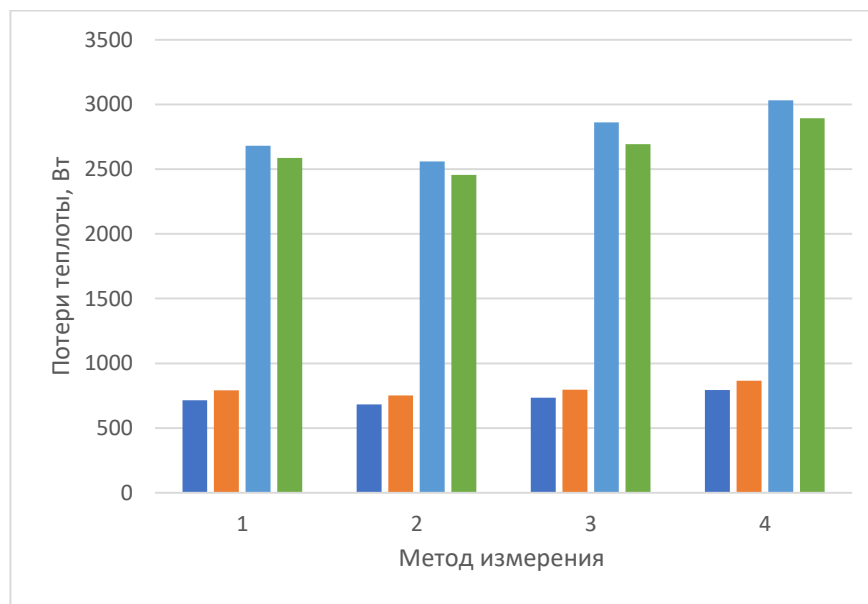


Рис. 4. Сравнение тепловых потерь типовых помещений: голубой – рядовые на промежуточных этажах, оранжевый - рядовые на верхнем этаже, синий - угловые на промежуточных этажах, зеленый - угловые на верхнем этаже.

Табл. 2. Соотношение величины потерь теплоты в различных помещениях, %

| Тип помещения | Метод обмера | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1 метод (русский метод) | 2 метод (EN ISO 10211) | 3 метод (EN ISO 13789) | 4 метод (EN ISO 14683) |
| Рядовые на промежуточных этажах | 100 | 96 | 103 | 111 |
| Рядовые на верхнем этаже | 100 | 95 | 100 | 109 |
| Угловые на промежуточных этажах | 100 | 95 | 107 | 113 |
| Угловые на верхнем этаже | 100 | 95 | 104 | 112 |

ВЫВОДЫ

Проанализировав полученные в расчетах результаты, можно сделать вывод, что площадь между оконными проемами первого и второго этажа, которая учитывается в третьем и четвертом способах по европейской методике обмера наружных ограждающих

конструкций, сильно увеличивает тепловые потери здания. Что в свою очередь дает перерасход нагрузки на систему отопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усиков С.М. Оценка энергетической эффективности систем водяного отопления с точки зрения потребления электроэнергии // Инновации и инвестиции. 2019. № 3. С. 259-264.
2. Легких Б.М., Езерский Д.С. Анализ эффективности использования тепловой энергии р. урал в жилищном строительстве // Шаг в науку. 2018. № 3. С. 66-68.
3. Платонов Н.Е., Мельников В.М. Управление тепловым режимом здания в нерабочее время // Студенческий форум. 2020. № 3-1 (96). С. 55-56.
4. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Анализ годового энергопотребления на отопление и охлаждение офисного здания // АВОК. 2017. №1. С. 68-75.
5. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Выбор энергетически целесообразной теплозащиты офисных зданий с круглогодичным поддержанием теплового микроклимата // Жилищное строительство. 2019. №1-2. С. 63-68.
6. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Энергетическая и экономическая оценка теплозащиты офисного здания // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 64-69.
7. Скорик Т.А., Глазунова Е.К., Безуглый А.В. Разработка алгоритма расчета показателей тепловой защиты зданий//Транспорт-2017 / Сб. тр. конф. Ростов н/Д: Ростов. гос. ун-т путей сообщения, 2017. С. 163-167.
8. СП 50.13330.2012 с изм. №1. «Тепловая защита зданий». 2019.
9. Малявина Е.Г., Иванов Д.С., Михеева Е.А. Влияние различных факторов на результат расчета теплопотерь подвалов по инженерным методикам // Естественные и технические науки. 2015. №10. С. 403-405.
10. Björn Berggren, Maria Wall. State of Knowledge of Thermal Bridges—A Follow up in Sweden and a Review of Recent Research // Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment, Lund University. 2018.
11. Фролова А.А., Петров Г.А. Требуемый уровень теплозащиты ограждающих конструкций для общественных зданий в России и европейских странах // Энергосбережение и водоподготовка. 2021. № 3 (131). С. 27-32.
12. ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». 2019.
13. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». 2020.
14. СП 345. 1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». 2017.
15. СП 230. 1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». 2016.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВОКРУГ ЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОИСТОЧНИКА

О. Д. Самарин

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
samarinod@mgsu.ru*

Аннотация

Предметом исследования являются различные подходы к расчету распространения тепловых возмущений в конструкциях, содержащих линейные греющие элементы малого диаметра, характерные для систем панельно-лучистого отопления и некоторых систем теплоснабжения. Основной проблемой в данной области в настоящее время является достаточная сложность существующих решений и их непригодность для использования в практике проектирования. Целью исследования является вывод формулы, описывающей температурное поле вокруг нестационарного линейного источника в массиве материала для малых значений безразмерной радиальной координаты. При исследовании используются методы автомодельных решений, разработанные в теории нестационарной теплопроводности, в сопоставлении с зависимостью, ранее полученной автором с помощью конечно-разностной аппроксимации данных численного решения исходного дифференциального уравнения Фурье для случая цилиндрической симметрии. Показано, что при малой величине безразмерной радиальной координаты, соответствующей малому расстоянию от источника, сравниваемые варианты являются эквивалентными, что подтверждает достоверность и физическую обоснованность численного решения, а также его пригодность для применения в инженерных расчетах.

ВВЕДЕНИЕ

Один из характерных вариантов неустановившегося радиально-симметричного температурного поля наблюдается в сплошном массиве материала вокруг линейных сооружений систем отопления и теплоснабжения типа трубопроводов, греющих кабелей и других подобных устройств в процессе эксплуатационного регулирования их температуры. Задача расчета такого поля является актуальной, так его результаты в значительной степени связаны с безопасностью жизнедеятельности людей и функционирования соответствующего оборудования, а также с вопросами комфортности микроклимата в помещениях зданий, обслуживаемых рассматриваемыми системами. Особую важность эти обстоятельства приобрели в последние годы, после введения в действие Закона РФ «Технический регламент "О безопасности зданий и сооружений"» № 384-ФЗ от 30.12.2009 (с последующими изменениями).

Некоторые способы решения рассматриваемой проблемы, а также других нестационарных задач при радиальной симметрии, например для толстостенных цилиндров, опубликованы, например, в работах [1 – 5] с применением как аналитических, так и численных методов. В частности, при этом получены некоторые данные о температурном поле в массиве грунта [4], а также приемы, позволяющие решать обратную задачу по определению теплофизических параметров материала [1], [5], хотя достигнутые результаты оказываются в достаточной степени сложными, и их с трудом удастся использовать в инженерной практике. Другие публикации, в частности, [6], [7], отличаются более общим характером и относятся к нестационарному тепловому режиму помещений и инженерных систем в целом, но также сложны для инженерного применения, а работы [8 – 11], наоборот, являются очень узкоспециальными, решающими ограниченный класс задач.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведем сопоставление некоторых вариантов расчета нестационарного температурного поля около линейного теплоисточника малого диаметра. Для удобства дальнейшего изложения целесообразно ввести величину θ – относительную безразмерную температуру, которая в данном случае определяется таким образом:

$$\theta = \frac{t - t_n}{t_0 - t_n}. \quad (1)$$

Здесь t_n и t_0 – соответственно температура массива материала вдали от источника до начала распространения температурного возмущения и температура самого источника, К.

С учетом данного обозначения дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности для случая цилиндрической симметрии записывается в виде [12] – [14]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial \theta}{r \partial r} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} \right]. \quad (2)$$

Здесь r , м – текущая радиальная координата, показывающая расстояние от оси цилиндра до рассматриваемой точки; $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности материала массива цилиндра, м²/с; λ – его теплопроводность, Вт/(м·К); c и ρ – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), и плотность, кг/м³.

Результат тогда будет представлять собой текущее отклонение значений температуры от ее стационарного распределения, которое связано непосредственно с геометрией системы и определяется также мощностью источников и стоков теплоты. Общие физические соображения и аналогия с одномерным случаем дают нам возможность допустить, что и здесь $\theta = f(z)$, где $z = \frac{r}{\sqrt{a\tau}}$ – некоторая безразмерная величина, имеющая смысл относительной радиальной координаты. Но это свидетельствует, что получаемое решение будет автомодельным. Тогда выражение (3) сводится к следующему:

$$\frac{df}{dz} \left(1 + \frac{z^2}{2} \right) + z \frac{d^2 f}{dz^2} = 0. \quad (3)$$

Следовательно, теперь мы имеем обыкновенное дифференциальное уравнение 2-го порядка относительно f , что подтверждает сделанное предположение об автомодельности. Теперь понижаем порядок уравнения, что в данном случае возможно, если принять

$F(z) = \frac{df}{dz}$, откуда оказывается:

$$\frac{dF}{dz} + \left(\frac{1}{z} + \frac{z}{2} \right) F = 0. \quad (4)$$

При малых τ первым слагаемым в скобках можно пренебречь по сравнению со вторым, и тогда, разделя переменные и производя интегрирование, получаем:

$$F(z) = C \exp \left(-\frac{z^2}{4} \right), \quad (5)$$

где C – произвольная постоянная. Возвращаясь к исходной функции f , в результате повторного интегрирования записываем решение в следующем виде:

$$f(z) = C_1 \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2} \right) + C_2, \quad (6)$$

Здесь, очевидно, $C_1 = C\sqrt{\pi}$. При этом, поскольку $\operatorname{erf}(0) = 0$, а $\theta(0) = 1$, получаем $C_2 = 1$. При сопоставлении с имеющейся зависимостью для распространения температурной волны в плоской стенке из [13] и других источников находим, что $C_1 = -1$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На самом же деле любой реальный линейный источник теплоты в виде трубопровода, греющего кабеля и других аналогичных конструкций имеет пусть и небольшой, но конкретный ненулевой наружный диаметр. При численном моделировании конечно-разностными методами минимально возможный поперечный размер источника также не может быть равен нулю, а определяется шагом используемой сетки. Поэтому более корректно было бы вернуться к полному решению уравнения (4), которое, согласно [13], имеет форму:

$$\theta = C_1 \left(C_2 - \ln(x) + x - \frac{x^3}{2 \cdot 2!} + \frac{x^3}{3 \cdot 3!} - \frac{x^4}{4 \cdot 4!} \dots + \frac{(-1)^{n+1} x^n}{n \cdot n!} + \dots \right). \quad (7)$$

Здесь с учетом граничных условий $C_1 = \frac{1}{2 \ln(R/r_0)}$, где R и r_0 – соответственно наружный и внутренний радиусы рассматриваемой области, м; $C_2 = -0,5772$ – постоянная Эйлера; $x = \frac{r^2}{4at} = \frac{z^2}{4}$. Тогда, чтобы представить искомое температурное поле, возникающее вокруг линейного источника исследуемого типа, необходимо вычислить разность безразмерных температур, определяемых с помощью ряда (7), рассчитанных при очень близких значениях r и r_0 , причем при определении постоянной C_1 полагаем $R = r$. Результаты расчетов для случая $r_0 = 0,99r$ приведены на рисунке 1 сплошной линией.

В работе [15] автором на основании аппроксимации данных, полученных в ходе численного решения при использовании соответствующей программы для ЭВМ, была найдена следующая формула, пригодная для расчета температуры у линейного источника малого диаметра в пределах глубины проникновения температурной волны Δ , м:

$$\theta = \exp \left[-n \left(\frac{r}{\Delta} \right)^2 \right] = \exp \left[-\frac{4nx}{k^2} \right]. \quad (8)$$

Здесь параметр $n = 3,8$ подбирается для получения аппроксимации с наилучшим качеством, $k = 4,3$ – коэффициент пропорциональности в выражении $\Delta = kz$, уточняемый также по результатам численного расчета. В этом случае оказывается, что $4n/k^2 = 0,822$. На рисунке 1 пунктиром показаны данные вычислений по выражению типа (8), но при $4n/k^2 = 1$, когда наблюдается наибольшее совпадение с (7).

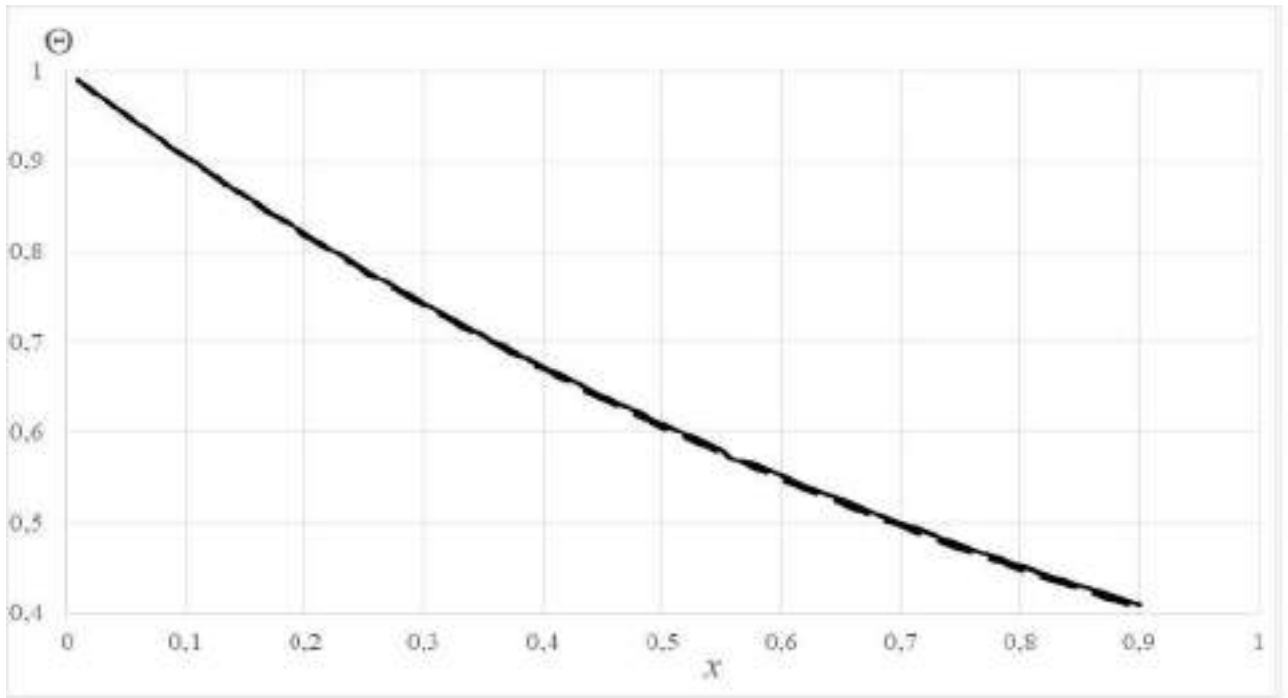


Рис. 1. Зависимость безразмерной температуры θ от параметра x для линейного теплоисточника (сплошная линия – расчет по выражению (7), пунктир – по формуле (8))

На самом деле последнее обстоятельство не является решающим, поскольку при назначении величины k всегда приходится сталкиваться с некоторой неопределенностью. Дело в том, что по свойству уравнения (2) обнаруживается, что $\theta \rightarrow 0$ только при $x \rightarrow \infty$, и, следовательно, требуется некоторое соглашение относительно того, какому именно минимальному уровню θ соответствует принятое k .

На рисунке 2 показано сопоставление результатов расчета по выражению (7) для указанных условий $r_0 = 0,99r$, $k = 4,3$ (сплошная линия) с другим вариантом аппроксимации [15] (пунктир):

$$\theta = \left[1 - m \left(\frac{r}{\Delta} \right)^{3/2} \right]^2, \quad (9)$$

где при обеспечении наибольшей точности параметр $m = 1,16$. Здесь погрешность несколько выше, зато при $r/\Delta = 1$, т.е. при $x = k^2/4$ эта формула дает строго $\theta = 0$. Кроме того, данная зависимость легче дифференцируется и интегрируется. Общий вид выражения (9) без учета коэффициента m соответствует приближению Шлихтинга [16] для экспоненциальной кривой типа (8).

Заметим теперь, что, поскольку соотношения (7)-(9) записаны в безразмерном виде, они являются общими, независимо от действительных значений t_n и t_0 и конкретного материала массива цилиндра.

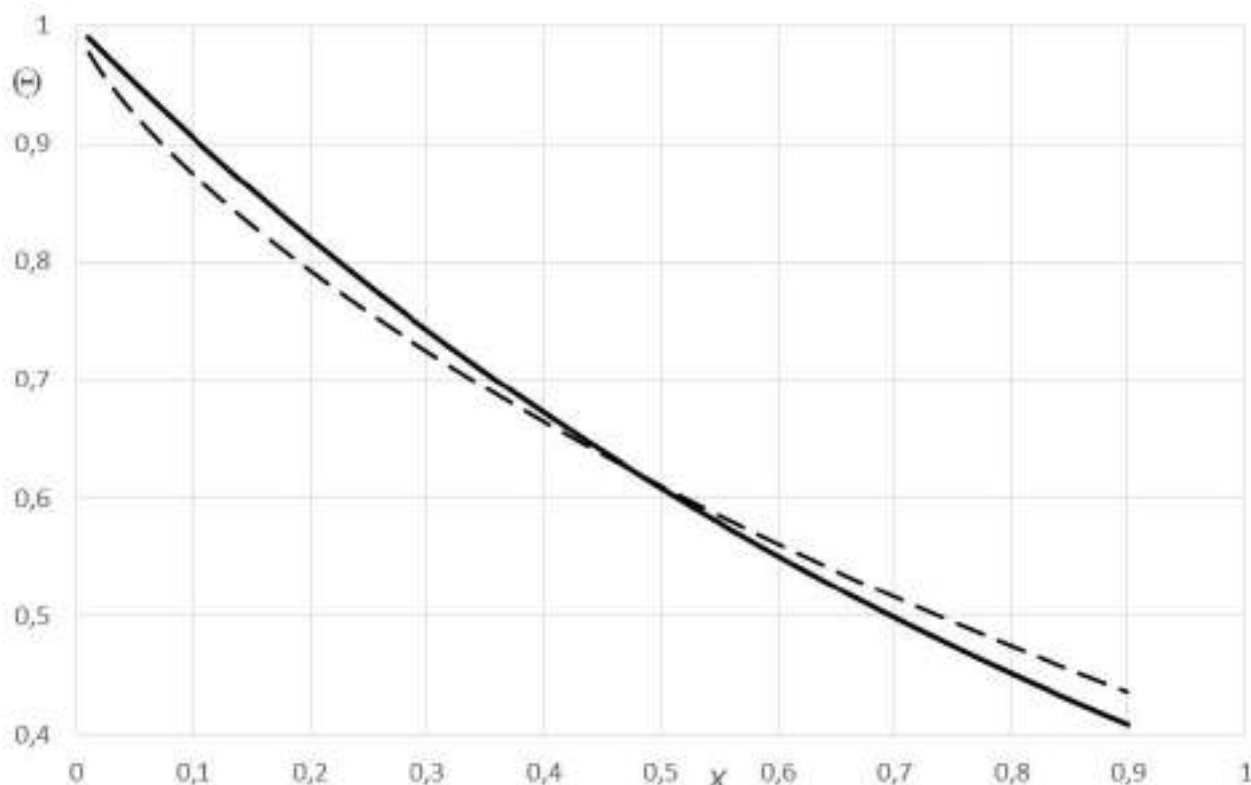


Рис. 2. Зависимость безразмерной температуры θ от параметра x для линейного теплоисточника (сплошная линия – расчет по выражению (7), пунктир – по формуле (9))

При этом все полученные результаты оказываются достаточно близкими, откуда можно заключить, что в действительности характер изменения глубины проникновения температурной волны с течением времени описывается одним и тем же по форме выражением как при цилиндрической симметрии, так и для одномерного случая, а обнаруженное несовпадение числовых коэффициентов, скорее всего, можно объяснить погрешностью использованной конечно-разностной схемы и аппроксимационным характером зависимостей (8)-(9).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных расчетов доказана справедливость полученного в работе [15] приближенного решения для расчета температурного поля вокруг линейного теплоисточника малого диаметра с помощью его сопоставления с точной теоретической зависимостью. Отмечено, что найденные выражения в явном виде не включают теплофизические характеристики применяемых материалов, поэтому являются универсальными и не связаны с каким-либо конкретным примером конструкции. В то же время форма приближенной зависимости дает возможность использовать ее в практике инженерных расчетов без привлечения программных средств для ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подледнева Н.А., Краснов В.А., Магомадов Р.С. Определение коэффициентов теплопроводности и температуропроводности за один опыт методом линейного источника теплоты постоянной мощности // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2013. № 2. С. 50–55.
2. Елисеев В.Н., Товстоног В.А., Боровкова Т.В. Алгоритм решения обобщенной задачи нестационарной теплопроводности в телах простой геометрической формы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2017. № 1. С. 112–128.
3. Логинов В.С., Парпиев А.Т. Нестационарные температурные режимы полого цилиндрического активного элемента и пароперегревателя в парогенераторе // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2013. № 2(13). С. 90–97.

4. Vasilyev G.P., Gornov V.F., Konstantinov P.I., Kolesova M.V., Korneva I.A. Analysis of ground temperature variations, on the basis of years-long measurements // Magazine of Civil Engineering. 2017. №. 4. Pp. 62–72.
5. Ozturk A.. Overall heat transfer coefficient of functionally graded hollow cylinder // Solid State Phenomena. 2017. 267 SSP. Pp. 177–181.
6. Latif M., Nasir A. Decentralized stochastic control for building energy and comfort management // Journal of Building Engineering. 2019. Vol. 24. Pp. 100739.
7. Serale G., Capozzoli A., Fiorentini M., Bernardini D., Bemporad A. Model predictive control (MPC) for enhancing building and HVAC system energy efficiency: problem formulation, applications and opportunities. Energies. 2018. Vol. 11. 3. Pp. 631.
8. Shokouhmand H., Ghaffari S. Investigation of cooling process of a high-temperature hollow cylinder in moving induction heat treatment // Journal of Thermal Science and Engineering Applications. 2012. Vol. 4. No. 1. Pp. 011002.
9. Kalynyak B.M. Fredholm equations of the second kind for radial stresses aimed at the determination of the thermoelastic state of an inhomogeneous hollow long cylinder // Journal of Mathematical Sciences. 2015. Vol. 205. No. 5. Pp. 659-666.
10. Norouzi M., Birjandi A.K., Rahmani H., Joneidi A A. A general exact analytical solution for anisotropic non-axisymmetric heat conduction in composite cylindrical shells // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2016. Vol. 93. Pp. 41-56.
11. Norouzi M., Shariati M., Rezaei Niya S.M., Karimi Demneh M., Naghavi M.S., Kayhani M.H. Exact solution of unsteady conductive heat transfer in cylindrical composite laminates // Journal of Heat Transfer. 2012. Vol. 134. No. 10. Pp. 101301.
12. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ИРЕСС, 2006. 256 с.
13. Carslaw H.S., Jaeger J.C. Conduction of heat in solids. Oxford University Press, USA, 1986. 520 p.
14. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. 3-е изд. – СПб.: Изд-во «АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД», 2006. 400 с.
15. Самарин О.Д. Расчет распространения температурных волн в толстостенном цилиндре с источником теплоты на оси // Энергосбережение и водоподготовка. 2018. № 4. С. 66–71.
16. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1987. 414 с.

ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

С. М. Усиков

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
UsikovSM@mgsu.ru*

Аннотация

В практике конструирования водяных систем отопления часто применяется автоматическая и ручная регулирующая арматура. Известно, что гидравлический режим работы современных систем водяного отопления носит динамический характер, а диапазон его работы будет влиять на качество комфорта в обслуживаемом здании. В свою очередь наладка систем отопления происходит на основании паспортных значений гидравлических характеристик арматуры, а значит их точность должна быть достаточно высокой в диапазоне, регламентируемом особенностью работы системы. В исследовании представлены рассуждения о данном диапазоне, на основании требований нормативных документов и особенности гидравлического режима работы современных систем отопления. Сделаны выводы и необходимости совершенствования нормативной базы в части определения гидравлических характеристик арматуры, применяемой в системах водяного отопления.

ВВЕДЕНИЕ

К современным системам отопления предъявляются серьезные требования с точки зрения обеспечения комфортных условий и экономного потребления тепловой энергии [1, 2]. С одной стороны этого можно достигать интенсификацией процесса теплопередачи от теплоносителя отапливаемому помещению, то есть совершенствованию конструкции отопительных приборов, с другой стороны с помощью организации оптимального гидравлического режима работы системы. Динамический режим работы современных систем водяного отопления представляет особый интерес с точки зрения качества и точности регулирования [3]. В системах применяются разнообразные регулирующие устройства: балансировочные клапаны, регуляторы перепада давления, расхода и температуры [4–6], которые призваны создавать наилучшие условия работы основных регулирующих устройств – термостатических клапанов. Сам гидравлический режим работы будет зависеть от точности расчета [7], определения набора регулирующей арматуры в конструкции системы [8], и конечно же конструкции самой системы [9]. Неправильное распределение теплоносителя по системе может быть вызвано ошибками расчета [10], а также недостаточной точностью данных о гидравлических характеристиках регуляторов. На рынке трубопроводной арматуры в настоящее время сформирован достаточно большой список производителей, как известных, проверенных временем, так и малоизвестных, занимающихся низкокачественным плагиатом. В паспорте регуляторов при сертификации должны указываться гидравлические характеристики, получаемый только на основании проведения гидравлических испытаний. В настоящее время, эти испытания возлагаются на производителей арматуры, и не контролируются, поэтому возможна значительная ошибка, что приведет к проблеме наладки системы, которая организуется исключительно на паспортных данных. Ранее, основным источником для определения значения местных сопротивлений являлся справочник И.Е. Идельчика [11], составленный на основе проведения значительного количество экспериментов, относящихся к различным трубопроводным системам. В настоящее время, такими экспериментами занимается не большое количество ученых [12–16], а процедура испытаний зафиксирована разве что в ГОСТ 34437-2018 «Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных

характеристик», который регламентирует общие требования для испытаний трубопроводной арматуры, применяемой в очень большом спектре систем. При этом, особенность теплового и гидравлического режимов работы систем отопления, естественно не учитывается.

Согласно требованию последней редакции СП 60.13333.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» в современных системах водяного отопления необходима установка автоматических, или ручных балансировочных клапанов, а также установка термостатических клапанов у отопительных приборов, или в их конструкции.

Производители данного оборудования предлагают широкий перечень типа данного оборудования и его номенклатурного ряда. Однако, при выборе регуляторов инженер должен полагаться на расчет и выбирать такое оборудование, которое не будет вызывать проблемы в работе всей системы.

К арматуре, которая используется в системах отопления можно предъявить следующие требования:

- требование к температуре теплоносителя;
- требование к максимальному давлению перемещаемой жидкости;
- требование к типоразмеру;
- требование к диапазону регулирования;
- требование к удобству регулирования.

С точки зрения гидравлического режима работы систем интересным представляется именно формирование требований к типоразмеру и диапазону регулирования арматуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Номенклатурный ряд регуляторов соответствует номенклатурному ряду применяемых диаметров труб в системах отопления. В процессе выбора регулятора его условный диаметр DN может не совпадать с диаметром трубного участка, на котором он будет установлен, хотя на практике часто этим пренебрегают, что с одной стороны приводит к шумообразованию, с другой стороны к низкому качеству регулирования. Стоит отметить, что при выборе арматуры необходимо учитывать какой расход жидкости, может проходить через нее и какое изменение давления потока может происходить в нем.

Для начала определим максимальный расход теплоносителя, который может проходить через регулируемую арматуру с точки зрения шумообразования. Согласно Приложению И СП 60.13330.2020 регламентируется максимальная скорость воды в узле, в зависимости от его КМС (коэффициент местного сопротивления) и допустимого эквивалентного уровня шума, дБа. Допустимый эквивалентный уровень шума регламентируется СП 51.13330.2011 «Защита от шума», соответственно на основе сопоставления Приложения СП 60.13330.2020 и Таблицы 1 СП 51.13330.2011 можно оценить верхний предел скорости теплоносителя, а значит и его объёмного расхода. Результаты сопоставления для некоторых типов помещений сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Сопоставление СП 60.13330.2020 и СП 51.13330.2011

| Назначение помещений | Время суток, ч | Допустимый эквивалентный уровень шума, дБа | Допустимая скорость в трубе, м/с в зависимости от суммы КМС | | | | |
|--|----------------|--|---|---------|---------|---------|---------|
| | | | До 5 | До 10 | До 15 | До 20 | До 30 |
| Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для | - | 60 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,3/1,2 |

| измерительных и аналитических работ | | | | | | | |
|---|------------|----|---------|---------|----------|----------|-----------|
| Палаты больниц и санаториев, операционные больницы | 7.00-23.00 | 35 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,1 | 1,2/0,95 | 1,0/0,8 |
| | 23.00-7.00 | 25 | 1,5/1,5 | 1,1/0,7 | 0,9/0,55 | 0,75/0,5 | 0,6/0,4 |
| Жилые комнаты квартир | 7.00-23.00 | 40 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,3/1,2 |
| | 23.00-7.00 | 30 | 1,5/1,5 | 1,5/1,2 | 1,2/1,0 | 1,0/0,8 | 0,85/0,65 |
| Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций | - | 50 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,5/1,5 | 1,3/1,2 |

Примечание: в числителе приведены данные о скорости потока с применением в узлах системы шаровых кранов, в знаменателе при использовании запорной и запорно-регулирующей арматуры

Соответственно, данные скорости указаны не внутри арматуры, а в подводящих трубах к арматуре соответствующего калибра. Таким образом, например, при применении стальных водогазопроводных труб ГОСТ 3262, можно вычислить максимальный объемный расход потока жидкости по условиям недопущения превышения допустимого уровня шума для запорной и регулирующей арматуры. Объемный расход будет определен согласно аналитической форме уравнения неразрывности:

$$Q_{\text{макс}} = 3600 \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} v_{\text{макс}}^{\text{шум}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}, \quad (1)$$

где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр подводящей трубы, м; $v_{\text{макс}}^{\text{шум}}$ – максимальная допустимая скорость воды в подводящей трубе, согласно таблице 1, м/с.

Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Табл. 2. Допустимый объемный расход в подводящих трубах узлов с установленной регулирующей арматурой

| Назначение помещений | Время суток, ч | Условный диаметр трубы Ду, мм | Допустимый объемный расход в трубе, м ³ /ч в зависимости от суммы КМС | | | | |
|--|----------------|-------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | | | До 5 | До 10 | До 15 | До 20 | До 30 |
| Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ | - | 10 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,57 |
| | | 15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,90 |
| | | 20 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,61 |
| | | 25 | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 2,64 |
| | | 32 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 4,57 |
| | | 40 | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 5,16 |
| | | 50 | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 9,89 |
| | | 65 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 16,19 |
| Палаты больниц и санаториев, | 7.00-23.00 | 10 | 0,72 | 0,72 | 0,53 | 0,45 | 0,38 |
| | | 15 | 1,13 | 1,13 | 0,83 | 0,71 | 0,60 |

| | | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| операционные больниц | | 20 | 2,01 | 2,01 | 1,48 | 1,28 | 1,07 | |
| | | 25 | 3,30 | 3,30 | 2,42 | 2,09 | 1,76 | |
| | | 32 | 5,71 | 5,71 | 4,19 | 3,62 | 3,05 | |
| | | 40 | 6,45 | 6,45 | 4,73 | 4,08 | 3,44 | |
| | | 50 | 12,36 | 12,36 | 9,06 | 7,83 | 6,59 | |
| | | 65 | 20,24 | 20,24 | 14,84 | 12,82 | 10,79 | |
| | | 80 | 28,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 15,02 | |
| | | 23.00-7.00 | 10 | 0,72 | 0,33 | 0,26 | 0,24 | 0,19 |
| | 15 | 1,13 | 0,53 | 0,41 | 0,38 | 0,30 | | |
| | 20 | 2,01 | 0,94 | 0,74 | 0,67 | 0,54 | | |
| | 25 | 3,30 | 1,54 | 1,21 | 1,10 | 0,88 | | |
| | 32 | 5,71 | 2,66 | 2,09 | 1,90 | 1,52 | | |
| | 40 | 6,45 | 3,01 | 2,36 | 2,15 | 1,72 | | |
| | 50 | 12,36 | 5,77 | 4,53 | 4,12 | 3,30 | | |
| | 65 | 20,24 | 9,45 | 7,42 | 6,75 | 5,40 | | |
| | 80 | 28,16 | 13,14 | 10,32 | 9,39 | 7,51 | | |
| | Жилые комнаты квартир | 7.00-23.00 | 10 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,57 |
| | | | 15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,90 |
| 20 | | | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,61 | |
| 25 | | | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 2,64 | |
| 32 | | | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 4,57 | |
| 40 | | | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 5,16 | |
| 50 | | | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 9,89 | |
| 65 | | | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 16,19 | |
| 80 | | | 28,16 | 28,16 | 28,16 | 28,16 | 22,53 | |
| 23.00-7.00 | | 10 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | |
| | | 15 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | |
| | | 20 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | |
| | | 25 | 3,3 | 2,6 | 2,2 | 1,8 | 1,4 | |
| | | 32 | 5,7 | 4,6 | 3,8 | 3,0 | 2,5 | |
| | | 40 | 6,4 | 5,2 | 4,3 | 3,4 | 2,8 | |
| | | 50 | 12,4 | 9,9 | 8,2 | 6,6 | 5,4 | |
| | | 65 | 20,2 | 16,2 | 13,5 | 10,8 | 8,8 | |
| | | 80 | 28,2 | 22,5 | 18,8 | 15,0 | 12,2 | |
| Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций | - | 10 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,57 | |
| | | 15 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 1,13 | 0,90 | |
| | | 20 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 2,01 | 1,61 | |
| | | 25 | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 2,64 | |
| | | 32 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 5,71 | 4,57 | |
| | | 40 | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 6,45 | 5,16 | |
| | | 50 | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 12,36 | 9,89 | |
| | | 65 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 16,19 | |
| | | 80 | 28,16 | 28,16 | 28,16 | 28,16 | 22,53 | |

В ряде случаев, бывают варианты, когда диаметр подводящей трубы больше, и непосредственно у арматуры делают переход на меньший условный проход, но что

касается запорной и регулирующей арматуры контура системы отопления, как правило, они совпадают.

Для запорно-регулирующей арматуры КМС будет зависеть от степени закрытия регулятора, и от значения пропускной способности, а при значительном закрытии может возникать избыточный шум.

Коэффициент КМС регулирующих клапанов достаточно велик, и в большей части положений настройки находится выше значения 30. Согласно, формуле (2) могут быть вычислены значения КМС клапанов при некоторых характерных положениях настройки.

$$\zeta = \frac{\pi^2 d_{\text{вн}}^4}{8\rho K_v^2} \cdot 3600^2 \cdot 10^5, \quad (2)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³; K_v – пропускная способность арматуры, м³/(ч·бар)^{0,5}.

Большой разброс типов клапанов у производителей, не позволяет провести анализ по данной формуле, однако, можно утверждать, что большая часть зоны регулирования приходится на значения КМС выше 30, а значит, приложение И недостаточно полно отражает скоростные характеристики для узлов с применением регулирующих клапанов. Для диапазона КМС до 30, при каждом положении клапана можно ориентировочно определить максимальный расход теплоносителя в подводящих трубах, по аналогии с расчетом для запорной арматуры. Однако, в отличие от шаровых кранов, регулирующая арматура в большинстве случаев устанавливается в технических помещениях, а значит скорость в подводящих трубах может достигать и до 1,5 м/с. Тогда максимальный объемный расход для арматуры следовало бы принять, при расходе, указанном в таблице 3.

Табл. 3. Допустимый объемный расход в подводящих трубах узлов с установленной регулирующей арматурой

| Условный диаметр Ду, мм | 10 | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Допустимый объемный расход, м ³ /ч | 0,72 | 1,13 | 2,01 | 3,30 | 5,71 | 6,45 | 12,63 | 20,24 | 28,16 |

Однако, принимать данный расход для всех положений настройки клапана не только нерационально, но и фактически невозможно. Например, для клапана Danfoss LENO MVT DN32 при положении настройки 0,8 пропускная способность будет равна 1,43 м³/(ч·бар)^{0,5}, и при расходе 5,71 м³/ч потеря давления составит 199 825 Па, или почти 20 м.вод. ст, что вероятнее можно было бы достичь в лабораторных условиях, но на практике применяться не должно, в силу высоких скоростей, огромной потери давления, шумообразования и даже вероятного образования зон кавитации.

Для решения этой задачи, также примем очередное допущение исходящие из практики проектирования систем отопления, что общие потери давления в системе отопления, как правило, не превышают 15 м.вод.ст, и половина из них приходится на авторитетный регулирующий клапан [40]. При ограничении допустимой потери давления на клапане до 7,5 м.вод.ст, или примерно 75 кПа, можно определить максимальный расход воды для разных положений регуляторов по формуле (3), но при этом не более учтенных ранее 5,71 м³/ч:

$$Q = K_v \sqrt{\Delta p / 10^5}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

где K_v – пропускная способность клапана при определенном положении настройки, м³/(ч·бар)^{0,5}; Δp – потеря давления, принятая как 75 000 Па.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты расчета по формуле (4) для трех образцов балансировочных клапанов, с учетом ограничения объемного расхода до 5,71 м³/ч (согласно таблице 4), сведены в графики на рис. 1-3.

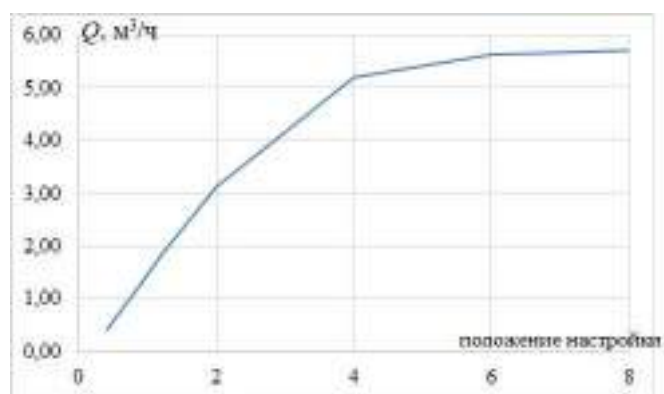


Рис. 1. Максимальный допустимый расход для клапана Oventrop Hусосon VTZ DN32 при различных положениях настройки

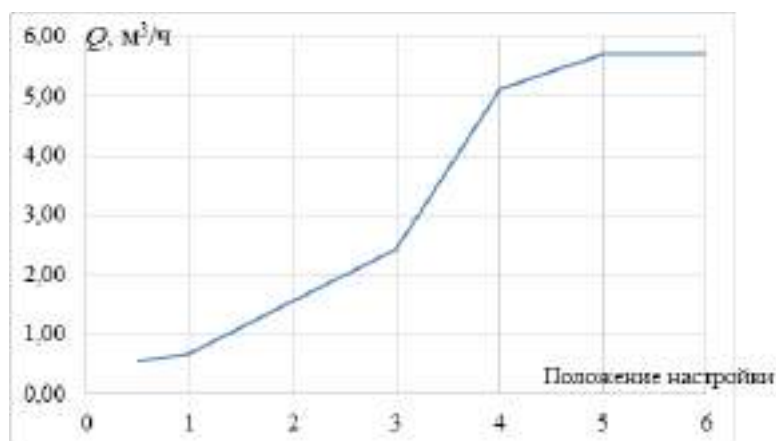


Рис. 2. Максимальный допустимый расход для клапана HERZ-Armaturen Штермакс-M DN32 при различных положениях настройки

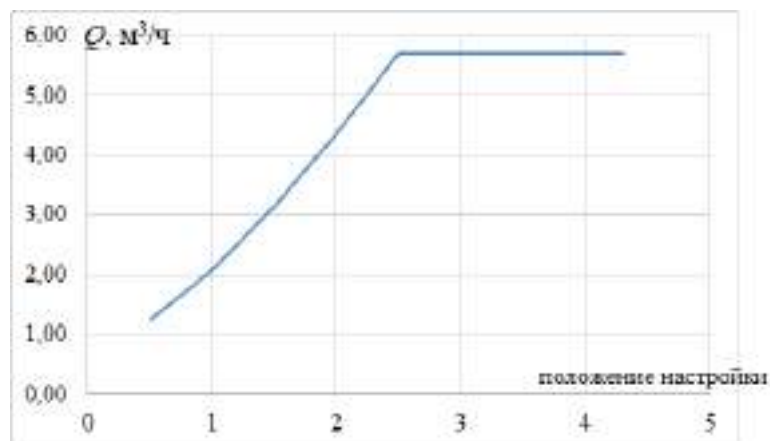


Рис. 3. Максимальный допустимый расход для клапана Danfoss LENO MVT DN32 при различных положениях настройки

Из графиков видно, что предложенный подход позволяет для каждого образца оценить диапазон (верхнюю границу) испытания образцов регулирующей арматуры системы отопления с точки зрения расхода и перепада давления.

ВЫВОДЫ

По результатам проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

1. Испытания по определению гидравлических характеристик регулирующей арматуры, применяемой в системах отопления, должны проходить в особом

условиях, отражающих особенности гидравлического режима работы современных систем.

2. Предложена методика по определению диапазона расхода и перепада давления при испытании образцов регулирующей арматуры системы отопления.

С учётом результатов исследования и сделанных выводов можно говорить о необходимости создания отдельного нормативного документа, регламентирующего методику определения гидравлических характеристик регулирующей арматуры, применяемой в системах водяного отопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lawrence T., Aghniaey S. Optimizing thermal comfort & energy costs // ASHRAE Journal. 2019. N 8. С. 66—68.
2. Modernizacja instalacji grzewczychi klimaty zacyjnych. Praktyczne rozwiazania energooszczedne // Poland: Engineering tomorrow. 2014. 44 с
3. Усиков С.М., Старикова Т.С. Оценка гидравлического регулирования контура поквартирной системы отопления [Текст] // Вестник БГТУ. 2021. № 3. С. 27—35.
4. Chen H., Riley J., Chen A., Williams L., HahN W., Henry R. Pressure sustaining valves // ASHRAE Journal. 2019. № 9. Pp. 24—32.
5. Росляков И. Опыт применения автоматических балансировочных клапанов АВ-QT в реконструируемых однетрубных системах отопления // Клуб комфорт. 2011. № 17. С. 20—23.
6. Dinu R.C., Popescu D. Solutions with differential pressure in heating with radiators // ASHRAE Journal. 2016. № 4. Pp. 137—142.
7. Пырков В.В. Особенности расчёта систем отопления и охлаждения с регулирующими клапанами / В.В. Пырков // Теоретические основы теплогаснабжения и вентиляции: материалы конференции. — М.: МГСУ, 2005. — С. 102—107.
8. Усиков С.М., Дютин В.В. Оценка необходимости установки автоматических регуляторов перепада давления на двухтрубных стояках системы водяного отопления с точки зрения возникновения шума // Известия КГАСУ. 2019. № 2 (48). С. 197—203.
9. Милейковский В.А. Исследование переменного тепло-гидравлического режима однетрубных вертикальных систем водяного отопления // Теоретические основы теплогаснабжения и вентиляции: материалы V конференции. М.: МГСУ, 2013. С. 133—139.
10. Kent W. Petrsen. Avoiding common chilled water distribution problems // ASHRAE Journal. 2015. № 7. С. 50—56.
11. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: изд. 2-е перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1975. — 560 с.
12. Сбродов Н.Б., О.Д. Павлов. Автоматизация испытания и определения гидравлических характеристик трубопроводной арматуры // Материалы конференции «Наука XXI века: Технологии, управление, безопасность». — К.: КГУ, 2017. С. 255—262.
13. Усманов Р.А., Давыдов А.П., Валиуллин М.А. Гидравлические характеристики приборных отопительных узлов с термостатическими клапанами // Вестник технологического университета. — Казань: КНИТУ, 2015. Том. 18. № 22. С. 63—65
14. Валиуллин М.А. Исследование гидравлических характеристик приборных узлов поквартирных систем отопления из PEX-труб [Текст] / М.А. Валиуллин, З.Х. Замалеев // Известия КГАСУ. — Казань: КГАСУ, 2014. № 4(30). С. 244—248.
15. Гилязов Д.Г., Валиуллин М.А. Исследование гидравлических характеристик приборных узлов из медных труб // Известия КГАСУ. — Казань: КГАСУ, 2011. № 1(15). С. 127—131.
16. Телепнева А.В., Дымочкин Д.Д. О расчёте гидравлических характеристик запорно-регулирующей арматуры // Молодой исследователь дон. — Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. № 2(17). С. 49—54.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ХЛАДАГЕНТА

Д. В. Абрамкина¹, А. О. Иванова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

²ivanova.angeli@yandex.ru

Аннотация

На строительство и эксплуатацию зданий в данный период времени приходится более трети мирового потребления электроэнергии [1]. Спрос на электроэнергию в строительстве не перестанет расти в ближайшем будущем, поэтому для улучшения экологической ситуации в мире нужно увеличить использование энергоэффективных систем и оборудования в строительной сфере [2]. Так, например, система кондиционирования воздуха – один из основных разделов, который потребляет большую часть энергии здания при эксплуатации. Но сейчас происходит рост спроса на охлаждение помещений. На это влияет высокая концентрация жилых помещений, находящихся в странах с жарким климатом, большая доля промышленного и коммерческого строительства.[3] Известны несколько вариантов оценки энергоэффективности систем кондиционирования. К ним относятся: холодильный коэффициент EER и показатели сезонной энергоэффективности, которые в последние годы получили повсеместное признание и используются для достаточно точной оценки энергопотребления систем кондиционирования.

Выбор оборудования для современных строящихся и реконструируемых объектов производится с использованием шкалы энергоэффективности, включающей в себя 7 классов (A, B, C, D, E, F, G)[4].

В ходе данного исследования были поставлены следующие научные задачи: провести сравнительный анализ коэффициентов энергоэффективности оборудования, применяемых в различных странах; выполнить расчетное обоснование выбора наружных и внутренних блоков системы кондиционирования воздуха с переменным расходом хладагента; выявить факторы, влияющие на величину холодильного коэффициента; разработать рекомендации по организации строительства и технологии строительных работ.

При подробном анализе научной литературы отечественных и зарубежных ученых [5-9] и выполненных расчетах, можно предположить, что наиболее высокую точность будут иметь сезонные коэффициенты эффективности, так как в основе их расчета лежит предположение о неравномерности работы внутренних блоков, что отражает реальную ситуацию при эксплуатации VRF-систем.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение использования энергоэффективных систем и оборудования в строительной сфере позволит улучшить экологическую ситуацию в мире в связи с большим спросом на электроэнергию в строительстве [2]. Широкое применение систем с переменным расходом хладагента в настоящее время позволяют проанализировать его эффективность и улучшить его характеристики в будущем. Целью исследования является повышение эффективности работы систем кондиционирования воздуха с переменным расходом хладагента путем сравнительного анализа коэффициентов энергоэффективности оборудования, расчетного обоснования выбора наружных и внутренних блоков системы кондиционирования, выявления факторов, влияющих на величину холодильного коэффициента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка энергоэффективности производилась исходя из существующих теоретических положений и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области проектирования систем кондиционирования воздуха с переменным расходом хладагента. Основными критериями для оценки являются расчетные показатели: EER (Energy Efficiency Ratio), COP (Coefficient of Performance), а также сезонные коэффициенты IEER (Integrated Efficiency Ratio), ESEER (European Season Energy Efficiency Ratio) и IPLV (Integrated Part Load Values). Расчеты коэффициентов энергоэффективности, отражающих эффективную работу кондиционера, позволяют определить к какому классу (табл.1) отнести выбранное оборудование.

Табл.1. Энергетическая классификация по сезонным показателям

| Energy Efficiency Class | SEER | SCOP |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A+++ | $SEER \geq 8.50$ | $SCOP \geq 5.10$ |
| A++ | $6.10 \leq SEER < 8.50$ | $4.60 \leq SCOP < 5.10$ |
| A+ | $5.60 \leq SEER < 6.10$ | $4.00 \leq SCOP < 4.60$ |
| A | $5.10 \leq SEER < 5.60$ | $3.40 \leq SCOP < 4.00$ |
| B | $4.60 \leq SEER < 5.10$ | $3.10 \leq SCOP < 3.40$ |
| C | $4.10 \leq SEER < 4.60$ | $2.80 \leq SCOP < 3.10$ |
| D | $3.60 \leq SEER < 4.10$ | $2.50 \leq SCOP < 2.80$ |
| E | $3.10 \leq SEER < 3.60$ | $2.20 \leq SCOP < 2.50$ |
| F | $2.60 \leq SEER < 3.10$ | $1.90 \leq SCOP < 2.20$ |
| G | $SEER < 2.60$ | $SCOP < 1.90$ |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчетные показатели EER и COP.

EER (Energy Efficiency Ratio) – отношение холодопроизводительности агрегата к энергии, потребляемой компрессором в единицу времени. Значение показывает эффективность при работе с максимальной нагрузкой.

COP (Coefficient of Performance) – показывает энергоэффективность работы кондиционера в режиме обогрева к потребляемой мощности компрессора. [10-14]

Так как коэффициенты EER/COP учитывают только потребляемую мощность компрессора, это не совсем точный уровень оценки энергоэффективности системы. Поэтому для более качественного анализа будем использовать в расчете сезонные коэффициенты SEER и SCOP – они дают более реалистичное представление об энергоэффективности и воздействии системы на окружающую среду. Сравнительный график индексов EER и COP представлен на рисунке 1.

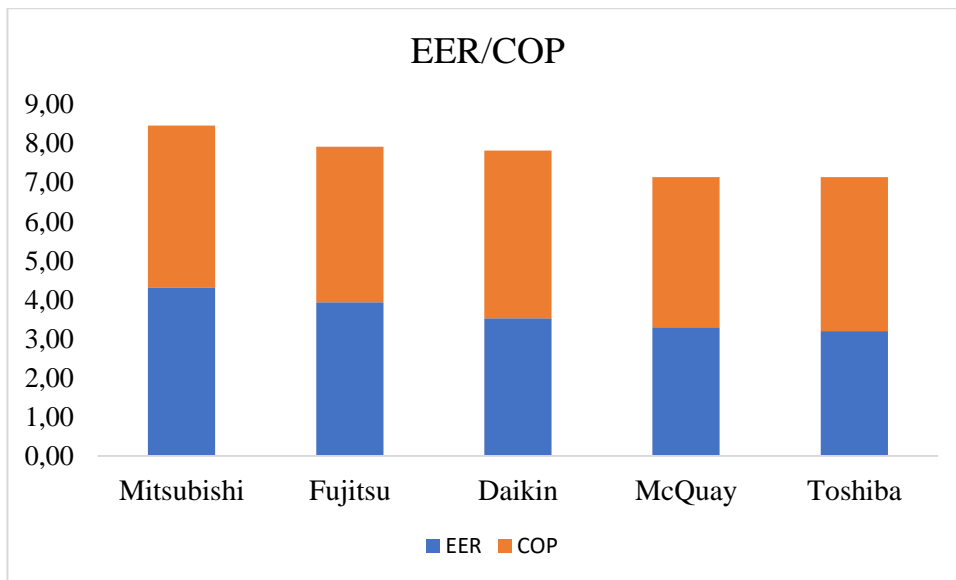


Рис. 1. График индексов EER и COP.

Расчетные показатели ESEER и IPLV

Обобщенный показатель с четырехступенчатым осреднением по формуле (1).

$$Index = W1 \cdot EER(A1\%, B1^\circ C) + W2 \cdot EER(A2\%, B2^\circ C) + W3 \cdot EER(A3\%, B3^\circ C) + W4 \cdot EER(A4\%, B4^\circ C) \quad (1)$$

IEER (Integrated Energy Efficiency Ratio) – значение показывает реальную эффективность, полученную от используемого оборудования. Данный коэффициент вычисляется при различных нагрузках (температуре наружного воздуха от 18,3 до 35 °C), то есть с использованием показателя длительности периода с нагрузкой. Стоит заметить, что длительность работы оборудования при полной нагрузке составляет всего 2%. Вычисляем этот коэффициент по формуле 1, параметры для расчета приведены в таблице 2.

ESEER (European Season Energy Efficiency Ratio) – европейский сезонный показатель энергоэффективности, определяемый в соответствии с директивами Евросоюза согласно спецификации ЕЕССАС (Оценка энергетической эффективности и сертификации кондиционеров воздуха). В таблице 2 приведены параметры для ESEER.

IPLV (Integrated Part Load Values) – американский интегральный показатель энергоэффективности при частичной нагрузке. Этот показатель определяется в соответствии со стандартом Института кондиционирования воздуха, систем отопления и холодоснабжения AHRI (Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute) № 550/590-98. В основном этот коэффициент ориентирован на оценку энергоэффективности чиллеров, но также подходит для многозональных систем. Особенности применения данного индекса заключаются в том, что при проектировании систем в подборе оборудования закладывается 20-30% запас по холодопроизводительности, поэтому длительность периода работы оборудования составляет 1%, так как время работы системы с 75-100%-ной нагрузкой не так велико. Параметры приведены в таблице 2.

Табл. 2. Параметры для расчета показателя IEER/ESSEER/IPLV

| Нагрузка, % | Температура наружного воздуха, °C IEER/ESEER/IPLV | Длительность периода при данной нагрузке, % IEER/ESEER/IPLV |
|-------------|---|---|
| 100 | 35/35/35 | 2/3/1 |
| 75 | 27,5/30/26,7 | 61,7/33/42 |
| 50 | 20/25/18,3 | 23,8/41/45 |
| 25 | 18,3/20/12,8 | 12,5/23/12 |

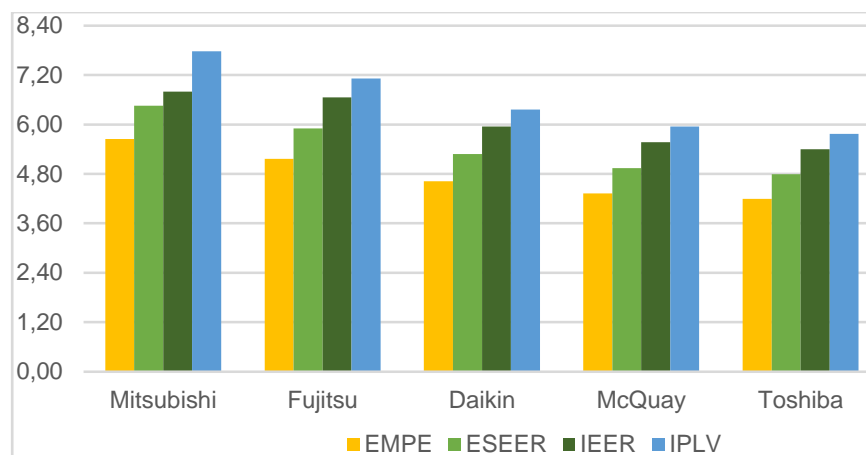


Рис. 2. Показатели сезонной эффективности для VRF.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения научного исследования были получены коэффициенты сезонной эффективности для системы с переменным расходом хладагента.

Наиболее реальную эффективность отображают сезонные коэффициенты эффективности, потому что их расчет отображает реальную работу VRF-системы. Реальная работа предполагает включение не всех внутренних блоков одновременно, следовательно система не всегда будет работать на полную мощность, на которую подобраны наружные и внутренние блоки.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что что холодильные коэффициенты и показатели сезонной эффективности у Mitsubishi выше, чем у других производителей [15-20].

Сравнение проходило по основным факторам, влияющим на эффективность работы VRF- систем: температуры наружного воздуха (температура по сухому термометру), суммарной мощности одновременно работающих блоков в определенный момент времени.

Повышение эффективности VRF систем является одной из первостепенных задач при проектировании [21]. Одним из перспективных направлений совершенствования работы многозональных систем кондиционирования воздуха является применение рекуперации теплоты. Действия такой системы основываются на предварительном охлаждении поступающего воздуха теплом, которое будет выводиться из помещения.

В основе другого направления лежит создание специальных условий работы поступающего наружного воздуха – это позволит переохладить воздух, чтобы высушить его, а затем повторно нагреть его перед подачей в помещение.

Третьим направлением является развитие систем управления, которые позволяют изменять температуру кипения в зависимости от температуры наружного воздуха. Возможным вариантом также является использование в системе компонентов хранения

охлажденной жидкости в качестве отдельного блока, пока система не работает на охлаждение помещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buildings Review // International Energy Agency [Электронный ресурс] URL: <https://www.iea.org/topics/buildings> (Дата обращения 20.05.2021)
2. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция)
3. С. В. Брух - Куда движется рынок VRF в России? Факты и прогнозы// СОК №11 | 2020 (стр. 46-48)
4. С. В. Брух - "VRF-системы кондиционирования воздуха. Особенности проектирования, монтажа, наладки, сервиса", 2017г.
5. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Стройиздат, 1985.
6. Кокорин О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха. — М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2003.
7. Кокорин О.Я. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха. — М.: ООО «ЛЭС», 2007.
8. Кокорин О. Я. Установки кондиционирования воздуха. Основы расчета и проектирования. М.: Машиностроение, 1978.
9. Изельт П., Арндт У. "Кондиционирование воздуха. Сплит- и VRF-мультисплит-системы", изд. "Техносфера", серия "Библиотека климатехника", 2011г.
10. С. В. Брух Выбор расчётной температуры внутреннего воздуха для многозональных систем кондиционирования// СОК №8 | 2018
11. С. В. Брух Комбинированные VRF-системы и безопасность пользователей// СОК №8 | 2005
12. С. В. Брух Адаптация VRF-систем для российских условий эксплуатации. Часть 1// СОК №3 | 2021 (стр. 56-58)
13. С. В. Брух Выбор расчётной температуры внутреннего воздуха для многозональных систем кондиционирования// СОК №8 | 2018
14. С. В. Брух Анализ VRF-систем. Система переохлаждения хладагента// СОК №6 | 2017
15. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами / Е.М. Белова. — М.: Евроклимат, 2003. - 400с.
16. Mitsubishi Electric. City Multi. Климатические данные, 2021.
17. Каталог центральных интеллектуальных систем кондиционирования Hi-VRV.
18. Мультизональные vrf-системы. Fujisu
19. Кондиционеры McQuay Каталог 2012
20. Каталог 2020 мультизональные VRF-системы. Toshiba
21. Е.Г. Малявина, А.А. Фролова Энергетическая и экономическая оценка систем свободного и машинного охлаждения для кондиционируемых помещений офисов// АВОК №2'2014

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ ПОИСКОВОЙ МЕТОДИКОЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЕЛИЧИНЕ ШАГА ИТЕРАЦИИ

А. К. Ключко

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
KlochkoAK@mgsu.ru

Аннотация

В материалах статьи рассматривается терминология, специфическая для поисковой методики (итерационно-поисковой методики). Указаны характерные особенности алгоритма работы данной математической конструкции. Приводится краткая историческая справка по эволюции методов поиска рациональных конфигураций распределительных сетей на примере газораспределительных сетей (метод с использованием точек Штейнера, применение алгоритма Прима, метода наименьших квадратов и метода взвешенных наименьших квадратов). Особое внимание уделено специфическим особенностям поиска геотермических характеристик газораспределительных сетей. Приводятся аналитические выкладки по техническому состоянию газораспределительных сетей в Российской Федерации на сегодняшний день, освещаются проблемные моменты, с решением которых ежедневно вынуждены сталкиваться профильные предприятия отрасли газораспределения при эксплуатации.

Материалы и методы исследования, приводимые в данной статье, позволяют сделать вывод о эффективности принятия различной величины шага итерации при проведении поиска оптимального решения при получении конфигураций сетей.

Для данной работы характерен междисциплинарный подход, рассматривающий проблематику газораспределения и сферы градостроительства, правовых регламентирующих документов, в совокупности позволяющих сделать выбор при принятии решения при конфигурировании газораспределительной сети в черте населённого пункта и вне его границ (как частный случай при проектировании межпоселковых газопроводов).

Результатами проведённых исследований в рамках данной работы являются выводы о величине необходимого шага итерации при работе алгоритма итерационно-поисковой методики. Полученные выводы рекомендуются к использованию при проектировании распределительных газораспределительных сетей из с использованием различных материалов труб, а также при проведении учебного процесса в качестве методических рекомендаций при подготовке будущих специалистов в области наружных инженерных сетей.

ВВЕДЕНИЕ

Холодный климат для практически всей территории нашей страны делает невозможным пренебрежение вопросами качественного решения по энергоснабжению абонентов. При этом усложняющими факторами при решении вопроса энергоснабжения являются: размеры территории и неравномерность её заселения. А позитивными факторами для успешного решения данного вопроса выступают:

- РФ обладает значительными запасами природного газа (метана);
- в государстве разветвленная и развитая сеть газопроводов.

Основная доля развития газораспределительных сетей пришлась на советское время. К текущему моменту изношенность сетей, распределяющих газ по абонентам, а также перенос промышленных производств за черту городской среды, частичная деурбанизация (рурализация, контрурбанизация) требует строительства новых, реконструкции и оптимизацией существующих газораспределительных сетей. Последствия COVID-19 приведут к увеличению охвата газоснабжением загородной

территории. Также необходимо помнить о борьбе «обобщённого человечества» с глобальным потеплением, а в условиях данной борьбы отказ от сжигания твёрдого топлива (дрова, топливные брикеты, пеллеты, уголь), жидкого топлива (мазут, дизель) и переход на газовое топливо (преимущественно метан) способствует улучшению экологической ситуации. По совокупности факторов для Российской Федерации актуальным является вопрос увеличения доли газифицированных абонентов, что нашло отражение в энергетической стратегии развития РФ [1]. Надёжность газораспределительных сетей необходимо наращивать за счёт применения современного эффективного оборудования, материалов и детальной проработки схемы снабжения абонентов газом [2-12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В вопросах построения и оптимизации конфигураций распределительных сетей существует достаточное количество математических алгоритмов (метод с использованием точек Штейнера, применение алгоритма Прима, метода наименьших квадратов и метода взвешенных наименьших квадратов и так далее), дающих различные результаты по принятым целевым параметрам (стоимость строительства, стоимость эксплуатации, срок окупаемости, надёжность и т.д), а получаемые геометрические характеристики существенно отличаются.

С точки зрения проектирования именно газораспределительных сетей, удобным в применении является итерационно-поисковая методика, позволяющая стремиться к наилучшему значению целевого показателя с учётом всех накладываемых на систему технических ограничений [13-16]. Поиску интересующего нас решения способствует последовательное «пилообразное» движение посредством характерных для этого метода специализированных «Ц»-«F»-«I» процедур (схематично отображено на рисунке 1), где:

- процедура «Ц» способствует максимально быстрому смещению точки поиска из зоны недопустимых решений в зону допустимых решений;
- процедура «F» служит для перемещения точки положения поиска внутри зоны допустимых решений.
- процедура с обозначением «I» отдаляет точку поиска от зоны допустимых решений в зону недопустимых решений. Отметим, что отдаление от зоны допустимых решений возможно, как глубже в зону допустимых решений, так и не допустимых.



Рис 1. Поиска оптимального решения посредством «Ц»-«F»-«I» процедур.

Надежность газораспределительных систем численно возможно определить, используя параметр «показатель надёжности газораспределительной сети» по формуле (1):

$$R_s(t) = 1 - \left(1 - \frac{1}{e^{\sum \omega_i t}} \right) \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i \Delta Q_j)}{\sum \omega \cdot Q_0} \quad (1)$$

где: ω_i – параметр потока отказов для элемента сети, 1/год;
 t – расчетный период времени для определения показателя надежности системы, год;
 ΔQ_j – недополученные объемы газа потребителями, м³/ч;
 Q_0 – общий расход газа в сети, м³/ч.

Если требуется предоставить значение показателя надёжности газораспределительной сети в %, то значение, полученное по формуле 1, необходимо умножить на 100%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве показательного примера рассмотрим схему газоснабжения абонентов на рисунке 2. На рисунке показаны:

- абоненты газораспределительной сети («1» и «2»);
- точки их присоединения к сети (точки «1» и «2») – фиксированные точки;
- точка присоединения к магистральному газопроводу («3») – фиксированная точка;
- точка разветвления газораспределительной сети («4») – варьируемая точка;
- пунктирной линией обозначим конфигурацию газораспределительной сети, соответствующую начальному положению поиска оптимального решения;
- толстой линией чёрного цвета изобразим конфигурацию газораспределительной сети, соответствующую максимальному значению показателя надёжности, рассчитанного по уравнению 1 при шаге итерации 0,1 метра;
- номера участков газораспределительной сети («а», «б», «в»).

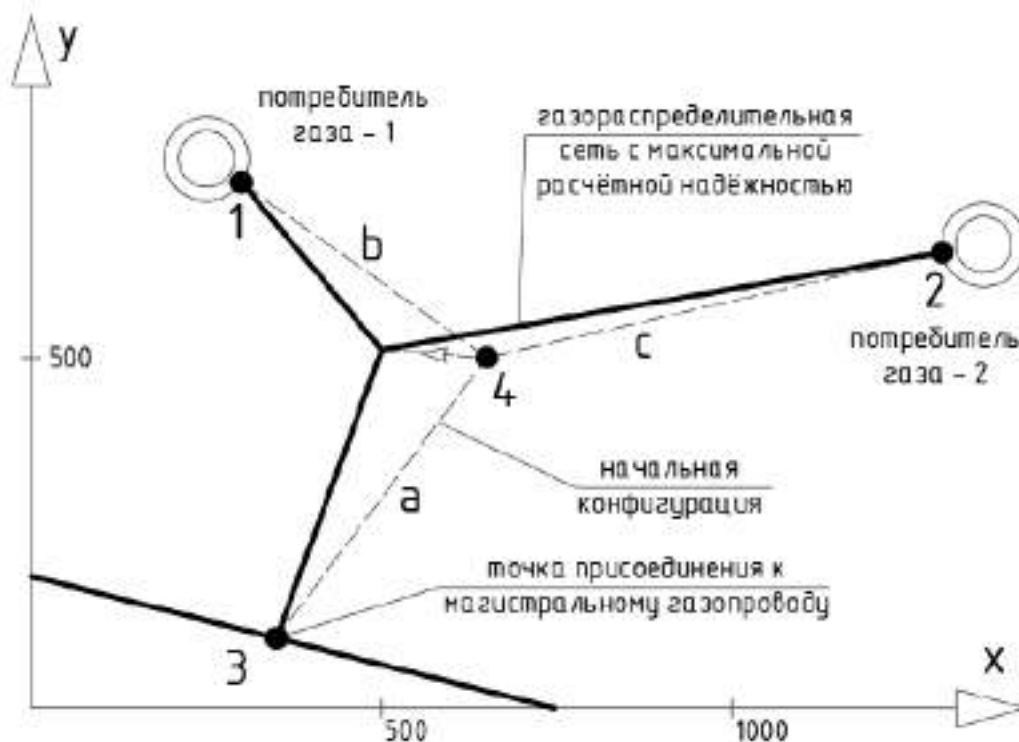


Рис 2. Поиска оптимального решения посредством «Ц»-«F»-«I» процедур.

В качестве исходных данных принимаем следующие значения:

- координаты точек в принятой системе координат 1(300;750); 2(1300;650); 3(350;100); 4(650;500);
- удельный параметр потока отказов для газопроводов равен 0,0005 1/(км*год);
- отключающие секционированные задвижки отсутствуют, и как следствие, в случае выхода из строя любого газопровода, система не получает весь объём газа ($\Delta Q_j/Q_0=1$);
- расчётный срок для определения показателя надёжности составляет 10 лет.

Для стартового значения определим значение показателя надёжности по формуле 1 в тексте данной статьи. Он равен $R_{\text{сист}} = 99,205\%$ при расчётном сроке 10 лет.

Используя механизмы итерационно-поисковой методики зададимся шагом смещения точки «4» равным 0,1 метра найдём конфигурацию газораспределительной сети где положение точки «4» обеспечивает максимальную расчётную надёжность (конфигурация сети показана на рисунке 2). В этом случае $R_{\text{сист}} = 99,222\%$. Такой результат возможно получить перемещением точки «4» на 150,17 метра в координаты (500,2; 510,5). При этом итерационно-поисковой методике потребовалось произвести 1603 итерации (по 4 расчёта в каждой итерации).

Далее рассмотрим вопрос выбора рационального шага итерации и стратегии его динамического изменения с целью сокращения количества итераций при достижении требуемого результата. Необходимо обратить внимание, что важна не столько величина изменения целевого параметра, сколько динамика изменения и потребность отыскать именно точку оптимального решения в рамках принятой схемы (рационального решения).

Составим обобщённую таблицу (табл.1), содержащую информацию с:

- количеством итераций для поиска рационального решения при принятом шаге итерации;
- координатами точки «4»;
- расстояния до точки оптимума $l_{\text{опт}}$, м;
- расстояния от стартовой точки поиска $l_{\text{старт}}$, м;
- максимальный показатель надёжности газораспределительной сети в % при принятом шаге итераций;
- разница значений между максимальным значением показателя надёжности при принятом шаге итераций и при шаге итераций равном 0,1 метра, безразмерная величина;
- разница значений между максимальным значением показателя надёжности при принятом шаге итераций и показателем надёжности при стартовом положении сети, безразмерная величина.

Табл. 1. Обобщённая таблица поиска рационального решения при принятом шаге итераций

| шаг | количество итераций | x | y | $l_{\text{опт}}$, м | $l_{\text{от старта}}$, м | $R_{\text{сист}}$, % | $\Delta R_{\text{сист}}$, б/р | $\Delta R_{\text{сист}}$ - от базы, б/р |
|--------|---------------------|-------|-------|----------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| «база» | - | 650 | 500 | 150,17 | - | 99,204580602708000 | -1,7886E-02 | 0,00 |
| 0,1 | 1603 | 500,2 | 510,5 | - | 150,17 | 99,222466203320300 | 0,0000E+00 | 0,02 |
| 0,2 | 801 | 500,2 | 510,4 | 0,10 | 150,16 | 99,222466198245100 | -5,0752E-09 | 0,02 |
| 0,3 | 534 | 500,3 | 510,5 | 0,10 | 150,07 | 99,222466201587800 | -1,7325E-09 | 0,02 |
| 0,4 | 400 | 500,4 | 510,4 | 0,22 | 149,96 | 99,222466181479800 | -2,1840E-08 | 0,02 |
| 0,5 | 321 | 500 | 510,5 | 0,20 | 150,37 | 99,222466148139700 | -5,5181E-08 | 0,02 |
| 0,6 | 268 | 500 | 510,8 | 0,36 | 150,39 | 99,222466099302800 | -1,0402E-07 | 0,02 |
| 0,7 | 229 | 500,2 | 510,5 | 0,00 | 150,17 | 99,222466203320300 | 0,0000E+00 | 0,02 |
| 0,8 | 200 | 500,4 | 510,4 | 0,22 | 149,96 | 99,222466181479800 | -2,1840E-08 | 0,02 |
| 0,9 | 178 | 500,6 | 510,8 | 0,50 | 149,79 | 99,222465974054200 | -2,2927E-07 | 0,02 |
| 1 | 161 | 500 | 511 | 0,54 | 150,40 | 99,222465997695000 | -2,0563E-07 | 0,02 |
| 1,5 | 108 | 500 | 510,5 | 0,20 | 150,37 | 99,222466148139700 | -5,5181E-08 | 0,02 |

| шаг | количество итераций | x | y | $I_{\text{опт}}, \text{M}$ | $I_{\text{ог старта}}, \text{M}$ | $R_{\text{сисст.}}, \%$ | $\Delta R_{\text{сисст.}}, \text{б/р}$ | $\Delta R_{\text{сисст.}} - \text{от базы}, \text{б/р}$ |
|-------|---------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2 | 83 | 500 | 510 | 0,54 | 150,33 | 99,222465953624100 | -2,4970E-07 | 0,02 |
| 2,5 | 64 | 500 | 510 | 0,54 | 150,33 | 99,222465953624100 | -2,4970E-07 | 0,02 |
| 3 | 54 | 500 | 512 | 1,51 | 150,48 | 99,222464659748900 | -1,5436E-06 | 0,02 |
| 3,5 | 46 | 499,5 | 510,5 | 0,70 | 150,87 | 99,222465667712100 | -5,3561E-07 | 0,02 |
| 4 | 40 | 502 | 512 | 2,34 | 148,49 | 99,222460760063700 | -5,4433E-06 | 0,02 |
| 4,5 | 35 | 501,5 | 509 | 1,98 | 148,77 | 99,222463734525900 | -2,4688E-06 | 0,02 |
| 5 | 32 | 500 | 510 | 0,54 | 150,33 | 99,222465953624100 | -2,4970E-07 | 0,02 |
| 5,5 | 29 | 501,5 | 511 | 1,39 | 148,91 | 99,222464274683800 | -1,9286E-06 | 0,02 |
| 6 | 27 | 500 | 512 | 1,51 | 150,48 | 99,222464659748900 | -1,5436E-06 | 0,02 |
| 6,5 | 25 | 500,5 | 513 | 2,52 | 150,06 | 99,222461529233300 | -4,6741E-06 | 0,02 |
| 7 | 22 | 503 | 507 | 4,48 | 147,17 | 99,22245337710800 | -1,2826E-05 | 0,02 |
| 7,5 | 21 | 500 | 507,5 | 3,01 | 150,19 | 99,222459825463000 | -6,3779E-06 | 0,02 |
| 8 | 20 | 498 | 508 | 3,33 | 152,21 | 99,222455321586400 | -1,0882E-05 | 0,02 |
| 8,5 | 19 | 497 | 508,5 | 3,77 | 153,24 | 99,222451178074600 | -1,5025E-05 | 0,02 |
| 9 | 18 | 497 | 509 | 3,53 | 153,26 | 99,222452867447600 | -1,3336E-05 | 0,02 |
| 9,5 | 17 | 498 | 509,5 | 2,42 | 152,30 | 99,222459921945900 | -6,2814E-06 | 0,02 |
| 10 | 16 | 500 | 510 | 0,54 | 150,33 | 99,222465953624100 | -2,4970E-07 | 0,02 |
| 11 | 15 | 496 | 511 | 4,23 | 154,39 | 99,222449015016500 | -1,7188E-05 | 0,02 |
| 12 | 13 | 506 | 512 | 5,99 | 144,50 | 99,222429793130400 | -3,6410E-05 | 0,02 |
| 13 | 13 | 494 | 513 | 6,69 | 156,54 | 99,222428507683700 | -3,7696E-05 | 0,02 |
| 14 | 12 | 496 | 514 | 5,47 | 154,64 | 99,222444770456000 | -2,1433E-05 | 0,02 |
| 15 | 11 | 500 | 515 | 4,50 | 150,75 | 99,222452309798200 | -1,3894E-05 | 0,02 |
| 16 | 10 | 506 | 516 | 7,99 | 144,89 | 99,222402837425200 | -6,3366E-05 | 0,02 |
| 17 | 10 | 497 | 517 | 7,24 | 153,94 | 99,222433308774400 | -3,2895E-05 | 0,02 |
| 18 | 9 | 506 | 518 | 9,48 | 145,12 | 99,222380788190100 | -8,5415E-05 | 0,02 |
| 19 | 9 | 498 | 519 | 8,78 | 153,18 | 99,222417060151200 | -4,9143E-05 | 0,02 |
| 20 | 7 | 510 | 500 | 14,36 | 140,00 | 99,222327562009900 | -1,3864E-04 | 0,02 |
| 25 | 7 | 500 | 500 | 10,50 | 150,00 | 99,222390434105600 | -7,5769E-05 | 0,02 |
| 30 | 5 | 500 | 500 | 10,50 | 150,00 | 99,222390434105600 | -7,5769E-05 | 0,02 |
| 35 | 4 | 510 | 500 | 14,36 | 140,00 | 99,222327562009900 | -1,3864E-04 | 0,02 |
| 40 | 4 | 490 | 500 | 14,64 | 160,00 | 99,222254918493400 | -2,1128E-04 | 0,02 |
| 45 | 3 | 515 | 500 | 18,15 | 135,00 | 99,222224195373700 | -2,4201E-04 | 0,02 |
| 50 | 3 | 500 | 500 | 10,50 | 150,00 | 99,222390434105600 | -7,5769E-05 | 0,02 |
| 60 | 2 | 530 | 500 | 31,60 | 120,00 | 99,221637876615900 | -8,2833E-04 | 0,02 |
| 70 | 2 | 510 | 500 | 14,36 | 140,00 | 99,222327562009900 | -1,3864E-04 | 0,02 |
| 80 | 2 | 490 | 500 | 14,64 | 160,00 | 99,222254918493400 | -2,1128E-04 | 0,02 |
| 90 | 2 | 470 | 500 | 31,97 | 180,00 | 99,221356306072400 | -1,1099E-03 | 0,02 |
| 100 | 1 | 550 | 500 | 50,89 | 100,00 | 99,220246021209100 | -2,2202E-03 | 0,02 |
| 150 | 1 | 500 | 500 | 10,50 | 150,00 | 99,222390434105600 | -7,5769E-05 | 0,02 |
| 200 | 1 | 450 | 500 | 51,29 | 200,00 | 99,219565338299600 | -2,9009E-03 | 0,01 |
| 250 | 1 | 650 | 500 | 150,17 | 0,00 | 99,210738401913900 | -1,1728E-02 | 0,01 |
| 272,3 | 1 | 377,7 | 500 | 122,95 | 272,30 | 99,204594029832900 | -1,7872E-02 | 0,00 |
| 272,4 | 0 | 377,6 | 500 | 123,05 | 272,40 | 99,204563204450800 | -1,7903E-02 | 0,00 |
| 300 | 0 | 350 | 500 | 150,57 | 300,00 | 99,194898354889900 | -2,7568E-02 | -0,01 |

Как видно из данных таблицы 1, поиск оптимального решения конфигурации газораспределительной сети для условий данной задачи достаточно трудоёмкая и вычислительно затратная операция. 1603 итерации при шаге итерации 0,1 м в рамках задачи в которой варьировались только координаты точки «4», а само оптимальное решение находилось от исходного в 150,17 метрах – это значительное количество.

При увеличении шага промежуточных итераций скорость решения возрастает, а точность решения наоборот – снижается. Следует обратить внимание, что существует такой шаг промежуточных итераций при котором процесс оптимизации вообще не может происходить. Так при шаге итераций более 272,4 метра поиск оптимального решения не производится.

Но если варьировать шаг итераций, то прийти к требуемому решению можно значительно быстрее и при этом можно обеспечить большую точность решения. Так если в условиях нашей задачи принять шаги итераций в соответствии с таблицей 2, то за 21 шаг можно достичь более точного и качественного решения, чем при 1603 итерациях при постоянном шаге в 0,1 м.

Табл. 2. Таблица поиска рационального решения при переменном шаге итераций

| № | Шаг итерации | X, м | Y, м | R _{снст} , % |
|----|--------------|---------|---------|-----------------------|
| 0 | 100 | 650 | 500 | 99,2045806027080 |
| 1 | 50 | 550 | 500 | 99,2202460212091 |
| 2 | 10 | 500 | 500 | 99,2223904341056 |
| 3 | 5 | 500 | 510 | 99,2224659536241 |
| 4 | 1 | 500 | 515 | 99,2224523097982 |
| 5 | 1 | 500 | 514 | 99,2224578202461 |
| 6 | 1 | 500 | 513 | 99,2224619354071 |
| 7 | 1 | 500 | 512 | 99,2224646597489 |
| 8 | 0,5 | 500 | 511 | 99,2224659976950 |
| 9 | 0,1 | 500 | 510,5 | 99,2224661481397 |
| 10 | 0,1 | 500,1 | 510,5 | 99,2224661855069 |
| 11 | 0,01 | 500,2 | 510,5 | 99,2224662033203 |
| 12 | 0,01 | 500,21 | 510,5 | 99,2224662040265 |
| 13 | 0,01 | 500,22 | 510,5 | 99,2224662045372 |
| 14 | 0,01 | 500,23 | 510,5 | 99,2224662048525 |
| 15 | 0,01 | 500,23 | 510,49 | 99,2224662050600 |
| 16 | 0,01 | 500,24 | 510,49 | 99,2224662052110 |
| 17 | 0,005 | 500,24 | 510,48 | 99,2224662053116 |
| 18 | 0,005 | 500,245 | 510,48 | 99,2224662053295 |
| 19 | 0,001 | 500,245 | 510,475 | 99,2224662053358 |
| 20 | 0,001 | 500,245 | 510,476 | 99,2224662053373 |
| 21 | 0,001 | 500,245 | 510,477 | 99,2224662053374 |

ВЫВОДЫ

Различные математические алгоритмы оптимизации конфигураций распределительных сетей в итоге их работы генерируют различные конфигурации сетей, часто не позволяя выбирать целевую функцию их работы. Алгоритм поисковой оптимизации позволяет выбирать целевую функцию для оптимизации газораспределительной сети при этом контролируя выполнение всех ограничительных условий, накладываемых на сеть. Для уменьшения требуемых вычислительных мощностей рекомендуется вводить переменный уменьшающийся шаг выполнения промежуточных итераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года
2. СП 62.13330.2011* Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 (с Изменениями N 1, 2, 3)
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1)
4. СП 345.1325800.2017 Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты (с Изменением N 1)
5. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 (с Изменением N 1)
6. СП 402.1325800.2018 Здания жилые. Правила проектирования систем газопотребления
7. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
8. Жила В.А. Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция". М.:АСВ, 2014. 368 с.
9. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Надежность газораспределительных систем. / Издательский дом "Наука образования". НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ. 2017. № 20. С. 38-44.
10. Жила В.А., Гусарова Е.А., Гулюкин Д.М. Способы повышения надёжности систем газораспределения в городском строительстве. / Общество с ограниченной ответственностью Журнал Инновации и инвестиции. ИННОВАЦИИ И ИНВЕСТИЦИИ. 2017. № 20. С. 139-142.
11. Лактунькин А.В. Выбор степени кольцевания газораспределительной сети высокого давления для среднего населенного пункта: ВКР М., 2018 с 21.
12. Жила В.А., Маркевич Ю.Г. Газоснабжение города: задание и методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 270109 ТГВ. – М.: МГСУ, 2011. 47 с.
13. Klochko A., Zhila V. Determination of high-pressure pipeline cyclization degree with exploratory technique . // MATEC Web Conf. VI International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE-2018) 2018. Volume 251. No. 7336. p. 91-94. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825103030K.Ф>. Лях Хоспис: социальный институт постиндустриального общества // Вестник мурманского государственного технического университета Том 9 № 4, 2006 Стр.562-568
14. Ключко А.К. Ограничительные условия при оптимизации конфигурации газораспределительной сети поисковой методикой. // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования [Электронный ресурс] : сборник докладов Первой Национальной конференции (г. Москва, 30 сентября 2020 г.), ISBN 978-5-7264-2822-2
15. Ключко А.К. Разработка концепции рационального проектирования газораспределительных сетей методом итерационного поиска: дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2012. 173 с.
16. Ключко А.К. Разработка концепции рационального проектирования газораспределительных сетей методом итерационного поиска: автореферат дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2012. 22 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ключко Алексей Константинович - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Теплогазоснабжения и вентиляции», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, KlochkoAK@mgsu.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ ОСВЕТИТЕЛЕЙ СО СЛОЕМ ВЗВЕШЕННОГО ОСАДКА В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ МУТНОСТИ ИСХОДНОЙ ВОДЫ

У. С. Рудич¹, Ж. М. Говорова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*u.rudich@mail.ru*

²*GovorovaZhM@mgsu.ru*

Аннотация

На основании экспериментальных данных и многолетних наблюдений были сделаны выводы о неудовлетворительной работе действующих очистных сооружений г. Вологды, несоответствии качества очищенной воды требуемым нормативам, а также зафиксировано образование побочных токсичных продуктов в результате обработки воды. Целью исследования является проведение сравнительного анализа работы станции водоподготовки для выявления факторов, влияющих на процессы очистки вод с малой мутностью, высокой цветностью, наличием загрязнений природного и антропогенного характера. Рассмотрена динамика изменения показателей качества речной воды, эффективность работы сооружений за последние годы, уровни содержания хлороформа в питьевой воде. Результаты исследования могут быть использованы для разработки методов повышения эффективности водопроводных очистных сооружений, включающих в свой состав осветлители со слоем взвешенного осадка.

ВВЕДЕНИЕ

Физико-химический состав природных поверхностных вод, используемых для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения весьма разнообразен. Наиболее сложными с точки зрения очистки воды до требуемых нормативов [1] являются маломутные воды, добываемые на территории РФ, и содержащие агрегативно устойчивую коллоидную взвесь и высокомолекулярные гумусовые вещества, обуславливающие повышенную цветность воды. Последние представляют собой гуминовые и фульвокислоты в виде щелочных и щелочноземельных металлов, которые вымываются из окружающих почв, поступают из торфяных болот или образуются в водоисточнике при развитии растительности [2].

В настоящее время для очистки маломутных цветных вод применяются химические и биологические методы, реализуемые на сооружениях в составе одно- и двухступенчатых технологических схем. Рекомендуемая область некоторых из них по входным параметрам регламентирована СП [3].

Наиболее часто используются технологические схемы: предварительное хлорирование/озонирование воды с последующим осветлением и обесцвечиванием в контактных осветлителях или в горизонтальных отстойниках, в том числе оборудованных тонкослойными модулями и скорых фильтрах [4]; предварительное хлорирование с последующим двухступенчатым фильтрованием на фильтрах с загрузкой из кварцевого песка (I ступень) и сорбента АС (II ступень) [5]; обработка воды на медленных фильтрах с песчаной или угольной загрузкой [6] - при цветности исходной воды 50-60 град. ПКШ и др.

В практике водоподготовки особенно в Северо-Западном регионе РФ, нередки случаи, когда в составе водопроводных очистных сооружений, осуществляющих забор и очистку воды из маломутных водоисточников с высокой цветностью, запроектированы и эксплуатируются осветлители со слоем взвешенного осадка коридорного типа (далее по тексту - осветлители). Необходимо отметить, что рациональная область применения осветлителей – это прежде всего очистка природных вод средней мутности и мутных с относительно высокими в течение длительного периода температурами не ниже 10 °С и

щелочностью более 3 мг-экв/л. В то же время, недостаточно обоснованное внедрение сооружений приводит к их неустойчивой работе и неудовлетворительному протеканию процесса коагуляции, высокому содержанию остаточного алюминия в воде после осветлителей и выносу хлопьев гидроокиси на фильтры. Кроме того, при хлорировании цветной воды с повышенной перманганатной окисляемостью могут образовываться токсичные побочные продукты [7]. Таким образом, анализ работы действующих сооружений в наиболее неблагоприятные периоды года и выявление причин их удовлетворительной работы является актуальным и позволит определить пути повышения эффективности работы осветлителей, а также обеспечить надежность и барьерную роль водопроводных сооружений в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является речная маломутная вода поверхностного водоисточника с низким щелочным резервом и повышенной антропогенной нагрузкой.

Предмет исследования - действующие очистные сооружения водопровода (ОСВ) г. Вологды, очистка на которых осуществляется по блокам. Основными сооружениями первого блока являются горизонтальные отстойники и скорые фильтры, третьего блока – осветлители, оборудованные рециркуляторами и скорые фильтры (рис. 1). Обеззараживание воды осуществляется хлором.

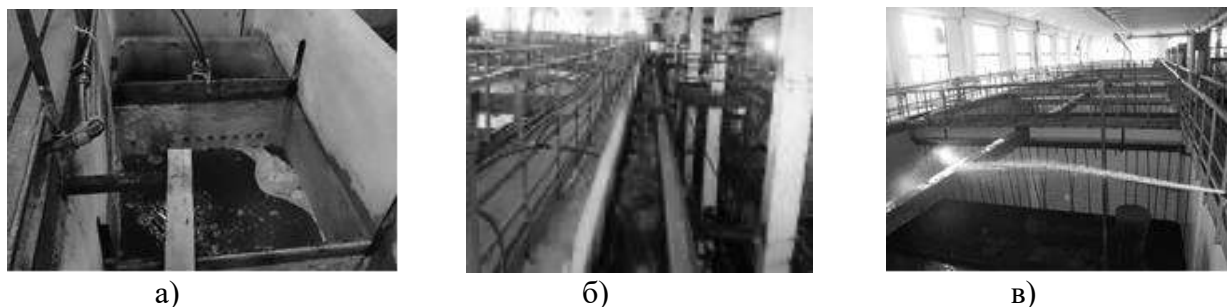


Рис. 1. Сооружения третьего блока ОСВ: а) смеситель; б) осветлители; в) фильтры

Проектная производительность третьего блока составляла 70000 м³/сут (пуск в эксплуатацию – 1994 г.), а фактическая - 20...40% от проектной. Снижение его производительности связано с заниженным при проектировании почти в 1,2-1,6 раза объемом осветлителей.

Анализ качества воды по контролируемым показателям производился по стандартным методикам силами аккредитованной лаборатории ОСВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ многолетних данных показал, что вода поверхностного водоисточника характеризуется высокой цветностью, малой мутностью, повышенным содержанием загрязнений природного и антропогенного происхождения, присутствием железа в виде комплексных соединений с гуминовыми веществами в концентрациях до 2,94 мг/дм³ и марганца в концентрациях до 0,54 мг/дм³. Перманганатная окисляемость достигает до 28,9 мг/дм³, ХПК - до 83 мг/дм³. Периодически в воде обнаруживаются фенолы (до 0,003 мг/дм³), формальдегид и нефтепродукты (до 0,095 мг/дм³). Вода характеризуется высокой бактериальной загрязненностью, ее хлорпоглощаемость составляет от 0,1 до 8,6 мг/дм³.

В работах [8, 9] показано, что при хлорировании воды, содержащей природные и антропогенные примеси высока вероятность образования канцерогенных хлорорганических соединений. На рис. 1 показана динамика изменения показателей качества воды р. Вологда и содержание хлороформа в очищенной питьевой воде на насосной станции второго подъема. Содержание хлороформа в питьевой воде коррелирует

с перманганатной окисляемостью, рН, органолептическими показателями - мутностью и цветностью, а также содержанием ионов аммония.

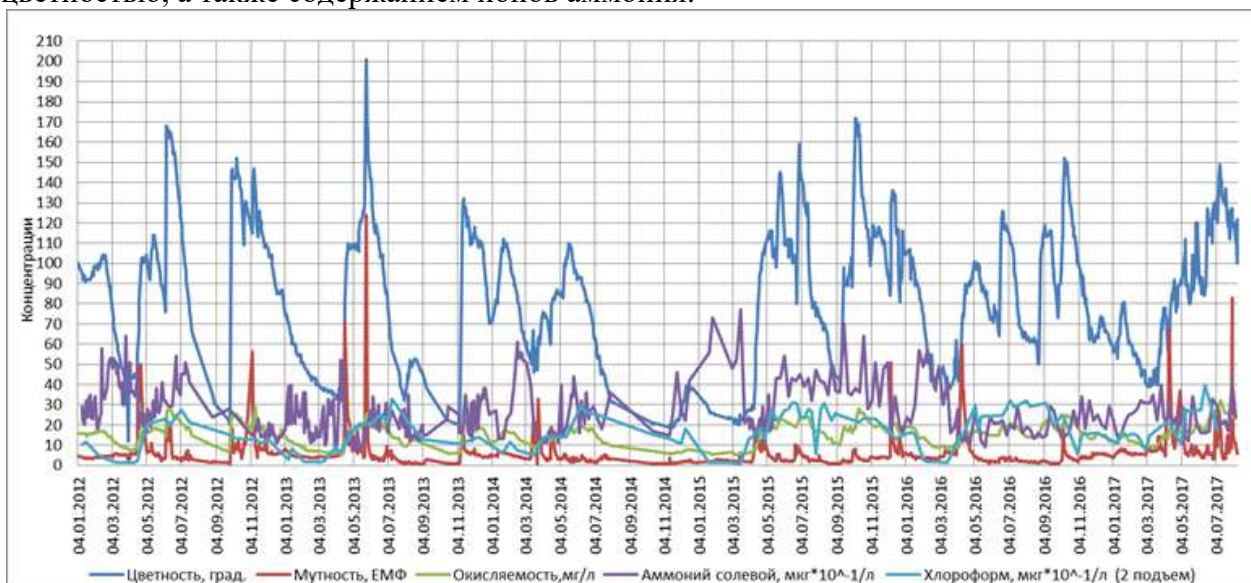


Рис. 1. Динамика изменения показателей качества речной воды и содержание хлороформа в питьевой воде

Нами было установлено, что при обработке воды в период с низкой бактериальной загрязненностью, цветностью до 66 градусов, окисляемостью до 12 мг/л после предварительного хлорирования дозой 2,76 мг/увеличивается концентрация хлороформа в очищаемой воде и дальнейшая реагентная обработка воды (коагулянт – сульфат алюминия, флокулянт - полиакриламид) по схеме осветлитель - скорый фильтр не позволяет обеспечить нормативное значение хлороформа в питьевой воде. Для предотвращения образования хлороформа было предложено усилить технологию за счет применения предварительной аммонизации воды с использованием сульфата аммония [9].

Наблюдение за работой осветлителей в течение года показало, что в период весеннего снеготаяния, весенних и осенних паводков, при минимальной мутности 5-8 мг/л, низкой температуре воды не более + 3°C и щелочности процесс коагуляции протекает неудовлетворительно, возрастает нагрузка на фильтры по мутности и остаточному алюминию, сокращается межрегенерационный период фильтров.

В табл.1 приведены сравнительные данные по эффективности работы осветлителей ОСВ во время весеннего паводка.

Табл. 1. Показатели качества воды после осветлителей ОСВ

| Показатель | Март-апрель 2004 г. | Апрель-май 2011 г. |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Мутность, мг/л (ЕМФ) | 2,28-11,2 | (0,46-19,9) |
| Цветность, мг/л | 11,7-16,1 | 12,6-18,3 |
| Перманганатная окисляемость, мг/л | 1,8-3,5 | 3,22-10,52 |
| Щелочность, мг-экв/л | 3,04-7,7 | 21,82-5,63 |
| Алюминий, мг/л | 0,53-2,49 | 0,59-3,05 |

Речная вода характеризовалась небольшой мутностью до 16,78 ЕМФ, высокой цветностью на уровне 109 град.ПКШ и перманганатной окисляемостью от 17,74 до 18,36

мг/л, низкой щелочностью - 0,85-1,04 мг-экв/л и температурой воды (3-5°С). Из таблицы видно, что минимальная концентрация остаточного алюминия в воде (2011 г.), поступающей из осветлителей на фильтры составляет 0,59 мг/л, а максимальные значения фиксируются на уровне 3,05 мг/л. Мутность осветленной воды примерно в 30 % проб воды была выше 8 ЕМФ, что свидетельствует о повышенной нагрузке на фильтры и снижении их барьерной роли. Аналогичная картина наблюдалась по показателю мутность и в последние годы (рис. 2, 3).

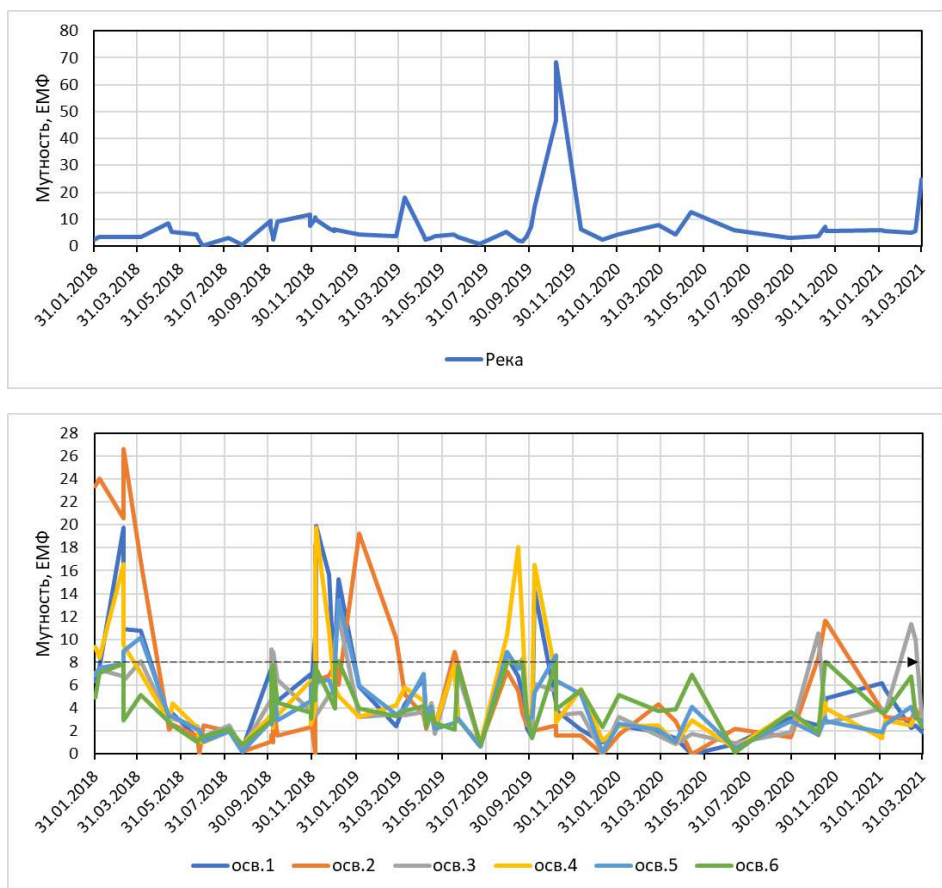


Рис. 2. Изменение мутности речной и очищенной воды после осветлителей в период с 2018 по 2021 гг.

Неэффективная работа осветлителей в течение семнадцати лет объясняется тем, что в указанных условиях резко снижается гидравлическая крупность взвеси в контактной среде и ее плотность. Процесс коагуляции протекает вяло, что связано с малой мутностью обрабатываемой воды и отсутствием центров конденсации для продуктов гидролиза коагулянта, а также условий для возникновения зародышей твердой фазы в объеме малоцентрированного слоя взвешенного осадка [10, 11]. В таких слоях наблюдается и снижение флокулирующего действия полиэлектролитов. При низкой температуре воды и ее высокой вязкости снижается кинетическая подвижность и частота соударений коллоидных частиц, образующихся в процессе гидролиза. В связи с этим их укрупнение замедляется, образуются легкие и обводненные хлопья с малой гидравлической крупностью. Эти факторы препятствуют образованию эффективного слоя взвешенного осадка, способствуют выносу непрокоагулировавшей полностью взвеси на сооружения второй ступени - фильтры и соответственно увеличению на них «грязевой» нагрузки. Использование рециркуляции осадка осветлителей в данном конкретном случае оказалось менее эффективным при скорости восходящего потока более 0,5 мм/с и не позволяло обеспечить мутность 6-8 мг/л на выходе из сооружений.

Таким образом вопрос о разработке методов, повышающих эффективность работы водопроводных станций и интенсифицирующих процессы очистки воды, требуют дополнительной проработки и проведения научных исследований. Для определения путей повышения эффективности существующих способов очистки маломутной цветной воды был выполнен патентно-информационный обзор с использованием базы ФИПС.

В настоящее время по тематике очистки маломутных цветных вод опубликовано 100 отечественных патентов. Небольшое количество зарубежных публикаций объясняется локальностью вопроса. Специфические показатели качества воды (малая мутность, высокая цветность, высокая загрязненность органическими примесями) характерны именно для Северо-Западного региона России, в котором основным источником водоснабжения являются реки.

Конструкции осветлителей, разработанных за рубежом (США, КНР, Германия), отличаются в основном тем, что в них имеются встроенные камеры хлопьеобразования с механическим перемешиванием реагента и осадка. В них отсутствуют осадкоуплотнители или их устраивают гравитационного типа с небольшой продолжительностью уплотнения осадка. В виду климатических особенностей и разнообразной микрофлоры водоисточников Российской Федерации, результаты исследований, сделанных за рубежом, не всегда могут быть применены на практике.

Из основных методов интенсификации работы осветлителей, встречающихся в отечественных информационных источниках в рассмотренных ранее условиях можно выделить [11-15]:

- применение различных коагулянтов,
- изменение ранее принятых режимов обработки,
- добавление в технологию водоподготовки дополнительных ступеней очистки, а также увеличение концентрации взвешенных веществ за счет введения в очищаемую воду грубодисперсной минеральной взвеси,
- удаление избыточной углекислоты в воздухоотделителях,
- устройство в зоне осветления рабочих камер осветлителя тонкослойных модулей и дополнительных камер хлопьеобразования.

Перспективным направлением интенсификации работы очистных сооружений водопровода с целью повышения надежности и обеспечения нормативного качества питьевой воды представляется реализация комплекса мероприятий по предотвращению образования хлорорганических соединений путем осуществления пре- и постаммонизации, установлению оптимального режима коагулирования воды и устройству в верхней части осветлителя плавающего фильтрующего слоя, состоящего из легких гранул полистирола, который позволит создать дополнительное гидравлическое сопротивление на пути движения воды от верхней границы сформировавшейся массы осадка во взвешенном слое до сборных систем для отвода очищенной воды, что будет способствовать большему концентрированию осадка в районе расположения перепускных окон и предотвращать вынос на фильтры.

ВЫВОДЫ

Очистка природных маломутных вод с повышенной цветностью является сложной задачей. Применение осветлителей в составе технологических схем очистки маломутных цветных вод не всегда позволяет обеспечить требуемую степень очистки воды. На примере действующих ОСВ было показано, что в периоды паводков при низкой мутности и температуре воды наблюдается неустойчивая работа осветлителей, процессы коагуляции протекают неудовлетворительно, содержанию остаточного алюминия в воде после осветлителей возрастает и происходит вынос хлопьев гидроокиси на фильтры. Кроме того, предварительное хлорирование воды приводит к образованию хлороформа, который не задерживается на сооружениях, а поступает в питьевую воду. На основании

произведенного патентного поиска, были определены пути повышения эффективности работы осветлителей в составе ОСВ для очистки цветных вод с малой мутностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий". Режим доступа: <https://tk-expert.ru/uploads/files/ntd/ntd-862-20210725-164340.pdf> Дата обращения: 01.11.21.
2. Руденко Г.Г., Гороновский И.Т. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях. – Киев: Будівельник, 1976 – 208 с.
3. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1-5). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200093820>. Дата обращения: 01.11.21.
4. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. В 3-х томах. Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод. - изд. 3-е, перераб. и доп.: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 552 с.
5. Ивкин П. А., Латышев Н. С. Совершенствование технологии очистки высокоцветных и маломутных вод // Водоснабжение и сан. техника. 2010. - № 7. – С.38-47.
6. Корейкина А. В., Селиванов А. С. К вопросу о возможности использования биотехнологий для снижения цветности природных вод из поверхностных источников в условиях Северо-Запада России // Водоочистка, водоснабжение, водоподготовка. 2008. – № 12. – С. 40–46.
7. Алексеева Л.П. Снижение концентрации хлорорганических соединений, образующихся в процессе подготовки питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. - № 9. - С. 27-34.
8. Лебедева Е.А., Говорова Ж.М., Родина А.О., Говоров О.Б. Влияние качества природной воды на динамику формирования тригалогенметанов в процессе водоподготовки // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2018. - № 11. - С. 18-21.
9. Рудич У.С., Говорова Ж.М. Проблема образования побочных продуктов при подготовке цветных маломутных вод. В сб.: материалов семинара молодых учёных XXIV Международной научной конференции. Изд-во МИСИ-МГСУ, 2021. С. 166-172.
10. Кургаев Е.Ф. Осветлители воды. - Москва Стройиздат 1977. - 192 с.
11. Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л., Сколубович А.Ю. Очистка маломутных высокоцветных природных вод в реакторе-осветлителе // Изв. вузов. Строительство. - 2008. - № 6. - С. 126 -129.
12. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. / Науч. изд. - М., 2005, 576 с.
13. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наукова думка, 1983.
14. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения. – М.: Госиздат литературы по архитектуре, строительству и строительным материалам, 1962. – 819 с.
15. Вольфтруб Л. И., Корабельников В. М., Гудошникова А. Е. Опыт модернизации отстойников и осветлителей на станциях водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. - № 5. – С. 47-50.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В КОНЦЕПЦИИ ПАССИВНОГО ЗДАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ AUTODESK 3DS MAX

О. А. Король¹, А. А. Петров²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹KorolOA@mgsu.ru

²alex08_96@mail.ru

Аннотация

Основным вопросом исследования является проблема возможности и целесообразности 3D моделирования, и применения приточно-вытяжных систем рекуперации тепла и влаги при проектировании пассивного здания, с использованием 2-х ступенчатой схемы подогрева воздуха в климатических и географических условиях для города Калининграда. Ведь, используя, данную механическую вентиляцию и схему подогрева воздуха в пассивном здании возможно снизить годовые расходы энергии в 3-4 раза. Более высокие капитальные затраты пассивного здания компенсируются снижением эксплуатационных затрат за счет существенного сокращения энергопотребления.

ВВЕДЕНИЕ

В практике эксплуатации зданий значительные расходы связаны с техническим обслуживанием инженерных систем. К ним относятся: транспортирование от источника производства к потребителю; многокомпонентное оборудование, входящее в устройство систем теплоснабжения; сверхрасчетные неконтролируемые потери тепла. Это обуславливает необходимость совершенствования технологий строительства и эксплуатации инженерных систем зданий.

Альтернативным источником производства тепловой энергии в системе теплоснабжения зданий является механическая приточно-вытяжная вентиляция. Использование такого подхода соответствует принципу создания пассивных зданий. Его эффективность обоснована расчетом.

При расчете затрат на отопление и кондиционирование воздуха, в качестве граничных условий приняты требования не превышения установленного максимума [1-5].



Рис. 3. 3D модель системы воздуховодов приточно-вытяжной вентиляции

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одной из важнейших задач социальной значимости повышения энергоэффективности зданий является снижение расходов населения на оплату коммунальных услуг. Синергетический эффект по сокращению энергозатрат при эксплуатации зданий можно достичь за счет применения совокупности технических решений, охватывающих как архитектурные решения, так и строительно-технологические, в том числе, относящиеся у совершенствованию инженерных систем. Такие решения закладываются на стадии разработки концепции, технико-экономического обоснования проекта и реализуются в дальнейшем при проектировании с применением инновационных разработок [5-10]. К числу наиболее перспективных и них можно отнести:

- вентиляцию жилых помещений с помощью механической приточно-вытяжной вентиляции с побудителями движения приточного и вытяжного воздуха, при этом обязательно использование теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного наружного воздуха (установка утилизации поможет сократить расход тепла на отопление и вентиляцию пассивного здания до 61,3% в одну ступень);

- теплоизолированное энергосберегающее тройное остекление с двумя низкоэмиссионными покрытиями и заполнением инертным газом. В таком стеклопакете два низкоэмиссионных покрытия и две камеры, заполненные инертным газом и. Коэффициент теплопередачи: $k = 0,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$;

- увеличения толщины утеплителя сверх минимальных санитарных норм в 4-5 раз.

Для сравнительного анализа в качестве показателя энергоэффективности объекта используется удельный расход тепловой энергии на квадратный метр ($\text{кВт} \cdot \text{ч/м}^2$) в течение года или в отопительный период используется. В пассивном здании показатель не превышает $15 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$ [11].

Установка приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла и влаги помогает достичь комфортного микроклимата. Эта система увлажняет воздух до санитарной нормы, который необходим в городских условиях.

Проведенное исследование позволяет выявить преимущества применения систем рекуперации тепла и влаги при проектировании пассивного здания (на примере климатических и географических условий города Калининграда).

Для расчета тепловых потерь используется значение коэффициента теплопередачи (обратное приведенное сопротивление теплопередаче). Для расчета количества тепла ($\text{кВт} \cdot \text{ч}$), проходящего через 1 м^2 внешней стены, значение K умножается на количество суток со среднесуточной температурой воздуха $\leq 10^\circ\text{C}$ и на среднюю разницу температур в течение времени нагрева. Следовательно, получаем суммарные потери тепловой энергии через 1 м^2 наружной стены со значением коэффициента теплопередачи, равным $K = \frac{1}{2,8} = 0,357 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$:

Рассчитаем средние тепловые потери за отопительный период на 1 м^2 в $\text{кВт} \cdot \text{ч}$:

$$Q = \frac{K \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}) \cdot Z_{\text{оп}} \cdot 24}{1000} = \frac{0,357 \cdot (22 - 2,1) \cdot 213 \cdot 24}{1000} = 36 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$$

Где:

- $t_{\text{в}}$ - внутренняя температура воздуха в помещении, взятая по санитарным нормам, равная 22°C ;

- $t_{\text{оп}}$ - средняя температура наружного воздуха во время отопительного периода ($t_{\text{оп}} = 2,1^\circ\text{C}$);

- $Z_{\text{оп}}$ - продолжительность периода в сутках со среднесуточной температурой воздуха $\leq 10^\circ\text{C}$ ($Z_{\text{оп}} = 213 \text{ сут.}$);

- 24 - количество часов в сутках;

- 1000 - коэффициент преобразования теплопередачи (от Вт до кВт).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В расчетных климатических условиях поступающий в помещение наружный воздух в холодный период для Калининграда имеет температуру притока, ($t_{\text{пн}} = -19 \text{ }^\circ\text{C}$) равную температуре наружного воздуха.

Оптимальные параметры удаляемого вытяжного воздуха:

Температура - $t_{y1} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$; влажность - $\varphi_{y1} = 39 \%$; влагосодержание - $d_{y1} = 7 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$; энтальпия - $I_{y1} = 41 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ [12].

Чтобы предотвратить замерзание конденсата, образуемого в процессе охлаждения и осушения вытяжного воздуха, принимаем рекомендованную температуру охлажденного вытяжного воздуха $t_{y2} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$. Вытяжной воздух является источником низкопотенциального тепла для испарителя теплового насоса, который, в свою очередь, является теплообменником для вытяжного воздуха и выполняет роль испарителя зимой и конденсатора летом.

Параметры необходимой теплотехнической эффективности воздухоохлаждающих теплообменников в режимах охлаждения и осушения воздуха по условно «сухому режиму охлаждения».

Табл. 1. Параметры требуемой теплотехнической эффективности

| Точки на диаграмме | | | $H_1=H_x$ | P_n | $U_{\text{сух}1}$ | $U_{\text{сух}2}$ | Y_1 | Y_2 | f |
|--------------------|------------|------------------|-----------|-------|-------------------|-------------------|-------|-------|------|
| Температура | t | $^\circ\text{C}$ | -19,0 | 20,0 | 29,6 | 5,0 | 23,0 | 4,0 | 2 |
| Влажность | φ | % | 85 | 2 | 17 | 80 | 39 | 88 | 100 |
| Влагосод-е | d | г/кг | 0,6 | 0,3 | 4,4 | 4,4 | 7 | 4,7 | 4,4 |
| Энтальпия | i (I) | кДж/ кг | -17,4 | 20,9 | 41 | 15,7 | 41 | 15,7 | 12,9 |

Порядок построения на i - d -диаграмме:

- Определить начальные параметры охлаждаемого воздуха: $t_{y1} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi_{y1} = 39 \%$;
 $d_{y1} = 7 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$; $I_{y1} = 41 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;
- Определить конечные параметры охлаждаемого воздуха: $t_{y2} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varphi_{y2} = 88 \%$;
 $d_{y2} = 4,7 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$; $I_{y2} = 15,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

Возможную относительную влажность φ_{y2} необходимо принимать в зависимости от начальной относительной влажности охлаждаемого воздуха ($\varphi_{y1} = 39\%$): при φ_{y1} до 40% принимаю $\varphi_{y2} = 88\%$.

● Необходимо соединить прямой линией т. Y_1 и Y_2 , продолжить прямую линию до пересечения с кривой $\varphi = 100\%$ и в пересечении получить т. f .

т. f – отвечает средней условной температуре на поверхности воздухоохлаждителя: $t_f = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (является температурой точки росы воздуха);

● Из т. f на вертикальной линии постоянного влагосодержания $d_f = 4,4 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$, следует найти точки пересечения с энтальпиями I_{y1} и I_{y2} с температурами $t_{y,\text{сух}1}$ и $t_{y,\text{сух}2}$.

Следовательно, по построению на I - d – диаграмме получили температуры условно сухого охлаждения $t_{y,\text{сух}1} = 29,6 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_{y,\text{сух}2} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для охлаждения используем антифриз с температурой замерзания не выше температуры наружного воздуха $t_{\text{нх}} = -19 \text{ }^\circ\text{C}$. Соответственно принимаем антифриз с $t_{\text{аф.зам.}} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Средняя теплоемкость при температуре замерзания $t_{\text{аф.зам.}} = -20^\circ\text{C}$ водного раствора этиленгликоля - $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ (основного антифриза теплоносителя) [13-16]:

$$c_{\text{аф}} = 3,51 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Начальную температуру антифриза следует принять не ниже $t_{\text{аф.1}} = -4^\circ\text{C}$ для надёжной работы установки и недопускания замерзания конденсата в потоке вытяжного воздуха: $t_{\text{аф.1}} = -3^\circ\text{C}$:

Теплотехническая эффективность теплообменника

Режим «сухого» охлаждения воздуха (при постоянном влагосодержании):

$$\theta_{t.y.cyx} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_{wx1}} = \frac{29,6 - 5}{29,6 + 3} \approx 0,75.$$

Где: $t_{wx1} = -3^\circ\text{C}$ - начальная температура охлаждающего источника.

Показатель теплотехнической эффективности теплоизвлекающего теплообменника в вытяжном агрегате при данной температуре антифриза необходим для реализации режима извлечения тепла.

Построением на графике для нахождения показателя теплотехнической эффективности в теплообменнике получаю следующие данные:

- При $\theta_{t.y.cyx} = 0,75$ и $W = 0,3$ (показатель числа теплоемкости потоков) требуемый показатель $N_t = 1,62$ (показатель числа единиц переноса явного тепла).

- При возрастании показателя N_t значительно снижается возрастание θ_t . Следовательно, для достаточного глубокого извлечения тепла из вытяжного воздуха принимаю рекомендуемое значение величины $N_t = 1,5$ при $W \approx 0,25$ показателе равном $\theta_t = 0,73$.

Требуемая температура антифриза

$$t_{\text{аф.1}} = t_{y.cyx.1} - \frac{t_{y.cyx.1} - t_{y.cyx.2}}{\theta_t} = 29,6 - \frac{29,6 - 5}{0,73} = -4^\circ\text{C}$$

Полученная температура антифриза отвечает допустимому значению.

Требуемая поверхность теплообменника

$$F_{\text{пн}} = \frac{N_t \cdot L \cdot \rho \cdot c_p}{k \cdot 3,6} = \frac{1,5 \cdot 540 \cdot 1,26 \cdot 1}{4600 \cdot 3,6} = 0,06 \text{ м}^2$$

- Где: ρ – массовая плотность воздуха ($\rho = 1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

- c_p – теплоемкость воздуха ($c_p = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$);

- L – расход воздуха через теплообменник ($L = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$);

- k – коэффициент теплопередачи в теплообменнике ($k = 4600 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

Требуемая производительность по воздуху приточного агрегата – минимально требуемый по саннормам приток для рассматриваемого двухэтажного индивидуального жилого здания:

$$L_{\text{пн}} = F_{\text{общ.}} \cdot 3 = 180 \text{ м}^2 \cdot 3 = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

- Согласно требованиям санитарных норм в обитаемое жилое помещение необходимо поступление приточного воздуха в удельном количестве $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 .

Где: $F_{\text{общ.}}$ – общая площадь для требуемого притока (1-2 этаж.)

⇒ Принимаю производительность: $L_y = L_{\text{пн}} = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, $\rho_y = 1,22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и

$$\rho_{\text{пн}} = 1,36 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Температура нагрева приточного наружного воздуха утилизируемым теплом

$$t_{H2} = t_{H1} + \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot (I_{y1} - I_{y2})}{L_{пн} \cdot \rho_{пн} \cdot c_p} = -19 + \frac{540 \cdot 1,22 \cdot (41 - 15,7)}{540 \cdot 1,36 \cdot 1} = +3,69 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Вычисляю требуемое количество тепла на нагрев приточного наружного воздуха $t_{H2} = +3,69 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $t_{пн} = t_{вх} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$q_{T,пн} = L_{пн} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \frac{(t_{вх} - t_{H2})}{3,6} = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \cdot 1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \cdot \frac{(20 - 3,69)}{3,6} = 3049,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Где: ρ – массовая плотность воздуха ($\rho = 1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$); C_p – теплоемкость воздуха ($C_p = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$);

Без применения установки утилизации для нагрева саннормы наружного воздуха потребуется количество тепла:

$$q_{T,пн} = L_{пн} \cdot \rho_{пн} \cdot c_p \cdot \frac{(t_{вх} - t_{H2})}{3,6} = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \cdot 1,36 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \cdot \frac{(20 + 19)}{3,6} = 7870,84 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Применение установки утилизации позволяет сократить расход тепла на отопление и вентиляцию семейного дома:

$$\frac{7870,84 \text{ Вт} \cdot \text{ч} - 3049,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч}}{7870,84 \text{ Вт} \cdot \text{ч}} \cdot 100 = 61,3\%$$

Для нахождения требуемой поверхности $F_{пн}$ теплоотдающего теплообменника в приточном агрегате при заданном показателе $W_{аф} = 0,25$ вычисляем требуемый расход циркулирующего антифриза:

$$G_{аф} = \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot C_p}{W_{аф} \cdot C_{аф}} = \frac{540 \cdot 1,22 \cdot 1}{0,25 \cdot 3,51} = 742,7 \text{ кг/ч}.$$

Требуемый перепад температур антифриза для извлечения из вытяжного воздуха расчетного количества теплоты:

$$\Delta t_{аф} = \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot (I_{y1} - I_{y2})}{G_{аф} \cdot C_{аф}} = \frac{540 \cdot 1,22 \cdot (41 - 15,7)}{742,7 \cdot 3,51} = 6,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Вычислим температуру нагретого антифриза, извлеченного из вытяжного воздуха:

$$t_{аф2} = t_{аф1} + \Delta t_{аф} = -4 + 6,3 = +2,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Требуемая эффективность теплоотдающего теплообменника в приточном агрегате:

$$\theta_{t,наг} = \frac{t_{H2} - t_{H1}}{t_{вр1} - t_{H1}} = \frac{3,69 + 19}{2,3 + 19} \approx 1,065.$$

Где: начальная температура нагревающего источника $t_{вр1} = 2,3 \text{ } ^\circ\text{C}$.

▪ При $\theta_{t,сух} = 0,75$ и $W = 0,3$ (показатель числа теплоемкости потоков) требуемый показатель $N_t = 1,32$ (показатель числа единиц переноса явного тепла).

Требуемая температура антифриза

$$t_{аф.1} = t_{y,сух.1} - \frac{t_{y,сух.1} - t_{y,сух.2}}{\theta_t} = 29,6 - \frac{29,6 - 5}{0,75} \approx -3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Полученная температура антифриза отвечает допустимому значению.

Требуемая поверхность теплообменника

$$F_{пн} = \frac{N_t \cdot L \cdot \rho \cdot c_p}{k \cdot 3,6} = \frac{1,32 \cdot 540 \cdot 1,26 \cdot 1}{4600 \cdot 3,6} \approx 0,05 \text{ м}^2$$

▪ Где: ρ – массовая плотность воздуха ($\rho = 1,26 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

— C_p – теплоемкость воздуха ($C_p = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$);

— L – расход воздуха через теплообменник ($L = 540 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$);

— k – коэффициент теплопередачи в теплообменнике ($k = 4600 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

Температура нагрева приточного наружного воздуха утилизируемым теплом

$$t_{H2} = t_{H1} + \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot (I_{y1} - I_{y2})}{L_{пн} \cdot \rho_{пн} \cdot c_p} = -19 + \frac{540 \cdot 1,22 \cdot (41 - 16,5)}{540 \cdot 1,36 \cdot 1} \approx +3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

где: $\rho_y = 1,22 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_{пн} = 1,36 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Вычисляем требуемое количество тепла на нагрев приточного наружного воздуха $t_{H2} = +3 \text{ } ^\circ\text{C}$ до $t_{пн} = t_{вх} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$q_{т.пн} = L_{пн} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \frac{(t_{вх} - t_{н2})}{3,6} = 540 \frac{м^3}{ч} \cdot 1,26 \frac{кг}{м^3} \cdot 1 \cdot \frac{(22 - 3)}{3,6} = 3665,34 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

где: ρ – массовая плотность воздуха ($\rho = 1,26 \frac{кг}{м^3}$); C_p – теплоемкость воздуха ($C_p = 1 \text{ кДж/кг} \cdot \text{°C}$);

Без применения установки утилизации для нагрева саннормы наружного воздуха потребуется количество тепла:

$$q_{т.пн} = L_{пн} \cdot \rho_{пн} \cdot c_p \cdot \frac{(t_{вх} - t_{н2})}{3,6} = 540 \frac{м^3}{ч} \cdot 1,36 \frac{кг}{м^3} \cdot 1 \cdot \frac{(22 + 19)}{3,6} = 8\,274,47 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

Применение установки утилизации тепла воздуха (рекуператора) позволяет сократить расход тепла:

$$\frac{8\,274,47 \text{ Вт} \cdot \text{ч} - 3\,665,34 \text{ Вт} \cdot \text{ч}}{8\,274,47 \text{ Вт} \cdot \text{ч}} \cdot 100 = 55\%$$

Для нахождения требуемой поверхности $F_{пн}$ теплоотдающего теплообменника в приточном агрегате при заданном показателе $W_{аф} = 0,3$ вычисляю требуемый расход циркулирующего антифриза:

$$G_{аф} = \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot C_p}{W_{аф} \cdot C_{аф}} = \frac{540 \cdot 1,22 \cdot 1}{0,3 \cdot 3,51} = 618,9 \text{ кг/ч}$$

Требуемый перепад антифриза для извлечения из вытяжного воздуха расчетного количества теплоты:

$$\Delta t_{аф} = \frac{L_y \cdot \rho_y \cdot (t_{y1} - t_{y2})}{G_{аф} \cdot C_{аф}} = \frac{540 \cdot 1,22 \cdot (41 - 16,5)}{618,9 \cdot 3,51} = 7,3 \text{ °C}$$

Вычисляю температуру нагретого антифриза извлеченной из вытяжного воздуха:

$$t_{аф2} = t_{аф1} + \Delta t_{аф} = -3 + 7,3 = +4,3 \text{ °C}$$

Требуемая эффективность теплоотдающего теплообменника в приточном агрегате:

$$\theta_{t.наг} = \frac{t_{н2} - t_{н1}}{t_{вр1} - t_{н1}} = \frac{3 + 19}{4,3 + 19} \approx 0,94$$

Где: начальная температура нагревающего источника $t_{вр1} = 4,3 \text{ °C}$.

Расчет теплопотерь здания

Тепловая мощность системы отопления, определяется для каждого помещения по формуле:

$$Q_{с.о.} = Q_{огр.} + Q_{инф.} - Q_{быт.}$$

где: $Q_{огр.}$ – теплопотери через ограждающие конструкции, Вт;

$Q_{инф.}$ – теплопотери на нагревание инфильтрирующего воздуха поступающего через окна, ворота, щели, Вт;

$Q_{быт.}$ – тепlopоступления от бытовых источников, Вт.

Номеруем помещения 3-х значным числом (первая цифра – этаж, третья – номер комнаты) с левого верхнего далее по часовой стрелке. Лестничная клетка обозначается буквами – ЛК.

Введём обозначения: НС – наружная стена; Ок – окно; Пт – потолок; Пл – пол; ДД – двойная дверь; УК-угловая комната; РК-рядовая комната.

Теплопотери через ограждающие конструкции, определяются по следующей формуле:

$$Q_{огр.} = F n k^{\phi} \cdot (t_e - t_n) \cdot (1 + \sum \beta)$$

где: F – площадь ограждения, $м^2$;

n – коэффициент учитывающий положение наружной ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху; k^{ϕ} – коэффициент теплопередачи ограждения (рассчитали для стен, пола, потолка, окна).

Для других ограждающих конструкций k^{ϕ} : для наружных дверей двойных $k^{\phi} = 2,3$. t_e – температура внутреннего воздуха, $°C$; t_n – температура наружного воздуха, $°C$; $\sum \beta$ – добавочные потери теплоты.

где: β_1 – добавочные потери теплоты по отношению к сторонам света: С, В, С-В, С-З = 10% – $\beta_1 = 0,1$; Ю, Ю-В = 5% – $\beta_1 = 0,05$; Ю, Ю-З = 0% – $\beta_1 = 0$

Затраты теплоты на нагревание инфильтрующего воздуха в помещениях в жилых и общественных зданиях при естественной вытяжной вентиляции, не компенсированного подогретым приточным воздухом, определяется по формуле:

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_в - t_n) \cdot k$$

где: L – объёмный расход удаляемого воздуха некомпенсированного подогретым приточным воздухом. $L = 3 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ для жилых помещений и кухонь; c – удельная теплоёмкость воздуха ($c = 1$); ρ – плотность воздуха в помещении, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяется по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_в} = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$$

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами.

Для жилых зданий учёт теплового потока, который поступает в комнаты и кухни в виде бытовых тепловыделений, производится в количестве 15 Вт на 1 м^2 площади пола для пассивного здания:

$$Q_{быт} = 15 \cdot F_n$$

где: F_n – площадь пола помещения, м^2 .

Табл. 2. Теплотери здания

| № помещ ения | t_n , °C | Характеристика ограждения | | | | | | t_n , °C | n | (t _v - t _n), °C | Q _{отп} , Вт | Добавки | | 1+ | Q _{ин} , Вт | Q _{быт} , Вт | Q _{оо} |
|-----------------|---------------|---------------------------|----------------|-----------|-----------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------|--|--------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| | | Наимено вание | Ориен тация | Размеры | | Пло щадь (A), м ² | K, Вт /м ² °C | | | | | На ориент ацию, β ₁ | Про чие, β ₂ , β ₃ , β ₄ | | | | |
| | | | | a, м | b, м | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 105 УК | 2 2 | нс1 | 3 | 5,4 55 | 2,7 | 12,47 | 0,3 6 | - 1 9 | 1 | 41 | 19 3 | 0,05 | 0 | 1, 05 | 39 4,6 | | 62 0,8 |
| | | нс2 | Ю | 2,5 | 2,7 | 4,5 | 0,3 6 | | 1 | 41 | 66 ,4 | 0 | 0 | 1 | | | |
| | | ок1 | 3 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 0,5 | | 1 | 41 | 48 ,4 | 0,05 | 0 | 1, 05 | | | |
| | | ок2 | Ю | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 0,5 | | 1 | 41 | 46 | 0 | 0 | 1 | | | |
| | | пл | | 2,5 | 5,4 55 | 13,64 | 0,2 3 | | 0, 6 | 24 ,6 | 77 | 0 | 0 | 1 | | | |
| 106 УК | 2 2 | нс1 | 3 | 5,7 55 | 2,7 | 13,3 | 0,3 6 | - 1 9 | 1 | 41 | 20 6 | 0,05 | 0 | 1, 05 | 41 6,3 | | 66 0 |
| | | нс2 | С | 2,5 | 2,7 | 4,5 | 0,3 6 | | 1 | 41 | 73 | 0,1 | 0 | 1, 1 | | | |
| | | ок1 | 3 | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 0,5 | | 1 | 41 | 48 ,4 | 0,05 | 0 | 1, 05 | | | |
| | | ок2 | С | 1,5 | 1,5 | 2,25 | 0,5 | | 1 | 41 | 50 ,7 | 0,1 | 0 | 1, 1 | | | |
| | | пл | | 5,7 55 | 2,5 | 14,39 | 0,2 3 | | 0, 6 | 24 ,6 | 81 ,4 | 0 | 0 | 1 | | | |

В итоге расчетные значения теплотерь составили $61,716 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, а в пассивном здании теплотери не превышают $15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ [11-13]. Их необходимо их уменьшить с помощью установки утилизации тепла (рекуператора).

Поскольку теплопотери здания с учетом применения рекуператора тепла в одну ступень составили $35,795 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, то необходимо их уменьшить с помощью дополнительной установки рекуператора тепла в две ступени (последовательная установка рекуператоров). Также необходимо увеличить толщину утеплителя стены, пола, потолка [17].

Теплопотери здания с учетом 2-х ступенчатой схемы подогрева воздуха в системе вентиляции и дополнительного утепления ограждающих конструкций составят $13,565 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, тогда показатель энергоэффективности не превысит $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, следовательно здание будет являться пассивным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение технологии 3D моделирования пассивного здания позволило произвести расчеты и оценить преимущества приточно-вытяжной вентиляционной системы в климатических и географических условиях города Калининграда. Использование данной 2-х ступенчатой схемы подогрева воздуха для города Калининграда обеспечивает снижение расхода энергии за год с $61,716 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ до $13,565 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$.

Экономический эффект оценивается за весь период жизненного цикла пассивного здания (в которые входят общая стоимость проектирования, строительства, эксплуатации в течение не менее 30 лет). Увеличение капитальных затрат на строительство пассивного здания компенсируется снижением эксплуатационных затрат за счет существенного сокращения энергопотребления [19-21].

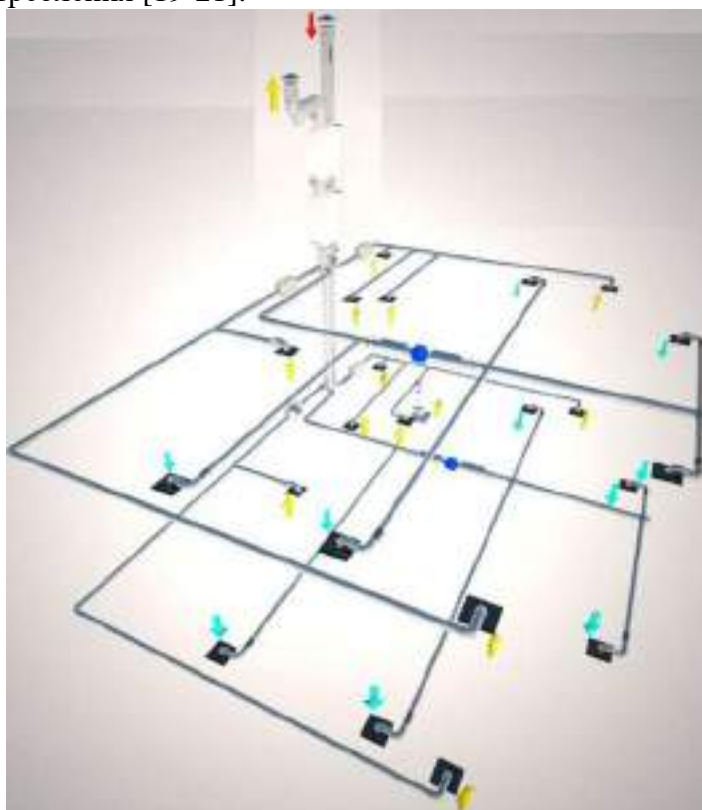


Рис. 4. 3D моделирование приточно-вытяжной вентиляционной 2-х ступенчатой схемы подогрева воздуха, в программном комплексе Autodesk 3ds Max

ЛИТЕРАТУРА

1. Feist W., Schnieders J., Dorer V., Haas A. Re-inventing air heating: Convenient and comfortable within the frame of the Passive House concept. *Energy and Buildings*. 2005.No. 37. Pp. 1186–1203
2. Karlsson J.F., Moshfegh B. Energy demand and indoor climate in a low energy building – changed control strategies and boundary conditions. *Energy and Buildings*. 2006. No. 38. Pp. 315–326
3. Chlela F., Husaunndee A., Inard C., Riederer P. A new methodology for the design of low energy buildings. *Energy and Buildings*. 2009. No. 41. Pp. 982–990

4. Parker D.S. Very low energy homes in the United States: perspectives on performance from measured data. *Energy and Buildings*. 2009. No. 5(41). Pp. 512–520
5. Горшков А.С., Дерунов Д.В., Завгородний В.В. Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. № 3. С. 12-23
6. Gorshkov A.S., Gladkih A.A. Measures to improve energy efficiency in construction. *Academia. Architecture and Construction*. 2010. No. 3. Pp. 246–250
7. Ehhorn H., Reiss J., Kluttig H., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // *АВОК*. 2006. № 2
8. Wang L., Gwilliam J. Case study of zero energy house design in UK. *Energy and Buildings*. 2009. No. 41. Pp. 1215–1222
9. Табунщиков Ю. А., Бродяч М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М., 2003
10. Табунщиков Ю. А. Микроклимат и энергосбережение: пора понять приоритеты // *АВОК*. 2008. № 5
11. Kostenko V.A., Gafiyatullina N.M., Semchuk A.A., Kukolev M.I. Geothermal heat pump in the passive house concept. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 8. Pp. 18–25
12. Russian State Standard GOST 30494-2011. Residential and public buildings. Microclimate parameters in the premises. Moscow, 2013
13. Korol E., Shushunova N. Green roofs: standardization and quality control of processes in green construction. *MATEC Web of Conferences Ser. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"* 2017. С. 06014.
14. Korol O.A. The impact of energy-corrective measures at the design stage of construction projects. 2018. *MATEC Web of Conference*.
15. Korol E.A., Korol O.A. Modelling of energy consumption at construction of high-rise buildings. 2018. *E3S Web of Conferences*.
16. Flaga-Maryanczyka A., Schnotalea J., Radonb J., Was K. Experimental measurements and CFD simulation of a ground source heat exchanger operating at a cold climate for a passive house ventilation system. *Energy and Buildings*. 2014. No. 68. Pp. 562–570.
17. Гагарин В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *АВОК*. 2009. №1–3
18. Korol, E., Shushunova N. Benefits of a Modular Green Roof Technology, *Procedia Engineering*, Volume 161, 2016, pp. 1820-1826.
19. Korol, E., Shushunova N. Research and Development for the International Standardization of Green Roof Systems, *Procedia Engineering*, Volume 153, 2016, pp. 287-291.
20. Korol, E., Shushunova, N., Rerikh, S. New green roof and green wall systems for implementation in the coverings. *E3S Web of Conferences* 97, 06023 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706023>
21. Korol, O., Shushunova, N., Lopatkin, D., Zanin, A., Shushunova, T., Application of High-tech Solutions in Ecodevelopment, *MATEC Web of Conferences* 251:06002, 2018, DOI: 16.1051/matecconf/201825106002

АППАРАТУРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Р. Р. Шарапов¹, А. О. Савичев²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹sharapovrr@mgsu.ru

²alex.savichev@inbox.ru

Аннотация

Основная задача при производстве асфальтобетонных смесей - обеспечение надежности и качества готового продукта с использованием недорогих ресурсов, минимальных затратах и высокой эффективности производства. Введение вспененного битума в процесс смешивания позволяет понизить температуру асфальта, что обеспечивает экономию энергии и уменьшение вредного влияния на окружающую природную среду.

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшую практическую ценность представляют технологии производства асфальтобетонных смесей при температурах, вызывающих значительную экономию материальных, трудовых, финансовых ресурсов с минимальным отрицательным воздействием на окружающую среду, человека и позволяющую получить высокое качество готового продукта.

Несоблюдение температурного режима может привести к температурной сегрегации асфальтобетонных смесей и впоследствии к недостаточному её уплотнению. Однако существуют способы уменьшить расход энергии, снизить уровень выброса летучих органических соединений при подготовке асфальтобетонных смесей, не повлияв на качество ее уплотнения [1-3].

Сегодня более 50 % энергии, необходимой для производства асфальтобетонных смесей, расходуется на нагрев и сушку каменных материалов, поддержание требуемой температуры битума. Снижение температуры исходных материалов для производства асфальтобетонных смесей позволяет получить значительную экономию энергоносителей и существенно сократить выбросы CO₂

Снизить температуру приготовления асфальтобетонных смесей на 30...50° С возможно, применив технологию производства теплых асфальтобетонных смесей. Система вспенивания битума, предназначена для приготовления низкотемпературного асфальта, при этом температура асфальта находится в пределах 110...130° С. Весь битум будет поступать в смеситель во вспененном виде.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Линия вспененного битума включает в себя: электропневматическую задвижку, невозвратную задвижку, устройство впрыска воды, статический смеситель, трубопровод с точками взятия проб, датчики давления, а также распылитель битума.

Вспененный битум образуется при смешивании 2-3 % холодной воды с битумом, нагретым примерно до 180° С (рис. 1). Вода мгновенно доводится до точки кипения, испаряется и битум охватывает пузырьки водяного пара. Во время вспенивания битум теряет примерно 10° С на процент распыляемой воды. Полученная смесь подается в смеситель. Образуется пена – то есть вспененный битум. Благодаря вспениванию, вязкость битума будет снижена настолько, что поверхности заполнителя (щебень, песок и минеральный порошок) будут равномерно обволакиваться битумной пленкой заданной толщины, также и при низких температурах. Таким способом можно производить низкотемпературный асфальт, без ухудшения физико-механических свойств теплой асфальтобетонной смеси. [4-5]. При добавлении большего количества воды или при

температуре битума ниже 130°C пена не образуется. Причинами являются низкие температуры и высокая вязкость битума.



Рис.1. Узел вспенивания битума

После прохождения битума через узел впрыска воды (рис. 2), он попадает в расширительную камеру в котором планируется произвести эксперименты с изменением сечения трубопровода и с использованием перегородок с различными видами отверстий (круглые, овальные, квадратные, треугольные), для обеспечения более равномерного соотношения битумно-водяной смеси. Так же рассматриваются варианты с установкой в расширительную камеру неподвижные обтекаемые элементы - кавитаторы. Принцип действия основан на изменение скорости потока битума и интенсивном перемешивании, во время которого оно становится более однородным, за счет сдвигового течения и за счет разделения и переориентации потоков. На основании этих данных формируется компьютерная и математическая модель процесса течения потока жидкостей.

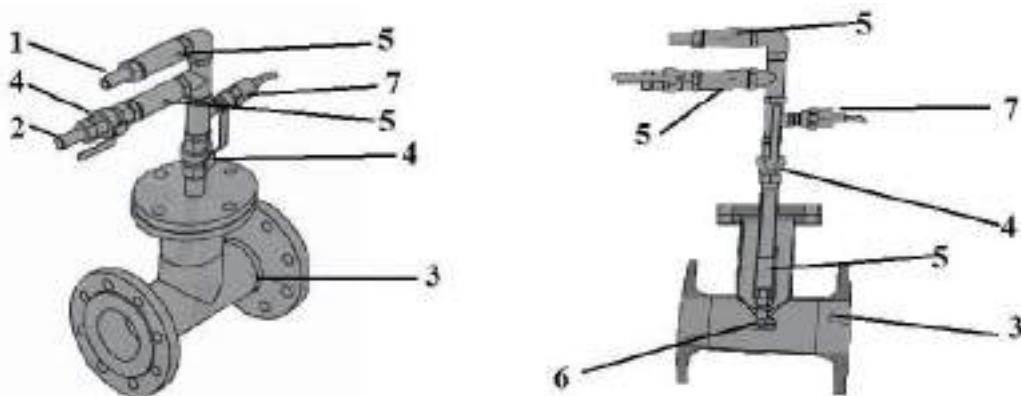


Рис.2. Узел впрыска воды в битум. 1- штуцер к водяному насосу; 2- штуцер обратного потока в емкость; 3- трубопровод; 4- шаровой кран; 5- обратный клапан; 6- осевое конусное сопло; 7- датчик давления.

Установки вспененного битума позволяют производить вспененный битум с различным процентным соотношением битумно-водяной смеси, в зависимости от особенностей асфальтовых материалов и объемов партии согласно рецептуре, контролируется процесс автоматически [6]. Система управления и контроля за всеми параметрами производственного процесса, позволяющая оператору быстро реагировать на изменяющиеся условия. В случае внештатной ситуации работа всех узлов установки блокируется. Возможна работа в ручном и полуавтоматическом режиме, когда система автоматически отслеживает соотношение битума, воды и различных добавок [7-16], позволяющая получать асфальтобетоны с регулируемыми свойствами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На асфальтобетонном заводе AMMANN CB350 проведена экспериментальная работа, с целью фиксации расхода дизельного топлива, потребляемого горелкой сушильного барабана по предложенной технологии. Результаты представлены на рис. 3 и в таблице.

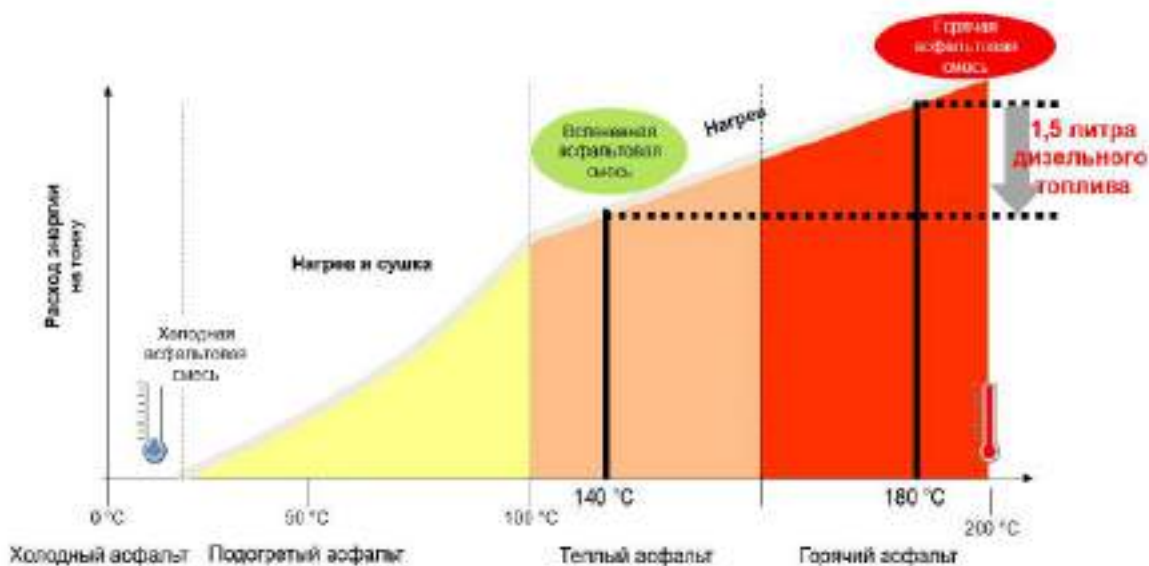


Рис.3. График температуры нагрева инертных материалов.

Таблица. Результаты эксперимента

| Температура инертного материала при выходе из сушильного барабана. (°C) | Время прогрева инертного материала, мин | Объем прогретого инертного материала, тн. | Объем израсходованного дизельного топлива, потребляемое горелкой, л. | Средний расход л/тн |
|---|---|---|--|---------------------|
| 140 | 27 | 61,5 | 300 | 4,9 |
| 180 | 27 | 60,9 | 390 | 6,4 |

При снижении температуры нагрева инертных материалов с 180° C (для горячих асфальтобетонных смесей) до 140° C (для теплых асфальтобетонных смесей с

применением вспененного битума), расход уменьшается на 1.5 литра дизельного топлива на 1 тонну смеси.

При более детальном рассмотрении и изучении технологической линии вспенивания вяжущего, а также основываясь на зарубежном опыте применения данной технологии при выпуске теплых асфальтобетонных смесей, можно озвучить предварительные результаты:

- высокий экономический и экологический эффект производства теплых асфальтобетонных смесей, поскольку при производстве горячих асфальтобетонных смесей расход топлива для нагрева минеральных материалов (щебень, песок) в сушильном барабане составляет 7-8 литров на 1 тонну смеси, а при производстве теплых асфальтобетонных смесей расход топлива снижается на 20...30 %

- в результате снижения вязкости и увеличения объема вяжущего, снижается время мокрого перемешивания, что положительно отразится на ресурсе АБЗ, так же улучшает уплотняемость асфальтобетонной смеси во время укладки, увеличение рабочего сезона.

ВЫВОДЫ

Необходима дальнейшая опытно – экспериментальная проверка перспективного способа производства теплого асфальта с применением вспененного битума.

Разработке инновационной технологии производства теплых асфальтобетонных смесей на вспененных битумах и рекомендаций по аппаратному оснащению процесса должны предшествовать обстоятельные теоретические исследования, физическое и математическое моделирование процесса. Исследование процессов происходящих в оборудовании для вспенивания битума в момент соприкосновения вязких жидких сред с различными физико-химическими характеристиками. В связи с чем, весьма актуальной научной проблемой является разработка такого смесителя, обеспечивающего получение качественной смеси. [9, 10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лупанов А.П., Силкин В.В., «Ресурсосберегающие технологии на предприятиях дорожного хозяйства» Москва АСВ, 2016. - 255 с.
2. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Шаптала В.В. Агрегат для получения строительных материалов из отвалов горно-обогатительных комбинатов КМА. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 82-85.
3. ОДМ 218.2.042 - 2014 Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации. Теплые асфальтобетонные смеси. Рекомендации по применению. [Текст]. - Введен 2014 - 30 - 04. - М.: Росавтодор, 2013. - 20 с.
4. Баринов Е.Н. Применение вспененных битумов в дорожном строительстве. Обзорная информация. М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. Вып. 1. 36 с.
5. Першин М.Н., Баринов Е.Н., Корневский Г.В. Вспененные битумы в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1989. - 80 с.
6. Першин М.Н., Платонов А.П., Баринов Е.Н., Габитов Н.Н. Ресурсосберегающие технологии приготовления асфальтобетонных смесей с использованием нетрадиционных методов активации битумов / СПб.: Астрель. 1995, 204 с.
7. Пат. 2502760 Российская Федерация МПК С 08 L 95 / 00, С09 D 195 / 00, Е 01 С 19 / 10. Способ получения асфальтобетонной смеси / Р. Лундберг; заявитель и патентообладатель НСС Роудс АБ. - №2011102024 / 05, заявл. 02.07.2009; опубл. 27.12.2013, Бюл. №36. - 13 с..
8. Ядыкина В.В., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Тагарифуллин Р.Р. Использование отхода обогащения магнититовых кварцитов в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонных смесей. В сборнике: Научные технологии и инновации. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. С. 129-133.
9. Шарапов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н. Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие / Белгород, 2014.
10. Шарапов Р.Р., Шаптала В.Г., Алфимова Н.И. Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов. Строительные материалы. 2007. № 8. С. 24-25.
11. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
12. Ханин С.И., Шарапов Р.Р., Богданов В.С. Механическое оборудование специального назначения и

- технологические схемы производственных комплексов предприятий строительных материалов. Атлас конструкций: учебное пособие с грифом УМО / Белгород, 2009.
13. Fedorenko M.A., Bondarenko J.A., Sharapov R.R., Markova O.V., Pogonin D.A., Pershin N.S. Decrease in heatlosse of rotating burning units (aggregates). *Research Journal of Applied Sciences*. 2015. Т. 10. № 10. С. 653-657.
 14. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Харламова В.В. К вопросу переработки отходов техногенных производств. *Механизация строительства*. 2016. Т. 77. № 8. С. 5-8.
 15. Гридчин А.М., Коротаяев А.П., Ядыкина В.В., Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А. Дорожные композиты на основе дисперсного вспученного перлита. *Строительные материалы*. 2009. № 5. С. 42-44.
 16. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Холопов В.С., Траутвайн А.И. Добавка в асфальтобетонные смеси для продления сезона дорожного строительства. *Фундаментальные исследования*. 2014. № 11. с. 2395-2399.

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ СХЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, НЕ ОХВАЧЕННЫХ ГАЗОСНАБЖЕНИЕМ

О. Н. Медведева¹, С. Д. Перевалов²

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

¹*medvedevaon@sstu.ru*

Аннотация

В качестве предмета исследования рассматривается технико-экономический аспект использования природного газа для обеспечения производственных, коммунально-бытовых и хозяйственных нужд различных категорий потребителей. Объектом исследования выступили модельные схемы энергоснабжения населенных пунктов, газоснабжение которых на базе природного газа нецелесообразно по экономическим и техническим причинам. Предложена экономико-математическая модель обоснования конкурентоспособности применения природного газа и сжиженного природного газа (СПГ) для различных категорий потребителей. Предложена математическая модель расчета эффективности применения каждого из энергоносителей, а также обозначены основные критерии выбора наиболее эффективного энергоносителя для конкретных условий использования. Предложены зависимости для подбора наиболее эффективной конфигурации логистико-математической модели для доставки природного и сжиженного природного газа потребителю в зависимости от требуемого расхода газа на различные нужды. Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод об успешном использовании СПГ в качестве топлива для регулирования пиковой неравномерности потребления.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из причин повышения интереса к СПГ диктуется ужесточением законов в области охраны природы, а также повсеместном росте наказания за превышения ПДК, что вынуждает многие компании переходить на более экологически чистые топлива, к которым относится, например, природный газ. В то же время, в ряде регионов существуют объективные природные, климатические и экономические причины развития производства сжиженного природного газа, имеющего конкурентное преимущество перед нерентабельным трубопроводным транспортом газа в труднодоступные регионы и на значительные расстояния.

Как указано в «Дорожной карте по развитию рынка малотоннажного СПГ и газомоторного топлива до 2025 года»: «в настоящее время в Российской Федерации функционируют 11 малотоннажных заводов по производству сжиженного природного газа общей производительностью 0,1 млн тонн в год и фактической загрузкой около 40 %, СПГ на внутренний рынок поставляют только 8 заводов. Сжиженным природным газом газифицировано 1145 квартир и домовладений в 4 населенных пунктах Российской Федерации» [1, 2].

К малотоннажному производству СПГ относятся в нашей стране производственные мощности до 10 тонн в час (примерно 80 тыс. тонн в год), такой норматив прописан в ГОСТ Р 55892–2013.

Потребность в газификации городов, населенных пунктов и сельскохозяйственных м производственных объектов, удаленных от магистральных газопроводов, на базе СПГ, а также в целях использования в качестве газомоторного топлива диктуется необходимостью газификации субъектов Российской Федерации [3—9].

На сегодняшний день природный газ является лидером по удобству использования и транспортировки различным категориям потребителей. К очевидным преимуществам можно отнести и наличие возможности подключения и практически полное отсутствие дополнительных проблем на протяжении нормативного срока службы основных фондов и

оборудования. Также преимуществом данного энергоносителя является сравнительно низкая цена.

В качестве одного из недостатков можно выделить не всегда экономически рентабельную газификацию некоторых районов (отдельных потребителей) страны.

Как показывает анализ, СПГ получил незаслуженно малую долю рынка производства и потребления из-за значительных капиталовложений в завод по производству СПГ, а также высокими капитальными затратами в средства доставки газа, например автомобильные криогенные цистерны [10—16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях разработки новых методов расчета и повышения эффективности транспортирования и использования сжиженного природного газа были обозначены для решения следующие задачи:

- сравнительный анализ способов транспортировки различных энергоносителей;
- проведение оптимизации схемно-параметрических решений систем энергоснабжения городов и поселений сжиженными газами;
- определение рационального радиуса действия конкурирующих систем энергоснабжения путем разработки численного алгоритма и его компьютерной реализации.

Как правило, «задача обоснования вида газообразного топлива обычно решается в статической постановке: при наличии или отсутствии природного газа в опорном пункте энергоснабжения (крупный поселок или промышленное предприятие, расположенные в непосредственной близости от рассматриваемого объекта)» [17, 18]. В случае отсутствия перспективы энергоснабжения потребителей сетевым газом, в качестве основных видов топлив рассматриваются сжиженные газы — сжиженные углеводородные газы (СУГ) [17, 19] или СПГ [7] в зависимости от необходимой мощности и удаленности потребителей от источника газоснабжения.

Решение поставленной задачи в динамической постановке подразумевает технико-экономическое обоснование двухстадийного проектирования и строительства газораспределительной системы газификации для сокращения сроков строительства и ввода в разработку и эксплуатацию новых систем: в начальный период для газоснабжения потребителей, удаленных от магистральных газопроводов природного газа, используются СПГ или СУГ, а по мере развития газотранспортной системы природного газа происходит их поэтапный перевод на снабжение сетевым природным газом [7].

Приведенные затраты в сравниваемые альтернативные варианты газоснабжения потребителей предлагается определять по следующим формулам:

$$Z_{\text{СПГ}} = K_{\text{СПГ}} + Y_{\text{тсл}} \cdot I_{\text{СПГ}}; \quad (1)$$

$$Z_{\text{ПГ}} = K_{\text{ПГ}} + Y_{\text{тсл}} \cdot I_{\text{ПГ}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{СПГ}}$, $K_{\text{ПГ}}$ — единовременные вложения в комплекс СПГ и природного газа, руб;

$I_{\text{СПГ}}$, $I_{\text{ПГ}}$ — расходы по эксплуатации комплекса СПГ и природного газа, руб \times год⁻¹;

$Y_{\text{тсл}}$ — дисконтирующий множитель:

$$Y_{\text{тсл}} = \frac{(1+E)^{t_{\text{сл}}} - 1}{(1+E)^{t_{\text{сл}}} \cdot E}, \quad (3)$$

где $t_{\text{сл}}$ — нормативный срок службы газораспределительной системы, лет.

В статье рассматривается вариант газоснабжения потребителей на базе СПГ с последующим (через t_0 лет) переводом на использование природного газа от магистрального газопровода или газопровода-отвода.

В общем случае единовременные вложения в комплекс СПГ включают в себя:

$$K_{\text{СПГ}} = K_{\text{кст}} + K_{\text{цист}} + K_{\text{хсв}} + K_{\text{газиф}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{КСГ}}$, $K_{\text{ЦИСТ}}$, $K_{\text{ХСВ}}$, $K_{\text{ГАЗИФ}}$ — капитальные вложения в комплекс сжижения газа, автотранспорт, системы хранения газа и газификаторы соответственно.

$$K_{\text{КСГ}} = 2C_{\text{СПГ}} \cdot Q, \quad (5)$$

где Q — производительность завода СПГ $\text{т} \times \text{год}^{-1}$;

$C_{\text{СПГ}}$ — удельная стоимость СПГ, руб/(МВт·ч).

Расходы по эксплуатации заводов по производству СПГ включают в себя следующие позиции, руб \times год $^{-1}$:

- энергообеспечение завода: $I_1 = 0,1K_{\text{КСГ}}$;

- амортизация оборудования: $I_2 = 0,05K_{\text{КСГ}}$;

- зарплата сотрудников: $I_3 = 0,04K_{\text{КСГ}}$;

- стоимость сырья для получения сжиженного газа: $I_4 = 0,1K_{\text{КСГ}}$;

- налоги: $I_5 = 0,11K_{\text{КСГ}}$.

Количество цистерн, необходимое для доставки сжиженных газов, определяется исходя из потребности населенного пункта в энергоносителях, а также расстоянии от поставщика до потребителя.

Время, необходимое для совершения полного рейса цистерной, состоит из операций по наполнению T_n , опорожнению T_o , диагностики T_d , времени в пути от поставщика к потребителю и обратно T_L , а также прочих технологических нужд $T_{\text{ТН}}$, минорных в сравнении с вышеназванными. Данное выражение можно записать в следующем виде:

$$T_{\text{ЦИСТ}} = (T_n + T_o + T_d + T_{\text{ТН}} + T_L) \times 2. \quad (6)$$

Капитальные вложения в цистерны целесообразно считать по формуле:

$$K_{\text{ЦИСТ}} = \frac{(T_{\text{ЦИСТ}} \cdot Q_{\text{мес}} \cdot C_{\text{ЦИСТ}})}{(V_{\text{ЦИСТ}} \cdot T_{\text{СМ}})}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{мес}}$ — количество газа, которое необходимо доставить до потребителя в месяц, $\text{м}^3/\text{мес}$;

$T_{\text{СМ}}$ — количество рабочих часов цистерны, за которое ей необходимо перевести обозначенный объем энергоносителя;

$V_{\text{ЦИСТ}}$ — объем цистерны, м^3 ;

$C_{\text{ЦИСТ}}$ — стоимость цистерны, руб.

Капитальные вложения в системы хранения газа у потребителя:

$$K_{\text{ХСВ}} = \left(\frac{Q \cdot T'_{\text{СМ}} \cdot C_{\text{ХСВ}}}{T_p \cdot V_{\text{ХСВ}}} \right), \quad (8)$$

где $C_{\text{ХСВ}}$ — стоимость систем хранения газа у потребителя, руб;

$V_{\text{ХСВ}}$ — объем системы хранения газа у потребителя (объем резервуара), м^3 ;

$T'_{\text{СМ}}$ — период, за который необходимо доставить потребный объем энергоносителя для населенного пункта;

T_p — нормированное рабочее время резервуара в месяц;

$Q_{\text{мес}}$ — количество газа, используемое потребителем в месяц, $\text{м}^3/\text{мес}$.

Капитальные вложения в газификаторы:

$$K_{\text{ГАЗИФ}} = \frac{Q_{\text{год}}}{W_{\text{газиф}} \cdot 365 \cdot 24}, \quad (9)$$

где $W_{\text{газиф}}$ — производительность газификатора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{год}}$ — годовое энергопотребление объектом газификации, МВт \times ч/год.

Эксплуатационные затраты в комплекс СПГ включают:

$$I_{\text{СПГ}} = \frac{(Q_{\text{год}} \cdot C_{\text{СПГ}})}{\eta} + I_{\text{КСГ}} + I_{\text{ЦИСТ}} + I_{\text{ХСВ}} + I_{\text{ГАЗИФ}}, \quad (10)$$

где $I_{\text{СПГ}}$, $I_{\text{ЦИСТ}}$, $I_{\text{ГАЗИФ}}$ — эксплуатационные расходы в комплекс сжижения газа, по доставке СПГ до потребителей, на автомобильные цистерны, на газификаторы, руб/год;

η — КПД системы.

При рассмотрении альтернативного варианта энергоснабжения на базе природного газа определяющими параметрами выступают расчетный максимально-часовой расход газа газоснабжаемым объектом $Q_{\text{ин}}$ и протяженность межпоселкового газопровода-отвода L .

Приравнивая целевые функции затрат (1) и (2), находим предельное (критическое) расстояние $L_{\text{кр}}$, при котором населенные пункты, изначально газифицированные сжиженными газами, экономически целесообразно перевести на природный газ:

$$L_{\text{кр}} = \frac{\left(I_{\text{сж}} - \frac{c_{\text{сж}} \cdot Q_{\text{год}}}{\eta} \right) \cdot (y_{t_{\text{сж}}} - y_{t_0}) + \frac{I_{\text{сж}}}{(1+E)^{t_0}}}{I_{\text{пр}} \cdot (y_{t_{\text{сж}}} - y_{t_0}) + \frac{K_{\text{пр}}}{(1+E)^{t_0}}} \quad (11)$$

Количественная оценка представленной экономико-математической модели была проведена при следующих исходных данных:

- годовое энергопотребление населенным пунктом (с учетом коммунально-бытовых, производственных и других нужд): $Q_{\text{год}} = 100 — 10000$ МВт×ч/год;
- удаленность объекта газоснабжения от источника энергоснабжения (завода по малотоннажному производству СПГ): $L = 10 — 100$ км;
- время газификации населенного пункта природным газом: $t_0 = 1 — 20$ лет;
- срок службы газораспределительных систем: $t_{\text{сл}} = 30$ лет;
- соответствующий нормативному сроку окупаемости единовременных затрат коэффициент эффективности капитальных вложений: $E = 0,1$ 1/год.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для автоматизации многократно повторяющихся расчетов и проведения гидравлического расчета газораспределительной системы природного газа была составлена специализированная программа для экономического обоснования рациональной области применения конкурирующих вариантов на базе природного и сжиженного природного газов. Пример результатов расчета приведен на рис. 1.

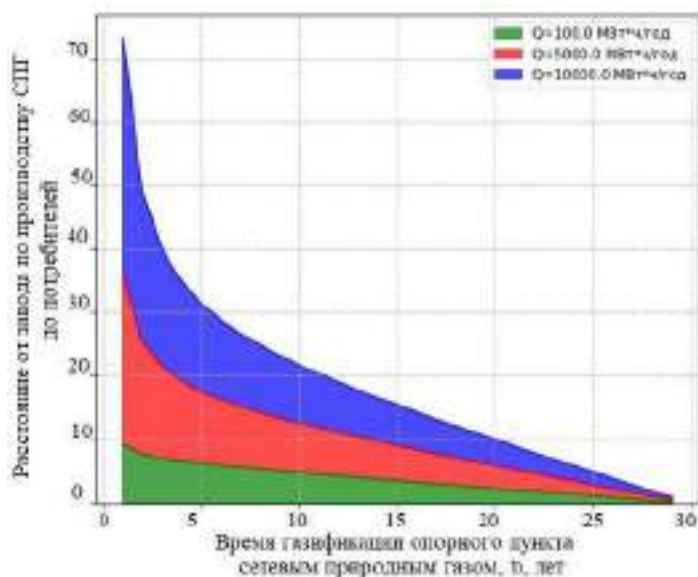


Рис. 1. К определению оптимального времени перевода потребителей на использование природного газа

В результате численной реализации предложенной экономико-математической модели определены технико-экономические параметры газораспределительной системы на базе перспективного энергоносителя — сжиженного природного газа с последующим

переводом всех категорий потребителей на снабжение природным газом по мере развития газотранспортной системы.

Конкурентоспособность СПГ по сравнению с природным газом определена в рамках модельных схем газоснабжения при различном удалении потребителей от источника газоснабжения (завода по производству СПГ) — различного радиуса действия систем. Графики, представленные на рис. 1, наглядно демонстрируют изменение приведенных затрат в сравниваемые варианты в зависимости от радиуса действия систем и требуемого годового энергопотребления.

Эксплуатационные расходы рассчитаны для сопоставимых условий по укрупненным показателям. Анализ данных рис. 1 позволяет сделать вывод о том, что по мере увеличения количества жителей, охватываемых газоснабжением, конкурентоспособность СПГ значительно ослабевает. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что диаметры газопроводов-отводов меняются незначительно, то есть при равных радиусах действия затраты на сооружение газопроводов природного газа увеличиваются не так заметно, как затраты на комплексы СПГ, зависящие главным образом от величины годового энергопотребления. По мере удаленности населенного пункта от источника газоснабжения конкурентоспособность СПГ будет возрастать.

Вместе с тем, по мере разработки и производства соответствующего оборудования по обоснованным параметрическим рядам по производительности, объему хранения и т.д. отечественными производителями изменение приведенных затрат будет носить ступенчатый характер и с увеличением радиуса действия несколько снижаться. Кроме этого при расчете отпускной цены газа различным категориям потребителей необходимо учитывать удорожание природного газа на всех этапах доставки газа от источника газоснабжения до конкретного потребителя.

ВЫВОДЫ

Как показывает анализ результатов исследований, транспортировка природного газа в сжиженном состоянии значительно более экономична по сравнению с трубопроводным транспортом. Представленные в работе универсальные зависимости для определения затрат в конкурирующие варианты газоснабжения потребителей являются одним из важных элементов решения задачи проектирования инфраструктуры сжиженного природного газа.

Отличительной особенностью представленной модели обоснования выбора зон применения природного газа по принципу двухстадийной газификации в условиях постоянного и временного использования сжиженных газов является комплексный учёт удаленности потребителей от опорного пункта газоснабжения, годового объема потребления газа, продолжительности его использования, стоимостных параметров энергоносителей и оборудования.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций: проведение гидравлического расчета газораспределительной системы на базе природного газа в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, определение рациональной области применения конкурирующих вариантов газоснабжения в условиях как постоянного, так и временного использования сжиженных газов (обоснование двухстадийной газификации объектов: сначала (при отсутствии природного газа) газоснабжение сжиженными газами, затем (по мере подключения опорного пункта к магистральным газопроводам природного газа) перевод потребителей со сжиженных на природный газ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>. Дата обращения: 15.11.2021
2. План мероприятий ("Дорожная карта") по развитию рынка малотоннажного сжиженного природного газа и газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2025 года Распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2021 г. № 350-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/07Ii6Dr01ViAAmoiNZIA5hMXVdmwIzFb.pdf>. Дата обращения: 15.11.2021.
3. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. — М.: ИЦ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. — 159 с.
4. Ишмуратова М. Российский мало- и среднетоннажный СПГ. Региональная серия: Кузбасс, Якутия, Дальний Восток, Сахалин, Черное море. — М.: Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. — 56 с.
5. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. Москва: ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО, 2019. — 210 с.
6. Рачевский Б.С. Технико-экономическая оценка проектов производства–потребления сжиженного природного газа // Вести газовой науки. №2(34). 2018. С. 225—233.
7. Медведева О.Н. Системы автономного газоснабжения. — Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 296 с. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. — Саратов: СГУ, 1988. — 196 с.
8. Медведева О.Н., Фролов В.О. Система резервного обеспечения потребителей газовым топливом // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). С. 38—47.
9. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня и завтра / Под ред. А.М. Архарова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 256 с.
10. Bianco V. Current situation and future perspectives of European natural gas sector/Vincenzo Bianco, Federico Scarpa, Luca A. Tagliafico //Frontiers in Energy. 2015. Vol. 9, № 1. P. 1–6.
11. Medvedeva O.N., Frolov V.O., Kolosov A.I. Theoretical substantiation of method of delivery liquefied natural gas // Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture. 2016. No. 4 (32). С. 34—45.
12. Крылов Е.В., Гордеева Р.П. Газоснабжение сжиженным природным газом. — Саратов: СГАУ, 2003. — 156 с.
13. Vérez D., Borri E., Crespo A., Zsembinszki G., Dawoud B. and Cabeza L.F. Experimental Study of a Small-Size Vacuum Insulated Water Tank for Building Applications Sustainability. 2021. vol 13. 5329. <https://doi.org/10.3390/su13105329>
14. Баранов А.Ю., Соколова Е.В. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. — СПб.: ИТМО, 2017. — 95 с.
15. Lisowski E. et al 2019 Study on Thermal Insulation of Liquefied Natural Gas Cryogenic Road Tanker THERMAL SCIENCE vol. 23 issue 4 p 1381–1391 <https://doi.org/10.2298/TSCI19S4381L>
16. Буянова Л.Н., Мудрова О.М. Логистика малотоннажного СПГ. Мир транспорта. 2019. №17(4). С. 166—180.
17. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. — Саратов: СГУ, 1988. — 196 с.
18. Фастов Л.М., Медведева О.Н. Надежность систем газоснабжения. — Саратов: СГТУ, 2012. — 148 с.
19. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. — М.: Нефть и газ, 2009. — 640 с

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Е. С. Каленова¹, Е. В. Дресвянникова², Г. М. Ахмерова³

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,

¹*kalenovakatyaa092000@gmail.com*

³*akhmerovaag@mail.com*

Аннотация

Регулирование тепловых потоков и расходов сетевой воды в системе теплоснабжения осуществляется при помощи температурных графиков, которые, как правило, бывают 150/70, 130/70, 115/70, 105/70, 95/70. График выбирается в зависимости от конкретных местных условий, но в настоящее время повсеместно наблюдается снижение температурного графика теплоснабжения. Рассматриваются факторы, влияющие на температурные графики тепловых сетей России и Республики Татарстан, а также на снижение температуры теплоносителя в Европейских странах. На сегодняшний день Казанские ТЭЦ используют температурный график качественно-количественного регулирования отпуска тепла со срезкой – это способствует снижению потерь тепловой энергии при транспортировке и аварийности. На примере г. Набережные Челны рассматривается современный температурный график без срезки - в течение суток происходит количественное регулирование, так как наружные тепловые сети работают с постоянной температурой. Для проведения анализа был построен температурный график теплового пункта с независимой схемой. Произведено его сравнение с регламентированным графиком отпуска тепловой энергии для конкретного источника тепловой энергии в системе теплоснабжения, работающей на общую тепловую сеть г. Казань.

ВВЕДЕНИЕ

Исторически в России при качественном регулировании применяется температурный график 150/70°C. Этот график был регламентирован строительными нормами и принят в качестве расчётного при проектировании большинства отечественных систем теплоснабжения. Сегодня температурные графики, как правило, составляют: 150/70, 130/70, 115/70, 105/70, 95/70 °C - в зависимости от конкретных местных условий. Домовые системы отопления работают по графикам 105/70 и 95/70 °C [1]. По графикам 150, 130 и 115/70 °C работают магистральные тепловые сети. В статье рассматриваются причины снижения температурных графиков тепловой сети, анализируются температурные графики с различным уровнем верхней срезки, сравниваются системы теплоснабжения стран с близкими климатическими параметрами.

Отпуск тепловой энергии на источнике теплоты можно регулировать, изменяя расход теплоносителя или температуру:

$$Q = cG\tau \quad (1)$$

где c – удельная теплоёмкость теплоносителя, Дж/(кг·°C);

G – расход или количество теплоносителя, кг/с - количественное регулирование (при изменении расхода теплоносителя температура сетевой воды постоянна);

τ – температура теплоносителя, °C - качественное регулирование (при изменении температуры теплоносителя расход сетевой воды постоянный).

Центральное качественное регулирование отпуска теплоты обеспечивает температурный график. Основной задачей регулирования отпуска теплоты в системах теплоснабжения является поддержание комфортной температуры и влажности воздуха в отапливаемых помещениях при изменяющихся на протяжении отопительного периода внешних климатических условиях и постоянной температуре воды, поступающей в

систему горячего водоснабжения (ГВС) при переменном расходе в течение суток [2]. По данным температурного графика определяется температура в подающей и обратной воды в тепловых сетях, а также в абонентском вводе в зависимости от температуры наружного воздуха. Снижение температуры воды в подающей магистрали ведёт к уменьшению температурных напряжений трубопроводов тепловой сети, а также к снижению количества теплоты, поступающей в систему отопления, что вызывает снижение температуры внутреннего воздуха помещений [3].

Установлено, снижение температурного графика на 10 °С влечет увеличение расхода сетевой воды на 12,5%, на 20 °С – на 25%. В свою очередь, увеличение расхода теплоносителя при неизменных условных диаметрах трубопроводов влечет увеличение скорости потока и квадратичному росту гидравлических сопротивлений. Снижение температурного напора у потребителей влечет увеличение поверхностей теплообмена теплообменных аппаратов, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры. Поэтому следствием снижения температурного графика тепловой сети будет увеличение затрат на транспортировку теплоносителя [4].

В России в сороковые годы прошлого столетия температура воды в подающем трубопроводе составляла 120-130 °С, в пятидесятые поднялась до 150 °С, и специалистами-теплоэнергетиками обсуждался вопрос о возможности повышения температуры до 180 °С. Повышение параметров теплоносителя необходимо для снижения капитальных затрат в тепловые сети; вследствие несовершенства тепловой изоляции и высоких теплопотерь; увеличения доли нагрузки горячего водоснабжения в структуре нагрузок систем теплоснабжения. Температурный график 150/70°С был регламентирован СНиП II-Г.10-73* «Тепловые сети. Нормы проектирования», утверждённом Госстроем СССР в 1985г. и принят в качестве расчётного при проектировании большинства отечественных систем теплоснабжения.

Предмет исследования.

Требования обеспечения надёжности теплоснабжения при значительном износе сетей привели к необходимости оптимизации расчётных параметров графика и кроме официальной «нижней срезки» температурного графика на уровне 70 °С, практически во всех городах России появилась «верхняя срезка», уровень которой зависел от технического состояния теплотрасс [5].

СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети», п.7.11 запрещал применение для тепловых сетей графиков регулирования отпуска теплоты со «срезкой» по температурам. Но «срезки» повсеместно на практике применялись. В актуализированной редакции этого документа СП 124.13330.2012 режим со «срезкой» по температуре не упоминается вообще, то есть, должны выбираться такие способы регулирования сезонной нагрузки, при которых будет решена главная задача – обеспечение нормированных температур в помещениях и нормированной температуры воды на нужды ГВС [6].

Из таблицы 1 видно, что в Москве и Санкт-Петербурге расчётный температурный график составляет 150/70 °С с различным уровнем верхней срезки [7].

В настоящее время в стране в массовом порядке происходит разработка схем теплоснабжения городов и поселений, в которых также проектные графики регулирования 150-70 °С, 130-70 °С считаются не только актуальными, но и действительными на 15 лет вперед. При этом отсутствуют пояснения, как обеспечить такие графики на практике, не приводится хоть сколь-нибудь понятное обоснование возможности обеспечения присоединенной тепловой нагрузки при низких температурах наружного воздуха в условиях реального регулирования сезонной тепловой нагрузки [8].

Тенденция к снижению температуры теплоносителя в подающей магистрали теплосети до 110-120 °С в североевропейских странах наметилась ещё в восьмидесятые годы и продолжается в настоящее время. Принятый температурный график теплосети Хельсинки и Стокгольма 120/65°С [7]. Сегодня большинство систем работает со

среднегодовыми температурами теплоносителя в водяных тепловых сетях около 80-90 °С и задача на будущее состоит в том, чтобы снизить ее до 50-55 °С для расширения возможностей использования энергии из возобновляемых источников [9].

Таблица 1. Характеристики систем централизованного теплоснабжения городов России и Республики Татарстан

| № п/п | Район строительства | Число жителей на 01.01.2020, тыс. человек | Расчётные параметры теплоносителя, °С | Скорректированные параметры теплоносителя, °С | t ₀ , расчетная на отопление, °С | Средняя годовая t, °С |
|-----------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|---|---|-----------------------|
| города России | | | | | | |
| 1 | Москва | 12678 | 150/70 | 130 | -25 | +5,4 |
| 2 | Санкт-Петербург | 5398 | 150/70 | 130 | -24 | +5,4 |
| города Республики Татарстан | | | | | | |
| 3 | Казань | 1257 | 130/65 | 115 | -31 | +4,2 |
| 4 | Набережные Челны | 534 | 114/64 | – | -34 | +4,0 |

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время на Казанских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 используется температурный график качественно-количественного регулирования отпуска тепла 130/65 [10] со срезкой 115/65°С (подача/обратка). На рис. 1а показан температурный график со спрямлением на ГВС на 72,2 °С при температуре наружного воздуха 2 °С и срезкой на 115 °С при температуре наружного воздуха -20 °С.

Для Казанских тепловых сетей переход на пониженный температурный график позволяет снизить потери тепловой энергии при транспортировке примерно на 14%. Уменьшение температурного перепада в тепловой сети снижает аварийность в тепловых сетях. К недостаткам данного графика можно отнести увеличение гидравлических потерь и давления в подающих трубопроводах, в связи с увеличением расхода сетевой воды. Понижение температуры теплоносителя приводит к необходимости увеличения расхода сетевой воды и увеличению диаметров трубопроводов [11]. Рассмотрены температурные графики для г. Казань и г. Набережные Челны (рис 1.)

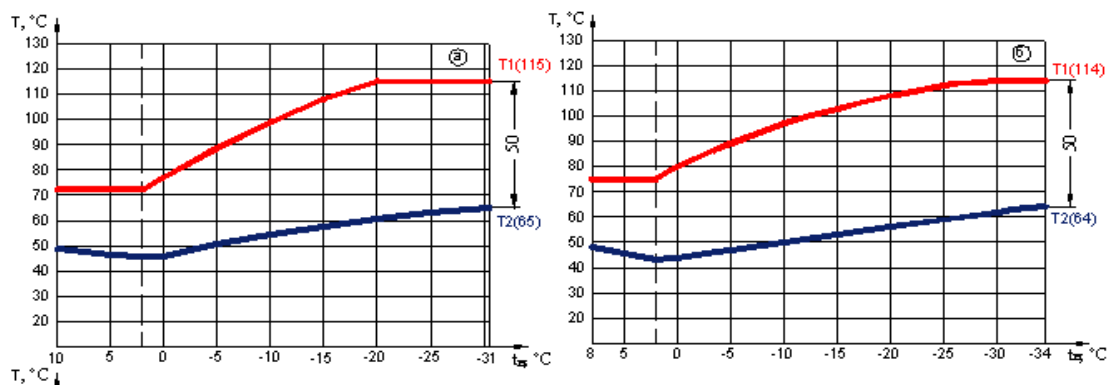


Рис. 1. Температурные графики качественно-количественного регулирования отпуска тепла для городов Республики Татарстан на отопительный период 2020-2021г.г. [12]

T_1 – температура сетевой воды в подающем трубопроводе от источника теплоты; T_2 – температура сетевой воды в обратном трубопроводе, возвращаемая на источник тепловой энергии; T_3 – температура в подающем трубопроводе системы отопления; $T_{1н}$ – температура сетевой воды в подающем трубопроводе в ночное время; $T_{2н}$ – температура сетевой воды в обратном трубопроводе в ночное время.

а) Казанские ТЭЦ-1,2 температурный график 130/65 °С со срезкой 115/65°С;

б) г.Набережные Челны, НчТЭЦ с температурным графиком 114/64 °С без срезки;

В Набережных Челнах тепловые сети эксплуатировались с температурным режимом 150/70°С с верхней срезкой 105°С до 2004 года – начала внедрения систем погодного регулирования [13]. По мере внедрения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) расходы теплоносителя снизились, а температурный режим повысился и сейчас температурный график принят без срезки по температуре 114/64°С (рис. 1б). Сегодня в течение суток происходит количественное регулирование, так как наружные тепловые сети работают с постоянной температурой, а качественное регулирование осуществляется только между сутками, при переходе на другую температуру. Стратегически специалисты рассматривают возможность полностью отказаться от температурных графиков и перейти на фиксированную подачу температуры 115 °С в подающем трубопроводе [14]. Это возможно благодаря установке АИТП, повышающих надёжность и снижающих энергопотребление подключённых зданий до минимальных значений [15].

В работе проведен анализ работы теплового пункта с независимой схемой. Тепловой пункт присоединен к источнику теплоснабжения с температурным графиком 130/80°С со срезкой на 115°С. В течении 3 недель было произведено наблюдение за температурами наружного воздуха, также на подающем и обратном трубопроводах и в самой системе. Полученные значения сведены в таблицу 2 и по этим данным построен график температур сетевой воды (рис.2) и соответственно сам температурный график (рис. 3).

Таблица 2. Результаты наблюдения

| Дата | t наружного воздуха, °С | t на подающем тр-де, °С | t на обратном тр-де, °С | t в системе, °С |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| 25.11.2020 | -1 | 74 | 52 | 64 |
| 26.11.2020 | -4 | 73 | 52 | 63,8 |
| 27.11.2020 | -3 | 72 | 53 | 63,8 |
| 28.11.2020 | -3 | 72 | 53 | 63 |
| 29.11.2020 | -3 | 73 | 55 | 64 |
| 30.11.2020 | -5 | 73,8 | 56 | 66,2 |
| 01.12.2020 | -11 | 64 | 53 | 53 |
| 02.12.2020 | -6 | 68 | 60 | 40 |
| 03.12.2020 | -14 | 85,8 | 82 | 85 |
| 04.12.2020 | -15 | 88,5 | 85 | 87 |
| 05.12.2020 | -14 | 86 | 65 | 60 |
| 06.12.2020 | -12 | 80 | 56 | 59 |
| 07.12.2020 | -8 | 80 | 40 | 58 |
| 08.12.2020 | -10 | 81 | 45 | 57 |
| 09.12.2020 | -11 | 78 | 45 | 56 |
| 10.12.2020 | -13 | 79 | 46 | 57 |
| 11.12.2020 | -12 | 81 | 48 | 59 |
| 12.12.2020 | -12 | 78 | 47 | 57 |
| 13.12.2020 | -13 | 79 | 48 | 56 |

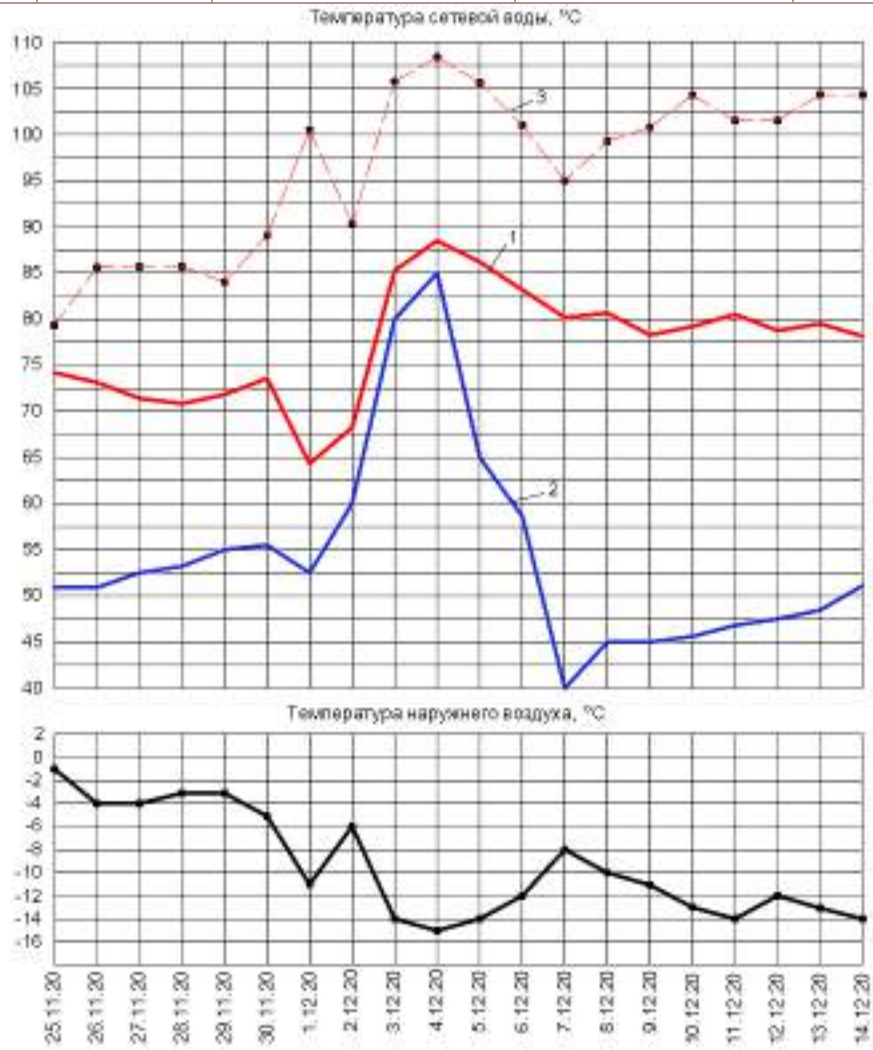


Рис. 2. Температура сетевой воды в период наблюдения. (1, 2 – фактическая температура сетевой воды соответственно в подающей и обратной магистрали; 3 – расчетная температура сетевой воды в подающей магистрали по температурному графику 115/70)

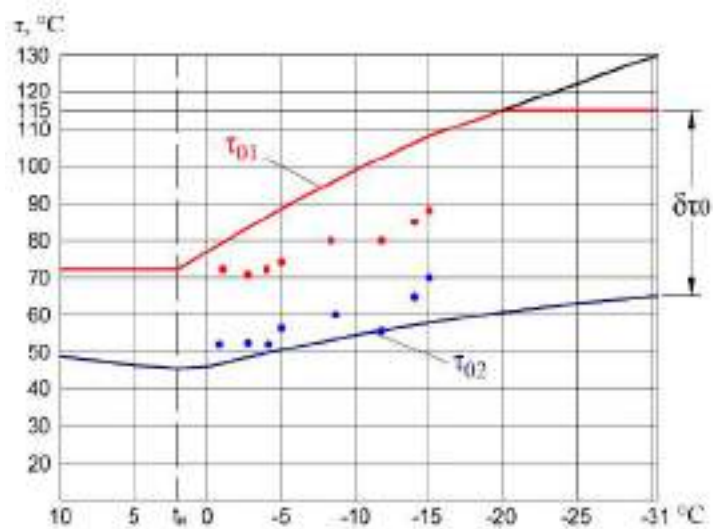


Рис. 3. Сравнение температурного графика качественно-количественного регулирования отпуска тепла для г. Казани с полученными значениями.

ВЫВОДЫ

Проведённый анализ изменения температурных графиков регулирования систем теплоснабжения в городах РФ показывает, что повсеместно наблюдается его снижение.

В результате анализа температурного графика работы теплового пункта получено, что температуры теплоносителя ниже теоретических значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отопительный график качественного регулирования отпуска тепла по среднесуточной температуре наружного воздуха [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://energoworld.ru/blog/otopitelnyj-grafik-kachestvennogo-regulirovaniya-otpuska-tepla-po-srednesutochnoj-temperature-naruzhnogo-vozduxa/> свободный.
2. Б. В. Яковлев. Выбор оптимального проектного и эксплуатационного температурного графика системы теплоснабжения // *Новости Теплоснабжения* № 6 (94) 2008 г.
3. Хисматуллин Ш. Х., Учаров У. Б., Кашицын В. П. О температурном графике работы тепловых сетей г. Казани / *Энергетика Татарстана / Новые технологии и научно-технические разработки в энергетике.* №2 (22) 2011.
4. А. А. Куандыкова, М. В. Кокшаров. Влияние температурного графика тепловой сети на энергетическую эффективность // *Материалы второй всероссийской научно-технической конференции. Повышение энергоэффективности объектов энергетике и систем теплоснабжения.* Омск 2018.
5. Гершкович В.Ф. Сто пятьдесят... Норма или перебор? (Размышления о параметрах теплоносителя) // *Энергосбережение.* – 2004 - № 5 С. 14-19.
6. Петрущенко В. А. Обоснование пониженного температурного графика регулирования центральных систем теплоснабжения / *Новости теплоснабжения.* – 2015. – № 8 (180). – с. 30-37.
7. Рафальская Т.А., Рагинская А.О. Сравнительный анализ центрального регулирования отпуска теплоты в России и за рубежом. // *Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин).* 2018. Т. 21. № 1 (67). С. 138-154.
8. Демина О. В. Рынки тепловой энергии: тенденции пространственной организации / *Пространственная Экономика.* – 2013. №4. С. 33-60.
9. Akhmerova G., Zalyalova A., Mukhametshina R. Impact of soil moisture on heat losses of pipelines of district heat supply networks at underground channel-free gasket. // В сборнике: *IOP CONFERENCE SERIES. Materials Science and Engineering.* Kazan, Russia, 2020. С. 012153.
10. Хисматуллин Ш.Х., Учаров У.Б., Кашицын В.П., Чулкова С.А. О температурном графике работы тепловых сетей г.Казани. // *Энергетика Татарстана.* 2011. № 2. С. 39-43.
11. Барон В. Г. Всегда ли минимизация температуры обратного теплоносителя способствует энергосбережению / *“Энергосбережение”* №4 за 2016.
12. АО "Татэнерго" [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.tatgencom.ru/clients/clients-01/temperature/> свободный.
13. Д. А. Волков, В. В. Малкин, О. А. Черкасова, И.Л. Сабищанский, Е.О. Милованов. О системе теплоснабжения города Набережные Челны // *Новости теплоснабжения* №03 (199) 2017
14. Волков Д.А., Малкин В.В., Черкасова О.А., Сабищанский И.Л. О системе теплоснабжения города Набережные Челны [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3369/ свободный.
15. Самигуллин Р.Р., Самигуллина А.Р., Низамов И.И., Ахмерова Г.М. Внедрение ИТП для энергоэффективности и энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства // *Тенденции развития науки и образования.* 2018. № 44-6. С. 55-56.

Секция 9. Комплексная безопасность в гидротехническом, энергетическом и геотехническом строительстве

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. В. Ханов¹, Т. Ю. Жукова²

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени А.К. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева),

¹*nvkhanov@yahoo.com*

²*ztu-12@mail.ru*

Аннотация

Статья посвящена актуальной теме - методологии прогнозирования оползневых процессов. Результаты прогнозов являются основой для выбора эффективных технических решений. Выполняется количественная оценка устойчивости склонов и ее изменений во времени под влиянием природных и техногенных факторов при прогнозе оползневых процессов. В статье рассматриваются задачи прогнозирования оползневых процессов, которые должны обуславливаться масштабами исследований, определена методология прогнозирования оползневых процессов, которая включает четыре основных блока, рассмотрен характер деформаций при непрерывном развитии оползневого процесса. Отличительной чертой любого оползневого процесса является его повторяемость во времени и циклическое развитие, так же при детальном прогнозировании рассматривается изменение характеристик развития оползней. В статье рассмотрена активность оползневых процессов, которая определяет степень пораженности территории, рассмотрено развитие оползневых процессов, которое может быть оценено по коэффициенту площадной пораженности.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение и прогнозирование оползневых процессов необходимо при решении большого круга инженерно-геологических задач, таких как оценка безопасного расположения различных сооружений, своевременное предупреждение возникновения новых и стабилизация существующих оползней, предотвращение аварий при крупных оползневых смещениях при разработке рекомендаций по инженерной защите территории от неблагоприятных инженерно-геологических процессов и т.п [1,2].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследований оползней является их прогноз, который, в свою очередь, является составной частью прогноза инженерно-геологических условий. Результаты прогнозов являются основой для выбора наиболее эффективных технических решений, конструктивных особенностей и мероприятий по охране инженерных сооружений и территорий хозяйственного освоения [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При изучении оползней ключевым вопросом является разработка методологии их прогнозирования. В основу методологии прогнозирования оползневых процессов включается четыре основных блока:

- блок анализа закономерностей формирования и развития оползневых процессов;
- блок пространственно-временного прогнозирования оползней с использованием математических моделей и методов прогноза;
- блок проведения типизации, районирования и составления обзорных карт распространения оползневых явлений;
- блок создания мониторинга в качестве инструментария предупреждения оползневых процессов.

Прогнозирование оползневых процессов необходимо при проектировании для решения следующих основных задач:

- выбор безопасного расположения сооружений;
- своевременное предупреждение возникновения оползневых процессов или выявление потенциальной возможности возникновения и активизации того или иного процесса и установление его пространственного и временного распространения;
- количественная оценка развития процесса под влиянием конкретных условий строительства и эксплуатации сооружений;
- выделение отдельных фаз развития процесса, в том числе периодов активизации в ходе развития в зависимости от естественных и техногенных факторов;
- оценка воздействия процессов на проектируемые инженерные сооружения;
- предотвращение аварий при крупных оползневых смещениях;
- рекомендации по инженерной защите от неблагоприятных инженерно-геологических процессов.

Большинство существующих методов прогноза оползней связано с проведением дорогостоящих инженерно-геологических исследований, включающих проходку горных выработок и изучение физических свойств горных пород. В качестве одного из таких методов предлагается метод аналогий, при котором производится автоматический учет широкого комплекса природных условий и не требуется предварительного знания показателей прочности пород[4,5].

ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Задачи прогнозирования оползневых процессов должны обуславливаться масштабами исследований, можно выделить региональные и локальные прогнозы. Так, локальный прогноз оценивает изменение инженерно-геологических условий при воздействии объекта строительства на геологические условия и выполняется непосредственно на отдельных участках. Региональные прогнозы предусматривают оценку изменения инженерно-геологических условий на значительных площадях и выявляют возможность и направленность развития целого комплекса экзогенных процессов[6].

При прогнозе оползневых процессов необходимо выполнение следующих основных задач:

- оценить степень оползневой опасности территории;
- выявить закономерности формирования и развития оползней и дать качественную и количественную оценку факторам оползнеобразования;
- дать количественную оценку устойчивости склонов и его изменений во времени под влиянием природных и техногенных факторов;
- дать оценку ожидаемого воздействия оползневого процесса на конкретные инженерные сооружения и хозяйственные территории [7,8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При прогнозе оползневых процессов выполняется количественная оценка устойчивости склонов и ее изменений во времени под влиянием природных и техногенных факторов.

Главной отличительной особенностью любого оползневого процесса является его повторяемость во времени и циклическое развитие. Для большинства типов оползней различают ход развития оползневых деформаций, как в пределах оползневого склона, так

и в примыкающих к нему частях коренного массива[9,10]. При непрерывном развитии оползневого процесса по характеру деформаций в различных его частях выделяется три стадии (Шеко А.И., 1984):

первая - стадия общей стабилизации, которая характеризуется отсутствием деформаций в краевых частях; в пределах оползневого склона возможны отдельные локальные подвижки;

вторая - стадия локальной активизации, когда в краевой части деформации по-прежнему не возникают, а на оползневом склоне начинают развиваться постоянные деформации, связанные с перемещением оползневых масс;

третья - стадия общей активизации, когда синхронно развиваются деформации во всей оползневой зоне, хотя скорости движения на порядок ниже, чем на склоне.

Табл.1. Продолжительность циклов отдельных типов оползней

| Тип оползня | Состав и возраст пород основного деформируемого горизонта | Средняя продолжительность цикла, лет | Диапазон колебаний продолжительности цикла, лет |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|
| Оползни выдавливания | Глины каменноугольной системы | 200 | |
| | Глины и аргиллиты татарского яруса пермской системы | 1500 | 1400 - 2000 |
| | Глины оксфордского яруса юрской системы | 300 | 200-500 |
| | Глины миотического яруса неогеновой системы | 40 | 20-105 |
| | Глины куяльницкого яруса неогеновой системы | 20 | 15 - 30 |
| | Глины хвалынского яруса четвертичной системы | 3 | 1 - 10 |
| Оползни течения | Делювиальные и коллювиальные отложения | 175 | |
| Оползни течения | Ледниковые песчаноглинистые отложения | 3 | 1 - 10 |
| Оползни выплывания | Аллювиальные отложения четвертичной системы | 30 | 20-40 |

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ДАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Коэффициент устойчивости склона позволяет спрогнозировать вероятность возникновения оползня, который определяется по зависимости:

$$K_{уст} = \sum \text{удер} / \sum \text{сдвиг} = \sum N \text{tg} \varphi + Ch / \sum T \quad (1)$$

где: $\sum T$ - суммарная составляющая сила тяжести (P), стремящаяся сместить массы горных пород вниз по склону или откосу; $\sum N$ - суммарная составляющая сила тяжести (P), ориентированная перпендикулярно к поверхности скольжения и стремящаяся удержать массы горных пород в равновесии; $\text{tg} \varphi$ - коэффициент внутреннего трения пород по поверхности или в зоне ослабления; C - силы сцепления пород по поверхности или в зоне ослабления; h - длина поверхности скольжения [11].

Развития оползневых процессов может быть оценена по коэффициенту площадной пораженности, который определяется как:

$$K = S_p / S \quad (2)$$

где: S_p - площадь, пораженная современными и древними оползнями;
 S - общая площадь изучаемой территории.

По величине коэффициента площадной пораженности оползневых процессов находится категория интенсивности проявления оползней.

Активность оползневых процессов определяет степень пораженности территории, которые действуют в настоящее время на данном участке и определяется следующим выражением:

$$K_p = n / S \quad (3)$$

где n - число оползней на данном участке и S - площадь участка.

Существует в методике оползневого прогнозирования понятие оползневого потенциала, который равен:

$$W_{оп} = 1 - \Pi(1 - P_k) \quad (4)$$

$$P_k = S_k / S \quad (5)$$

где: S_k - площадь, пораженная оползнями на территории, S_k занятой признаком k .

Формула представляет оценку силы связи оползней с признаками и может иметь нежелательные свойства, где возрастает во времени и зависит от общей пораженности оползнями территории [12,13]. Принимаем, за время AT на площади S_k , занятой признаком k , поражена площадь S_k , то

$$W_{оп} = S_k / S \quad (6)$$

Если процесс стационарный, тогда за время $n\Delta T$ на той же территории поражена площадь nS_k , следовательно, для того же признака k получаем другое значение оползневого потенциала, численно равное:

$$W_{оп} = nS_k / ST \quad (7)$$

Расчет повторяемости оползней класса K (K) = $\lg S$,

где S - площадь участка склона, захваченного оползнем (м^2), осуществляется по формуле:

$$A(K) = N(K) / ST \quad (8)$$

где: $N(K)$ - число оползней класса K , который появляется в пределах элементарной ячейки, площадью S за время T .

Не вызывает затруднений оценка повторяемости, если есть время, за которое сформированы оползни. Эмпирически установлено, что предельное время сохранности оползней различных классов различно:

для $K = 3-5$ тысяч лет, $K = 4 - 10$ тысяч лет, для $K = 5 - 500$ тысяч лет.

Расчет повторяемости оползней различных классов, с учетом времени сохранности оползней, находится по зависимости:

$$A(K) = N(K) / 10 \cdot ST \quad (9)$$

Так же рассматривается изменение характеристик развития оползней во времени при детальном прогнозировании, а именно: скорости вязкопластического течения, устойчивость склона, амплитуда смещения оползня, продолжительность оползневого цикла [14,15].

При длинном слое постоянной мощности h , который залегает на плоском склоне и наклоненном под углом β к горизонту, максимальную скорость на поверхности земли определяем по зависимости:

$$V_{\max} = \gamma / 2 \cdot (h - h_0) \sin \beta \quad (10)$$

где: γ - объемная масса грунта; h_0 - мощность верхней части слоя, движущейся с одинаковой скоростью, равной V_{\max} .

ВЫВОД

Подводя итоги методологии прогнозирования оползневых процессов, можно сделать некоторые выводы, что целью изучения оползней является их прогноз, который, в свою очередь, является составной частью прогноза инженерно-геологических условий, также результаты прогнозов являются основой для выбора наиболее эффективных технических решений, конструктивных особенностей и мероприятий по охране инженерных сооружений и территорий хозяйственного освоения. Задачи прогнозирования оползневых процессов должны обуславливаться масштабами исследований, можно выделить региональные и локальные прогнозы. Главной отличительной особенностью любого оползневого процесса является его повторяемость во времени и циклическое развитие. Также можно отметить, что развитие оползневых процессов может быть оценено по коэффициенту площадной пораженности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жукова Т.Ю., Атабиев И.Ж., Бакштанин А.М. Математические модели и методы прогнозирования оползневых процессов при проектировании и строительстве МГЭС // Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование». 2021. № 27. С.1210–1217.
2. Атабиев И.Ж., Бакштанин А.М., Жукова Т.Ю. Влияние природных условий на развитие оползневых процессов // Вестник Научно – методического совета по природообустройству и водопользованию. 2021. №21. С.42-46.
3. Жукова Т.Ю., Бакштанин А.М. Инженерно-экологические аспекты строительства объектов природообустройства. Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства // В книге материалы III международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. 2021.С.172-173.
4. Бакштанин А.М., Жукова Т.Ю. Моделирование гашение энергии и конструкции водобойных колодцев с использованием техники искусственного интеллекта // Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование». 2021. № 32. С.1246–1250.
- 5.Зборовская М.И., Зимнюков В.А. Роль природоохранных гидротехнических сооружений в борьбе с паводками в России // Международная научная конференция посвященная 175- летию К.А. Тимирязева. 2018. С.82-85.
- 6.Зимнюков В.А., Зборовская М.И., Белавкин А.В. Учет экологических факторов при реконструкции и реставрации гидротехнических сооружений // Доклады ТСХА. Международная научная конференция «Научное и кадровое обеспечение продовольственной безопасности России». 2015. С.240-245.
7. Черных О.Н., Волков В.И., Сабитов М.А., Алтунин В.И. О некоторых аспектах оценки размера вероятного вреда в результате аварии гидротехнических сооружений // Природообустройство. 2014. №4. С.46-52.
- 8.Зимнюков В.А., Зборовская М.И., Белавкин А.В. Учет экологических факторов при оценке жизненного цикла гидротехнических сооружений // В сборнике экологические и биологические системы. 2015.С. 23-27.
9. Жарницкий В.Я., Ханов Н.В., Апатенко А.С., Исмаилов Г.Х., Раткович Л.Д., Пчёлкин В.В., Сухарев Ю.И. Проблемы управления водными и земельными ресурсами // Материалы международного научного форума. 2015. С. 482.
- 10.Фартуков В.А., Ханов Н.В. Локализация обработки данных мониторинга почвы // Евразийский союз ученых. Серия: технические и физико – математические науки. 2021. №5 (86). С. 22-24.
- 11.Жабин В.Ф., Карпенко Н.П., Ломакин И.М. Фильтрационная расчетная схематизация тонкослоистых сред и надежность инженерных решений // Природообустройство. 2013. № 2. С. 65-71.

12. Карпенко, Н.П. Гидрогеология и основы геологии // Учебное пособие .2018. С.328.
13. Карпенко Н.П., Глазунова И.В. Управление земельными и водными ресурсами для снижения загрязнения рек на основе экспертных оценок эффективности природоохранных мероприятий // Природообустройство. 2019. № 4. С. 102-108.
14. Остроумов С.А., Зимнюков В.А., Зборовская М.И. Экологическая и техносферная безопасность: новые направления в разработке научных основ. Учебно-методическая разработка // В сборнике: Экологические и биологические системы. 2015. С179-183.
15. Зимнюков В.А., Зборовская М.И., Зайцев А.И. Обеспечение безопасной эксплуатации водопропускных гидротехнических сооружений при пропуске паводка // В сборнике: Изучение биосферы и окружающей среды. 2017. С. 79-83.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПРОЕКТА КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIM

Е. А. Муравьева¹, А. В. Манько²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*saint.katerinka@mail.ru*

²*MankoAV@mgsu.ru*

Аннотация

Геоинформационные системы предоставляют совместно с базами данных значительную информацию о грунтовом массиве, окружающей застройке, подземных сооружениях и коммуникациях для строительства или реконструкции объекта, имеющий развитую подземную часть. Логическим продолжением стали технологии BIM – технологии информационного моделирования. Сама концепция BIM неразрывно связана с таким понятием как жизненный цикл объекта и существует с 1968 года. Под жизненным циклом сооружения (в том числе и подземным) понимается комплексное информационное обеспечение проекта от концепции до сноса (или реконструкции / редевелопмента). Это информационное обеспечение (далее информационный проект) на всех стадиях своего существования должен обеспечивать безопасность как самого возводимого или реконструируемого объекта, так и безопасность существующих коммуникаций, подземных и надземных сооружений, безопасность геологической и окружающей среды. Именно это в данной статье и понимается под проектом комплексной безопасности. Целью данной статьи является рассмотрение основ применения технологии информационного моделирования для разработки методики комплексной безопасности объекта на всех стадиях жизненного цикла.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках данной статьи под комплексной безопасностью геотехнического строительства понимается проект, содержащий результаты, входящие в жизненный цикл сооружения (инженерные изыскания, экологическое обследование окружающей среды, проектные и технологические решения, математическое моделирование и т.д.) и направленные на обеспечение комфортной и безопасной жизнедеятельности человека в подземном сооружении и в зданиях в границах его зоны влияния. Сейчас активно развиваются и внедряются информационные технологии во все области строительного производства.

Технологии информационного моделирования, которые в настоящее время активно используются в строительной отрасли в Российской Федерации, являются российским вариантом зарубежной системы BIM (Building Informational Model). Технологии BIM являются продолжением целой системы информационного моделирования, корни которого уходят в геоинформационное моделирование (ГИС) и его прародитель – географические информационные системы [1]. Математическое моделирование и рациональное управление подземным (геотехническим) сооружением играют важную роль в его безопасности строительства и эксплуатации [2].

Проект жизненного цикла, без которого не возможно представить применения технологии информационного моделирования при создании проекта комплексной безопасности объекта, включает в себя следующие шаги: изыскания, предварительный проект, рабочая документация, строительство, эксплуатация, ликвидация [3, 4]. Каждая стадия жизненного цикла включает в себя вопросы безопасности окружающей среды, геологического массива, существующих коммуникаций и подземных сооружений, окружающей застройки.

Все эти вопросы (геоинформационные системы, жизненный цикл объекта, математическое моделирование напряженно деформированного состояния массива и

конструкций подземного сооружения) лежат в основе предлагаемой методики создания проекта безопасности в геотехническом строительстве на основе BIM. К сожалению нынешняя концепция BIM пренебрегает геотехническим аспектом и существующие программы, реализующие технологии информационного моделирования, не позволяют напрямую построить проект в BIM и реализовать проект комплексной безопасности подземного сооружения и формирование его жизненного цикла [5]. Барьером между BIM и подземным (геотехническим) строительством является сложность извлечения информации при математическом моделировании, геотехническом и геомеханическом мониторинге, а также из архивированных геотехнических данных, которые в основном имеют бумажный вид [6]. Только всеобщая цифровизация существующих и архивных проектов может помочь внедрить в BIM подземные сооружения и, как следствие, на основе информационного моделирования создавать проекты по безопасности подземных сооружений [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основа проекта комплексной безопасности является мониторинг. Ниже представлена стандартная схема проекта мониторинга подземного сооружения, который основывается на жизненном цикле объекта, BIM и предлагаемого подхода к проекту комплексной безопасности подземных сооружений [8, 9]:

- Мониторинг поведения грунта (геологическая обстановка, опасные геологические процессы), лежащего в основании будущего объекта;
- Мониторинг состояния грунтовых, природных и техногенных условий, которые возникают в пределах исследуемого объекта;
- Наблюдение за конструкциями строящихся или существующих объектов, попадающих в зону влияния строящихся или реконструируемых рассматриваемых подземных сооружений, а также мониторинг инженерных сетей, попадающие в зону влияния строящегося объекта;
- Наблюдение за кренами и осадками зданий и сооружений (существующих и возводимых), силами, которые возникают в фундаментах и конструкциях на этапах рабочей документации и строительства;
- Мониторинг за соблюдением нормативов, согласно которым производятся материалы для строительства здания или сооружения, и их качества;
- Наблюдение за поведением здания или сооружения в процессе эксплуатации, ремонтов и реконструкции здания.

Несмотря на то, что безопасность при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений является глобальной проблемой BIM не был расширен, чтобы включить автоматизированные функции управления, например, строительной безопасностью, то есть выявление рисков, оценка и контроль при строительных работах. Фактически, до 71% инцидентов, связанных с безопасностью, может быть предотвращено еще на этапе проектирования [10, 11]. Управление безопасностью традиционно осуществляется отдельно от проектирования и строительства. Проект по безопасности в составе жизненного цикла рассматривается как дополнительный расход, в большинстве случаев не нужный.

В большинстве случаев под безопасностью подземного сооружения понимается в первую очередь безопасная, безаварийная эксплуатация подземного сооружения. Во вторую очередь смотрят на безопасное строительство с точки зрения воздействия от строительства подземного сооружения на окружающую застройку. Именно по этому к безопасности надо подходить комплексно с применением современных информационных технологий [12]. Должен быть разработан и внедрен хорошо интегрированный механизм управления безопасностью в процессе проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации (реконструкции), в противном случае проект строительства никогда не достигает оптимального преимущества трех важных целей для жизненного цикла -

стоимости, времени и качества. В целях снижения частоты и тяжести аварий подземных сооружений в период их строительства и эксплуатации необходимо создавать проекты по комплексной безопасности, которые должны базироваться в первую очередь на моделировании рисков методами математического моделирования [13-15].

Математическое моделирование рисков впервые предложил математик Андрей Марков, который работал преподавателем Императорском Санкт-Петербургском Университете в конце 19 века [16]. Марков разработал модель, реализованную на основе вероятностной модели. Существует несколько разновидностей модели, которые обобщенно называют Моделью Маркова или Марковская модель: цепь Маркова, Марковское случайное поле, Марковский процесс принятия решения и т.д. Моделью Маркова исследуется последовательность случайных переменных, входящих в строительные риски, в которых определяется будущая переменная, существующая независимо от остальных. Эта переменная и будет событие, влияющее на безопасность сооружения – предвестник вероятной будущей аварии. Основное преимущество модели Маркова это то, что данный подход к безопасности подземных сооружений является самым гибким методом. Функциональные стандарты безопасности на базе европейских стандартов ИЕС 61508, требуют количественной оценки безопасности. Это означает вероятностные вычисления. Марков - метод, подходящий лучше всего, чтобы смоделировать диагностику и другие аспекты современных связанных с безопасностью систем.

Но для создания проекта комплексной безопасности необходимо еще и математическое моделирование на основе компьютерных технологий [17]. Все эти методы моделирования рисков подземных сооружений описывают риски аварий и безопасности жизнедеятельности человека, связанные с подземным сооружением (возводимым или реконструируемым). Кроме того есть риски и ответственность за безопасность окружающей застройки.

Для этого существуют методы математического моделирования на основе прогноза изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива и конструкций зданий и сооружений (подземных и надземных), а также сохранность подземных коммуникаций. Самое распространенное моделирование НДС является расчет методом конечных элементов при помощи прикладных программ (ABAQUS, NASTRAN, ZSOIL, ANSYS, PLAXIS и др.). Данное моделирование позволяет получать прогноз НДС и, соответственно, безаварийную работу, как самого подземного сооружения, так и окружающей застройки и геологической среды.

Полученные результаты математических моделирований различных аспектов проекта комплексной безопасности возможно объединить в среде информационного моделирования ГИС и BIM [18].

Жизненный цикл подземного сооружения как правило включает в себя следующие основные этапы: возведения, эксплуатации, ликвидации [19]. Но это не полный список, который мог бы удовлетворить потребности проекта жизненного цикла подземного сооружения в настоящее время. Если проанализировать все применяемые в нашей стране подходы к проектированию жизненного цикла сооружения, то можно сделать общий вывод о том, что они не могут быть напрямую применены в BIM для комплексного проекта безопасности. Причина в том, что для реализации комплексного проекта в информационной системе недостаточно трех этапов. Эти этапы очень крупные и не отражают специфику жизненного цикла, мониторинга, проекта безопасности подземных сооружений. По этому необходимо изменить существующий подход или адаптировать зарубежный опыт применения проекта жизненного цикла объекта. На данном этапе видится целесообразным адаптировать зарубежный опыт по формированию проекта жизненного цикла совместно информационным моделированием и с математическим моделированием комплексного подхода к безопасности подземных сооружений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основы данной методики составляет мониторинг. Схема системы мониторинга показана на рис.1. Существующая система мониторинга для проекта комплексной безопасности можно свести к двум основным программам:

1. Инженерно-геологический мониторинг.
2. Мониторинг сооружений.

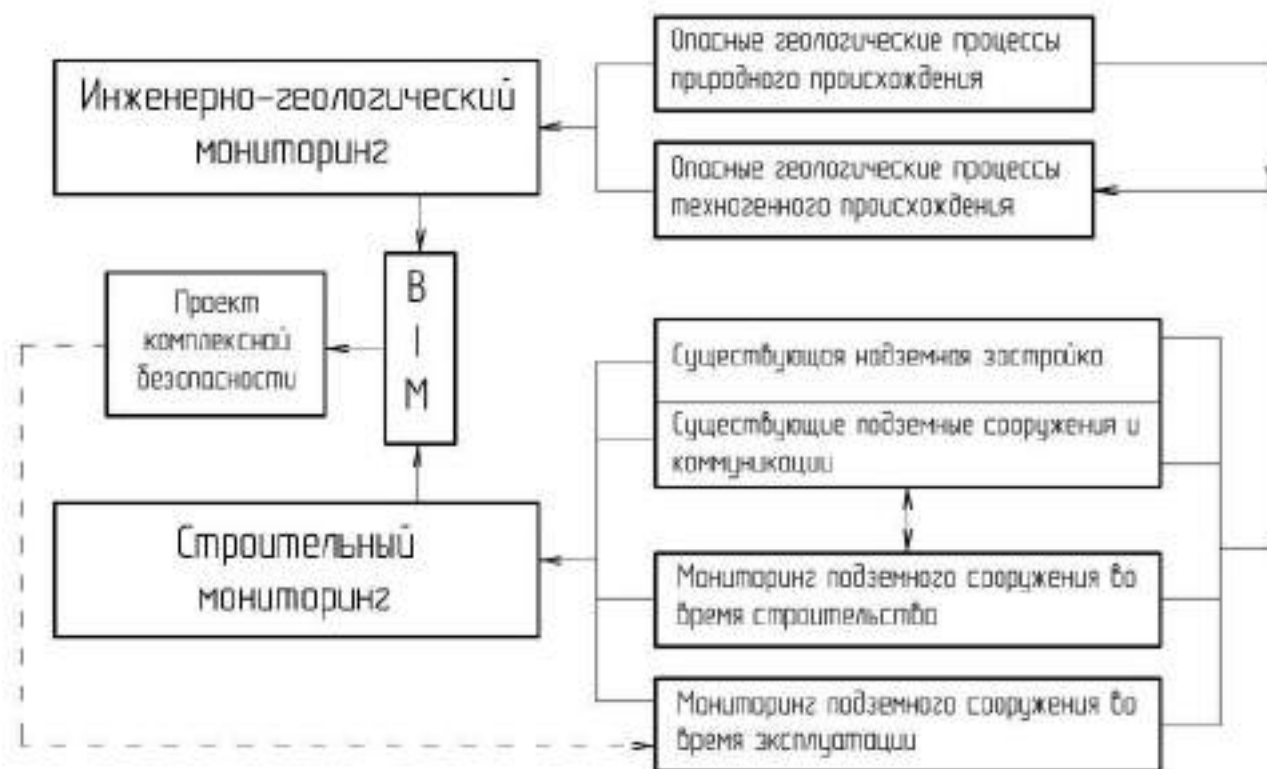


Рис. 1. Схема создания проекта комплексной безопасности подземного сооружения

В программу «Инженерно-геологический мониторинг» входят следующие этапы:

- Опасные геологические процессы природного происхождения.
- Опасные геологические процессы техногенного происхождения.

Опасные геологические процессы влияют на проект по безопасности геотехнического сооружения и его конструкций еще на стадии предпроектных решений. К опасным геологическим процессам, например для г. Москвы, относят карст и оползни. Наличие этих процессов на площадке строительства или реконструкции существенно влияют на конструктивные и технологические решения геотехнических сооружений. И наоборот, не учет этих геологических процессов ведет к аварийным последствиям как для возводимого сооружения, так и для окружающей застройки и/или существующих подземных сооружений и коммуникаций. Во время геотехнического строительства опасные природные геологические процессы могут проявиться, хотя их не прогнозировали. Тогда они могут существенно повлиять на проект, процесс строительства или эксплуатации подземного сооружения.

Опасные геологические процессы техногенного происхождения проявляются, как правило, вследствие нарушения технологии строительства сооружения или его эксплуатации. Соответственно техногенные геологические процессы напрямую зависят от системы мониторинга за подземным сооружением в процессе строительства и эксплуатации.

Результаты этапов геологического мониторинга могут быть получены методом математического моделирования и натурными исследованиями. Эти результаты и составляют программу инженерно-геологического мониторинга, которая отражается в BIM, входящий в проект комплексной безопасности рассматриваемых сооружений.

В программу «Строительный мониторинг» входят следующие этапы:

1. Существующая надземная застройка и существующие подземные сооружения и коммуникации.
2. Подземное сооружение во время строительства.
3. Подземное сооружение во время эксплуатации.

Вся существующая застройка и подземные сооружения на данный момент объединены в один этап. Предполагается, что программа мониторинга за этими сооружениями будет одинаковой. Но предполагается возможность, что эти этапы необходимо будет разделить.

Существующие сооружения и вновь возводимое подземное сооружение влияют друг на друга и, в свою очередь, влияют на комплексную безопасность. При этом мониторинг, чаще всего, применяют инструментальный, с натурными наблюдениями. В таком случае представляется, что в основном на безопасность будет влиять возводимое сооружение.

Существующие и возводимые сооружения составляют программу строительного мониторинга. Любое изменение, а также ежедневные наблюдения, должны быть отражены в проекте BIM.

В процессе эксплуатации результаты мониторинга за подземным сооружением также отражаются в проекте BIM. В том случае, если эти результаты могут повлиять на безопасность как самого подземного сооружения, так и окружающей застройки, то необходимо внести изменения в конструктив сооружения (реконструкция), ремонт (внеплановый, текущий или капитальный), изменение режима эксплуатации, перепрофилирование (редевелопмент) сооружения. И далее идет добавление новых результатов в проект BIM и изменение проекта комплексной безопасности.

На любом этапе предлагаемой методики происходит постоянный прогноз возможных аварийных ситуаций методами математического моделирования и анализа. Этот прогноз необходимо проверять и дополнять натурными наблюдениями. Информационное моделирование в данной методике позволит соединить такие разноплановые подходы к безопасности отдельных элементов в комплексную программу.

ВЫВОДЫ

В заключении хочется сказать, что предлагаемая методика проекта комплексной безопасности объединяет в себе такие разноплановые, на первый взгляд, системы как мониторинг, безопасность, математическое моделирование, жизненный цикл, геотехническое строительство и BIM. Информационные технологии помогут создать основу будущего проекта безопасности, а остальные системы - ее наполнение. В процессе верификации возможны изменения в предлагаемую методику, но основная концепция должна остаться неизменной потому, что она базируется на апробированной многими десятилетиями программы жизненного цикла, которая зарекомендовала себя в Великобритании с наилучшей стороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khan M.S., Park J., Seo J. Geotechnical Property Modeling and Construction Safety Zoning Based on GIS and BIM Integration // Applied Sciences. 2021. Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/app11094004>. Дата обращения: 03.11.21
2. Tanoli W.A.; Sharafat A.; Park J.; Seo J.W. Damage Prevention for underground utilities using machine guidance // Automation in Construction. 2019. Volume 107. Режим доступа: <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102893>. Дата обращения: 03.11.21
3. Царегородцева О.В., Семенова А.С. Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства // Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научно-практической

- конференции «Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование». 2017. С. 175-179.
4. Ковалев Р.Б., Ковалев Б.И. Оценка риска в строительстве на различных жизненных стадиях жизненного цикла // *Материалы VIII Международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век – 2018»*. 2018. С. 288-291.
 5. Лялин Д.О., Машталер С.Н., Дмитриенко Е.А. Применение программного комплекса Autodesk Revit в проектной деятельности // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2017. №3. С. 23-27.
 6. Zhang J., Wu Ch., Wang Yu., Ma Y. The BIM-enabled geotechnical information management of a construction project // *Computing*. 2017. Режим доступа: <http://doi.org/10.1007/s00607-017-0571-8>. Дата обращения: 03.11.21
 7. Прийма С.Н., Анищенко Е.В., Дайонг, Я., Иванова Н.А. Формирование проектной компетентности будущих специалистов информационного библиотечного и архивного дела в цифровом обществе // *Информационные технологии и средства обучения*. 2019. Том 70. № 2. С. 121-140.
 8. Зерцалов М.Г., Потапов А.Д., Манько А.В. Использование информационных систем для геомеханического мониторинга в подземных сооружениях // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2008. № 6. С. 2-5.
 9. Зайцев В.О., Богдано А.Н. Мониторинг зданий в BIM-комплексах в период эксплуатации, капитального ремонта и реконструкции на примере стадиона «Заря» // *Известия КГАСУ*. 2020. № 4 (54). С. 88-95.
 10. Chan I., Leung P.H., Fung I., Leung M. How can BIM support Construction Safety Management? Development of SIM // *4th International Building Control Conference*. 2016. Режим доступа: <http://doi.org/10.1051/mateconf/20166600018>. Дата обращения: 03.11.21
 11. Hallowell M. Cost-effectiveness of construction safety programme elements // *Construction Management and Economics*. 2010. № 1. pp. 25-34.
 12. Rajendran S., Clarke B. Building Information Modeling: Safety benefits and opportunities // *Professional Safety*. October 2011. pp. 44-51.
 13. Большеротов А.Л. Организационная структура системы комплексной безопасности строительства // *Сборник трудов Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании»*. 2011. С. 469-472.
 14. Zhou M. et al. A BIM-based Identification and Classification Method of Environmental Risk in the Design of Beijing Subway // *Journal of Civil Engineering & Management*. 2021. Volume 27. № 7. Режим доступа: <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15602>. Дата обращения: 03.11.21
 15. Шевченко Е.Н. Математическое моделирование техногенного риска сложных систем // *Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*. Сургутский государственный университет. 2012.
 16. Куликов А.Ю., Нгуен Т.Т., Тихомирова А.В. Методология моделирования в фармакоэкономике // *Фармакоэкономика*. 2011. Том 4. № 4. С. 8-16.
 17. Белостоцкий А.М. Прогнозное математическое моделирование состояния и техноленной безопасности ответственных объектов и комплексов мегаполиса // *Вестник МГСУ*. 2006. №3. С. 40-61.
 18. Vopf T.-L. Mathematical Modelling of Worker Interactions and the Impact On Workplace Safety // *Submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Applied Science*. 2017. Queensland University of Technology.
 19. Беляев А.В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // *Промышленное и гражданское строительство*. 2019. № 1. С. 65-72.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОТИНЕ КОЙНА (СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ) И В РЕАКТОРНОМ ОТДЕЛЕНИИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ (УДАР САМОЛЕТА)

В. К. Мусаев

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
musayev-vk@yandex.ru

Аннотация

Актуальность. Рассматриваются две задачи. Первая о воздействии сейсмических нестационарных волн на плотину Койна. Вторая об упругом ударе самолета на реакторное отделение атомной станции. Проблема моделирования задач переходного периода является актуальной научной задачей. *Методика.* Матрица упругости выражена через скорость продольных волн, скорость поперечных волн и плотность. За основные неизвестные приняты два перемещения и две скорости перемещений в узле конечного элемента. Разработаны алгоритм и комплекс программ для решения плоских (двумерных) задач, которые позволяют получать напряженно-деформированное состояние в сложных объектах. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная конечноэлементная схема. *Результаты.* Для оценки достоверности рассматривается задача об отражении упругих волн напряжений в виде треугольного импульса, то есть дельта функции, от свободной поверхности. Решается система уравнений из 16884 неизвестных. Рассматривается задача о воздействии сейсмических нестационарных волн на плотину Койна с основанием при воздействии плоской продольной упругой волны. Начальные условия приняты нулевыми. Решается система уравнений из 2088 неизвестных. Рассматривается задача об упругом ударе самолета на систему сооружение-фундамент-основание (Архангельская атомная станция) при воздействии в виде импульса. Решается система уравнений из 4384 неизвестных. Получены контурные напряжения в защитной оболочке реакторного отделения атомной станции.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваются задачи о математическом моделировании нестационарных волн напряжений в сложных деформируемых телах.

После трехкратного или четырехкратного прохождения и отражения волн напряжений в теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении.

Некоторые вопросы в области моделирования нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–27].

В работах [5–10, 15, 17–18, 20–24] приведена информация о верификации (физической достоверности и математической точности) рассматриваемого численного метода, алгоритма и комплекса программ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

Для решения задачи о моделировании упругих нестационарных волн напряжений в деформируемых областях сложной формы применяются нестационарные уравнения волновой теории упругости [1–4, 5–10, 15].

Принимая во внимание определение матрицы жесткости, вектора инерции и вектора внешних сил для некоторого тела, записываем приближенное значение уравнения движения в теории упругости [5–10, 15]

$$\bar{H}\ddot{\Phi} + \bar{K}\bar{\Phi} = \bar{R}, \quad \bar{\Phi}|_{t=0} = \bar{\Phi}_0, \quad \dot{\bar{\Phi}}|_{t=0} = \dot{\bar{\Phi}}_0, \quad (1)$$

где: \bar{H} – матрица инерции; \bar{K} – матрица жесткости; $\bar{\Phi}$ – вектор узловых упругих перемещений; $\dot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих скоростей перемещений; $\ddot{\bar{\Phi}}$ – вектор узловых упругих ускорений; \bar{R} – вектор узловых упругих внешних сил.

Интегрируя по временной координате соотношение (1) с помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина, получим двумерную явную двухслойную конечноэлементную линейную схему в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек [5–10, 15]

$$\bar{\Phi}_{i+1} = \bar{\Phi}_i + \Delta t \bar{H}^{-1}(-\bar{K}\bar{\Phi}_i + \bar{R}_i), \quad \dot{\bar{\Phi}}_{i+1} = \dot{\bar{\Phi}}_i + \Delta t \dot{\bar{\Phi}}_{i+1}. \quad (2)$$

Таким образом, из системы с бесконечным числом неизвестных перешли к системе с конечным числом неизвестных (2).

Система уравнений (2) для внутренних и граничных узловых точек, полученная в результате интегрирования уравнений движения теории упругости, должна давать решение, сходящееся к решению исходной системы [5–10, 15].

Общая теория численных уравнений математической физики требует для этого наложение определенных условий на отношение шагов по временной координате и по пространственным координатам, а именно [5–10, 15]

$$\Delta t = k \frac{\min \Delta l_i}{C_p} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, r), \quad (3)$$

где: Δt – шаг по временной координате; Δl – длина стороны конечного элемента; r – общее число конечных элементов.

Результаты численного эксперимента показали, что при $k = 0,5$ обеспечивается устойчивость двумерной явной двухслойной конечноэлементной линейной схемы в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках [5–10, 15].

Для исследуемой области, состоящей из материалов с разными физическими свойствами, выбирается минимальный шаг по временной координате (3).

ОТРАЖЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЫ ОТ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИНКИ: ТРЕУГОЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС

Рассматривается задача об отражении упругих волн напряжений от свободной поверхности (рис. 1) в виде треугольного импульса, то есть дельта функции (рис. 2). Начальные условия приняты нулевыми.

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [5–10, 15].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс см}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

На границе пластинки АВ (рис. 1) приложено нормальное напряжение σ_y , которое при $0 \leq n \leq 11$ ($n=t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P , а при $11 \leq n \leq 21$ от P до 0 ($P=\sigma_0$, $\sigma_0 = -0,1 \text{ МПа}$ (-1 кгс/см^2)). Граничные условия для контуров ВС и АД при $t > 0$ $u=v=\dot{u}=\dot{v}=0$. Контур CD свободен от нагрузок. Отраженные волны от контуров ВС и АД не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 190$.

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = \Delta x = \Delta y$; $\Delta t = 1,393 \cdot 10^{-6}$ с; $E = 3,15 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ($3,15 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2$); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,255 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ ($0,255 \cdot 10^{-5} \text{ кгс см}^2/\text{см}^4$); $C_p = 3587 \text{ м/с}$; $C_s = 2269 \text{ м/с}$.

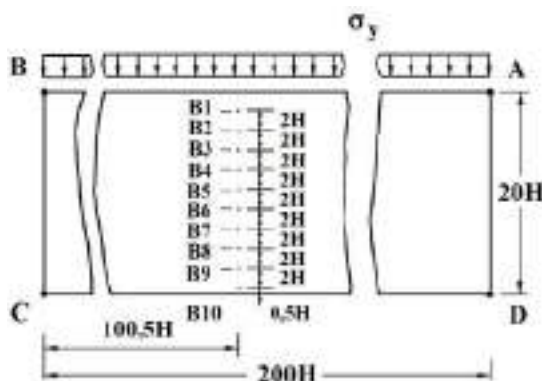


Рис. 1. Постановка задачи об отражении волн напряжений

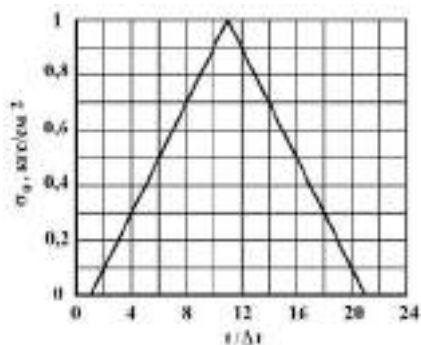


Рис. 2. Воздействие в виде треугольного импульса (дельта функции)

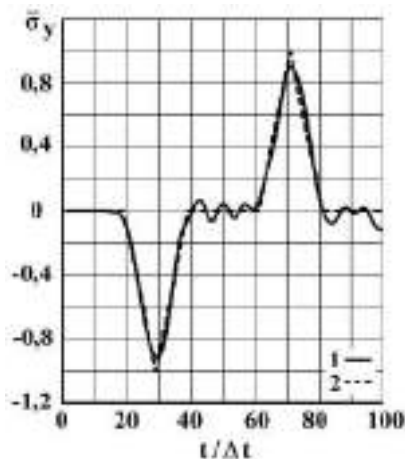


Рис. 3. Изменение упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ (задача об отражении упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности) во времени n в точке В5: 1 – численное решение; 2 – аналитическое решение

Исследуемая расчетная область имеет 4221 узловую точку и 4000 конечных элементов. Решается система уравнений из 16884 неизвестных.

Результаты расчетов получены в характерных точках В1–В10 (рис. 1). Для примера на рис. 3 представлено изменение нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ ($\bar{\sigma}_y = \sigma_y / |\sigma_0|$) во времени n в точке В5 (1 – численное решение; 2 – аналитическое решение).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОТИНЕ КОЙНА (ИНДИЯ)

Рассматривается задача о воздействии сейсмических нестационарных волн на плотину Койна (рис. 5) при воздействии плоской продольной упругой волны (рис. 4). Начальные условия приняты нулевыми.

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [5–10, 15].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

В сечении на расстоянии $1,5H$ (рис. 7.23) при $0 \leq n \leq 26$ ($n = t/\Delta t$) скорости упругих перемещений \dot{u} и \dot{v} изменяются линейно от 0 до $\dot{u} = P \sin \alpha$ и $\dot{v} = P \cos \alpha$, а при $n > 26$ $\dot{u} = P \sin \alpha$ и $\dot{v} = P \cos \alpha$ ($P = \sigma_0 / (\rho C_p)$, $\sigma_0 = 0,1 \text{ МПа}$ (1 кгс/см^2)).

Контур плотины IJKABCDEF (кроме точки E) предполагается свободным от нагрузок при $t > 0$. Граничные условия для контура FGHI при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура FGHI не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 900$.

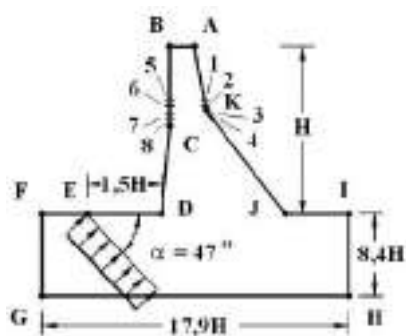


Рис. 4. Постановка задачи для системы сооружение-основание (плотина Койна)

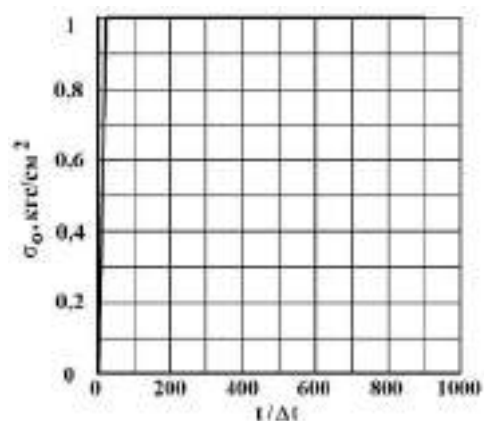


Рис. 5. Воздействие в виде функции Хевисайда

Расчеты проведены при следующих исходных данных: $H = 103 \text{ м}$; $\Delta t = 0,104 \cdot 10^{-2} \text{ с}$; $E = 0,36 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ($0,36 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2$); $\nu = 0,36$; $\rho = 0,122 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^3$ ($0,122 \cdot 10^5 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4$); $c_p = 1841 \text{ м/с}$.

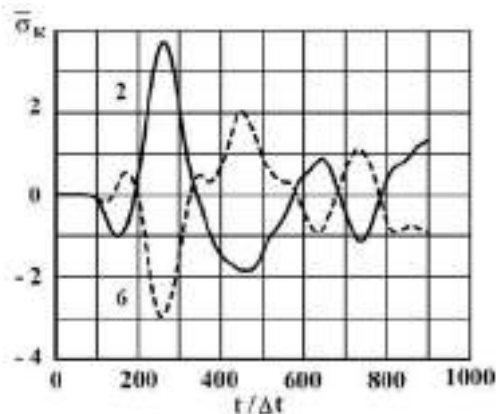


Рис. 6. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в точках 2 и 6 на контуре плотины Койна во времени $t/\Delta t$

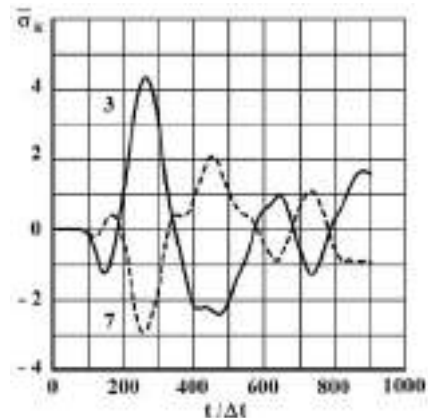


Рис. 7. Изменение упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ в точках 3 и 7 на контуре плотины Койна во времени $t/\Delta t$

Исследуемая расчетная область имеет 522 узловые точки. Решается система уравнений из 2088 неизвестных.

Контурные напряжения в плотине Койна были получены в точках 1–8 во времени $t/\Delta t$.

Изменение нестационарных изгибных волн для упругого контурного напряжения $\bar{\sigma}_k$ приведены в следующих точках рассматриваемого объекта А2 (–) и А6 (–) (рис. 6), А3 (–) и А7 (–) (рис. 7).

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕАКТОРНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

Рассматривается задача об упругом ударе самолета на систему сооружение-фундамент-основание (Архангельская атомная станция) ($H=69,9$ м) (рис. 8) при воздействии импульса (рис. 9). Начальные условия приняты нулевым.

Исследуемая задача впервые решена Мусаевым В.К. с помощью разработанной методики, алгоритма и комплекса программ [5–10, 15].

Расчеты проводились при следующих единицах измерения: килограмм-сила (кгс); сантиметр (см); секунда (с). Для перехода в другие единицы измерения были приняты следующие допущения: $1 \text{ кгс/см}^2 \approx 0,1 \text{ МПа}$; $1 \text{ кгс с}^2/\text{см}^4 \approx 10^9 \text{ кг/м}^3$.

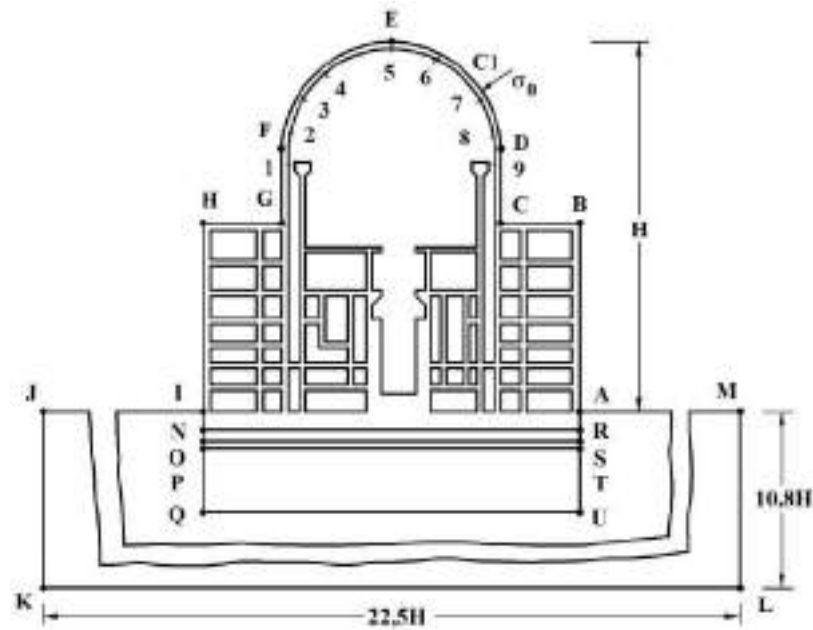


Рис. 8. Постановка задачи для Архангельской атомной станции

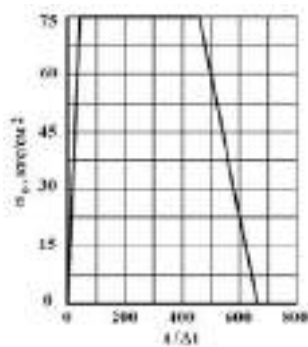


Рис. 9. Воздействие от удара самолета

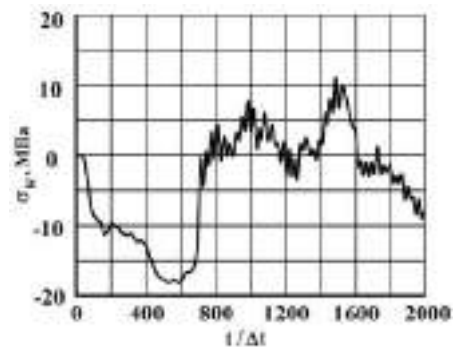


Рис. 10. Изменение упругого контурного напряжения σ_k в точке 9 во времени $t/\Delta t$

В точке C1 (рис. 8) приложено воздействие σ_0 (рис. 9), которое при $0 \leq n \leq 40$ ($n = t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P, при $40 \leq n \leq 460$ равно P и при $460 \leq n \leq 660$ от P до 0 ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -7,5$ МПа (-75 кгс/см²)). Граничные условия для контура JKLM при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Отраженные волны от контура JKLM не доходят до исследуемых точек при $0 \leq n \leq 2000$.

На границах материалов с разными физическими свойствами приняты условия непрерывности перемещений (1-ABCDEFHINR и SOPT; 2-RNOS; 3-MAUQJKL; 4-TPQU).

Для областей ABCDEFHINR и SOPT приняты следующие исходные данные: $\Delta t = 0,114 \cdot 10^{-3}$ с; $E = 0,3 \cdot 10^5$ МПа ($0,3 \cdot 10^6$ кгс/см²); $\nu = 0,2$; $\rho = 0,255 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,255 \cdot 10^{-5}$ кгс см²/см⁴); $c_p = 3500$ м/с.

Для области RNOS приняты следующие исходные данные: $\Delta t = 0,333 \cdot 10^{-3}$ с; $E = 0,18 \cdot 10^5$ МПа ($0,18 \cdot 10^6$ кгс/см²); $\nu = 0,26$; $\rho = 0,245 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,245 \cdot 10^{-5}$ кгс см²/см⁴); $c_p = 3000$ м/с.

Для области MAUQJKL приняты следующие исходные данные: $\Delta t = 0,4 \cdot 10^{-3}$ с; $E = 0,6 \cdot 10^4$ МПа ($0,6 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,28$; $\rho = 0,194 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,194 \cdot 10^{-5}$ кгс см²/см⁴); $c_p = 2000$ м/с.

Для области TRQU приняты следующие исходные данные: $\Delta t = 0,224 \cdot 10^{-3}$ с; $E = 1,09 \cdot 10^4$ МПа ($1,09 \cdot 10^5$ кгс/см²); $\nu = 0,26$; $\rho = 0,206 \cdot 10^4$ кг/м³ ($0,206 \cdot 10^5$ кгс с²/см⁴); $c_p = 2674$ м/с.

В расчетах принимался минимальный шаг по времени $\Delta t = 0,114 \cdot 10^{-3}$ с.

Исследуемая расчетная область имеет 1096 узловых точек. Решается система уравнений из 4384 неизвестных. Получены контурные напряжения в защитной оболочке реакторного отделения атомной станции.

На рис. 10 показано изменение контурного напряжения σ_k (точка 9) в защитной оболочке во времени $t/\Delta t$.

ВЫВОДЫ

1. На основе метода конечных элементов разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных двумерных плоских задач, которые позволяют решать сложные задачи при нестационарных волновых воздействиях на сложные объекты.

2. Решена задача об отражении упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности бесконечной пластинки. Решается система уравнений из 16884 неизвестных. Проведено сопоставление с результатами аналитического решения, которое показало, что расхождение для максимального растягивающего упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ составляет 9,4 %. Проведено сопоставление с результатами аналитического решения, которое показало, что расхождение для максимального сжимающего упругого нормального напряжения $\bar{\sigma}_y$ составляет 9,7 %.

3. Решена задача о воздействии плоской продольной упругой волны на плотину Койна с основанием при нестационарном сейсмическом воздействии. Сейсмическое воздействие моделируется в виде функции Хевисайда. Решается система уравнений из 2088 неизвестных. Растягивающее упругое нормальное напряжение $\bar{\sigma}_k$ имеет следующее максимальное значение $\bar{\sigma}_k = 4,322$. Сжимающее упругое нормальное напряжение $\bar{\sigma}_k$ имеет следующее максимальное значение $\bar{\sigma}_k = -2,958$. В рассматриваемой задаче преобладают изгибные волны. Выполненное исследование нестационарного волнового напряженного состояния показало, что результаты численного моделирования, соответствуют характеру разрушений, наблюдаемых в плотине Койна после землетрясения.

4. Решена задача об упругом ударе самолета на систему сооружение-фундамент-основание (Архангельская атомная станция). Исследуемая расчетная область имеет 1096 узловых точек. Решается система уравнений из 4384 неизвестных. Растягивающее упругое контурное напряжение $\bar{\sigma}_k$ имеет следующее максимальное значение $\bar{\sigma}_k = 2,28$. Сжимающее упругое контурное напряжение $\bar{\sigma}_k$ имеет следующее максимальное значение $\bar{\sigma}_k = -2,8$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольский Г. Волны напряжений в твердых телах. М.: Иностранная литература. 1955. 192 с.
2. Ионов В.И., Огибалов П.М. Напряжения в телах при импульсивном нагружении. М.: Высшая школа, 1975. 464 с.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Теория упругости. М.: Наука. 1975. 576 с.
4. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат. 1982. 448 с.
5. Musayev V.K. Structure design with seismic resistance foundations // Proceedings of the ninth European conference on earthquake engineering. Moscow: TsNIISK, 1990. V. 4–A. P. 191–200.
6. Musayev V.K. Testing of stressed state in the structure-base system under non-stationary dynamic effects // Proceedings of the second International conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics. Sent-Louis: University of Missouri-Rolla. 1991. V. 3. P. 87–97.
7. Мусаев В.К. Численное моделирование динамического напряженного состояния сооружений уравнениями двумерной теории упругости и пластичности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.04. М.: Совинтервод. 1993. 46 с.

8. Мусаев В.К. О достоверности результатов численного метода решения сложных задач волновой теории упругости при ударных, взрывных и сейсмических воздействиях // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2009. № 5. С. 21—33.
9. Мусаев В.К. Моделирование волн напряжений в сложных областях с помощью метода вычислительной механики // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 44—52.
10. Мусаев В.К. Вычислительный эксперимент в задачах моделирования нестационарных волн напряжений в областях сложной формы // Исследования по теории сооружений. 2010. № 2. С. 138—149.
11. Мусаев В.К. О моделировании волновых контурных напряжений в оболочке реакторного отделения атомной станции при ударных воздействиях // Вестник НИЦ строительство. Исследования по теории сооружений. 2011. № 3–4. С. 35—42.
12. Мусаев В.К. О моделировании безопасности системы плотина-основание (плотина Койна) по несущей способности при волновых сейсмических воздействиях // Вестник НИЦ строительство. Исследования по теории сооружений. 2011. № 3–4. С. 112—119.
13. Nemchinov V.V. Diffraction of a plane longitudinal wave by spherical cavity in elastic space // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 85—89.
14. Nemchinov V.V. Numerical methods for solving flat dynamic elasticity problems // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2013. Volume 9. Issue 1. P. 90—97.
15. Musayev V.K. Estimation of accuracy of the results of numerical simulation of unsteady wave of the stress in deformable objects of complex shape // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Volume 11. Issue 1. P. 135—146.
16. Акатьев С.В., Шепелина П.В., Куранцов О.В., Дикова Е.В., Тарасенко А.А. Практическая реализация моделирования экстремальных процессов в гидротехнических сооружениях с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XVII. В 2 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2015. С. 179—187.
17. Musayev V.K. Mathematical modeling of seismic nonstationary elastic waves stresses in Kurpsai dam with a base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12. Issue 3. P. 73—83.
18. Акатьев С.В., Суцев Т.С., Куранцов В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В. Оценка точности моделирования плоских волн (прямоугольный импульс) в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XVIII. В 2 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет. 2016. С. 22—31.
19. Musayev V.K. Numerical simulation of non-stationary seismic stresses in elastic waves dam Koyna with base (half-plane) // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12. Issue 3. P. 84—94.
- Musayev V.K. Numerical simulation of non-stationary elastic contour stresses in the shell of the reactor compartment of the nuclear power station with the foundation and basis (half-plane) at impact of aircraft // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016. Volume 12, Issue 4. P. 116—126.
20. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Куранцов В.А., Мусаева С.В., Кулагина Н.В. Оценка точности и достоверности моделирования плоских нестационарных упругих волн напряжений (треугольный импульс) в полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIV Международной конференции. М.: РГГУ. 2016. С. 352—355.
21. Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Дикова Е.В., Крылов А.И. Моделирование достоверности и точности импульсного воздействия в упругой полуплоскости с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. М.: РУДН. 2017. С. 339—341.
22. Стародубцев В.В., Акатьев С.В., Мусаев А.В., Шиянов С.М., Куранцов О.В. Моделирование упругих волн в виде импульсного воздействия (восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – четверть круга) в полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 1. С. 36—40.
23. Куранцов В.А., Стародубцев В.В., Мусаев А.В., Самойлов С.Н., Кузнецов М.Е. Моделирование импульса (первая ветвь: восходящая часть – четверть круга, нисходящая часть – линейная; вторая ветвь: треугольник) в упругой полуплоскости с помощью численного метода Мусаева В.К. // Проблемы безопасности российского общества. 2017. № 2. С. 51—55.
24. Джинчвелашвили Г.А., Попадейкин В.В., Аксенов В.А., Блинные В.В., Доронин Ф.Л. О физической достоверности и математической точности моделирования нестационарных волн напряжений в деформируемых телах с помощью численного метода, алгоритма и комплекса программ Мусаева В.К. //

- Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго и ресурсосбережение: Т38. Материалы Международной научно-практической конференции. Выпуск XIX. В 2 т. Том 2. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет. 2017. С. 55—63.
25. Акатьев В.А., Куранцов В.В., Назаркин А.С., Еремин М.С., Кормилицин А.И. Применение волновой теории ударной безопасности для моделирования напряженного состояния (несущей способности) технических объектов с помощью комплекса программ Мусаева В.К. // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXVI Международной конференции. М.: РГГУ. 2018. С. 246—250.
 26. Акатьев С.В., Крылов А.И., Куранцов В.В., Мусаев А.В., Стародубцев В.В. Моделирование сейсмических процессов в уникальных сооружениях с помощью комплекса программ Мусаева В.К. // Высшая школа. Новые технологии науки, техники, педагогики: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука – Общество – Технологии – 2019». М.: Московский политех. 2019. С. 367—373.
 27. Мусаев В.К. Моделирование безопасности плотины Койна (Индия) с основанием (полуплоскость) с помощью волновой теории сейсмической безопасности // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Владикавказ: ГФИ ВНЦ РАН. 2019. С. 439—445.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

А. А. Саакян¹, Д. Г. Мартиросян²

Национальный университет архитектуры и строительства Армении,

¹*sahakyan.aram@nuasa.am*

²*dmartirosyan611@gmail.com*

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы преобразования энергии местного искусственного гидравлического сопротивления системы в электричество на гравитационном водоводе (регулирующая задвижка, регулятор давления) в трубе самотечного водоснабжения, без нарушения гидравлического режима водопровода.

Рекомендуется заменить регулятор на гидротурбину с таким же гидравлическим сопротивлением с функцией автоматической регулировки расхода воды в системе. В качестве примера реализации предложения рассматриваются энерго-экономические показатели гидротурбинной установки, расположенной на участке магистрального водовода «Арзакан-Ереван».

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, энергия, гидротурбина, корректирующее устройство, водопровод, индикатор энергоэффективности, возобновляемые источники энергии, управление давлением.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные, не возобновляемые первичные источники энергии, ресурсы которых весьма ограничены, продолжают занимать доминирующую роль в экономике страны. Высокий темп использования ископаемых источников энергии вызывает проблемы с загрязнением окружающей среды, в частности: загрязнение воздуха, нехватка водных ресурсов, загрязнение почвы и деградация экосистем. Учитывая увеличивающуюся численность населения страны, непрерывное потребление энергии в хозяйственной деятельности и промышленности, дальнейшее количественное (экстенсивное) развитие энергетической отрасли на основе добываемого сырья в Армении представляется нецелесообразным. Привлечение возобновляемых источников энергии для пополнения общего энергетического баланса страны является императивом времени - как с точки зрения устойчивого развития, так и в вопросе охраны окружающей среды. Водные и энергетические ресурсы являются жизненно необходимыми для жизнедеятельности человека, и подвержены регулярному экономическому, технологическому, демографическому и социальному воздействию. По некоторым оценкам, от 2-3% мирового потребления электроэнергии приходится на системы водоснабжения (WSS) [9], в то время как от 80–90% из этого используется насосными агрегатами. Это является одной из основных операционных затрат WSS [9]. Концепция ВСиВО о рациональном и эффективном использовании водных ресурсов и электроэнергии играет стратегическую роль в вопросе устойчивого развития, а также смягчения последствий/адаптаций к климатическим изменениям. Стимулированию рационального использования воды и электроэнергии в соответствии с нормативами ВСиВО препятствует наличие неразвитой инфраструктуры и эксплуатационных процедур, что особенно актуально для развивающихся стран. Более того, в соответствии с Целями развития тысячелетия (ЦРТ) [17], возникает потребность в альтернативных решениях в случае применения новых систем в 2015 году: поставлена задача сократить вдвое число пользователей, не имеющих постоянного доступа к чистой воде и основным услугам в области санитарии. В качестве возобновляемых источников энергии предлагается ввести в эксплуатацию малые гидроэлектростанции (МГЭС) на тех участках сети водоснабжения питьевой воды и хозяйственных нужд, где существует местное гидравлические

сопротивление при наличии полуоткрытых задвижек или регуляторов давления. Одновременное использование вышеперечисленных систем экономически выгодно для производства электроэнергии и водоснабжения, и является прекрасной иллюстрацией полноценного использования водных ресурсов. В прошлые десятилетия гидроэлектроэнергетика являлась одним из главных источников получения энергии из воды, сегодня вектор действия изменился - отрасль водного хозяйства рассматривается как прямой потребитель электроэнергии, что влияет на распределение водных ресурсов в контексте потребления и использования энергии [12]. Согласно исследованиям Фрейнса и других, большие **объемы** потребления энергии напрямую влияют на состояние водных ресурсов в мире, что в свою очередь является причиной климатических изменений. Согласно результатам исследований Диасу [11], рациональное использование энергии должно способствовать обеспечению устойчивого развития за счет грамотного распределения энергетических ресурсов на всех этапах преобразования. Для комплексной оценки предложения приводится пример сооружения МГЭС на трубопроводе питьевой воды «Арзакан-Ереван».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Водопроводная ветка «Арзакан-Ереван» снабжает водой некоторые административные районы города Еревана (Арабкир, Малатия-Себастья, Ачапняк, Эребуни) и пролегающие населенные пункты (Зовуни, Канакераван, Нор Ачн, Нор Гехи, Егвард и др.), водораспределительные сети. Водопровод берет начало от источника Арзакан, а на территории административной общины Гетамедж разделяется на два водопровода с разными режимами давления. Рассматривается вопрос строительства МГЭС на одной из веток вышеупомянутого водопровода, питающего северо-западные и западные районы города Еревана. В настоящее время компанией, занимающейся водоснабжением на разделительной ветке водопровода, установлена полуоткрытая задвижка для регулировки расхода воды в системе, а также для обеспечения напора в водопроводе для ряда населенных пунктов, расположенных выше основной магистрали водопровода и прилегающих к населенному пункту Нор Ачн. При наличии полуоткрытой задвижки создается местное гидравлическое сопротивление (до полуоткрытой задвижки давление в водопроводной трубе составляет приблизительно 33 метра, а после - около 13 метров). Предложение состоит в том, чтобы вместо полуоткрытой задвижки на участке водопровода установить малую гидроагрегат (МГЭС), не нарушая нормальный гидравлический режим работы водопровода. В приведенном ниже рис.1 представлен план местности по программе Google Earth, а в табл.1 представлены фактические значения давления на 12-часовой период времени, регистрируемые устройством непрерывной регистрации давления (логгер).



Рис. 1 План местности по программе Google Earth

Таблица 1

Данные регистраторов давления, установленных на исследуемом участке

| Дата исследования | Время | Зарегистрированное давление (м) | |
|-------------------|-------|---------------------------------|------------------------------|
| | | До местного сопротивления | После местного сопротивления |
| 15.09.2020 | 20:00 | 32,8 | 13,0 |
| 15.09.2020 | 21:00 | 33,2 | 12,6 |
| 15.09.2020 | 22:00 | 33,3 | 13,0 |
| 15.09.2020 | 23:00 | 33,3 | 13,0 |
| 16.09.2020 | 00:00 | 33,5 | 12,8 |
| 16.09.2020 | 01:00 | 33,8 | 12,4 |
| 16.09.2020 | 02:00 | 33,9 | 13,2 |
| 16.09.2020 | 03:00 | 33,9 | 13,1 |
| 16.09.2020 | 04:00 | 33,9 | 13,6 |
| 16.09.2020 | 05:00 | 33,8 | 13,3 |
| 16.09.2020 | 06:00 | 33,8 | 13,2 |
| 16.09.2020 | 07:00 | 33,7 | 12,6 |
| 16.09.2020 | 08:00 | 33,4 | 13,0 |

Цель предложения заключается в преобразовании искусственно созданном в локальном блоке сопротивлении гидравлической энергии в электрическую. На месте строительства малой гидроэлектростанции МГЭС (на ответвлении магистрального водопровода Арзакан-Ереван) созданы благоприятные условия для комплексного использования водэнергетического потенциала. Среднегодовой расход турбины на данном участке узла составляет $1,15 \text{ м}^3/\text{с}$. Наличие регулирующего устройства на водопроводной трубе обеспечивает заданный расход. В результате, образуется перепад давления от 20,3... до 21,4 м (таблица 1). Предложение решает проблему эффективного использования энергии водного потока. Следует отметить, что практическое использование так называемой «скрытой» энергии, образующейся на участках магистральных водопроводов питьевой воды в Республике Армения, весьма оправдано с точки зрения получения электроэнергии. Гидроэнергетический потенциал систем водоснабжения известен давно, однако не изучен должным образом. В литературе подробно описаны возможности использования микротурбин для выработки электроэнергии в системах водоснабжения ([13]). В самотечных системах, проложенных в районах с высокими уклонами рельефа, образуются высокие давления в водопроводных и распределительных сетях, тем самым создавая все предпосылки для эксплуатации данной системы в целях выработки гидроэлектроэнергии. Турбины, установленные на водораспределительных сетях, кроме выработки электроэнергии, можно использовать как системы контроля давления заменяя последние редуционными клапанами (PRV), которые являются важными инструментами для управления потери/утечки воды [16,14]. В то время, как редуционные клапаны за счет рассеивания энергии снижают давление в системе, водяные турбины могут преобразовывать избыточное давление в электроэнергию [14]. Основные преимущества рекуперации гидравлической энергии в WSSs, согласно Виейре и Рамосу [18], подразумевают повышение энергоэффективности системы за счет использования местных источников и снижение зависимости от внешней/сетевой энергии. Кроме того, рекуперация гидравлической энергии способствует общему снижению эксплуатационных расходов. Виейра и Рамос [18] в своих исследованиях подчеркивают, что применение малых гидроэлектростанций в WSSs значительно снижает стоимость их эксплуатации за счет замены многих необходимых компонентов на типичные WSSs. Основная идея заключается в замене регулирующего клапана на равную по

гидравлическому сопротивлению гидротурбину. Обсудим детали реализации предложения. В таблице 2 приведены среднемесячные расходы.

Таблица 2

| Параметры пропускания гидротурбинного агрегата | | | |
|--|--|----------|------|
| Месяц | Расход водопровода м ³ /сек | | |
| Январь | 1.20 | Июль | 1.30 |
| Февраль | 1.10 | Август | 1.30 |
| Март | 1.10 | Сентябрь | 1.05 |
| Апрель | 1.00 | Октябрь | 1.05 |
| Май | 1.10 | Ноябрь | 1.10 |
| Июнь | 1.30 | Декабрь | 1.20 |

Таким образом, гидравлические параметры данного напорного фронта составляют максимальный напор- $H_{\text{макс}} = 21,4$ м, минимальный напор- $H_{\text{мин}} = 20,3$ м.

Среднегодовой расход, согласно таблице 2, составляет $Q = 1,15$ м³/с.

При расчетном напоре, равном $H = 20$ м, мощность потока у входа турбины будет:

$$N = \rho g Q H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,15 \cdot 20 = 225632 \text{ Вт} \approx 225 \text{ кВт};$$

Принципы выбора гидротурбины

При малом напоре и относительно большем расходе (для МГЭС) следует выбрать турбину, имеющую большой коэффициент быстроходности. Из реактивных турбин таким является осевая. Из активных турбин малой мощности для пропуска относительно большого расхода, несмотря на их тихоходность, следовало бы выбрать плоскоструйную турбину. Однако на данном напорном фронте использование турбины Банки (вообще активных) нельзя, так как при наполнении турбины из-за наличия избыточного давления у выхода, турбина Банки становится очень плохой реактивной турбиной с очень низкими энергетическими показателями.

Рекомендуется установить гидротурбинный агрегат на обходной линии к задвижке, оборудованную входным и выходным задвижками, что обеспечит бесперебойную работу магистрали даже в случае отключения станции. Работа МГЭС будут контролироваться датчиками давления, установленными на участках у входа и выхода из турбины. Тем самым, будет обеспечено необходимое давление на магистрали в соответствии с требованиями водопроводной компании. При этом необходимо учитывать, что станцию рекомендовано устанавливать на магистрали питьевого водоснабжения: установка оборудования и реализация проекта должны быть проведены с учетом особых требований [4,5,8], при которых исключается загрязнение воды смазочными маслами и иными материалами. Система водоснабжения - это совокупность систем, сооружений и служб, производящих и распределяющих воду между потребителями. Распределяемая вода должна соответствовать нормам потребления, связанными с бытовым потреблением, коммунальными услугами и потребностями промышленного сектора, как по количественным, так и по качественным показателям [10].

Энергетические показатели МГЭС

Для разных элементов гидротурбинной установки применены следующие средние значения КПД: $\eta_m = 0,86$, $\eta_{ген} = 0,94$.

Мощность на валу турбины составит: $N_T = \eta_T N = 0,86 \cdot 225 = 193,5$ кВт,

а на выходе генератора: $N_{ген} = \eta_{ген} N_T = 0,94 \cdot 193,5 = 184$ кВт.

В таблице 3 представлены усредненные параметры мощности МГЭС и соответствующие им показатели среднемесячной выработки электроэнергии.

Среднемесячная мощность и выработка МГЭС

| Месяц | Мощность кВт | выработка кВт час |
|--------------|--------------|-------------------|
| Январь | 190 | 141360 |
| Февраль | 174 | 116930 |
| Март | 174 | 129456 |
| Апрель | 158 | 113760 |
| Май | 174 | 113456 |
| Июнь | 206 | 148320 |
| Июль | 206 | 153264 |
| Август | 206 | 153264 |
| Сентябрь | 166 | 119520 |
| Октябрь | 166 | 123504 |
| Ноябрь | 174 | 125280 |
| Декабрь | 190 | 141360 |
| Итого | | 1.573.474 |

Следует отметить, что использование реактивной турбины МГЭС при большой отрицательной высоте отсосывания ($h_s = -13$ м) на наш взгляд, в мировой практике предлагается впервые. В данном случае, с одной стороны исключено возникновение кавитации [4,7,8], что безусловно расценивается положительно, а с другой стороны неизвестно влияние большого давления на выходе из турбины на ее КПД, поэтому в основе наших расчетов применен несколько заниженный показатель.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве электростанции с гарантией покупки электроэнергии, произведенную МГЭС электроэнергию (табл. 3), планируется поставлять в общую энергосистему Республики Армения по ценам, регулируемым Комиссией по регулированию общественных услуг РА (в настоящее время действующий тариф 10,579 драмов РА за кВт час).

Согласно данным, приведенным в таблице, объем производимой МГЭС электроэнергии, составит не менее 1,5 млн кВтчас в год. По предварительным расчетам срок строительства МГЭС составит 24 месяца, а срок эксплуатации электростанции - 30 лет.

Ниже, в таблице 4 представлены затраты на строительство МГЭС с учетом текущих рыночных цен.

Таблица 4

Затраты на строительство МГЭС

| Наименование работ | Стоимость в Млн. драмов РА |
|---|----------------------------|
| Строительство/обслуживание трубопровода | 2,2 |
| Строительство здания ГЭС | 14,5 |
| Стоимость установки гидроагрегатов (гидротурбины, генераторы) | 18,0 |
| Трансформаторная подстанция | 10,7 |
| Строительство ЛЭП высокого напряжения | 3,0 |
| Проектно-расчетные работы | 7,0 |
| Иные затраты | 5,0 |
| Итого | 60,4 |

Согласно данным приведенным в таблице, стоимость строительства и проектирования МГЭС составит 60,4 млн драмов РА. Итог по годовым эксплуатационным расходам и доходам приведены ниже в таблице 5.

Таблица 5

Прогноз годового оборота по прибыли и тратам

| Наименование трат | Стоимость в Млн. драмов РА |
|--|----------------------------|
| Валовой доход | 15,9 |
| Заработная плата, операционные расходы, текущий ремонт и ликвидация аварий | 7,0 |
| Пошлины и прочие обязательные платежи | 0,2 |
| Амортизационные траты (с учетом 30 летнего капитала) | 2,0 |
| Иные затраты | 0,2 |
| Прибыль до уплаты налога на прибыль | 7,4 |
| Налог на прибыль | 1,5 |
| Чистая прибыль | 5,9 |

Данные о годовых расходах, представленные в Таблице 5, основаны на действующих нормативно-правовых актах Республики Армения, в соответствии с которыми налог на добавленную стоимость и налог на прибыль составляет 20% [1], а налог на имущество составляет 0,6% (от остаточной стоимости). На основе данных о строительстве и текущих операционных расходах МГЭС, ниже, в таблице 6 приведены основные финансовые показатели.

Таблица 6

Показатели финансовой эффективности

| Наименование показателей | Ед. изм. | Показатель |
|--------------------------------------|----------|------------|
| ВНД (внутренняя норма доходности) | % | 10,4 |
| СП (срок окупаемости) | год | 9,0 |

ВЫВОДЫ

На основе представленных в статье подходов можно сделать вывод, что включение возобновляемых источников энергии в общий энергетический баланс становится императивом времени. С учетом особенностей гористого рельефа на большей территории Республики Армения, для регулировки давления в сети питьевого водоснабжения и для хозяйственных нужд, водопроводной организацией зачастую в системе водоснабжения применяются меры местного сопротивления - полуоткрытые клапаны, оборудования для регулировки давления. Оснащение данных узлов специально разработанными турбинами, позволит искусственно созданную местным сопротивлением и погашенную механическую энергию преобразовать в электроэнергию. Следует отметить, что только в системе водопроводной сети города Еревана установлено более 300 полуоткрытых кранов и оборудования для регулировки давления, и при замене многих из перечисленных агрегатов можно применить подходы, описанные в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА

- Հայաստանի Հանրապետության Հարկային օրենսգիրք, ՀՕ-165-Ն, ընդունված 2016 թվականի հոկտեմբերի 4-ին:
- Մանիտարական Կանոններ և Նորմեր N2-III-U2-1, Խմելու ջուր: Ջրամատակարարման կենտրոնացված համակարգերի ջրի որակին ներկայացվող հիգիենիկ պահանջներ, Որակի հսկողություն, Երևան, 2002թ., էջ 11:

3. Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика, Стройиздат, М., 1972, с. 648.
4. Маркарян А.Я. Токмаджян В.О. Регулирование производительности насосов с целью предотвращения кавитационных явлений, М., Сборник докладов 7-ого Международного конгресса «Вода: экология и технология» 2006, «ЭКВАТЕК-2006» часть 1, с. 566.
5. Ландау Ю., Сиренко Л. Гидроэнергетика и окружающая среда. Монография. – К.: Либра, 2004 – 484 с.
6. Alliance to Save Energy. 2002. Water and energy efficiency in municipal water systems. Washington: alliance; 2002 [in Portuguese].
7. Brasil, Fundação Nacional de Saúde. Sanitation Handbook. Third edition. Brasília: FUNASA, 2006 [in Portuguese].
8. Dias RA. Impacts of equipment replacement in the energy conservation process [M.Sc. Dissertation Mechanical Engineering]. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá; 1999 [in Portuguese].
9. Cabrera E, Pardo MA, Cobacho R, Cabrera Jr E. Energy audit of water networks. J Water Resour Plan Manag 2010;136(6):669–77.
10. Frijns J, Middleton R, Uijterlinde C, Wheale G. Energy efficiency in the European water industry: learning from best practices. J Water and Clim Chang 2012;3(1):11–7.
11. Fontana N, Giugni M, Portolano D. Losses reduction and energy production in water-distribution networks. J Water Resour Plan Manag 2012;138(3):237–44.
12. Mao Y, Sheng H, Yang FQ. In: The true cost of coal. The China Sustainable Energy Program, World Wide Found for Nature; 2008.
13. Ramos JS, Ramos HM. Sustainable application of renewable sources in water pumping systems: optimized energy system configuration. Energy Policy 2009;37(2):633–43.
14. United Nations. The Millennium Development Goals Report 2011. New York: UN; 2011.
15. Vieira F, Ramos HM. Hybrid solution and pump-storage optimization in water supply system efficiency: a case study. Energy Policy 2008;36 (11):4141–8.

Секция 10. Экономика и управление в сфере строительства и недвижимости

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. П. Корчагин

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, korchaginap@mgsu.ru

Аннотация

Рассмотрен исторический аспект развития проектного управления в России, на основе анализа данных сформулированы основные конструктивные и технологические особенности объектов транспортной инфраструктуры, которые влияют на формирование и внедрение механизма управления проектами в транспортном строительстве. Отмечена сложность и отраслевые особенности формирования системы управления проектами в транспортном строительстве, приведены необходимые доказательства. Тройственность факторов производства – ресурсов, капитала и труда, в транспортном строительстве находится в сильной зависимости от сложности возводимых объектов. Этим определяются путь развития системы управления проектами и конечные экономические результаты реализации проектов строительства и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры. Организационные особенности строительства объектов транспортной инфраструктуры приводят к необходимости выработки внутренней практики управления производством, которая обеспечит достижение требуемых результатов с учётом интересов всех участников процесса реализации отраслевых инвестиционно-строительных проектов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует объективная необходимость расширения программы работ по сооружению современных объектов транспортной инфраструктуры во всех субъектах Российской Федерации. Объем финансирования инвестиционной программы по модернизации и расширению магистральной инфраструктуры Российской Федерации на период 2021 - 2030 годов запланирован в объеме 6598,3 млрд. руб. [1-3].

В ходе реализации программы планируется осуществить обновление и улучшение конструкций и технологий сооружения объектов транспортной инфраструктуры, что позволит повысить качество транспортного обслуживания при перевозках грузов и пассажиров всеми видами транспорта [4].

Для решения указанных задач специалисты используют различные приемы и инструменты проектного управления. При этом большинство инструментов управления проектами специализируется на использовании нескольких методологий, основными из которых являются Project Management Body Of Knowledge (PMBOK), Евразийский стандарт управления проектами (ЕСУП), Building Information Model (BIM), Agile software development (Agile). Все представленные методологии позволяют полностью охватить стоящие перед отраслевыми специалистами вопросы в сфере управления проектом. Но основная проблема заключается в том, что, для повсеместного внедрения современных технологий строительства на основе указанных методологий, необходимо затратить сотни миллионов рублей, поэтому в большинстве компаний, в том числе работающих в сфере транспортного строительства, используется известное всем сетевое планирование или, так называемое, каскадное планирование из PMBOK [5-7].

Известно, что планирование является важнейшим элементом системы

управления проектом. Особое внимание в планировании всегда уделялось соблюдению сроков завершения проектов, что имеет равнозначный вес, как для заказчика, так и для подрядчика. Для заказчика сроки имеют коммерческое значение, так как результатом увеличения сроков завершения строительно-монтажных работ будет потеря ожидаемого дохода, а для подрядчиков нарушение сроков выполнения работ чревато штрафами и дополнительными расходами [8].

Рассматривая риски реализации инвестиционного проекта, особого внимания требуют именно риски логистические и увеличения сроков строительства, которые наряду с риском снижения качества строительства и риском несоблюдения проектных решений относятся к строительным рискам инвестиционной фазы жизненного цикла объекта, требуют создания специального механизма управления рисками в целях их минимизации.

Поэтому планирование процесса реализации инвестиционно-строительных проектов следует начинать как можно раньше, с его помощью можно активизировать коммуникационную среду, где проявляется логика мышления и выстраивается технологическая последовательность выполнения строительно-монтажных работ. Участники проекта увидят результаты и смогут дать своевременную оценку результатов, что даст возможность создания условий для внедрения новых решений и изменений, в том числе инновационных предложений. Для подрядной организации выгода заключается в том, что она сможет выбрать альтернативные способы выполнения работ, экономить ресурсы, сократить срок строительства и в результате предложить уменьшение цены контракта, что повышает его конкурентоспособность [9,10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализировав опыт работы отраслевых предприятий и применения методов линейного анализа количественных показателей, характеризующих результаты реализации инвестиционно-строительных проектов, можно сделать вывод о том, что дальнейшее совершенствование методологии проектного управления является весьма актуальной задачей. При этом поиск решения данной задачи должен быть связан не только с повышением эффективности производства подрядных строительных организаций, а и отрасли в целом.

Известно, что количество и структура ресурсов для проведения работ напрямую зависят от масштаба проекта и от типа технологических процессов. Ресурсы представляют собой рабочую силу разных профессий и квалификации, оборудование, оснастку, материалы, узлы и др. На основании прежнего опыта строители могут изменять или заменять ресурсы, при условии не превышения согласованной сметной стоимости работ. Оптимизируя управленческие решения в области складской и транспортной логистики, а также состав и объем необходимых для реализации проекта ресурсов можно оказывать существенное влияние на сроки и конечные показатели эффективности его реализации для всех участников инвестиционной деятельности [11-13].

В современных условиях совокупность четырех элементов, определяющих собой требования к планированию в строительной фирме: конкуренция – цена – сроки – качество, превратилась в инструмент достижения производственного и финансового успеха отраслевого предприятия. Именно на стадии планирования следует решить ключевой вопрос обеспечения непрерывности использования труда и механизмов на каждом объекте, а также обеспечить сочетание графика поставки материальных ресурсов с производимыми технологическими операциями.

Объективная цена и сроки выполнения работ при условии обеспечения требуемых качественных характеристик создаваемого объекта также напрямую обусловлены возможностью применения усовершенствованных схем проектного управления [14-15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Все участники инвестиционной деятельности стремятся повысить эффективность управленческой деятельности в целях обеспечения повышения экономических результатов своей работы. Выявлен характерный фактор, воздействующий на процессы управления – искусственное ускорение строительных работ (например, за счет интенсификации), который может повлечь за собой снижение показателей экономической эффективности реализации проекта, а также отражается на качественных показателях строительства.

В таких условиях актуальность задачи совершенствования механизма управления инвестиционно-строительными проектами в транспортном строительстве становится еще более значимой, так как экономическая эффективность создается техническими аспектами управления бюджетирования и составляющих проекта. При этом следует учитывать значительный спектр вопросов, в том числе индивидуальные потребности всех участников процесса реализации инвестиционно-строительных проектов.

Вполне обоснованно, что не существует единого подхода и единой методологии к реализации всех инвестиционно-строительных проектов в транспортной сфере. Тем не менее, первой проблемной областью подобных проектов является предпроектная стадия, на которой выявляется целый ряд ошибок. Кроме того, много вопросов возникает на этапе оценки и анализа рынка в транспортных проектах. Также, уже при реализации строительного проекта, по мере роста и сложности проекта, управление им становится экспоненциально более сложным.

В теории легко достигается уровень синергии, однако, при внедрении любых методов управления проектами, часто это становится самым спорным вопросом, так как инвесторы имеют решающий голос при принятии управленческих решений. Поэтому при управлении строительными проектами в транспортной сфере важно найти баланс на уровне детализации в управлении. Применение гибких технологий управления строительными проектами – есть ключ повышения уровня экономической эффективности в строительстве [16].

Анализ итоговых показателей реализации инвестиционных проектов в области транспортного строительства показал, что календарные графики производства работ, разрабатываемые в составе проекта организации строительства, практически не соблюдаются подрядными организациями. Несоответствие проектных и фактических сроков производства строительно-монтажных работ на объекте чаще всего проявляются в ситуации, когда при разработке проектной документации не учитываются индивидуальные особенности реализации проекта. Учтенные в проектной документации решения часто становятся формальностью, подрядные организации в условиях несовершенства действующих нормативно-методических документов в области ценообразования и сметного нормирования в строительстве вынуждены самостоятельно изыскивать возможности формирования и последующего применения новых инструментов проектного управления, способствующих достижению поставленных целей.

Современные рыночные условия, в которых реализуются проекты сферы транспортного строительства, диктуют необходимость повышения эффективности управления, поскольку в конкурентных условиях залогом успеха организаций является учет отраслевых особенностей подобных проектов и способность производства строительно-монтажных работ в директивные сроки.

На практике возникает необходимость одновременной реализации ряда строительных проектов, это относится как к крупным объектам с участием нескольких подрядчиков, так к небольшим, выполняемым одним подрядчиком. При этом, команда проекта ответственна за координацию в целом для соблюдения сроков строительства на каждом объекте.

В таких случаях применяют известные методы сетевого планирования, когда в результате формируется большая комплексная сетевая диаграмма. Трудность для

подрядчика заключается в том, что на новых объектах необходимо применять ресурсы из общей их совокупности «пула».

Таким образом, на стадии планирования следует решать ключевой вопрос обеспечения непрерывности использования труда и механизмов на каждом объекте, а именно избегать отсутствия рабочей силы на объекте и предусматривать эффективное дополнение в графики рабочей силы со стороны субподрядчика. Также необходимо сочетать график поставки материальных ресурсов с производимыми технологическими операциями.

Организационные особенности строительства объектов транспортной инфраструктуры приводят к необходимости выработки внутренней практики управления производством, которая обеспечит учёт всех интересов при возведении комплексных объектов. В этой ситуации проектная документация теряет роль основного руководящего документа при управлении строительством.

ВЫВОДЫ

Особую актуальность приобретает внедрение системного подхода к управлению проектами в транспортном строительстве, что будет способствовать повышению эффективности управления с точки зрения комплекса трех факторов: стоимости, своевременности и качества. Каждый из данных показателей предопределяет другие, например: несвоевременность строительства является фактором, провоцирующим рост потребительской стоимости конечной продукции и изменение ее качества.

На практике несвоевременность выполнения работ сопряжено с потерями рабочего времени. С одной стороны это связано с низкой квалификацией работников, недобросовестностью поставщиков материалов и оборудования, ошибками в определении состава и объема работ, а с другой стороны несовершенством действующей нормативной базы, которая нуждается в скорейшей актуализации.

Основываясь на теоретических исследованиях и практических примерах управления проектами в транспортном строительстве, автором выдвигаются предложения, способствующие совершенствованию системы проектного управления в данной сфере:

- учет масштаба проекта и структуры технологических процессов транспортного строительства;
- учет организационно-производственных особенностей организации и режимов работы;
- регулирование продолжительности любой работы количеством ресурсов с учетом оптимистической и пессимистической оценок;
- исключение повышенной интенсивности работ путем нормативного выравнивания ресурсов;
- обеспечение непрерывности использования труда и механизмов при выполнении строительно-монтажных работ;
- применение комплексных сетевых диаграмм при одновременной реализации ряда строительных проектов.
- актуализация системного подхода в проектном управлении.

Итогом проводимого анализа является выявление закономерности, которая объясняет, как разнообразие применяемых методов управления проектами влияет на роль и значение проектной документации.

На смену графикам производства работ в составе проектной документации приходят математические модели, разрабатываемые в подрядных организациях, возрастает роль экономико-математического моделирования производственных процессов в строительстве. Это свидетельствует о качественном переходе в сфере управления строительными проектами на новый уровень, который должен учитывать влияние всех необходимых факторов на экономические показатели реализации проектов с учетом их приоритета. Новый этап развития управления в транспортном строительстве следует

связывать с понятием индивидуального проектирования организации строительства, что вызывает необходимость более широкого учета экономических показателей реализации проектов и потребности в разработке внутренних нормативов затрат ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/551365461> (дата обращения 24.09.2021)
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Режим доступа: [http:// docs.cntd.ru/document/902132678/](http://docs.cntd.ru/document/902132678/) (дата обращения: 25.09.2021).
3. Государственная программа Российской Федерации "Развитие транспортной системы". Режим доступа: <https://base.garant.ru/71843998/> (дата обращения 24.09.2021)
4. Алафинов И.С. О реформировании национального проекта «Транспортная часть комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года». Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/10937> (дата обращения 27.09.2021)
5. Соловьев В. В., Корчагин А. П. Пути повышения качества предпроектной документации в ОАО «РЖД» // Экономика железных дорог. № 3. 2014. С. 21-26.
6. Силка Д.Н. Ключевые факторы для выделения фаз цикла деловой активности в строительстве // Вестник университета. 2011. № 21. С. 210-212.
7. Хуснудинова К.М., Бикметов Р.Ш. Проблемы, возникающие при незавершенном строительстве, и пути их решения. В сборнике: Новости науки 2019. Сборник материалов VIII-ой международной очно-заочной научно-практической конференции. 2019. С. 136-139.
8. Чистякова А.П. Значение факторного анализа в условиях оценки финансового положения коммерческого предприятия // Молодой ученый. 2019. № 6 (244). С. 156-158.
9. Силка Д.Н., Бабаева М.С. Способы повышения качества и эффективности взаимоотношений участников инвестиционно-строительной деятельности. // Экономика и предпринимательство. 2018, № 1 (90), с. 682-685.
10. Полтава А.В., Корчагин А.П. Проблемы определения достоверной стоимости строительства в рамках управления проектами. В сборнике: Развитие методологии современной экономической науки, менеджмента и образования в условиях информационно-цифровых трендов. Материалы III Междисциплинарной Всероссийской научной конференции. 2019. С. 208-213.
11. Соловьев В.В., Корчагин А.П. Актуальные вопросы совершенствования системы ценообразования в строительстве в переходном периоде // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 4. С. 605-616. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.4.605-616
12. Корчагин А.П., Соловьев В.В. Актуальные вопросы применения сметно-нормативной базы 2020 года в транспортном строительстве // Вестник МИРБИС, 2020. № 3 (23). С. 151-164. DOI: 10.25634/MIRBIS.2020.3.17
13. Корчагин А.П., Полтава А.В., Соловьев В.В. Факторы безопасности как показатели качества работы транспортной инфраструктуры. В сборнике: Устойчивое развитие: общество, экология, экономика Материалы XV международной научной конференции. В 4-х частях. Под редакцией А.В. Семенова, Н.Г. Малышева. Москва: 2019, С. 369-376.
14. Герасимов М.М., Оленина Е.В., Ступникова Е.А., Цыпин П.Е. Управление проектами: учеб.пособие. М: МИИТ, 2012, - 224 с.
15. Капустина Н.В., Ступникова Е.А., Оленина О. А., Герасимов М.М. Классификация факторов риска инвестиционных проектов по развитию транспортной инфраструктуры. //Государственное и муниципальное управление. Научные записки, 2020, т.1, с.126-130.
16. Ступникова Е.А, Оленина О. А. Необходимость комплексного управления инвестиционно-строительными проектами: Всероссийская научно-практическая конференция "Тенденции экономического развития транспортного комплекса России: форсайт, прогнозы и стратегии", Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2018, с.345-349.

СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М. О. Кушнир¹, Р. Р. Акмалова²

ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,

¹kushnir.masha@yandex.ru

²akmalova.1999@mail.ru

Аннотация

Одной из важнейших составляющих экономики Российской Федерации является инвестиционно-строительная деятельность, которая обеспечивает воспроизводство основных фондов народного хозяйства, реализует потребности населения в жилье, социально-культурных объектах, дорогах, мостах. Инвестиционно-строительная деятельность – это целая технико-экономическая система, для определения динамического поведения которой, большое значение имеет вектор состояния.

В настоящее время, можно заметить, что уделено недостаточно внимания формированию статистической информационной базе инвестиционно-строительной деятельности, поэтому с этой целью был проведен структурно-динамический анализ экономических показателей инвестиционно-строительной деятельности за 2016-2019 гг.

В ходе работы использовались следующие методы экономического анализа: сравнение и способ средних величин. Сделаны выводы по динамике показателей и причинам их изменения.

ВВЕДЕНИЕ

Инвестиционно-строительная отрасль находится в постоянном поиске оптимальных экономических, технологических, организационных решений для того, чтобы предотвратить развитие кризиса в строительной сфере и определить вектор дальнейшего развития.

Несмотря на различные внешние и внутренние факторы по привлечению инвестиций, инвестиционно-строительная деятельность является фундаментом развития строительных предприятий и отрасли в целом.

Для систематического количественного описания основных аспектов инвестиционно-строительной отрасли проводится структурно-динамический анализ основных экономических показателей строительной отрасли. Анализ основан на взаимосвязи показателей и объяснении направленности их развития.

Одна из главных задач данного анализа заключается в определении текущего состояния отрасли, чтобы видеть общую картину, к чему мы пришли и что имеем на данный момент. Другая основная задача заключается в определении дальнейшего развития инвестиционно-строительной отрасли по прогнозным данным.

На основе полученных результатов анализа разрабатываются направления для дальнейшего развития инвестиционно-строительной отрасли, предлагаются варианты решения выявленных проблем.

Инвестиционная сфера наиболее уязвима именно в условиях экономического кризиса. Поэтому необходимо вовремя выявить критические изменения показателей, которые сигнализируют развитие кризиса и принять соответствующие меры чтобы улучшить экономическую ситуацию в стране.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной информационной базой являются данные сайта Федеральной службы государственной статистики [1].

Анализ проводился с помощью выявления взаимосвязей между экономическими показателями, их сравнения, определения влияния на инвестиционно-строительную отрасль. Для наглядности использованы таблицы, диаграммы и схемы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе был проведен анализ ряда показателей, взятых за период с 2016 по 2019 год, и подробно рассмотрена структура затрат на производство работ.

В качестве измерителя, характеризующего развитие инвестиционно-строительной деятельности, был выбран темп роста, который показывает, как и во сколько раз изменяется показатель за рассматриваемый период.

Темп роста показателя рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{\Pi_t}{\Pi_0} * 100 \quad (1)$$

где Π_t – показатель за отчетный период,
 Π_0 – показатель за базисный период.

Анализ структуры затрат на производство работ позволяет выявить издержки производства, понять из чего складывается себестоимость продукции, рационально ли используются ресурсы предприятия, насколько эффективно ценообразование продукции и как можно его отрегулировать, чтобы повысить рентабельность производства.

Структура затрат на производство имеет свою специфику в зависимости от отраслей экономики. Смотря какие затраты преобладают в общей структуре, можно классифицировать отрасли и исходя из этого, выявить пути снижения себестоимости продукции (рисунок 1).

Например, в добывающей промышленности отсутствует сырье, поэтому в структуре затрат будут преобладать трудовые затраты, а материальные практически не учитываются. И наоборот, в обрабатывающей промышленности будут преобладать



материалы и сырье.

Рис.1. Схема взаимосвязи отраслей от преобладающих затрат

Согласно данным РОССТАТА[1] был проведен обзор структуры затрат на производство строительных работ. Затраты представлены на рисунке 2.



Рис.2. Элементы затрат на производство строит. работ

Структура затрат за 2017-2019 гг отображена в таблице 1.

Табл. 1. Структура затрат на производство строит. работ

| | 2017 | 2018 | 2019 | Среднее значение |
|--------------------|------------|------------|------------|------------------|
| Все затраты | 100 | 100 | 100 | |
| Материальные | 57,8 | 57,4 | 54,0 | 56,4 |
| На оплату труда | 19,2 | 19,4 | 22,2 | 20,3 |
| ЕСН | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,0 |
| Амортизация | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Прочие затраты | 15,2 | 15,5 | 16,0 | 15,6 |

Видно, что ежегодно больший объем в структуре занимают материальные затраты. В совокупности затрат, материальные составляют примерно 56,4%, что является свидетельством высокой материалоемкости строительной продукции. Необходимо искать пути снижения затрат, чтобы сократить расходы. Нужно делать упор на рациональное использование материалов, минимизировать незапланированные расходы материалов, пересмотреть поставщиков и найти поставки сырья с более низкой ценой.

Анализ динамики затрат на производство, представлен в таблице 2.

Табл.2. Анализ динамики затрат на произв-во строительных работ

| Показатель | Год | | | Темпы роста | | |
|-------------------------|------|------|------|-------------|-----------|-----------|
| | 2017 | 2018 | 2019 | гр.3/гр.2 | гр.4/гр.3 | гр.4/гр.2 |
| Материальные затраты | 57,8 | 57,4 | 54,0 | 0,993 | 0,941 | 0,934 |
| Затраты на оплату труда | 19,2 | 19,4 | 22,2 | 1,010 | 1,144 | 1,156 |
| ЕСН | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 1,000 | 1,020 | 1,020 |
| Амортизация ОС | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 0,964 | 1,000 | 0,964 |
| Прочие затраты | 15,2 | 15,5 | 16,0 | 1,020 | 1,032 | 1,053 |

Анализ динамики структуры затрат по элементам показал, что темпы роста затрат на оплату труда опережали темпы роста материальных затрат на 2% и 20% соответственно, что, вероятнее всего, связано с приростом численности людей, занятых при производстве строительной продукции, повышением уровня строительной продукции, а также увеличением производительности труда.

При этом, наблюдается ежегодное снижение материальных затрат: в 2018 г на 0,7%, в 2019 – на 0,6%, что является приоритетным направлением, так как рациональное

расходование всех ресурсов обеспечивает рост производства и снижает себестоимость продукции.

Единый социальный налог остался практически на одном уровне, лишь в 2019 году увеличился на 2%. Амортизация ОС колебалась тоже на одном уровне, наблюдалось снижение в 2018 и 2019 году на 3,6%. Темпы роста амортизация ОС колебались также на одном уровне (рисунок 3).

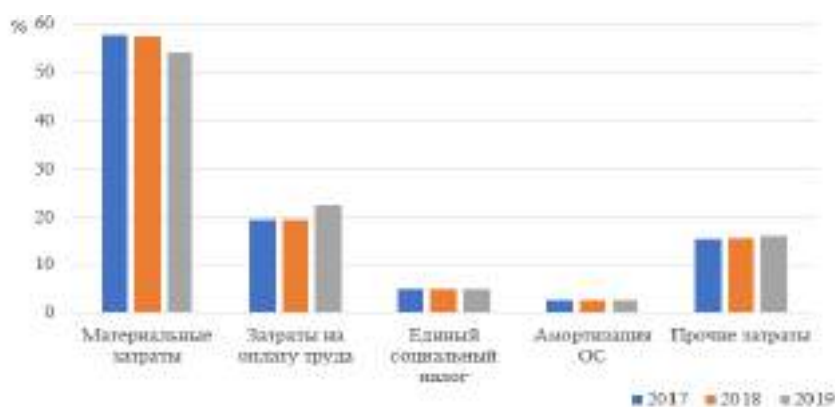


Рис. 3. Динамика затрат в период с 2017 по 2019 год

В таблице 3, на основании данных [1], представлены основные экономические показатели инвестиционно-строительной деятельности за период с 2016 по 2019 гг.

Табл.3. Показатели строительной деятельности

| № п/п | Показатель | 2016 | 2017 | 2018 | Отчёт 2019 |
|-------|--|---------|---------|---------|------------|
| 1 | Объем выполненных работ, млрд. руб.[1] | 7213,5 | 7579,8 | 8470,6 | 9132,2 |
| 2 | Среднегодовая численность занятых в строит-ве , тыс. человек[3] | 6204,8 | 6318,9 | 6390,8 | 6416,3 |
| 3 | Среднемесячная номинальная начисленная зп работников, руб.[3] | 32332 | 33678 | 38518 | 42630 |
| 4 | Сальдированный фин. результат, млрд. руб.[2] | 45,4 | 135,6 | 133,7 | 117,3 |
| 5 | Уровень рентабельности , %[3] | 2,50 | 3,80 | 3,90 | 4,50 |
| 6 | Удельный вес прибыльных организаций в общем числе, %[1] | 64,3 | 75,1 | 74,3 | 74,2 |
| 7 | Инвестиции в основной капитал , млрд. руб.[3] | 14748,9 | 16027,3 | 17782,0 | 19318,8 |
| 8 | Наличие ОФ в строит-ве , млрд. руб.[3] | 1152,0 | 1150,6 | 1116,9 | 1246,7 |
| 9 | Степень износа ОФ в строит-ве (на начало года), % [3] | 47,3 | 50,0 | 52,1 | 48,9 |
| 10 | Ввод в действие ОФ в строит-ве , млрд. руб.[3] | 117,8 | 115,7 | 190,3 | 190,4 |
| 11 | Ввод в действие зданий: число зданий, тыс.[1] | 278,3 | 272,6 | 261,1 | 305,5 |
| 12 | Кол-во зданий, сооружений, находящихся в незавершенном строительстве, тыс. [1] | 90,342 | 86,847 | 81,274 | 77,826 |

Произведем расчет «сигнальных» индикаторов инвестиционно-строительной деятельности, путем деления соответствующих показателей. Затем рассчитаем интегральный показатель по формуле 2 и X нормированное(таблица 4).

Интегральный показатель:

$$R = \frac{\sum X_{\text{норм}}}{N} = \frac{11,56}{12} = 0,96 \quad (2)$$

где X нормированное рассчитывается:

- если показатель стремится к максимуму, расчетное значение показателя отчетного периода делится на среднее ретроспективного периода ($X/X_{\text{ср}}$),
- если показатель стремится к минимуму, то наоборот ($X_{\text{ср}}/X$)

Табл. 4. Расчет индикаторов

| № | Индикатор (% к предыдущему году) | 2/1 | 3/2 | Ср. знач. | Направленность | Индикатор отчет. периода (4/3) | Xнорм |
|----|--|--------|--------|-----------|----------------|--------------------------------|--------------|
| 1 | Отношений незаверш. строит-ва к вводу в эксплуатацию | 98,14 | 97,70 | 97,92 | → min | 81,84 | 1,20 |
| 2 | Ввод в действие жилых зданий | 97,95 | 95,78 | 95,86 | → max | 109,77 | 1,15 |
| 3 | Среднегодовая численность занятых | 101,84 | 101,14 | 101,49 | → max | 100,40 | 0,99 |
| 4 | Объем работ | 105,08 | 111,75 | 108,42 | → max | 107,81 | 0,99 |
| 5 | Уровень рентабельности | 152,00 | 102,63 | 127,32 | → max | 115,38 | 0,91 |
| 6 | Удельный вес прибыльных организаций в общ. числе | 116,80 | 98,93 | 107,87 | → max | 99,87 | 0,93 |
| 7 | Сальдированный финансовый результат в строит-ве | 298,68 | 98,60 | 198,64 | → max | 87,73 | 0,44 |
| 8 | Инвестиции в основной капитал | 108,67 | 110,95 | 109,81 | → max | 108,64 | 0,99 |
| 9 | Наличие ОФ в строит-ве | 96,95 | 111,62 | 104,29 | → max | 111,62 | 1,07 |
| 10 | Степень износа ОФ (на начало года) | 105,71 | 104,20 | 104,95 | → min | 93,86 | 1,12 |
| 11 | Среднемес. номинальная начисленная зп работников | 104,16 | 114,37 | 109,27 | → max | 110,68 | 1,01 |
| 12 | Ввод в действие ОФ | 98,22 | 164,48 | 131,35 | → max | 100,05 | 0,76 |
| | | | | | | Σ | 11,56 |

Анализ динамики объема работ показал ежегодный рост общего строительного объема. В среднем объем работ растет на 8,42%, однако в последние два года темпы роста немного снижаются, индикатор отчетного периода снизился на 0,61%.

Аналогично наблюдается высокая динамика ввода в действие жилых зданий. Индикатор отчетного периода увеличился на 9,77%, что говорит о своевременном выполнении строительных работ и сдаче объектов в срок.

Положительной динамикой является уменьшение числа незавершенного строительства в отчетном году. Общее количество объектов незавершенного строительства в 2019 году составило 77,826 тыс. объектов, что на 3,448 тыс. объектов или на 18,16 % меньше, чем в 2018 г. Количество «брошенных объектов» и «долгостроя» сокращается, что является, безусловно, плюсом.

Наблюдаются резкие колебания сальдированного финансового результата. В 2017 году наблюдалось максимальное значение показателя – 135,6 млрд.руб (прирост 198,68%), а в 2018 году показатель уменьшился на 1,4% или на 1,9 млрд.руб. по сравнению с предыдущим годом. В 2019 году убыль уже составила 12,27% или 16,4 млрд.руб. Резкие колебания показателя можно объяснить снижением спроса и ростом цен на строительную продукцию. При этом идет ежегодный рост инвестиций в основной капитал – что говорит о подъеме инвестиционной активности в строительной сфере (прирост в отчетном периоде составил 8,64%).

Показатель рентабельности ежегодно увеличивался и в отчетном периоде повысился на 15,38%, что говорит о положительной динамике, при этом резких колебаний не было в отличие от показателя финансового результата. Рост рентабельности говорит об эффективном использовании денежных средств и имущества предприятия.

С 2016 по 2019 гг шел рост численности занятых в строительстве, средний прирост составил 1,49% - что является положительной динамикой. Это можно объяснить ежегодным увеличением среднемесячной номинальной заработной платы работников строительства, повышением востребованности специалистов в области строительства.

Наблюдается отрицательная динамика в ежегодном снижении удельного веса прибыльных организаций. В отчетном году убыль составила 0,13%. Убыль незначительна, однако необходимо обратить на это внимание. Полагаем, что снижение связано с резкими скачками финансового результата.

Что касается степени износа основных фондов, прослеживается отрицательная динамика: в отчетном периоде износ увеличился на 6,14%. Из-за износа основных фондов растет время простоя оборудования во время ремонта, растут затраты на его техническое обслуживание и снижается производительность труда. Процент износа незначительно колеблется в пределах 52%. Высокая степень износа ОФ является одной из причин низкой конкурентоспособности российских предприятий.

ВЫВОДЫ

Исходя из проведенного структурно-динамического анализа, пришли к выводу, что индикаторами кризиса инвестиционно-строительной деятельности являются: сальдированный фин. результат, удельный вес прибыльных организаций, степень износа ОФ. Интегральный показатель $R = 0,96 < 1$, это говорит о том, что в строительной сфере наблюдается кризис в пределах «сигнального горизонта». Необходимо уделить особое внимание индикаторам – сигналам кризиса и разработать мероприятия по их приведению в оптимальное состояние.

Структурно-динамический анализ в целом показал, что необходим комплексный учет, регулярный мониторинг и объективная оценка экономических показателей инвестиционно-строительной деятельности чтобы разработать вектор дальнейшего развития отрасли и вовремя выявить отрицательные изменения показателей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность преподавателю Тюменского индустриального университета доценту, к.э.н. Васильеву Евгению Владимировичу за консультации при создании данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральная служба государственной статистики. Строительство : [сайт]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/folder/14458> (дата обращения: 25.09.2021). – Текст : электронный.
2. Национальная ассоциация нефтегазового сервиса: аналитика, прогнозы, статистика [сайт]. – URL : <https://nangs.org/analytics/rosstat-o-finansovykh-rezultatakh-deyatelnosti-organizatsij-v-2018-godu> (дата обращения: 25.09.2021). – Текст : электронный.
3. Строительство в России. 2020: Стат.сб. /Росстат. – М., 2020. – 113 с. — URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1633424768&tld=ru&lang=ru&name=Stroitelstvo_2020.pdf&text=Основные%20экономические%20показатели%20по%20виду%20деятельности%20«Строительство»&url=https%3A%2F%2Frosstat.gov.ru%2Fstorage%2Fmediabank%2FtASKTSkO%2FStroitelstvo_2020.pdf&lr=55&mime=pdf&l10n=ru&sign=d1c7cb57854f4b65c02889289d19c616&keyno=0&nosw=1/ (дата обращения: 26.09.2021) Текст : электронный.
4. Королева М.А. Экономика строительного предприятия : учебное пособие / М. А. Королева, Е. С. Кондюкова, Л. В. Дайнеко, Н. М. Караваева. –М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 202 с.–Текст : непосредственный.
5. Положения по бухгалтерскому учету «Расходы организации» ПБУ 10/99 от 06.05.1999 Приказ Минфина России от 06.05.1999 N 33н (ред. от 06.04.2015): [сайт]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12508/0463b359311dddb34a4b799a3a5c57ed0e8098ec/ (дата обращения: 23.09.2021). – Текст : электронный.
6. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ред. от 27.11.2018) : [сайт]. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/ (дата обращения: 23.09.2021). – Текст : электронный.
7. Анализ себестоимости продукции (работ, услуг) : [сайт]. – URL : https://www.cfin.ru/management/finance/cost/cost_value-02.shtml (дата обращения: 27.09.2021). – Текст : электронный.
8. Яковлев, А. Е. Методы экономического анализа в работах современных экономистов / А. Е. Яковлев, Г. К. Габдуллина. –Текст : непосредственный //Вестник экономики, права и социологии. – 2013. – № 3. – С. 103-107.
9. Сибирская, Е. В. Структурно-динамический анализ инвестиционно-строительного комплекса РФ / Е. В. Сибирская, Л. В. Овешникова. –Текст : непосредственный //РЕГИОН: системы, экономика, управление. – 2017. – № 1. – С. 10-16.
10. Кондрашова, Н. В. Методические положения экономического анализа динамики показателей деятельности организации / Н. В. Кондрашова, Е. В. Ендовицкая. –Текст : непосредственный //Вестник ВГУИТ. – 2013. – № 1. – С. 1-6.
11. Абдурахманов, Д. Б. Система динамических показателей для анализа и оценки эффективности использования ресурсного обеспечения и хозяйственной деятельности строительного предприятия / Д. Б. Абдурахманов. –Текст : непосредственный //Транспортное дело России. – 2010. – № 6. – С. 71-76.
12. Пенюгалова А.В., Яковенко С.Н., Мамий Е.А. Теория экономического анализа: учеб. пособие. – Ростов н/Д.: Феникс, Краснодар: Неоглори, 2008. – 183 с.–Текст : непосредственный.
13. Теория экономического анализа учебное пособие / Под. ред. к.э.н. Казаковой Р.П., к.э.н. Казакова С.В. – М.: Инфра-М, 2008. – 237 с. –Текст : непосредственный.
14. Басовский Л.Е., Лунева А.М., Басовский А.Л. Экономический анализ: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 203. – 222 с. –Текст : непосредственный
15. Бовыкин В. И.Формирование финансового капитала в России конец XIX в. - 1908 г. / В. И. Бовыкин ; отв. ред. д-р ист. наук В. Я. Лаверычев ; Академия наук СССР. Институт истории СССР. - Москва : Наука, 1984. - 287 с. –Текст : непосредственный.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ

В. В. Глазкова¹, А. В. Белоконов²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹GlazkovaVV@mgsu.ru

²Mr.alexbelokonov@mail.ru

Аннотация

При планировании стоимости строительства объекта на предпроектной стадии, когда отсутствует полная и точная технологическая и конструктивная информация по объекту, применение сметных нормативов для расчета стоимости строительства объекта и обоснования планируемых инвестиций является неактуальным. В этой связи основные участники строительства объекта вынуждены искать эффективные методы определения цены строительства на предпроектной стадии, в том числе, используя зарубежный опыт в этом вопросе. Целью статьи является рассмотрение зарубежных методических подходов к определению планируемой стоимости строительства объектов на предпроектной стадии. Предметом исследования является процесс определения планируемой стоимости строительства объектов на предпроектной стадии. Результатом анализа международного практического опыта в рассматриваемой предметной области, проведенного в настоящей статье, является вывод, что в основу оценки планируемой стоимости строительства объектов на предпроектной стадии можно заложить механизм определения стоимости по объектам-аналогам с учетом укрупненных нормативов затрат на строительство этих объектов.

ВВЕДЕНИЕ

С осени 2020 г. основным нормативным документом, регулирующим на территории нашей страны порядок определения сметной стоимости строительства объектов, выступает «Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации» (принята взамен МДС 81-35.2004; далее по тексту статьи - Методика) [8]. Несмотря на проделанную работу по реформированию системы ценообразования в строительстве, ряд экспертов отмечает, что представленные в Методике [8] положения не в полном объеме раскрывают порядок определения планируемой стоимости строительства объекта на этапе обоснования инвестиций. И если для объектов с государственным финансированием нет другой альтернативы, как использование основных положений Методики [8], то для проектов по строительству объектов с участием частного капитала компании могут руководствоваться и другими методическими положениями для определения стоимости строительства.

Стоит отметить, что на этапе обоснования инвестиций для объекта строительства характерно отсутствие детальной и полной информации о применяемых на объекте конструктивных решениях, а также о технологиях и ресурсах, которые планируются к использованию [10, 11], что затрудняет использование сметных норм при расчете стоимости строительства объекта. Методикой [8] на предпроектной стадии строительства объекта для определения планируемой стоимости строительства предлагается использование укрупненных нормативов цены конструктивных решений (НЦКР). Однако на текущий момент представленная в Федеральном реестре сметных нормативов база НЦКР очень ограничена: к настоящему моменту в реестр входит только один сборник НЦКР, это сборник НЦКР 81-02-22-2014 «Автомобильные дороги» [9]. Следовательно, для случаев, когда положения Методики [8] являются обязательными к выполнению

(например, в ситуациях финансирования строительства объектов за счет бюджета), необходимо решить вопрос нормативного обеспечения процесса формирования полной и достоверной величины планируемой стоимости строительства объекта на этапе обоснования инвестиций, что подразумевает необходимость разработки полного комплекта сборников укрупненных показателей НЦКР. А пока этой базы не создано, по мнению ряда авторов [2, 6, 7, 12], отдельные затраты возможно исчислять на основе проектной документации объектов-аналогов. Здесь же заметим, что в статье под планируемой стоимостью строительства понимается стоимость объекта строительства на этапе планирования (обоснования) инвестиций в объект строительства на основе применения укрупненных нормативов цены строительства [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ситуациях, когда для строительства объектов используется частный капитал, компании стараются самостоятельно решить вопрос с определением планируемой стоимости строительства объекта на предпроектной стадии. Однако такой внутрикорпоративный формат решения предполагает, в большинстве случаев, отсутствие обмена практиками с другими игроками отрасли. Закрытость в данном вопросе связана с политикой конфиденциальности компаний. Но такой подход непродуктивен с точки зрения обмена лучшими практиками. Эксперты считают, что выходом из сложившейся ситуации могло бы быть создание общедоступного источника по затратам, то есть интегрированной базы данных объектов-аналогов, при обеспечении необходимого уровня конфиденциальности, с учетом удачного опыта создания подобных баз данных за рубежом [12].

Зарубежная практика оценки затрат по проекту, как и российская практика в случае финансирования строительства объектов с использованием частного капитала, исходит из положения, что, в первую очередь, инвестор несет ответственность за рентабельность своих проектов. Это положение делает инвестора наиболее заинтересованным лицом в точной и полной оценке строительства объекта еще на предпроектной стадии, следовательно, речи о жесткой регламентации применяемых методов оценки не должно идти. На первый план выходят показатели точности и обоснованности оценки, а также минимальные затраты времени на осуществление данного процесса. Автор Солин А.А. отмечает, что в зарубежных системах ценообразования создание сборников определения цен на строительство объектов является результатом запроса профессионального сообщества, участие государства в этом процессе минимально. Это отражается в характерной для зарубежных методик особенности в виде отказа от использования слова «норма» [14]. В зарубежной практике присутствует и формат определения стоимости строительства на основе сборников единичных и укрупненных расценок, учитывающих фактические данные по стоимости материалов, постоянно актуализируемых с учетом вновь внедряемых материалов и технологий, а также позволяющих применять территориальный коэффициент в зависимости от особенностей местности под строительство. Но также распространена практика создания интегрированных баз данных по проектам-аналогам, позволяющих получать актуальную информацию и более реалистично планировать стоимость и сроки строительства объекта. При этом компании, предоставляющие информацию подобным базам данных, могут делать это конфиденциально (рис.1.) [5, 6].

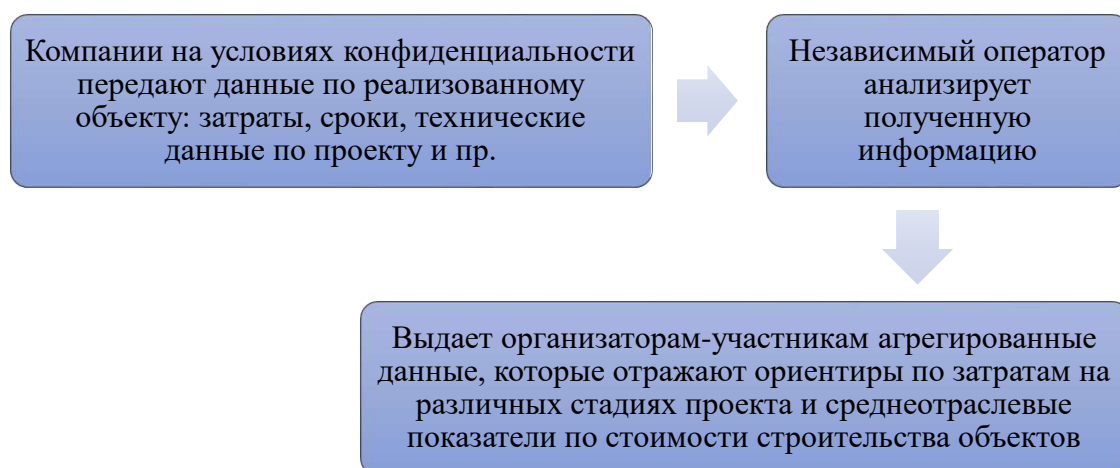


Рис.1. Этапы создания интегрированной базы данных по стоимости строительства объектов

Рассматривая в своих работах системы ценообразования США и стран Европы, автор Ржевская Т.В. отмечает, что все они достаточно сложные и многоуровневые, так как в них присутствуют элементы и базисно-индексного, и ресурсного методов, но вместе с тем, зарубежные методы оценки стоимости строительства объектов и достаточно эффективные, так как включают в себя показатели для оценки стоимости строительства на различных стадиях реализации проекта, в том числе и на стадии инвестиционного замысла и обоснования инвестиций. Автор отмечает, что широкое распространение получили такие международные стандарты классификации смет как American National Standard Institute (ANSI), American Society of Professional Estimators (ASPE), Association of Cost Engineers (UK), Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE) и Norwegian Project Management Association (NFP) [13].

В России наиболее распространенной из приведенного перечня стала классификация ААСЕ (Международная Ассоциация развития стоимостного инжиниринга). Методология оценки стоимости строительства в соответствии с этой классификацией предполагает выбор метода оценки проекта в зависимости от стадии проекта. На прединвестиционной стадии (класс 5) классификация ААСЕ предлагает использовать параметрические модели для оценки планируемой стоимости объекта или оценку стоимости объекта по аналогу. На предпроектной стадии (класс 4) уровень инженерной проработки проекта должен составлять от 1% до 15% от полного объема проработки проекта, следовательно, включать в себя описание мощности объекта, основных технологических процессов, спецификации оборудования, эскиз генплана. Для оценки планируемой стоимости объекта на этой стадии предлагается использовать методы моделирования объекта, факторную оценку, параметрические модели [13]. На практике, в большинстве случаев для этого класса оценки используется метод моделирования, который включает в себя четыре основных этапа (рис.2.).

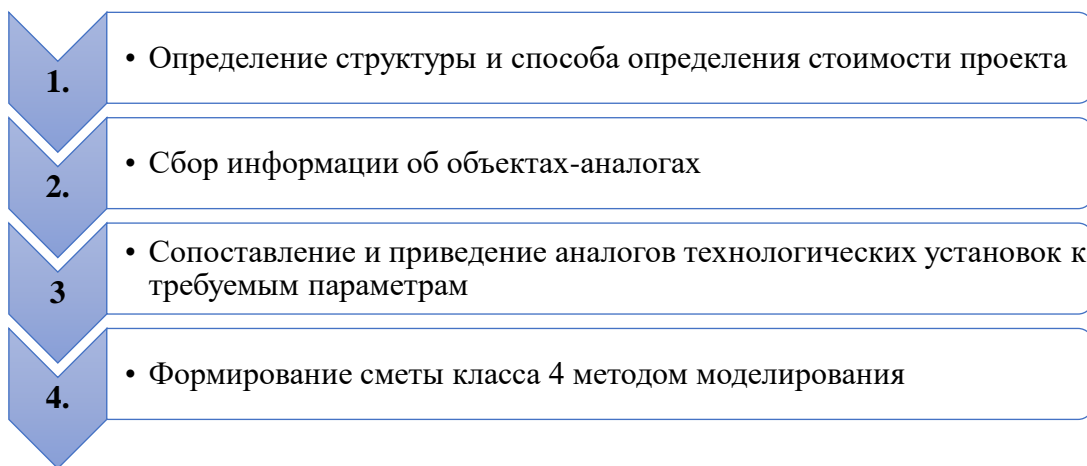


Рис.2. Этапы оценки стоимости строительства объекта для 4 класса оценки в соответствии классификацией ААСЕ (предпроектная стадия)

Для 3 класса оценки, когда объем проработки проекта составляет от 10 до 40%, классификация ААСЕ предлагает использовать для определения стоимости строительства объекта единичные расценки на укрупненные виды работ, а также закладывать стоимость оборудования длительного цикла изготовления. Для 2 и 1 классов оценки, используемых для целей контроля на стадии реализации проекта, применяется детализированная удельная стоимость с точной оценкой объемов работ. Ряд авторов (Прохорова Ю.С., Каракозова И.В. и др.) считают, что использование «данной системы (ААСЕ) улучшает взаимодействие между заинтересованными сторонами в реализации объекта от стадии зарождения идеи до момента ввода в эксплуатацию» [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ международного практического опыта в области оценки планируемой стоимости объекта на предпроектной стадии показал, что в основу такой оценки можно заложить механизм определения стоимости по объектам-аналогам с учетом укрупненных нормативов затрат на строительство этих объектов. Также отметим, что с учетом недостаточной разработанности в нашей стране базы укрупненных нормативов цены конструктивных решений, крупными российскими отраслевыми компаниями, реализующими проекты без участия государства, на сегодняшний момент уже активно внедряются зарубежные методы оценки [1, 3, 15].

ВЫВОДЫ

В качестве заключения следует отметить разнообразие международных методов оценки стоимости строительства объектов. В зависимости от сложившейся в стране практики оценки стоимости строительства и системы ценообразования, наличия и полноты банка данных объектов-налогов и других факторов осуществляется выбор в пользу того или иного метода определения планируемой стоимости строительства объектов на предпроектной стадии. Однако большинство из них склоняется к использованию данных объектов-аналогов для определения планируемой стоимости строительства объектов на предпроектной стадии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоконов А.В., Глазкова В.В. Анализ методических подходов к расчету стоимости строительства объектов нефтегазового комплекса и направления их совершенствования. // Управленческий учет. - №5. – 2021. – С.23 – 28.
2. Горелова А.В. Совершенствование методов формирования и оценки стоимости линейно-протяженных объектов недвижимости газификации на ранних стадиях инвестиционно-строительного процесса. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (строительство). М., 2015 г. – 25 с.

3. Гнибидин В.Н., Рахматуллин В.Н. Исамаков Р.А., Ванчухина Л.И. Лейберт Т.Б., Халикова Э.А., Матвеева Ю.Г., Рахматуллина В.Г. Совершенствование методических подходов расчета сметной стоимости строительства скважин на нефть и газ на основе ресурсного метода. // Экономика и управление. - №4. – 2012. – С. 66-71.
4. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ.
5. Дубовицкая Е.А., Ткаченко М.А. Проблемы оценки стоимости нефтегазовых объектов // Вестник ПМСОФТ. . - 2015. - № 11. - С. 16-20.
6. Дубовицкая Е.А., Ткаченко М.А., Атнагулов А.Р., Рахмангулов Р.Д., Киреев Г.А., Гизбрехт Д.Ю. Практические рекомендации по оценке стоимости строительства нефтегазовых объектов // Экономика, управление, право. - №9. – 2015. – С. 18-22.
7. Игнатова Т.В. Определение предполагаемой стоимости объектов капстроительства на предпроектной стадии // Цена строительства. – 2020. - С.87-93.
8. Методика определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации. Утверждена приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 04.08.2020 г. №421/пр. 116 с.
9. Методика по разработке и применению укрупненных нормативов цены строительства, а также порядка их утверждения, утвержденная приказом Минстроя России от 29.05.2019 № 314/пр.
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 ноября 2016 года № 1159 «О критериях экономической эффективности проектной документации».
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
12. Прохорова Ю.С. Организационно-экономический механизм управления стоимостью строительства объекта в условиях государственного инвестирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство)). М., 2020 г. – 231 с.
13. Ржевская Т.В. Методы определения стоимости строительства на предпроектной стадии: международный опыт // Вестник государственной экспертизы. - №2. – 2020.
14. Солин А.А. Анализ зарубежного опыта разработки и применения сборников цен на строительные работы. – 2015.
15. Тепляков Н.Ф., Шульгин Е.В., Пислегин М.Н. Использование вероятностного подхода к оценке затрат на обустройство месторождений при подготовке инвестиционных проектов разработки активов на стадии геолого-разведочных работ // Журнал «PRОнефть». - 2016. - №1 (1). - С. 75-80.

ОСОБЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗОНЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РФ

Д. З. Искандаров¹, С. М. Бороздина²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*iskandarovdaler@gmail.com*

²*svet_g88@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы особых экономических зон (ОЭЗ), как инструмента экономического развития строительной отрасли. Особое внимание уделяется промышленному и инфраструктурному строительству во взаимодействии с ОЭЗ. Проведен анализ стратегических документов развития, которые определяют задачи и инструменты для достижения целевых показателей в различных сферах строительства. Составлена модель интеграции ОЭЗ и инвестиционно-строительной сферы (ИСС), где особое место занимает кластерная форма взаимодействия. В рамках анализа составлена сравнительная характеристика кластеров ОЭЗ. Определены ключевые особенности, а также сходства и различия кластеров и ОЭЗ в рамках ИСС. Авторы статьи предлагают особый вид организационно-экономического интегрирования ОЭЗ в ИСС, в котором станут преобладать кластерные формы объединений предприятий. Результатом работы являются модель интеграционно-эволюционного процесса, методические положения и рекомендации, которые могут быть применены в рамках реализации задач, изложенных в программах стратегического развития строительной отрасли на текущий и ближайший периоды.

ВВЕЕНИЕ

На сегодняшний день строительная отрасль находится в неоднозначном положении, вызванной ухудшением макроэкономической конъюнктуры. Существенное влияние оказало введение санкций и пандемия ковида, которые снизили инвестиционную активность и привели к снижению спроса на строительство в промышленном и коммерческом секторах [2,14]. Однако, несмотря на это, отрасль все равно демонстрирует незначительный рост, согласно данным Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) объем строительных работ, выполненных в 2020 году составил 9497,8 млрд. рублей, что выше уровня прошлого года на 0,1% в сопоставимых ценах на период, также выросла доля валовой добавленной стоимости (ВДС) в валовом внутреннем продукте (ВВП), 5,7% в 2020 году и 5,5% в 2019 г. соответственно [2]. Сохранение темпов роста в отрасли обусловлено тем, что существует стабильный спрос на жилищное строительство, подкрепленный льготной ипотекой и программами социальной поддержки различным категориям семей, граждан и т.д.

Таким образом, выходит, что отдельные сферы отрасли, в частности, жилое строительство сохраняют стабильное положение и справляются с колебаниями на рынке, но другие, такие как промышленное и инфраструктурное строительство ощущают изменения макроконъюнктуры острее. Поэтому, в различных документах стратегического развития строительной отрасли [5,6,7] уделяется отдельное внимание поддержке промышленного и инфраструктурного строительства, занимающего весомую долю в общем объеме выполняемых строительных работ [2]. Выделим основные направления по совершенствованию промышленного и инфраструктурного строительства, которые изложены в документах стратегического развития [5,6,7]:

1.Формирование крупных инжиниринговых компаний, которые способны к реализации сложных и уникальных объектов капитального строительства (ОКС) под ключ, то есть предприятий-интеграторов ИСС полного цикла.

2. Совершенствование системы договорных отношений между субъектами строительства, регулирующих порядок осуществления промышленного инвестиционно-строительного проекта (ИСП).

3. Использование материалоемких технологий строительства, снижающих стоимость возведения ОКС, смещение фокуса с экстенсивного пути развития на интенсификацию деятельности.

4. Разработка системы сбалансированного пространственного развития градостроительных зон и территорий, учитывающих транспортную и инженерную инфраструктуру.

5. Использование кластерного подхода в инфраструктурном и промышленном строительстве. Речь идет об ОЭЗ, промышленных парках и площадках.

Авторы статьи полагают, что ОЭЗ позволят объединить промышленное и инфраструктурное строительство в единую систему, результатом которой станет формирование кластеров предприятий ИСС, другими словами интеграторов полного цикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для разработки методических положений и рекомендаций по интеграции ОЭЗ в кластер в промышленном и инфраструктурном строительстве были использованы следующие инструменты исследования: анализ, сравнение, изучение и обобщение, моделирование.

Ключевая особенность ОЭЗ в том, что это управляемые структуры отраслевого направления, которых формируется еще на стадии проектирования. Следовательно, любые ИСП, реализуемые на территории ОЭЗ, в особенности промышленные, должны соответствовать типу ОЭЗ, в которой они возводятся. Кластер же в свою очередь – это совокупность предприятий, которые объединены в большей степени случайно, поскольку являются самоорганизующимися системами, в которых одновременно преобладает и конкуренция и сотрудничество, подобно центростремительным и центробежным силам, которые объединяют и разъединяют кластер. В исследовании Рамазановой А.О. и Борисовой Л.А. [13], изучавших роль строительных кластеров в развитии стратегических преимуществ отечественных предприятий строительного комплекса, авторы отмечают, что строительной отрасли характерна кластеризация, поскольку строительство – это национальная отрасль и она в большей степени подвержена международной конкуренции.

По результатам аналитической работы составлена сравнительная характеристика кластеров и ОЭЗ, представленная в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика ОЭЗ и кластеров.

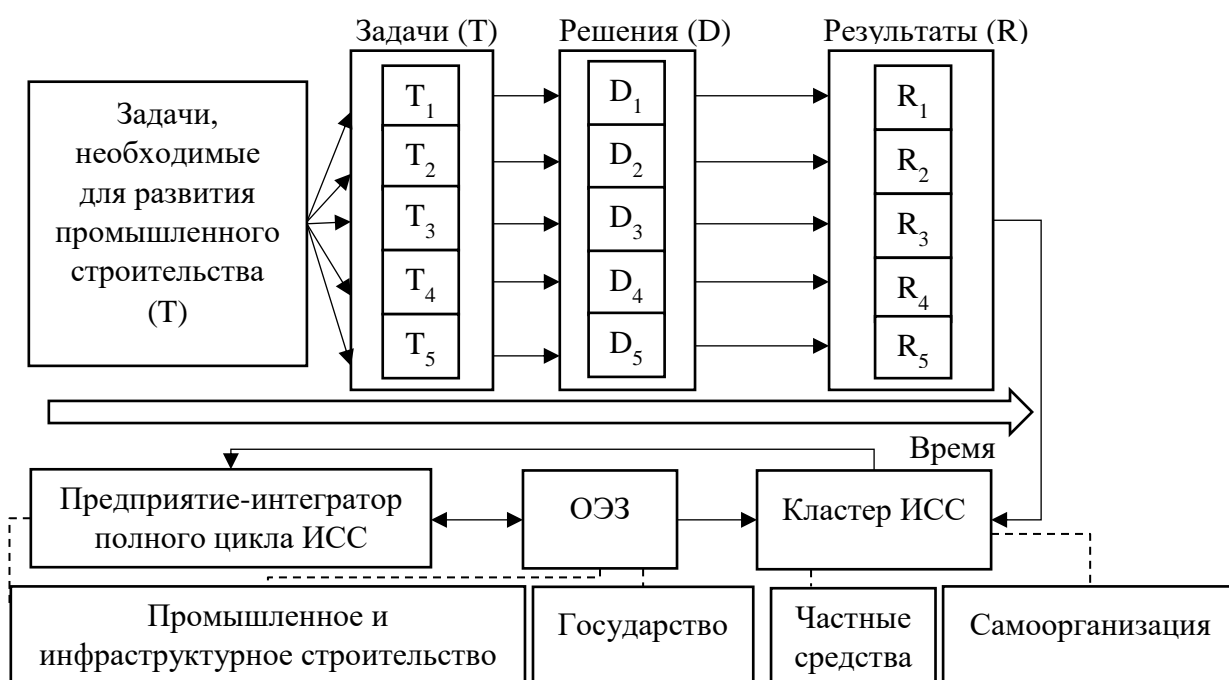
| № | Признак | ОЭЗ | Кластер |
|----|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | Единое географическое положение | Имеется | Имеется |
| 2 | Схожая отраслевая направленность | Имеется | Имеется |
| 3 | Созависимость | Отсутствует | Имеется |
| 4 | Соконкуренция | Имеется | Имеется |
| 5 | Общая ресурсная база | Отсутствует | Имеется |
| 6 | Наличие преференций и льгот | Имеется | Отсутствует |
| 7 | Готовая инфраструктура | Имеется | Отсутствует |
| 8 | Источник финансовых средств | Государственный | Частный |
| 9 | Особый юридический статус | Имеется | Отсутствует |
| 10 | Ограниченность территориальных границ | Имеется | Отсутствует |
| 11 | Срок функционирования | Ограничен | Не ограничен |
| 12 | Генерирование инноваций | Имеется | Имеется |

Характеризуя данные, можно утверждать, что у ОЭЗ и кластеров есть множество сходств, которые позволяют назвать эти структуры родственными. Ключевые различия заключаются в особой форме хозяйствования, которая присутствует в ОЭЗ и в источнике финансирования. Таким образом, вышеописанные особенности формируют необходимость в ОЭЗ, которые способны решить эти задачи. В следующем разделе исследования авторами была составлена модель интеграционно-эволюционного процесса ОЭЗ в кластер ИСС, представленная на рисунке 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель на рисунке 1, представляет собой совокупность двух взаимосвязанных структур. Первая отражает порядок целей, решений и задач, которые могут быть достигнуты при использовании ОЭЗ в роли ключевого инструмента развития промышленного и инфраструктурного строительства. Вторая структура – это демонстрация интеграционно-эволюционного процесса, разделенного на этапы, которые в итоге приведут к формированию кластера ИСС. ОЭЗ выступают как решение для каждой из этих задач, а главный результат – это образование на базе ОЭЗ кластера ИСС, который станет самоорганизующейся системой, обеспечивающей себя за счет собственных средств.

Рисунок 1. Модель интеграционно-эволюционного процесса между предприятием-



интегратором и ОЭЗ в кластер ИСС.

Таким образом, по результатам исследования разработаны следующие методические положения и рекомендации:

1. Использование кластерного подхода – это ключевое решение для развития промышленного и инфраструктурного строительства.

2. Ориентированность ОЭЗ на продуцирование инноваций в области производства строительных материалов или создания новых технологий возведения ОКС способствует решению задачи по интенсификации отечественных предприятий ИСС

3. Наличие на территории ОЭЗ подготовленной для застройки территории и возможности подключения к инженерно-технической инфраструктуре позволит добиться снижения стоимости реализации промышленных ИСП, которые имеют серьезные требования к сопутствующим инфраструктурным проектам.

4. Совершенствование системы договорных отношений между государством и предприятием-интегратором полного цикла ИСС. ОЭЗ обладают особыми механизмами взаимодействия (принцип «одно окно») и ГЧП, которые необходимо имплементировать в развитие промышленного и инфраструктурного строительства.

5. Развитие аппарата ГЧП и предприятий-интеграторов ИСС реализующих промышленные и инфраструктурные ИСП, позволит решить задачу, связанную с неопределённостью финансовой ответственности за ОКС, реализуемые на средства совокупных бюджетов государства и частных партнеров.

ВЫВОДЫ

Авторы статьи полагают, что развитие промышленного и инфраструктурного строительства лежит во взаимодействии с ОЭЗ, которые при благоприятном исходе могут трансформироваться в кластер ИСС. Подобный интеграционно-эволюционный процесс позволит решить множество сопутствующих задач, связанных с разработкой новых материалов и технологий, совершенствованием системы долгосрочных концессионных соглашений, решением неопределенности в разграничении ответственности между промышленным и инфраструктурным ИСП.

Практическая значимость модели, методических рекомендаций и положений в их применимости для решения задач по развитию промышленного и инфраструктурного строительства. Результаты исследования дают ясную картину того, как связаны задачи и решения с возможными результатами при использовании ОЭЗ, как ключевого инструмента в формировании кластеров предприятий ИСС. Авторы статьи обозначают, что ОЭЗ – это промежуточный этап, который лежит между поддержкой предприятий-интеграторов полного цикла и образованием кластера ИСС.

Дальнейшие исследования должны строиться на изучении и разработке отдельных элементов нового организационно-экономического механизма, который обеспечит интеграционно-эволюционный процесс трансформации. Авторы считают, что в будущем синтез преимуществ кластеров и ОЭЗ, приведет к формированию нового типа бизнес-объединения, которое станет «локомотивом» экстенсивного и интенсивного развития отечественного строительства на долгие годы вперед

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об особых экономических зонах Российской Федерации от 22.07.2005. №116-ФЗ (последняя редакция).
2. Федеральная служба государственной статистики. Строительство в России 2020: Статистический сборник//Росстат. - М., 2020. – 113 с.
3. Постановление Правительства РФ от 13.02.2006 N 83 (ред. от 22.05.2020) "Об утверждении Правил определения и предоставления технических условий подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения и Правил подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения.
4. Правительство Российской Федерации. Стройкомплекс Российской Федерации: итоги 2020 года // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://nostroy.ru/news_files/2021/01/13/%D0%98%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8.pdf (дата обращения 15.10.2021.)
5. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://stroim.mos.ru/uploads/user_files/files/str_2030.pdf (дата обращения: 18.10.2021 г.)
6. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/672/V-Strategiya-na-sayt-i-GASU.pdf> (дата обращения: 16.10.2021 г.)
7. Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года. // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Strategiya_PSM.pdf (дата обращения 15.10.2021 г.)
8. План деятельности министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на 2021-2023 гг.

- Федерации на период с 2019 по 2024 год // [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/a6d/4_-05.03.2020_3_P_01.pdf (дата обращения 15.10.2021 г.)
9. Бизнес-навигатор по особым экономическим зонам России – 2020», «подготовленный авторским коллективом Ассоциации развития кластеров и технопарков России при поддержке Министерства Экономического развития РФ» [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/5cdf79d1b333894973750b98b4cc9f10/Business_Navigator_2020.pdf
 10. Васильева М.В. Роль инновационных кластеров в процессе интернационализации фирм // «Вопросы современной экономики» 2013. №3. С.19-35.
 11. Котлярова С.Н., Девярых Я.Ю. «Использование кластерного подхода в регулировании инвестиционной деятельности». // Экономика региона. 2013. №1. С.178-188.
 12. Кудрявцева В.А., Корнилова А.Д. Развитие регионального комплекса на основе кластерного подхода // «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость». 2014. №4. С. 31-36.
 13. Рамазанова А.О., Борисова Л.А. «Строительные кластеры как основа формирования стратегических преимуществ российских предприятий строительного комплекса». // «УЭПС: управление, экономика, политика, социология» 2016. №1. С. 13-18.
 14. Деловой климат в строительстве во втором квартале 2021 года. – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 10 с.
 15. IV ежегодная конференция представителей стройкомплекса атомной отрасли России // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/na-mezhdunarodnom-stroitelnom-chempionate-otkrylas-iv-ezhegodnaya-konferentsiya-predstaviteley-stroy/> (дата обращения 15.10.2021)

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИСПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ЗАКАЗА

Р. Р. Козаков

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
kozakov-2001@list.ru*

Аннотация

Строительство следует относить к тем видам деятельности, которые характеризуются повышенной опасностью. Причиной, с точки зрения исполнения строительно-монтажных работ, могут послужить: незапланированные дефекты конструктивных и ограждающих элементов зданий и сооружений; производство строительно-монтажных работ в условиях жестких условий внешней среды; нарушение безопасности труда на строительных объектах в виду наличия у строительных организаций n-го количества внештатных основных рабочих-строителей, не получивших азы безопасности трудовой деятельности; непосредственное взаимодействие рабочих строительной организации с негативно влияющими на здоровье человека строительными материалами, работа с которыми требует определенной подготовки (стекловата, различные смеси и растворы требуют от рабочих использования средств защиты органов дыхания (респираторов), однако в силу разных причин данным требованием пренебрегают) и другие причины. С точки зрения потребителей, помимо вышеуказанных случаев незапланированных дефектов конструктивных и ограждающих элементов здания, возрастает необходимость защиты потребительских прав на получение качественного, достойного жилья, создания и реконструкции объектов социальной инфраструктуры, культурного наследия народов РФ, образовательных учреждений и других объектов, влияющих на жизнедеятельность граждан. Речь идет не о достижении исполнителями строительно-монтажных работ минимально допустимых нормативно-правовыми актами РФ характеристик объекта, а о постоянном их повышении в сторону качества. Достижение данной планируется осуществить в ходе государственного строительного заказа для объектов, находящихся в собственности государственных и муниципальных предприятий РФ, который, при данном уточнении, регулируется 44-ФЗ. В данном ФЗ, по мнению исследователя, присутствуют латентные причины недостаточного стимулирования повышения качества исполнения государственного строительного заказа, что вызывает необходимость создания концепции такого организационно-экономического механизма, который решал бы заявленную проблематику, что является целью исследования, которая в итоге была достигнута. Предметом исследования явился предложенный исследователями организационно-экономический механизм повышения качества исполнения государственного строительного заказа.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания концепции организационно-экономического механизма повышения качества исполнения государственного строительного заказа планируется решить ряд задач: изучение принятого 02.07.2021 оптимизационного 360-ФЗ, 44-ФЗ, Постановления Правительства №1085 и др. регулирующих государственные закупки нормативно-правовых актов; анализ тенденций правонарушений в государственных закупках; систематизация инструментов развития государственного строительного заказа; выдвижение концепции организационно-экономического механизма на основе вышеизложенных материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретико-методологической базой исследования явились труды научного характера в области государственного регулирования вида экономической деятельности: строительства, в частности, государственного строительного заказа, исследования государственных закупок РФ на основе объемных выборок статистических данных, материалы V Санкт-Петербургского международного форума контрактных отношений и др.

В исследовании применялись такие общенаучные методы, как: анализ, синтез, системный анализ, дедукция, моделирование, гипотетический метод и др.

Объектом исследования является процесс формирования и функционирования организационно-экономического механизма, направленного на повышение качества исполнения государственного строительного заказа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первое, на что стоит обратить внимание, это проверки в сфере государственных закупок. Отчетный период первого квартала 2021 г. дал следующие результаты: 12 тыс. жалоб, 3,3 тыс. внеплановых и 2,8 тыс. плановых проверок, 4 внеплановые ревизии и 30 внеплановых, на основании которых было составлено 3,5 тыс. актов, 14,8 тыс. решений и 1,7 тыс. предписаний[1]. Затем, стоит обратить внимание на результат контроля в сфере государственных закупок. ФАС провело 2,4 тыс. проверок (прирост 4% с 1-го квартала 2020 г.): 20 плановых (меньше на 17%) и 2,4 внеплановых (прирост 5%). Проверялись 6,12 тыс. способов определения поставщика, подрядчика, исполнителя, после чего в 1,7 тыс. способах (27%) выявлены нарушения[1, с.16]. Наибольшее количество дел связано с несоответствием документации о закупке законодательным требованиям (2 тыс. дел по ч.2 ст. 7.30 КоАП РФ), затем идут неправомерные отказы допуска к участию в закупке – нарушение порядка ее (заявки на участие) рассмотрения и оценки[1, с.17]. 53% (3,9 тыс.) от рассмотренных обращений в ФАС о внесении поставщика, исполнителя, подрядчика в реестр недобросовестных было удовлетворено, что в количественном выражении больше на 15%, чем в предыдущем периоде. Главной причиной стало односторонне расторжение контракта (3,3 тыс.)[1, с.18]. Общая стоимость расторгнутых контрактов за 2020 г. составила 666,96 млрд. руб. (прирост 10,5% по сравнению с 2019 г.), что эквивалентно удельному весу в параметре 7,5% в общей стоимости заключенных за период контрактов. 91,7% было расторгнуто по соглашению сторон, 7,9% по инициативе заказчика и 0,4 по инициативе поставщика, исполнителя, подрядчика[2]. По инициативе заказчика показатель вырос на 1,8 п.п., что может свидетельствовать «о возрастании уровня конфликтности во взаимоотношениях поставщика и заказчика и потенциальном снижении эффективности закупочных процедур»[2, с.53]. Основные виды нарушений в государственных закупках в 2020 г., обнаруженные Счетной палатой РФ, представлены на рисунке 1, а обнаруженные финансовые нарушения детализированы на рисунке 2.



Рис. 1. Виды нарушений за 2020 г. в сфере государственных закупок[4]

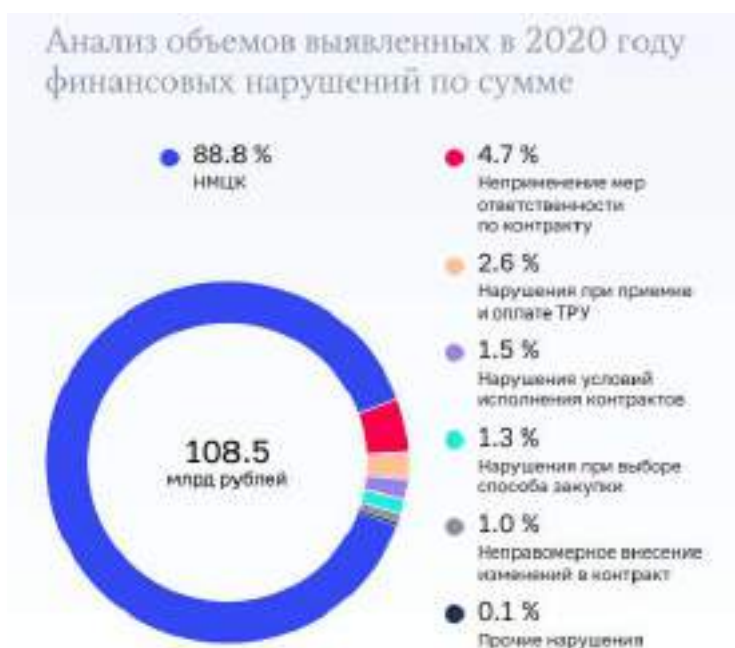


Рис. 2. Финансовые нарушения за 2020 г. в государственных закупках[4]

Согласно опросу 2019 г. 81% заказчиков и 69% поставщиков охарактеризовали эффективное проведение закупки путем качественного товара, работы, услуги и 55% заказчиков и 42% поставщиков путем соблюдения сроков[3]. Как видно из приведенных статистических данных, весьма проблематично оценивать качество исполнения государственного заказа, поскольку, во-первых, не раскрывается значение показателя «нарушение условий исполнения контракта», во-вторых, необходимо оценивать данный показатель в разрезе видов экономической деятельности, поскольку, например, не соблюдение условий исполнения контрактов при поставке медицинских препаратов сильно отличается от реконструкции здания, сооружения. Рекомендуется в последующих отчетах о проведении государственных закупок в РФ отдельно представить раздел, соответствующий проблематике не соблюдения условиям исполнения контракта при виде экономической деятельности: строительство. На основании данного раздела могут быть выявлены ключевые, не соответствующие повышению качества исполнения государственного строительного заказа, факторы, на основании которых у потенциальных исполнителей государственного строительного заказа появится представление о направленности последующих регулирующих мероприятий в данной сфере[5], что позволит постепенно наращивать конкурентные преимущества за счет стратегического

планирования по решению той или иной существующей в государственном строительном заказе проблемы. Такого рода мероприятия позволят снизить нагрузку от динамичной изменчивости законодательной базы, регулирующей государственные закупки, которая за последний год претерпела изменения[2]. Такие мероприятия рекомендуется называть «инструментами информационной осведомленности». Инструменты информационной осведомленности – это перечень инструментов, снижающих асимметрию информации в государственных закупках, который позволил бы всем действующим и потенциальным участникам государственных закупок в РФ, не зависимо от вида экономической деятельности, получать надлежащий объем информации о текущих проблемах и направлениях их возможного решения. Планируется, что применение данных инструментов позволит, во-первых, субъектам малого и среднего предпринимательства (далее МСП) более точно и менее ресурсоемко оценивать конъюнктуру государственных закупок в каждом виде экономической деятельности, в виду доступности надлежащей информации. Во-вторых, организациям скорректировать стратегическое планирование, например, в виду потенциального введения ограничений на использование того или иного ресурса при исполнении государственного заказа (если организация стремится функционировать в данной сфере). В-третьих, расширить границы для научно-исследовательской деятельности в виду предоставления надлежащей информации, позволяющей исследователям выдвинуть на рассмотрение методики, практические рекомендации, механизмы и т.д., позволяющих решить стоящие перед Правительством РФ проблемы, касающиеся регулирования в государственных закупках. В-четвертых, обозначить наиболее значимые, на определенный период, проблематики осуществления государственного заказа в различных видах экономической, что скорректирует поведение участников, поскольку обозначены, например, низкие показатели качества строительно-монтажных работ в государственных закупках увеличили соответствующие жалобы, ревизии и скорректировали список недобросовестных исполнителей, подрядчиков государственного строительного заказа. Своего рода предупреждающие мероприятия могут снизить стимулы потенциального исполнителя государственного строительного заказа выбрать низкокачественные строительные материалы, использовать внештатную рабочую силу и т.д.

Вторым типом инструментов могут выступать фискальные инструменты. Планируется, что они позволят снизить влияние наиболее сдерживающего производственную деятельность фактора – налоговой нагрузки. Если обратиться к всемирно известной «пирамиде потребностей Маслоу», где по мере удовлетворения базисных (основных, биологических) потребностей постепенно начинает появляться потребность в удовлетворении духовных (наивысших) потребностей. Проецируя ее на вид экономической деятельности: строительство, можно утверждать, что по мере удовлетворения базисных потребностей организации (платежеспособность, прибыльность, обеспеченность заказами и др.) появляется необходимость (потребность) в удовлетворении, так называемых, инновационных потребностей – потребностей, которые подразумевают развитие бизнес-процессов на основе внедрения инноваций, качественного улучшения материально-технической базы, аккумуляирования квалифицированных и компетентных специалистов и др. В качестве фискальных инструментов могут выступать: налоговые вычеты, льготные ставки кредитования, налоговые преференции и др. Алгоритм их эффективного применения весьма проблематичен. Установление требования к техническому заданию, например, использование машин и механизмов определенного экологического класса или использование при выполнении отделочных работ средств механизации или при выполнении работ по укладке бетонной смеси и др. Такие требования, очевидно, несколько противоречат антимонопольному законодательству, поэтому данные требования рекомендуется распространять на определенные типы контрактов, например, для определенной НМЦК или для категории объектов (социально значимые объекты

инфраструктуры, образовательные и медицинские учреждения и др.). Зачастую, приоритетным является обеспеченность требуемой ресурсной базой, то есть находящейся на праве собственности у строительной организации (включая лизинговые соглашения). Заемная ресурсная база (договор аренды) у строительной организации, с одной стороны, может говорить, что она не развивает качество исполнения строительно-монтажных работ и выполняет их на качественно ином уровне только при повышенных требованиях заказчика, с другой стороны, такое действие может быть экономически оправдано, ведь за счет снижения некоторого перечня издержек, присущих ресурсной базе строительной организации, находящейся на праве собственности, могут быть созданы резервы для развития качества исполнения строительно-монтажных работ. Проблематика заключается в определении истинного поведения (первая или вторая сторона) строительной организации. Однако все же необходимо предоставить данные фискальные инструменты строительным организациям, поскольку они могут быть полезны, в первую очередь, тем, кто стремится исполнить государственный строительный заказ на определенную НМЦК, что позволит им удовлетворить некоторые требования при дальнейшем исполнении государственного строительного заказа (речь идет о предыдущем успешном опыте исполнения, которое после подписания 360-ФЗ является требованием[6]). Они позволят стимулировать строительные организации к повышению качества строительно-монтажных работ, а также содействовать принципу конкуренции в государственных закупках, так как все большее количество строительных организаций получит возможность исполнения контрактов с большей НМЦК.

Третьим типом инструментов могут выступать бюджетные инструменты[14, 15]. Многими экономистами, в том числе получившими в 2021 г. Нобелевскую премию, признано, что адресная поддержка – наиболее эффективный инструмент для стимулирования производственной деятельности, поскольку снижается вероятность коррупционности и распределения средств не тем участникам рынка, которым была направлена помощь. МСП и СОНКО, очевидно, не обладают теми ресурсами и возможностями, которые позволили бы конкурировать с крупными участниками, однако, как упоминалось выше, опыт исполнения государственного строительного заказа увеличивает сравнительные преимущества строительной организации в виду удовлетворения требований к исполнителям работ. МСП или СОНКО, желающие, но не имеющие возможности, например, использовать BIM-технологии при исполнении государственного строительного заказа, являющиеся обязательными, могли бы получить субсидиарную помощь от Федерального казначейства РФ (или Минфина РФ) для, направленную на оплату соответствующих услуг или снижения расходов на их внедрение, использование. То же можно проделать с определенными машинами и механизмами, которые удовлетворяли бы требованиям экологичного производства, однако в виду своей стоимости не подвластны МСП и СОНКО. В ближайшем будущем распространятся и смарт-контракты, которые также потребуют субсидиарной помощи МСП и СОНКО в виду необходимости соответствующих ресурсов[7]. Траты бюджета объяснялись бы: помощью МСП и СОНКО, содействию экологическим требованиям, цифровизации строительной сферы РФ, снижению сроков исполнения строительно-монтажных работ и др.

Четвертым инструментом могут выступать инструменты формирования компетенций. Компетенции – тот неотъемлемый элемент выдвигаемого организационно-экономического механизма, который детерминирует повышение качества исполнения государственного строительного заказа. Для строительства компетентным сотрудником в сфере государственного строительного заказа может считаться специалист, соединивший в себе характеристики экономиста, юриста и профильного специалиста в строительной сфере. Множество правонарушений при заключении контрактов связаны с: логическими ошибками (неточное определение площади, подвергаемой уборке, в частности, включение площади под зданием), нормативно-правовыми (требование об исключении НДС из контракта) и др.[12]. Административные и др. правонарушения зачастую влекут за собой

повышенные административные расходы (оплата штрафов, работа с переоформлением документации и т.д.), что вызывает необходимость повышения общей грамотности специалистов в данной сфере, необходимо привлечь большее количество специалистов к тематическим форумам, к проявлению заинтересованности к изменениям в законодательстве и др. Это задача отчасти решается посредством центров компетенций, указанных форумов и др. Однако существует более глобальная проблема – региональная. Развитием региональных центров компетенций занимался, например, Беляев И. С., затронув в диссертационном исследовании и др. исследованиях[11] Арктическую зону РФ и недостаточную поддержку предпринимательства в данной зоне РФ. Та же проблематика может быть спроецирована на государственный строительный заказ и его развитие в регионах РФ. В экономическом центре РФ (Москва, Санкт-Петербург) данная проблема решится более быстрыми темпами, нежели, например, в регионах с наивысшей долговой нагрузкой (Мордовия, Хакасия, Удмуртия, Калмыкия и др.) по понятным причинам. Центр компетенций – это такой инструмент организационно-экономического механизма, посредством которого заказчики и потенциальные участники закупок (по другую сторону) развивают навыки не только касающиеся заключения контрактов и планирования, но и тех особенностей, присущих конкретному виду экономической деятельности. Особенно данная проблематика найдет свое отражение в момент развития смарт-контрактов и других элементов цифровых решений в сфере государственных закупок[9]. Данные нововведения будут иметь колоссальный региональный разрыв – некоторые регионы не только будут не готовы к цифровым решениям (повышенные транзакционные и административные издержки по их использованию), но и не готовы к повышению качества исполнения государственного строительного заказа за счет повышенных требований к исполнителям и подрядчикам, в виду бюджетных ограничений. Устранить образовавшуюся асимметрию информации (которая актуальна и на сегодняшний день) прогнозируемого должен решить центр компетенций, причем, необходимо учесть, что в совершенствовании качества исполнения государственного строительного и развития инфраструктуры региона заинтересован и бизнес, в частности – застройщики, поскольку присутствуют территории и объекты инфраструктуры, которые находятся под контролем государства, но которые могут оказать влияние на конкурентоспособность недвижимости (парки, сады, памятники архитектуры, дорожная инфраструктура, медицинские и образовательные учреждения и др.) – привлечение бизнеса так же поспособствует развитию компетенций участников.

ВЫВОДЫ

Повышение качества исполнения государственного строительного заказа зависит от устранения множества ресурсных ограничений (дефицит бюджета, специалистов и др.). Оперативное их устранение окажет благоприятное воздействие, как на потребителей (граждан), так и заказчиков. Предложенная концепция организационно-экономического механизма повышения качества исполнения государственного строительного заказа, представленная на рисунке 3, потенциально могла бы решить множество заявленных в исследовании проблематик, однако требует более детальной и стратегической проработки, что характеризует открытость тематики исследования.



Рис. 3. Матрица организационно-экономического механизма повышения качества исполнения государственного строительного заказа

Причем особенностью предлагаемого организационного механизма является возможность его интегрирования, как в инфраструктуру государственного заказа [10], так и в ГЧП и МЧП проекты для решения социально-экономических проблем [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аналитический отчет по результатам осуществления мониторинга закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд в соответствии с Федеральным законом от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» по итогам I квартала 2021 года // Минфин РФ. Режим доступа: https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2021/05/main/ANALITICHESKIY_OTCHET.pdf. Дата обращения: 22.10.21.
2. Система госзакупок в Российской Федерации — 2020. Ежегодный доклад [Текст] / К. И. Головщинский, М. С. Сабирова, М. И. Давыдов и др.; отв. ред. А. Т. Шамрин; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. — 70 с.
3. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Мониторинг развития системы государственных и корпоративных закупок в Российской Федерации за 2019 год» // Счетная палата РФ. Режим доступа: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/fea/fea86920fc7f4c8b39262ce74beb32d8.pdf>. Дата обращения 22.10.21.
4. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Мониторинг развития системы государственных и корпоративных закупок в Российской Федерации за 2020 год» // Счетная палата РФ. Режим доступа: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/123/442w02xo0vq4unq199jwxnr9mprow972c.pdf>. Дата обращения 22.10.21.
5. Кощев, В. А. Анализ показателей контрольных мероприятий в рамках контрактной системы и разработка мер по повышению качества объектов государственного строительного заказа / В. А. Кощев, Ю. А. Цветков // Экономика и предпринимательство. — 2021. — № 4(129). — С. 1022-1029.
6. Президент России подписал закон об упрощении и оптимизации государственных и муниципальных закупок // Минфин РФ. Режим доступа: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=37549-prezident_rossii_podpisal_zakon_ob_uproshchenii_i_optimizatsii_gosudarstvennykh_i_munitsipalnykh_zakupok. Дата обращения 30.10.21.
7. Березин, А. О. Методика определения необходимости интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы строительной организации / А. О. Березин, Р. Р. Козаков // Вестник гражданских инженеров. — 2021. — № 4(87). — С. 149-156.
8. Козаков, Р. Р. Эффективность применения государственно-частного партнерства в сфере строительства как механизма систематического решения социально-экономических проблем / Р. Р. Козаков // Экономика и управление: тенденции и перспективы : Материалы II Межвузовской ежегодной научно-

практической конференции, Санкт-Петербург, 01–02 марта 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 309-314.

9. Кошечев, В. А. Контрактная система как механизм цифровой трансформации строительных организаций / В. А. Кошечев, Ю. А. Цветков // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6(71). – С. 221-228.

10. Цветков, Ю. А. Инфраструктура государственного заказа / Ю. А. Цветков // Ученые записки Тамбовского отделения РСОМУ. – 2019. – № 15. – С. 162-173.

11. Беляев, И. С. Рост кадрового потенциала, как фактор повышения эффективности деятельности строительных организаций АЗРФ / И. С. Беляев // Государство. Бизнес. Общество. Цифровая среда: траектория взаимодействия от теории к практике : сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции., Санкт-Петербург, 29–30 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 8-10.

12. Материалы V Санкт-Петербургского международного форума контрактных отношений. 21-22 октября 2021 г. // РТС Тендер. Режим доступа: <http://www.zakaz-forum.ru/#about>. Дата обращения 31.10.21.

13. Кикавец, В. В. Практики неэффективного расхода бюджетных средств в контрактной системе в сфере закупок / В. В. Кикавец, Т. А. Вершило // Финансовое право. – 2020. – № 5. – С. 14-17.

14. Кикавец, В. В. Бюджетно-налоговый маневр в сфере публичных закупок / В. В. Кикавец // Финансовое право. – 2020. – № 11. – С. 31-34.

15. Кикавец, В. В. Планирование публичных закупок как иммунитет бюджетного процесса / В. В. Кикавец, Ю. К. Цареградская // Правоприменение. – 2021. – Т. 5. – № 2. – С. 109-119.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО ЗАКАЗА

Ю. А. Цветков

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
yuriytsvetkow@yandex.ru

Аннотация

Система государственного заказа, в частности, закупки строительных работ для обеспечения государственных нужд являются социально и стратегически важной сферой экономики страны. От своевременности, качества и эффективности возведения строительных объектов в рамках государственного заказа зависит полнота обеспечения граждан общественными благами, реализация намеченных целей и задач государства.

Несмотря на устоявшийся в последние годы механизм государственных закупок в отечественной экономике, риск невыполнения государственных контрактов все еще имеет место быть. В связи с этим, автором произведен анализ различных проблем данной сферы и разработана их классификация согласно трем направлениям: институциональные проблемы, экономические проблемы и технические (технологические) проблемы. Полученные результаты могут стать ориентиром для разработки дальнейших методических рекомендаций по совершенствованию механизма государственного строительного заказа.

ВВЕДЕНИЕ

Посредством функционирования системы государственного заказа становится возможным удовлетворение граждан в различных общественных благах, реализация социальной функции государства, достижение стратегических национальных целей. Не смотря на уже сложившийся рыночный механизм в нашей стране, роль государственного регулирования экономики все еще велика. С помощью такого косвенного регулятора, как государственные закупки нивелируются «провалы рынка», применение системы государственного заказа, особенно в кризисные периоды, способно сформировать дополнительный спрос на определенные товары, работы и услуги, тем самым стимулируя развитие экономики.

Основным законом, который регламентирует функционирование системы государственного заказа является Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 №44-ФЗ. Данным нормативно-правовым актом предусмотрено регулирование всех этапов жизненного цикла закупки: планирование, организация процедур определения поставщика (подрядчика), мониторинг, аудит, контроль. 44-ФЗ, в целом, демонстрирует свою применимость на практике, активно адаптируется к различным изменениям и трансформациям социально-экономической среды. Однако это не исключает наличия проблем и вызовов, складывающихся в данной сфере.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вид экономической деятельности «строительство» является системообразующим, без создания и развития основных фондов невозможно функционирование промышленности, социальной сферы, транспорта, торговли и т.д. Строительство объективно занимает лидирующие места по показателям объемов государственных закупок. Так в 2020 году классификация ОКПД 2 «Сооружения и строительные работы в области гражданского строительства» стала наиболее покупаемой относительно других видов деятельности и продемонстрировала общую стоимость закупок в 1957 млрд. рублей, вторую строчку занимает классификация «Здания и работы по возведению зданий» с объемом закупок 674

млрд. рублей [2]. 22% объема финансового обеспечения национальных проектов в 2020 году приходится на комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, 20% на реализацию национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», 11% на национальный проект «Жилье и городская среда» [2]. Реализация столь амбициозных проектов и масштабных объемов работ требует ответственного подхода и минимизации рисков невыполнения государственных контрактов.

В данном исследовании произведена попытка систематизации проблем реализации государственного строительного заказа по следующим направлениям: институциональные, экономические, технические. Подробно описана каждая классификация проблем. В ходе работы производился анализ положений Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 №44-ФЗ, отчеты Министерства Финансов РФ о мониторинге контрактной системы в сфере государственных закупок, исследования ученых и мнения экспертов в области государственного строительного заказа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном разделе будут выделены и проанализированы 3 направления проблем, возникающих при формировании и реализации государственного строительного заказа.

1. Институциональные проблемы

1.1. Частое изменение законодательства

Уже в течение восьми лет сложившаяся в 44-ФЗ концепция обеспечивает формирование и реализацию государственного заказа. Однако законодательство о государственных закупках ежегодно претерпевает существенные поправки, которые напрямую отражаются на специфике деятельности субъектов закупочного процесса. Отметим, что в 2019 году 44-ФЗ изменялся 8 раз, на его развитие было принято 55 нормативных актов [1]. Зачастую изменениям подлежат следующие положения:

а) Планирование закупок. В данном разделе подвергаются изменениям сами документы, отвечающие за планирование закупок. Изначально предусматривалось формирование заказчиком двух документов: план и план-график, на сегодняшний день формируется один документ – план-график. Изменяются требования к содержанию документов, а также к контролю соответствия информации, содержащейся в планах-графиках, извещениях, проектах контрактов;

б) Способы определения поставщиков, их количество и особенности проведения процедур. Так с 2019 года процедуры определения поставщиков перешли исключительно на электронный формат. Изменяется количество закупочных процедур, с 2022 года их останется всего 7 (3 разновидности аукциона, 3 разновидности конкурса и запрос котировок). Периодически происходит изменение подходов к выбору способа поставщика в зависимости от стоимости контракта и других условий. Также со временем замечается тенденция сокращения временных затрат на проведение процедур;

в) Периодическое изменение интерфейса и наполнения Единой информационной системы в сфере государственных закупок, а также проведение регламентных работ на данной платформе;

г) Изменения объемов средств обеспечения участия в конкурентных процедурах, а также обеспечения исполнения контрактов;

д) Регламентация деятельности особых субъектов предпринимательской деятельности, таких как субъекты малого и среднего предпринимательства, социально-ориентированные некоммерческие организации, естественные монополии и др.;

е) Ряд других немаловажных изменений.

Несмотря на то, что изменения законодательства направлены на совершенствование системы государственных закупок, заказчикам и подрядчикам

ежегодно приходится в сжатые сроки переориентироваться к новым условиям ведения своей деятельности.

1.2. Коррупционная составляющая

Федеральной антимонопольной службой в 2019 году было выявлено 9383 нарушения процедур определения поставщиков, в 2020 значение данного показателя несколько снизилось, но все еще остается на высоком уровне – 8200 нарушений [2]. Количество жалоб, поступивших на действия (бездействия) заказчиков и других лиц, ответственных за определение исполнителей контракта составило 87064 жалоб и 88000 жалоб в 2019 и в 2020 годах соответственно [2]. По данным аудиторов Счетной палаты более половины нарушений связано с коррупционными проявлениями [1].

В средствах массовой информации часто публикуют данные о различных коррупционных преступлениях и хищениях, выявленных в ходе реализации строительных проектов за счет бюджетных средств. Среди них можно отметить стадион «Зенит-Арена» в Санкт-Петербурге (сумма ущерба 700 млн. руб.) [3], строительство объектов военной инфраструктуры в Арктике (сумма ущерба 232,5 млн. руб.) [4], также Счетной палатой были выявлены признаки коррупции при строительстве трассы «Европа — Западный Китай», отмечено, что данный строительный проект является важнейшим для экономики, прогнозируется, что он даст российскому ВВП 2,45 трлн рублей до 2050 года [5].

Приведенные выше противоречащие законодательству примеры госконтрактов сигнализируют не только о том, что возникает риск снижения репутации рынка государственного строительного заказа, вследствие чего у потенциальных подрядчиков снижается интерес участия в торгах, но и о том, что под угрозу ставится качественное и своевременное возведение стратегически важных объектов для общества и экономики РФ.

1.3. Барьеры входа на рынок государственного строительного заказа

В ряде случаев субъекты предпринимательской деятельности выражают нежелание участвовать в поставке товаров (работ, услуг) для обеспечения государственных нужд. Причем факторами, которые сдерживают данный факт являются не только противоречия, изложенные в пункте 1.2 настоящего исследования. Для того, чтобы строительным организациям успешно функционировать на рынке государственных закупок, необходимо выполнить ряд требований, в числе которых:

- а. Получение электронной подписи, аккредитация на электронных торговых площадках, регистрация в ЕИС;
- б. Поиск лотов и подача заявок на участие в конкурентных процедурах (собственными силами или с привлечением аутсорсинговой организации);
- в. Подготовка соответствующей документации для участия в процедурах определения поставщика;
- г. Членство в саморегулируемой организации (СРО) и выполнение требования СРО;
- д. Наличие спецсчета и средств для обеспечения заявки;
- е. Конкурирование с более опытными подрядчиками;
- ж. Риск попадания в реестр недобросовестных поставщиков и др.

В силу эти и прочих причин многие подрядчики не проявляют желания участвовать в государственных закупках. Также стоит отметить, что большую часть всех строительных организаций в России составляют субъекты малого и среднего предпринимательства [6] и даже микропредприятия, которые не всегда имеют возможность нести дополнительные, в том числе транзакционные издержки.

2. Экономические проблемы

2.1. Ценообразование

Ключевым этапом контрактной системы является обоснование и формирование начальной максимальной цены контракта заказчиком, которая в дальнейшем в ходе торгов подлежит снижению. В ст.22 44-ФЗ представлены 5 методов формирования НМЦК: анализ рынка, нормативный, тарифный, проектно-сметный, затратный. Именно проектно-

сметный метод применяется для обоснования НМЦК строительства объектов за счет средств бюджета. Таким образом, участникам государственного строительного заказа для формирования цены контракта необходимо составить сметные расчеты согласно требованиям законодательства.

В настоящее время происходит реформирование системы ценообразования и сметного нормирования в РФ. Данная реформа началась с 2015 года и планировалась к завершению в течение 400 дней [10]. К сожалению, по состоянию на 2021 год не все цели и задачи реформы воплотились в практику. Основными целями планируемых изменений являются переход на ресурсный способ ценообразования и успешное использование платформы ФГИС ЦС. Предполагается, что применение ресурсного метода позволит повысить точность сметных расчетов [11], а данные о текущих ценах на строительные материалы будут аккумулироваться на платформе ФГИС ЦС, путем опубликования информации о ценах материалов производителями в разрезе регионов. Однако на момент 2021 года данная платформа наполнена соответствующей информацией лишь на 26% [12], а в новой методике определения сметной стоимости (Приказ Минстроя от 4 августа 2020 года №421/пр) наряду с ресурсным методом предусмотрены ресурсно-индексный и базисно-индексный. Таким образом, все еще отсутствует действенная система стимулирования организаций промышленности строительных материалов активно предоставлять данные о текущих ценах на свою продукцию, что сдерживает полноценное применение ресурсного подхода в ценообразовании. Все это приводит к дезорганизации системы ценообразования и сметного нормирования, а также к снижению точности обоснования НМЦК объектов в строительстве.

2.2. Демпинг

Одним из принципов контрактной системы в сфере государственных закупок, которые отмечены в статье 6 44-ФЗ обозначен принцип эффективности осуществления закупок. Эффективность госзакупок заключается, в первую очередь, в необходимости достижения заявленных закупкой результатов в условиях ограниченности ресурсов. Показатель эффективности в рассматриваемой сфере – экономия бюджетных средств, которая достигается снижением начальной максимальной цены контракта в ходе торгов. Однако стоит заметить, что снижению цены контракта существует предел, чрезмерный демпинг может отрицательно сказаться на качестве выполнения строительных работ, или вовсе поставить под угрозу исполнение контракта.

Если обратиться к Единой информационной системе в сфере государственных закупок, то можно констатировать, что экономия бюджетных средств за 2020 год в совокупности составила 6,66% [7]. Демпинговой, согласно ст. 37 44-ФЗ является цена со снижением в 25% и более. Исследователями выявлено, что снижение цены государственного контракта более, чем на 20,85% ведет к недобросовестной конкуренции [8]. Брезгина Л.В. в своем исследовании отмечает, что доля обрушений строительных объектов, связанных с низким качеством СМР, материалами и ошибками проектирования выросла с 13% в 1980-х годах, до 76% в 2015 году, при этом по отдельным лотам снижение цены достигало 34-64% [9]. В условиях демпинга подрядчикам приходится экономить не иначе как за счет снижения собственной прибыли, а порой в ущерб фонду заработной платы и качеству строительных материалов. Таким образом, демпинг в системе государственного строительного заказа не только снижает эффективность использования бюджетных средств, порождая риск повторного проведения торгов, тратя дополнительное время и создавая транзакционные издержки, но и может грозить безопасности граждан, ввиду некачественно возведенных объектов.

Причины демпинга могут быть условно-объективными, например, изначально завышение НМЦК заказчиком, стремление получения опыта выполнения контрактов подрядчиком, маркетинговые мероприятия подрядчика, так и условно-субъективными: мошенничество, сговоры, срыв процедур определения подрядчика. Несмотря на то, что в 44-ФЗ статьей 37 предусмотрены антидемпинговые меры, как показывает практика их все

еще недостаточно для того, чтобы искоренить это явление на рынке государственных закупок.

2.3. Уровень конкуренции

Известно, что конкуренция является движущей силой развития экономики. В ст. 8 44-ФЗ в том числе определен принцип обеспечения конкуренции контрактной системы. По данным отчета Министерства Финансов РФ [2] имеются следующие данные относительно конкуренции в сфере государственных закупок:

а. Среднее количество заявок на 1 лот варьируется от 2,88 до 3,39 с 2014 по 2020 годы;

б. Доля конкурентных закупок в 2020 году составила 65%, остальные 35% приходятся на закупки у единственного поставщика;

в. 47% закупок, объявленных в 2020 году признаны несостоявшимися (в 75% из них в результате были заключены контракты)

г. Из 2,2 млн. опубликованных в 2020 году извещений в 612272 случаях (27,8%) подана только одна заявка;

д. Из 2,2 млн. опубликованных в 2020 году извещений в 227987 случаях (10,4%) не подано ни одной заявки.

На основе изложенных выше данных можно сделать вывод о том, что вопрос совершенствования конкуренции в контрактной системе все еще требует внимания. Отметим, что на конкурсные процедуры приходится чуть более 2% в общем объеме конкурентных процедур, 91% приходится на электронный аукцион, 7% - другие конкурентные способы [2]. Это означает, что подавляющее большинство закупок направлено на обеспечение сугубо ценовой конкуренции, без учета неценовых конкурентных преимуществ участников. Что касается строительной деятельности, то при проведении конкурсных процедур согласно ПП 1085, значимость стоимостных критериев при оценке предложений подрядчиков составляет 60%, а неценовых критериев (опыт, деловая репутация и др.) составляет 40%. Таким образом, в настоящий момент ценовая конкуренция превалирует над неценовой в системе государственного строительного заказа, что в свою очередь может привести к отрицательным последствиям, описанным в пункте 2.2.

3. Технические (технологические) проблемы

3.1. Повсеместное внедрение BIM

Современные социально-экономические системы функционируют в условиях шестого технологического уклада, применяя достижения четвертой промышленной революции, выражающиеся в различных цифровых технологиях. Сферы деятельности с наибольшим уровнем цифровой трансформации – это сферы услуг, торговли, банки, IT-индустрия. Строительство, же в силу объективных причин и своей специфики демонстрирует относительно не высокий уровень цифровой зрелости.

Основное цифровое решение, которое актуально для использования в строительстве – информационное моделирование (BIM-технологии). Преимущества применения данной технологии исследуются многими учеными [13,14], в их числе оптимизация реализации проекта на всех этапах жизненного цикла, повышение значений экономических показателей проекта, рост качества реализации проекта в целом и др. Тем не менее, Российская Федерация все еще находится на этапе преодоления барьеров активного внедрения BIM в строительстве. Такими барьерами являются: нехватка квалифицированных кадров в области эксплуатации BIM, необходимость изменения структуры менеджмента в строительных организациях, высокая стоимость информационных технологий и т.д.

С целью стимулирования распространения BIM-технологий в строительной сфере нашей страны Правительством РФ 5 марта 2020 года было подписано Постановление № 331, регламентирующее обязательное применения BIM организациями с 01.01.2022 года, выполняющими строительство объектов за счет бюджетных средств. По состоянию на

октябрь 2021 года, в Министерстве строительства отмечают, что только 50% проектировщиков готовы к заявленным изменениям [15]. В результате, в профессиональном сообществе возникают опасения, связанные с неготовностью строительной сферы к цифровой трансформации в заданные сроки. Эксперты отмечают следующие причины: стоимость внедрения информационных технологий обходится организациям в 5-6 млн. руб., окупаемость BIM требует выполнения крупных контрактов на постоянной основе, отсутствие отечественного софта, отсутствие опыта интеграции BIM, необходимость массового повышения квалификации и обучения специалистов [16].

3.2. Материально-техническое обеспечение подрядчиков

Несомненно, обеспеченность подрядных организаций основными фондами (машинами, механизмами, оборудованием) напрямую влияет на возможность выполнения заказов, деловую активность, конкурентные преимущества и т.д. Качественная материально-техническая обеспеченность строительных организаций в кризисных условиях последнего времени становится все более актуальной проблемой.

Высокая стоимость материалов, конструкций, изделий, а также нехватка и изношенность машин и механизмов находятся в числе факторов, ограничивающих деятельность строительных организаций [17]. Такие показатели, как индекс предпринимательской уверенности, а также оценка производственной программы строительных организаций демонстрируют снижающиеся значения в последние годы [18]. Доля машин с истекшим сроком службы в 2019 году у строительных организаций имеет достаточно высокое значение, например, удельный вес изношенных экскаваторов составляет 35%, бульдозеров – 53%, грейдеров – 49,3%, скреперов – 74,6% [18]. Степень износа основных фондов в строительстве на конец 2019 года приравнивается к 48,2% [18]. Доля строительных организаций, которые не обеспечены строительными машинами и механизмами также высока, в среднем по России в 2021 году данный показатель составляет 6%, в Санкт-Петербурге, например, его значение равняется 20%, в Москве 9% [17].

Проанализировав показатели материально-технической обеспеченности организаций в строительстве, можно резюмировать, что готовность подрядчиков качественно и в срок выполнять контракты в рамках государственного строительного заказа неоднозначна, уровень обеспеченности относительно невысок.

В обобщенном виде представленная классификация проблем функционирования государственного строительного заказа представлена на рисунке 1. Причем некоторые из обозначенных проблем могут частично относиться к разным наименованиям классификации. Например, демпинг является, в основном экономической проблемой, но также может в некоторой степени иметь институциональное влияние. Обязательное внедрение BIM – технологическая проблема, но вместе с тем, имеет ряд экономических барьеров внедрения.



Рис. 1. Классификация проблем функционирования государственного строительного заказа

ВЫВОДЫ

Представленная в настоящем исследовании классификация проблем реализации контрактов в рамках государственного строительного заказа затрагивает 3 области: институциональные проблемы, выраженные в особенностях законодательного обеспечения, а также в нарушении данного законодательства; *экономические проблемы*, а именно сложности реформирования системы ценообразования, тенденций к демпингу, и не в полной мере развитая конкуренция, технические (технологические) проблемы функционирования сферы госзакупок в строительстве связаны с приближающейся обязательной цифровой трансформацией деятельности субъектов государственного строительного заказа, а также с необходимостью развития материально-технической базы подрядчиков.

Выявленные проблемы и пункты разработанной классификации не являются исчерпывающими и подлежат дальнейшим исследованиям, уточнению и развитию. Однако вопрос выявления проблем рассматриваемой тематики, по мнению автора, является актуальным. Для формирования последующих методических рекомендаций совершенствования реализации государственного строительного заказа необходима системная идентификация и анализ проблем данной сферы. При этом, решение выявляемых проблем должно лежать в плоскости удовлетворения всех субъектов контрактной системы: органов власти, общества, субъектов предпринимательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Количество нарушений при госзакупках резко возросло URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/07/28/835532-kolichestvo-narushenii>
2. Мониторинг закупок URL: <https://minfin.gov.ru/ru/performance/contracts/purchases/>
3. Следком Петербурга: Ни один крупный госконтракт не обходится без коррупции URL: <https://spb.mk.ru/social/2019/07/17/sledkom-peterburga-ni-odin-kрупnyy-goskontrakt-ne-obkhoditsya-bez-korruptcii.html>
4. «Коммерсантъ» узнал о новых махинациях военных застройщиков в Арктике URL: <https://www.rbc.ru/society/27/10/2021/617873fa9a79475027337d8a><https://www.rbc.ru/society/27/10/2021/617873fa9a79475027337d8a>

5. В России вскрылась коррупция при строительстве «нового Шёлкового пути» за 655 млрд рублей URL: <https://secretmag.ru/news/v-rossii-vskrylas-korruptsiya-pri-stroitelstve-novogo-shyolkovogo-puti-za-655-mlrd-rublei.htm>
6. Цветков Ю.А. Государственное регулирование инновационной деятельности в строительстве // Проблемы и перспективы развития научно-технологического пространства. Материалы III Международной научной интернет-конференции. В 2-х частях. 2019. С. 143-150.
7. Единая информационная система в сфере государственных закупок URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>
8. Пискарев А.И. Критерии оценки результирующих параметров: снижение, количество ценовых предложений участников в рамках гипотетической модели экспертизы экономической эффективности государственного строительного заказа // Казанская наука. 2014. № 8. С. 59-62.
9. Брезгина Л. В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Механизм управления стоимостью инвестиционно-строительных проектов на этапе проведения подрядных торгов.
10. Кощеев В.А., Цветков Ю.А. Первый опыт реформирования системы ценообразования и сметного нормирования на современном этапе // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2 (67). С. 264-268.
11. Бокачев Р.А., Ступникова Е.А., Оленина О.А. Риски и преимущества ресурсного метода ценообразования в строительстве // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2020. № 4. С. 72-76.
12. Власти ищут способы ускорить наполнение информсистемы о стройресурсах URL: https://nostroy.ru/articles/detail.php?ELEMENT_ID=20848
13. Рыбакова А.О., Харитонов Д.С. BIM-сопровождение для эффективности проектирования и строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 6 (96). С. 109-111.
14. Соловьев Д.Б., Коптилова В.Г., Катюк Д.П., Пирус А.В., Григорюк В.А., Крылова А.И. Сравнение эффективности использования технологий BIM и CAD с помощью математической модели // Строительные материалы и изделия. 2021. Т. 4. № 1. С. 18-26.
15. Минстрой: к переходу на BIM готовы менее 50% проектировщиков URL: <https://realty.ria.ru/20211006/bim-1753323248.html>
16. Принуждение к BIM URL: <https://zsr.ru/news/2021/05/17/prinuzhdenie-k-bim>
17. Росстат URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>
18. Строительство в России. 2020: Стат. сб. / Росстат. - М., 2020. – 113 с.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ЧАСТНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕНОВАЦИЮ РЕГИОНА

С. В. Колобова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
KolobovaSV@mgsu.ru*

Аннотация

Программа реновации аварийного и ветхого жилья стартовала в Москве в 2017 году [1,2]. Для принятия решения о проведении реновации органами исполнительной власти и органами местного самоуправления была применена модель краудсорсинга, а именно опрос и учет мнения населения по данному вопросу. Был принят ряд законодательных и нормативно-правовых актов о порядке проведения реновации в Москве. С 2019 года в Государственной Думе обсуждается законопроект «О реновации жилищного фонда в Российской Федерации». Реновация определяется в постановлении Правительства Москвы как комплекс мероприятий по подготовке и осуществлению реконструкции или сноса многоквартирных домов, находящихся в аварийном или ином неудовлетворительном техническом состоянии, а также иных многоквартирных домов. Программа реновации является крупным инвестиционно-строительным проектом, подпрограммой государственной программы «Жилище». Источники и объем финансирования региональных программ, а также порядок их реализации также будут определять местные власти таким образом, чтобы условия проживания граждан при этом не ухудшались. Инвестиционная политика регионов находится в рамках государственной инвестиционной политики и поэтому имеет более ограниченные возможности стимулирования инвестиционного процесса, как экономические, так и юридические [3,4]. Главным вопросом регионов с недостаточным бюджетом для реализации социальных программ, в том числе программы реновации городской застройки, будет являться привлечение частных инвестиций. При достаточной активности региональных властей можно улучшить инвестиционный климат и добиться социального и экономического эффекта. Автором исследованы наиболее распространенные методы инвестиционной привлекательности регионов и разработан организационно-экономический механизм привлечения частных инвестиций в государственную инвестиционно-строительную программу реновации в регионах. Инвестиционно-строительная программа реновации городской застройки может послужить драйвером социально-экономического развития региона.

ВВЕДЕНИЕ

Московская практика реализации государственной инвестиционно-строительной программы реновации может стать отправной точкой для развития регионов России. Одним из наиболее выгодных видов капиталовложений являются финансовые вложения в строительство жилья и другой коммерческой недвижимости. Эти продукты всегда востребованы и обеспечивают стабильный долговременный доход [5,6].

В регионах инвестирование в городскую жилую застройку будет происходить по собственному сценарию, но уже с учетом опыта Московского региона. Предпочтительнее создание Фонда реновации, который будет являться координатором между инвестором, застройщиком и населением. В Фонде аккумулируются денежные средства инвестора. Фонд будет защищать интересы и права инвестора, контролировать строительный процесс, проверять соответствие плановых и фактических расходов застройщика, уведомлять о нарушениях застройщиком своих обязательств и требовать расторжения с ним договора. С инвестором заключается инвестиционный договор, в котором

указываются основные права и обязанности сторон, риски и ответственность за невыполнение обязательств.

Сложности составляют дефицит бюджета региона, инфраструктурные ограничения, административные барьеры, законодательное многообразие и нестыковки, высокие налоговые ставки, дороговизна и длительный период присоединения застройщиков к инженерным сетям. Поэтому дискутируется предложение о внедрении единой региональной программы расчета стоимости технологического подключения к инженерным сетям.

В ряде регионов можно привлечь инвестиции в инвестиционные проекты путем создания особого режима предпринимательской деятельности хозяйствующих субъектов. Такой статус позволяет использовать инфраструктуру в льготном режиме, иметь налоговые, таможенные, амортизационные послабления и, что важно, снижает административные препятствия.

Возможным импульсом развития могут стать индустриальные парки, технопарки, бизнес-инкубаторы. Ряд институтов может и должен содействовать программе реновации, такие как региональные фонды развития промышленности, развития и финансирования предпринимательства, лизинговые организации, гарантийные фонды, а также представительства Российского экспортного центра.

Так как регионам предоставлено законное право уменьшать свою региональную часть налога на прибыль до 10%, то некоторые регионы уже разумно предусматривают местные налоговые льготы по инвестиционным проектам социальной направленности. Это могут быть региональные налоговые каникулы, либо рассрочка налоговых платежей. Возможно субсидирование на компенсацию затрат по уплате процентов по кредитам. Также важно информирование о программах льготного кредитования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Организационно-экономический механизм, по мнению ученого-экономиста Райзберга Б.А. это совокупность организационных структур и определенных форм и методов управления, правовых форм, посредством которых реализуются в определенных условиях законы экономики [7]. Поэтому существуют различия между системой и механизмом управления. Механизм состоит из методов, видов, форм и функций управления. А система включает механизм и аппарат менеджмента.

Таким образом, в состав организационно-экономического механизма инвестирования строительной отрасли входит организационно-экономический механизм инвестиционной программы реновации. Который определяется как совокупность организационно-экономических структур, образующих строительную отрасль, и уровней менеджмента, включающих законодательные, финансово-экономические и организационно-административные методы влияния. Организационно-экономический механизм инвестиционной программы реновации построен на основе принципов целенаправленности, системности, применения интегрального потенциала строительной отрасли, адаптивности, согласованности интересов взаимодействующих субъектов, инновационности. Перспективой развития организационно-экономического механизма реновации будет являться последовательное внедрение цифровых технологий в строительство и управление объектами недвижимости.

Механизм менеджмента входит в организационно-экономический механизм реновации и представляет систему органов исполнительной власти путем применения ими методов и инструментов влияния на инвестиционно-строительные процессы на основе взаимной заинтересованности между участниками-инвесторами программы и проводимой органами управления государственной политики реновации.

Для эффективной работы организационно-экономического механизма инвестирования реновации должны быть соблюдены основные принципы, направленные на формирование экономических стимулов хозяйственной деятельности.

Организационно-экономический механизм инвестирования программы реновации заключается в разработке и наладке такого механизма, который состоит из основного мотора – государственной политики и различных «рабочих деталей»: финансирования, инвестирования, кредитования, резервирования финансовых и материальных средств, страхования рисков, компенсации ущерба, экономического стимулирования, юридической ответственности и другие [8,9].

В каждом инвестиционном проекте, наряду с организационно-распорядительными, социально-психологическими, имеются научные организационно-экономические методы управления инвестициями для реализации проекта, а также свои специфические, присущие только рассматриваемому проекту способы.

Каждый уровень менеджмента имеет свои управленческие цели и задачи, приемы, организационно-экономический механизм, правовую основу, инвестиционную политику.

Экономическое регулирование инвестиционных процессов осуществляется путем привлечения оптимального количества мер, инструментов, методов и форм экономического влияния на хозяйственную деятельность участников рынка [10,11]. Инструмент регулирования - это способ воздействия субъекта на объект, как, например, амортизационная, налоговая и денежно-кредитная политика. Метод регулирования объясняет, каким способом обеспечивается воздействие на объект, а форма регулирования объясняет на каких условиях субъекты применяют определенные методы воздействия на объект.

Переходный период к рынку характеризуется соблюдением оптимального соотношения между государственным регулированием и саморегулированием рыночных отношений. Государственное регулирование заключается в принятии законодательных и нормативных правовых актов, позволяющих всем субъектам взаимодействовать друг с другом в правовом поле.

В инвестиционную программу реновации вливаются инвестиции из различных источников: из федеральных и местных бюджетов, из внебюджетных фондов субъектов, из заемных средств кредитных учреждений, из привлеченных средств и движимого и недвижимого имущества в виде земельных участков, зданий, сооружений, оборудования, техники, интеллектуальной собственности, имущественных прав. Независимо от формы выражения все инвестиции имеют стоимостное выражение.

Таким образом, должно быть сбалансированное соотношение внутренних централизованных источников финансирования инвестиций и внешних децентрализованных источников финансирования инвестиций. Внутренние централизованные источники финансирования инвестиций, то есть собственные: городской и муниципальный бюджеты, внебюджетные фонды регионов, фонд реновации.

Прогрессивным направлением в этом отношении можно считать государственно-частное партнерство, в котором объединяются интересы народа, государства и частных предпринимателей. Взаимовыгодное сотрудничество проявляется в том, что государственные структуры, реализуя сложный дорогостоящий инвестиционный проект реновации, находят реальную поддержку у предпринимателей, так как частично финансируют программу реновации и принимают на себя всевозможные риски, использует экономические методы вовлечения частных компаний в инвестиционный проект. Программа реновация характерна тем, что в районах, взамен ветхого жилья, наряду с современными, можно сказать «умными домами», создаются современные объекты социальной инфраструктуры [12].

Заемные средства для реализации программы реновации привлекаются в случае их обоснования после расчетов рентабельности. Рентабельность будет достигнута в случае, когда стоимость обслуживания заемных средств станет ниже рентабельности инвестиций в программу реновации. Учитывая длительные сроки реновации, привлечение долгосрочного заемного капитала внесет финансовую стабильность в хозяйственную

деятельность строительных компаний. Можно применять смешанную схему заемных средств, как краткосрочных заемных средств, например, при формировании материальных инновационных ценностей так и долгосрочных заемных средств – при приобретении инновационных технических систем. Однако, использование заемных средств имеют ряд преимуществ и недостатков. К преимуществам можно отнести: экономическое развитие организации; налоговые льготы; финансово-хозяйственную активность, возможность дополнительной прибыли на собственный капитал, относительно простой способ привлечения. К недостаткам можно отнести: наступления негативных последствий из-за финансовой нестабильности; возможных незапланированных расходов по обслуживанию долга и сокращение нормы прибыли на капитал; бюрократические преграды по привлечению крупных заемных средств на длительный срок.

Популярной мерой привлечения долгосрочных инвестиций в строительные проекты, в частности, в реновацию жилой застройки регионов России, может являться введение в оборот инфраструктурных облигаций. Допустим, что такие облигации могли бы выпускаться крупными государственными и частными организациями-инвесторами для реновации городской застройки. Как эмитенты инфраструктурных облигаций, после завершения программы реновации в регионе они приобретали бы объекты недвижимости, находящиеся на территории, в концессию на длительный период. Это было бы выгодно, так как эти объекты будут приносить доход от сдачи в аренду, найм, а также от их управления и эксплуатации. Задача властей региона, в котором реализуется механизм инфраструктурных облигаций в реновацию объектов, это обеспечение гарантий по выпускаемым инфраструктурным облигациям на весь длительный срок окупаемости инфраструктурных объектов, объектов реновации.

Инвестиционно-строительный проект реновации жилой застройки имеет долгосрочный характер и социальное значение, поэтому сверхприбыли не получится. Но получаемый доход будет компенсирован высокой надежностью инвестиций и гарантией их возвратности с оптимальной нормой дохода на инвестиции.

Следующий вариант привлечения инвестиций – это закрытый паевой инвестиционный фонд (ЗПИФ), который представляет собой обособленный имущественный комплекс, не являющийся юридическим лицом. Имущество ЗПИФ принадлежит владельцам инвестиционных паев – физическим и юридическим лицам – на праве общей долевой собственности. Источники доходов для инвесторов фонда являются: стабильное поступление ренты с ежегодной индексацией ставок аренды от ежегодно увеличивающейся рыночной стоимости объекта недвижимости и минимизация рисков, связанных с владением и управлением объектом недвижимости. Такой механизм позволяет инвестировать в объекты недвижимости небольшими суммами, частично или полностью продавать свои фондовые паи.

Профессиональные застройщики инвестируют средства Фонда недвижимости в проекты жилищного строительства после получения разрешения на строительство с целью получения будущего дохода от правообладания и реализации квартир. Инвестирование проводится в соответствии с Федеральным законом "Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации" от 30.12.2004 N 214-ФЗ. Преимущества ЗПИФ в перспективе долгосрочного сотрудничества организаторов инвестиционного проекта и предпринимателей. Структурирование владения акциями через ЗПИФ рациональнее и надежнее работает, так как доходность получается в результате рыночных механизмов, а не за счет собственных средств фирмы. Участники Программы через Фонд становятся совладельцами компании.

Гарантиями инвестиционных вложений в строящиеся объекты недвижимости юридически с 2019 года стали Эскроу-счета (англ. Escrow) – специальные счета в кредитных учреждениях, банках, специализированных фирмах, на которых сохраняются внесенные инвестором денежные средства до выполнения обязательств по договору. Как

правило, это трехсторонний договор, заключенный между инвестором недвижимости (покупателем), продавцом (застройщиком) и кредитной организацией, банком (третьей стороной). Таким образом, при банкротстве строительной фирмы-застройщика, инвесторы-дольщики смогут сохранить свои средства на таких счетах. При условии сохранения ценовой и денежно-кредитной стабильности в экономике, создаются условия для развития регионов России. Банк Российской Федерации при поддержке Правительства Российской Федерации реализует несколько национальных программ по развитию жилищного строительства и рынка ипотечного кредитования [13,14,15].

С целью эффективного управления финансированием ГИСПР рекомендуется привлечь профессиональные организации, используя современную модель аутсорсинга. На основании договора профессиональные организации возьмут на себя функции по управлению программой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, можно составить трехуровневую схему организационно-экономического механизма привлечения частных инвестиций в реновацию. Схема представлена на рис.1. Схема включает в себя первый уровень «Оценку исходного функционала региона», второй уровень «Выбор вариантов привлечения инвестиций в программу реновации городской застройки» и третий уровень «Условия привлечения частных инвестиций». На каждом уровне выполняются свои задачи. Одна из задач первого уровня это мониторинг функционала региона [16]. Следующая задача: нормативно-правовое сопровождение программы, предусматривающей возможные налоговые льготы. Важным является взаимодействие с жителями, для которых, собственно, направлены социальные программы, поэтому обязательно проведение социологических исследований. На основе полученных результатов исследований возможна корректировка задач. Открытость и доступность реализации программ реализуется через средства массовой информации, порталы услуг, многофункциональные центры, социальные сети, местное кабельное ТВ [17].

На втором уровне проводится выбор вариантов инвестирования. Обычно это смешанный формат собственных средств, заемных средств и частных инвестиций.

Собственные средства могут быть как бюджетные, так и внебюджетные, полученные от различной хозяйственной деятельности на территории региона. Перспективными направлениями для пополнения бюджета региона могут стать следующие мероприятия:

- аукцион за наименования вновь построенных улиц, переулков, микрорайонов;
- конкурс по сохранению архитектурного облика участков, кладбищ;
- реклама баннеров на фасадах, растяжках, проекционная реклама на тротуарах, дорогах;
- вторичное использование строительных материалов после сноса зданий;
- применение инновационных технологий переработки мусора.

Привлечение заемных средств и частных инвестиций должно быть обосновано экономическими расчетами. Это может быть снижение или освобождение от некоторых местных налогов. Улучшает инвестиционный климат создание свободных экономических зон, территорий опережающего развития, технопарков. Возможно льготное кредитование, выпуск государственных займов, а также создание страховых и залоговых финансовых фондов. Для решения ряда вопросов потребует законодательная инициатива.

На третьем уровне рассматриваются привлекательные условия участия частного капитала в социальные программы, в том числе в программу реновации городской застройки. Популярным направлением долгосрочного взаимовыгодного сотрудничества будут концессионные соглашения, основанные на доверии между Правительством региона и предпринимательскими структурами. В настоящее время реализуются различные схемы государственно-частного партнерства. Возможны различные варианты проектного финансирования программы реновации в регионах.

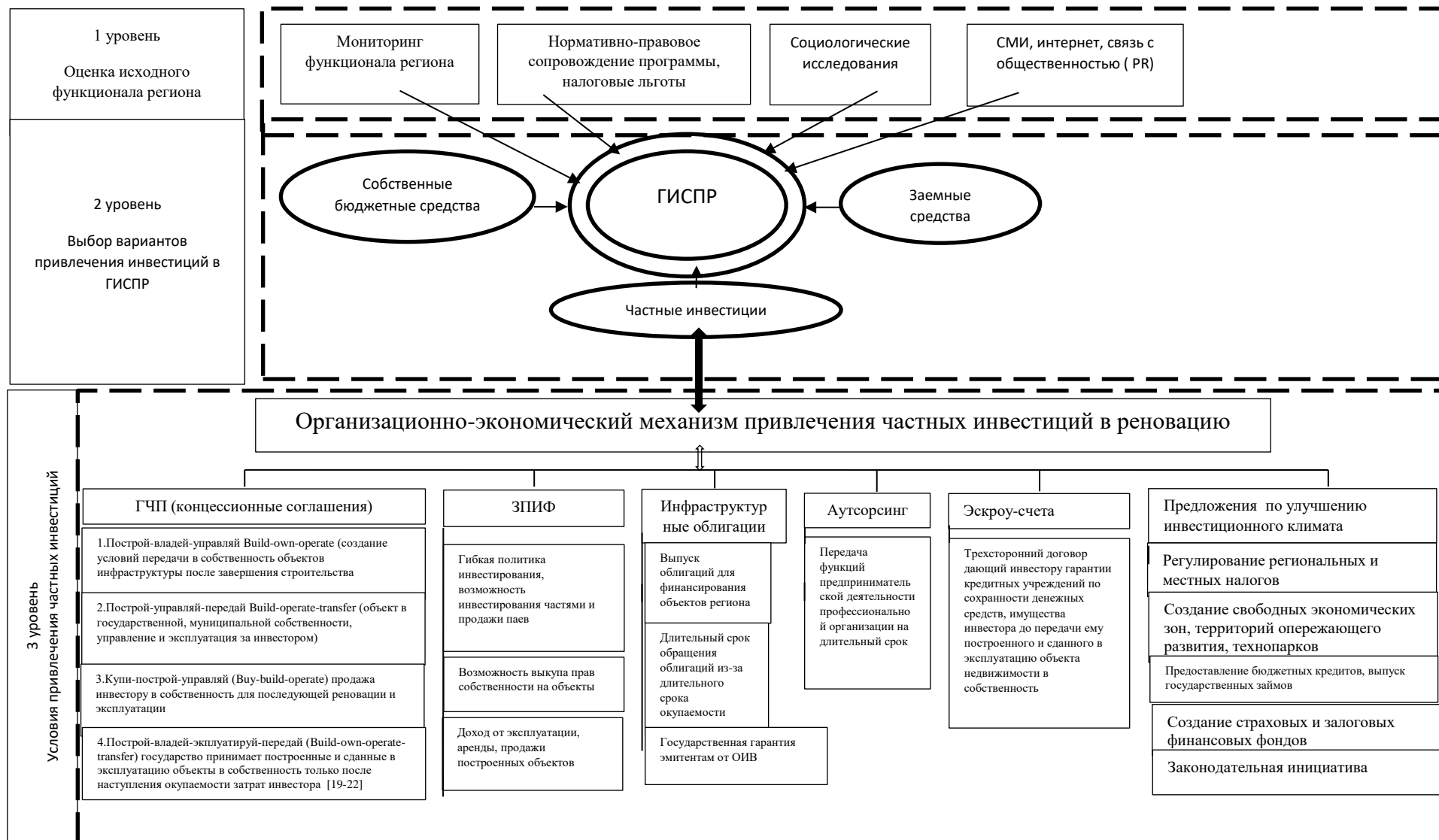


Рис.1. Организационно-экономический механизм привлечения частных инвестиций в реновацию региона (источники [19-22], разработка автора)

В зарубежных странах имеется положительная практика применения схем государственно-частного партнерства [19-22]. Первый вариант: построй-владей-управляй (build-own-operate), когда государство гарантирует благоприятные условия частному инвестору для строительства и последующей передачи в собственность объекта инфраструктуры. Второй вариант: построй-управляй-передай (build-operate-transfer), когда государство создает благоприятные условия частному инвестору для строительства, объект остается в государственной собственности с условием последующей эксплуатации объекта инфраструктуры на договорной основе. Третий вариант: купи-построй-управляй (buy-build-operate), когда государство продает объект инфраструктуры частному инвестору в собственность для осуществления реновации с последующей эксплуатацией. Четвертый вариант: построй-владей-эксплуатируй-передай (build-own-operate-transfer), когда государство принимает построенный и введенный в эксплуатацию объект в собственность от инвестора, который построил и эксплуатирует объект, только после наступления момента окупаемости затрат для частного инвестора.

Важными признаками государственно-частного партнерства при реновации будут временные ограничения, так как нормативно закреплены сроки строительства и эксплуатации объекта; пространственные барьеры, потому что договоры заключаются на определенные объекты; конкурентные основы, а именно будут проводиться подрядные торги между потенциальными участниками проекта.

Возможны варианты с созданием закрытого паевого инвестиционного фонда (ЗПИФ). Преимуществом которого являются: гибкая политика инвестирования, возможность инвестирования частями и продажи паев, возможность выкупа прав собственности на объекты, определенный доход от эксплуатации, аренды, продажи построенных объектов. Как вариант, можно рассматривать инфраструктурные облигации для финансирования объектов региона. Они будут иметь длительный срок обращения из-за длительного срока окупаемости. При этом Правительство региона будет выступать гарантом их эмитентам. Профессиональные организации по управлению имуществом также будут задействованы в этом процессе, так как владеют инструментами эффективного управления объектами недвижимости. Поэтому предполагается модель аутсорсинга.

Открытие эскроу -счетов будет гарантией исполнения обязательств между участниками инвестиционного проекта реновации.

Возможные предложения по регулированию налогообложения, создания территорий развития, страховых и залоговых фондов, а также законодательные инициативы по улучшению инвестиционного климата будут способствовать экономическому развитию регионов.

ВЫВОДЫ

Программы реновации городской жилой застройки в регионах предназначены, прежде всего, на предотвращение аварийного жилого фонда и безопасность жизнедеятельности на территории. Поэтому в полномочия органов исполнительной власти и органов местного самоуправления регионов будут входить вопросы по определению возможностей и объемов финансирования программы реновации. Для принятия решения необходимо провести анализ всех возможных способов финансирования. Из-за дефицита бюджетных средств, потребуется участие заемного и частного капитала. Для привлечения частных инвестиций необходима грамотная политика властей региона, основанная на анализе возможных вариантов. Разработанный организационно-экономический механизм привлечения дополнительных инвестиций в реновацию региона позволит рассмотреть различные варианты решения и выбрать один или несколько наиболее оптимальных для данного региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колобова С.В. Социально-экономическая эффективность реновации жилой застройки в Москве. Биосферная совместимость: человек, регион, технологии № 3(23), 2018 (июль-сентябрь). С.64-74.
2. Колобова С.В. Принятие экономически обоснованного решения по бюджетному финансированию государственной программы реновации в Москве. Экономика и предпринимательство № 12 2018. С. 303-306.
3. Алборов А.В. «Факторы, влияющие на реализацию инвестиционных проектов». Финансы, денежное обращение и кредит. 10 (155), 2017. С. 48-50.
4. Гилемханов Р.А., Брайла Н.В. «Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов». Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 10(49). 2016. С. 7-19.
5. Одинцова А.В. Национальный проект "Жилье и городская среда" в системе пространственного развития России // Федерализм. 2019. № 4 (96). С. 41-58. DOI: 10.21686/2073-1051-2019-4-41-58.
6. Викторов М.Ю., Казанский Н.В. О новых задачах государственного управления процессами, связанными с решением жилищной проблемы // Государственная служба. 2019. Т. 21. № 6 (122). С. 72-77. DOI: 10.22394/2070-8378-2019-21-6-72-77
7. Райзберг Б.А. и др. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева - М.: Инфра - М, 1997. - 496 с].
8. Колобова С.В. , Магина А.И. Привлечение инвестиций в реновацию жилой застройки в регионах. Экономика и предпринимательство, № 4, 2020 г., с.327-330
9. Лукманова И.Г., Яськова Н.Ю. О новых задачах инвестиционно-строительной деятельности в контексте трендов пространственного развития России // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 6. С. 774-784. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.6.774-784.
10. Окрепилов В.В., Кузнецов С.В., Межевич Н.М., Свириденко М.В. Процессы урбанизации в контексте закономерностей пространственного развития муниципальных образований, находящихся в зоне влияния крупных мегаполисов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 4. С. 42-52. DOI: 10.15838/esc.2019.4.64.3.
11. Егян А. Инвестиции в инфраструктуру: Деньги, проекты, интересы. ГЧП, концессии, проектное финансирование. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 715 с. — ISBN 978-5-9614-5087-3.
12. Суворова, И. А. Государственно-частное партнерство / И. А. Суворова, О. Р. Мижит-Оол. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 10 (114). — С. 891-894. — URL: <https://moluch.ru/archive/114/30262/>.
13. Ачкасов Ю.К. , Егоров А.В. , Журавлева Ю.А. , Могилат А.Н. , Перевышин Ю.Н. , Шубин И.А. «Жилищное строительство» Октябрь 2019 года Аналитическая записка: стр.2 www.cbr.ru © Центральный банк Российской Федерации, 2019.
14. Вагин В. В., Шаповалова Н. А., Гаврилова Н. В. Мониторинг развития инициативного бюджетирования: методика и практика организации // Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал. 2019. № 2 (48). С. 51–64. URL: <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2019-2-51-64>.
15. Кискин Е. В. Перспективы законодательного регулирования инициативного бюджетирования в России (между догматикой и прагматикой) // Федерализм. 2018. № 4 (92). С. 87–100.
16. Колобова С. В. Мониторинг инвестиционной привлекательности региональных объектов. Экономика и предпринимательство, № 10, 2020 г., с.522-525.
17. Егорова Л. Г. Роль региональных СМИ в становлении гражданского общества (на примере информационного сопровождения проектов инициативного бюджетирования) // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Филологические науки. 2021. Т. 7. № 2. С. 185–194.
18. Прибышин Т.К., Жихаревич Б.С. "Города-стратегии" на современной карте России // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8. № 1. С. 16-25. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.1.2.
19. Йескомб Э. Р., Принципы проектного финансирования – Москва: Вершина, 2008, Глава 1.
20. Катасонов В. Ю., Проектное финансирование: мировой опыт и перспективы для России – Москва: Анкил, 2001.
21. Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: Уточненные рамочные подходы, Банк международных расчетов, 2004, Часть 2. Эл. адрес: publications@bis.org.
22. M. Fouzul Kabir Khan, Robert J. Parra, Financing Large Projects: Using Project Finance Techniques and Practices, 2003, Chapter 1.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РОСТ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В. А. Кощев¹, Я. В. Уселис²

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

¹*npmos@bk.ru*

²*uselis1997uan@gmail.ru*

Аннотация

Рост стоимости строительной продукции имеет постоянный положительный тренд. Ввиду различных причин, средой с высоким уровнем неопределенности, кризисных событий в экономике, в последние годы наблюдается резкое повышение цен на объекты жилищного строительства. Цены повышаются не только не пропорционально доходам населения, но и не пропорционально стоимости строительства самих объектов. В результате именно граждане – покупатели жилья вынуждены нести финансовую нагрузку, как конечные потребители рассматриваемого экономического блага.

В статье проанализированы такие факторы, влияющие на стоимость объектов жилищного строительства, как инфляция, кардинальные изменения на рынке строительных материалы, совершенствование законодательства, регулирующего данную сферу деятельности.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспеченность жилищем является первостепенной физиологической потребностью для человека, необходимость удовлетворения которой, в том числе, закреплена в нашей стране на законодательном уровне. Однако с каждым годом вопрос доступности и качества объектов жилищного строительства становится все более актуальным. Рост стоимости жилья оказывается не пропорциональным росту доходов населения [1]. Функционирование строительной деятельности также сдерживается кризисными факторами, возникшими на глобальном уровне из-за пандемии COVID-19 [2]. Все это может отрицательно повлиять на спрос в системе рынка жилья.

Строительная сфера представляет собой сложную социально-экономическую систему с рядом специфических технологических особенностей. В данной системе имеет место быть функционирование множества субъектов, таких как застройщики, банки, подрядчики, поставщики строительных материалов, органы власти и, наконец, граждане. Каждый субъект инвестиционно-строительного процесса, вынужден отстаивать свои интересы, и это особенно заметно в условиях текущей нестабильной ситуации в экономике. Органам власти приходится формировать гибкую социальную политику, коммерческие организации (застройщики, подрядчики) заинтересованы в повышении экономических показателей и минимизации рисков, интерес банков заключается в обеспеченности ипотечным спросом и т.д. Граждане – потенциальные покупатели объектов жилищного строительства, в итоге, остаются самым уязвимым элементом сложившейся системы, они наиболее остро воспринимают рост стоимости квадратного метра жилья. В конечном счете большинство именно граждане платят за большинство рисков, включенных в стоимость жилья.

В данной работе будут рассмотрены некоторые из факторов, которые воздействуют на повышения стоимости жилья в России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объемы строительства жилья в Российской Федерации за последнее десятилетие имеют положительный тренд, что свидетельствует о высокой потребности граждан в данных благах (рисунок 1 и 2).

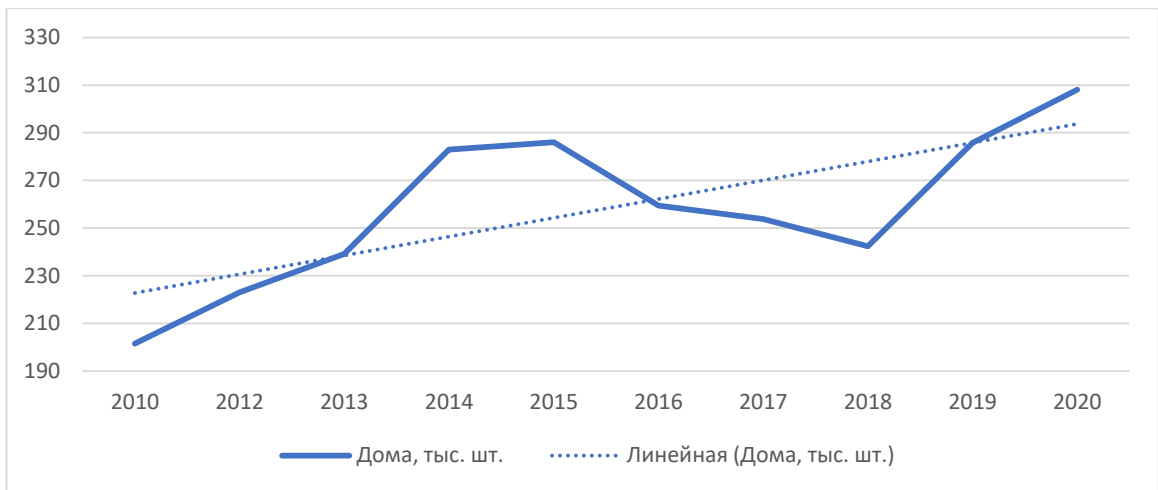


Рис. 1. Динамика ввода объектов жилищного строительства (тыс. шт.) [3]

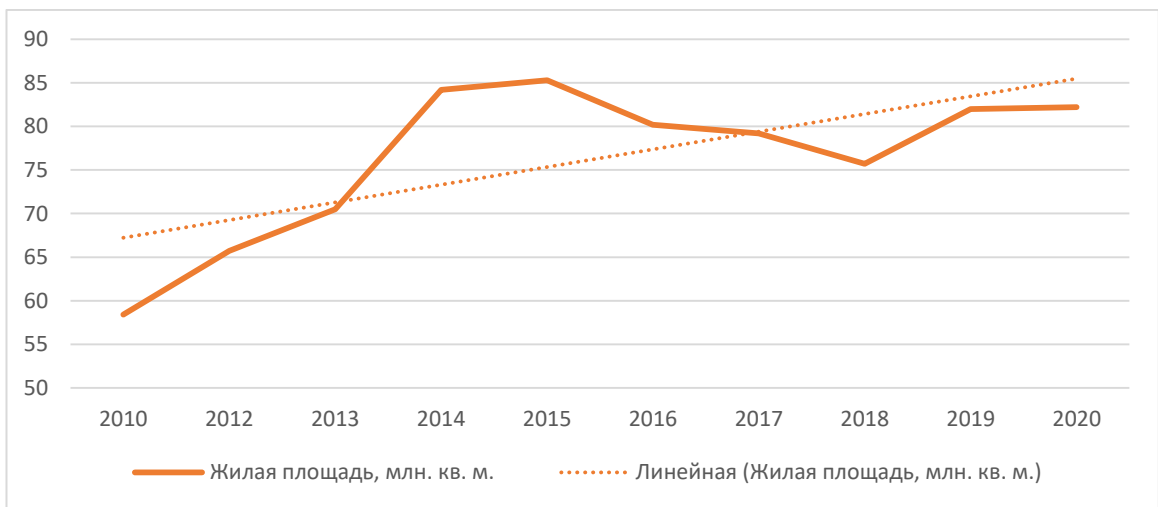


Рис. 2. Динамика ввода объектов жилищного строительства (млн. кв. м.) [3]

На основе данных рисунков 1 и 2 можно сделать вывод, что объемы строительства жилья с 2010 года выросли почти в 1,5 раза к моменту 2020 года. В целом заметен положительный тренд с некоторым снижением в период 2015-2018 гг.

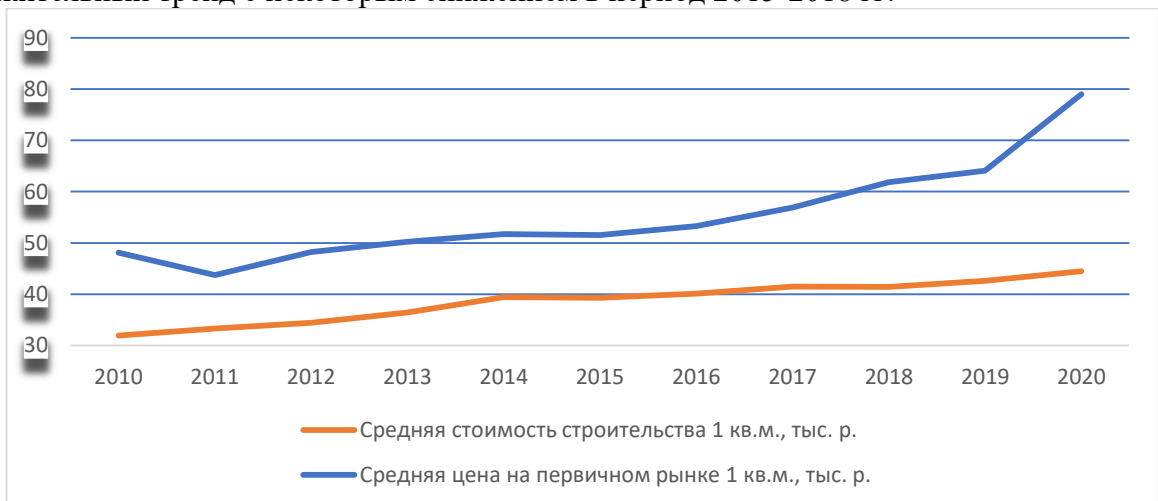


Рис. 3. Стоимость строительства и цены на квартиры в 2010-2021 гг. [3]

Основываясь на данных рисунка 3 отметим, что стоимость строительства объектов жилой недвижимости возрасла с 31,9 тыс. руб за кв. м. в 2010 году, до 44,5 тыс. руб за кв. м. в 2020 году. Цены на квартиры также демонстрируют рост в данный период времени в среднем с 48,1 тыс. руб за кв. м. в 2010 году, до 79 тыс. руб за кв. м. в 2020 году. На

графике видно, что примерно с 2017 года цены на квартиру растут не пропорционально стоимости строительства объектов, с 2019 года замечается особый прирост цен.

На основе анализа статистических данных Росстата, научных работ отечественных ученых, мнений экспертного сообщества в сфере строительства и недвижимости, далее в данной статье планируется исследовать возможные факторы, которые способствуют росту цен на рынке жилищного строительства в России.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ниже будут отмечены факторы, влияющие на цену объектов жилищного строительства.

1. Инфляция

Как известно сущность такой категории, как инфляция заключается в снижении стоимости денежной массы и как следствие в повышении цен на различные экономические блага. В числе причин возникновения инфляции можно выделить:

- слишком большое увеличение денежной массы, это может быть вызвано, в том числе за счет роста объемов кредитования. В марте 2020 года, например, банки в Российской Федерации обеспечили населением рекордным за последние 7 лет для данного месяца объемом кредитов в размере 920,6 млрд руб. [4], значение данного показателя продемонстрировало высокое значение и в августе того же года, а именно 962,7 млрд. руб. кредитных средств [5];

- причиной инфляции также может являться активизация расходов государства, что и происходит в настоящее время. В связи с непростой ситуацией в стране и во всем мире, которая вызвана вспышкой COVID-19, Правительством РФ были приняты меры по дополнительному финансированию и поддержке отдельных категорий как физических, так и юридических лиц;

- снижение процентных ставок по кредитам входит в число возможных причин инфляционных процессов в экономике. С 2015 года в нашей стране значение ключевой ставки Центрального банка имело уверенный отрицательный тренд, снижаясь в разы до рекордного значения в 4,25% на момент июля 2020 года;

- прочие причины.

Описанная информация о некоторых причинах, вызывающих инфляцию, только подтверждают данные о тенденциях к росту рассматриваемого явления в России за последние годы. На основании данных [6,7] составлен рисунок 1, свидетельствующий об уровне инфляции за последние 5 лет.

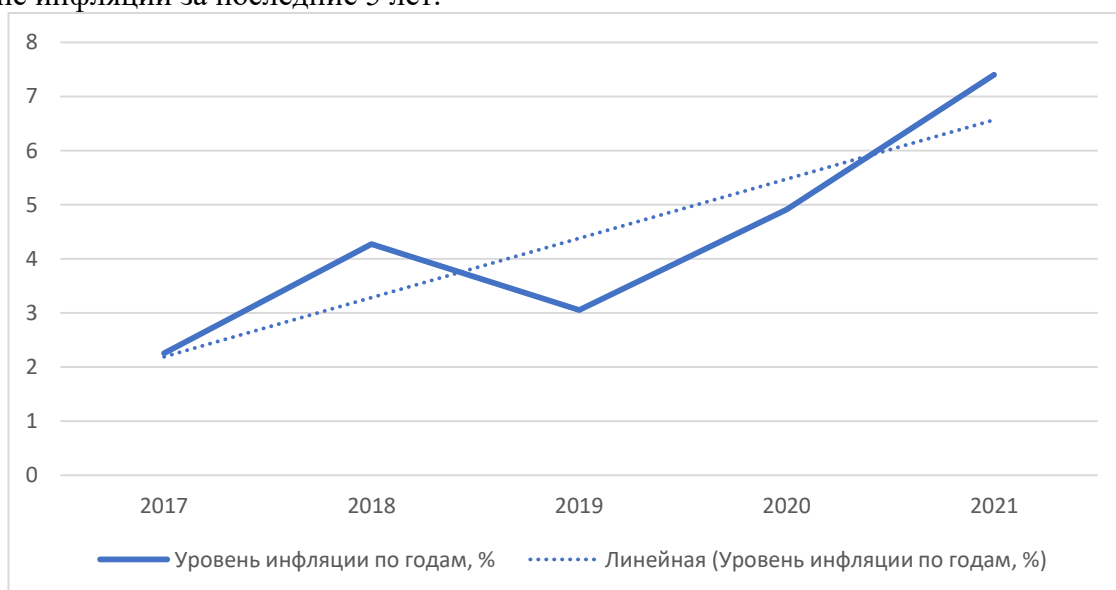


Рис. 1. Уровень инфляции в России за 2017-2021 гг.

Как видно из рисунка 1, значение уровня инфляции стало возрастать в 2019 году и достигает 7,26% в 2021 году. Такое положение дел не может не сказаться на росте цен

различных экономических благ, продуктов питания, услуг, а также строительной продукции.

2. Рост стоимости на строительные материалы

Ценообразование на будущий строительный объект является важнейшим этапом всех инвестиционно-строительного процесса, а доля затрат на строительные материалы в общем объеме затрат по смете может достигать до 70% [8]. В настоящее время на рынке строительных материалов наблюдается активный рост стоимости предлагаемых данной сферой товаров. Одним из оснований резкого роста цен на строительные материалы можно считать влияние кризисной среды, в связи с пандемией COVID-19. Особенно, цены стали возрастать в начале ограничительных мер в 2020 году в то время, как многие заводы и предприятия были вынуждены временно прекратить работу. На сегодняшний день ситуация с функционированием производственных процессов несколько нормализовалась, однако цены на основополагающий ресурс в строительстве не спешат снижаться.

На основании данных источников [9,10] приведем информацию о повышении цен на различные позиции, применяющиеся в строительстве:

- прокат черной и цветной металлургии – удорожание до 150%;
- цемент - удорожание до 15%;
- бетон – удорожание до 12%;
- отделочные материалы – удорожание до 15%;
- стекло - удорожание до 30%;
- песок – удорожание до 25%;
- утеплители – удорожание до 20%;
- мягкая кровля - удорожание до 30%;
- мягкая кровля - удорожание до 130%;
- изделия из древесины – удорожание до 43%;
- кабельная продукция – удорожание от 22%.

Как отмечают исследователи [11] существует вероятность «искусственного завышения цен» на рынке строительных материалов, обосновывая это тем, что 1) отсутствует значительное снижение объемов добычи ископаемых; 2) уменьшается роль конкуренции на рынке со стороны зарубежных производителей, в связи с закрытием границ; 3) существует монопольное положение ряда ключевых производителей; 4) возникает стремление к получению сверхприбыли производителями. В сложившейся ситуации научным сообществом выдвигаются возможные пути снижения стоимости рассматриваемой продукции, в числе таких вариантов может быть предложена развитие мер по оптимизации взаимодействия субъектов промышленности строительных материалов, применение методов предписывающей аналитики с целью снижения затрат, привлечение внимания профильных органов власти, таких как Федеральная антимонопольная служба, Министерство строительства и ЖКХ, Министерство промышленности и торговли [12].

3. Переход на проектное финансирование

До 2004 года в России отсутствовало четкое законодательное регулирование взаимоотношений между застройщиками и участниками долевого строительства, будущими собственниками квартир. Застройщики были вынуждены использовать различные способы и схемы обеспечения строительства, порой носящие рискованный для граждан. Нормативно-правовая среда, касаемая данного вопроса, устоялась с момента принятия в 2004 году 214-ФЗ, которые регламентировал взаимодействие участников долевого строительства и в некоторой степени снизил риски. Однако в последние годы в России отмечается значительное количество обманутых дольщиков и проблемных объектов жилищного строительства, количество таких объектов 3061, число недобросовестных застройщиков 1071, в результате пострадали более 200 тысяч граждан [13]. Таким образом, актуальным вопросом сферы жилищного строительства стало

корректировка законодательства, которая способствовала бы снижению возможности появления недобросовестных застройщиков и обманутых дольщиков.

Попыткой решения описанных проблем стало подписание нового нормативно-правового акта 175-ФЗ, который обозначил трансформацию взаимоотношений застройщиков и будущих владельцев жилья в плоскость проектного финансирования. Еще одним ключевым субъектом стали банки, обслуживающие специальные эскроу-счета. На данные счета покупатель строящегося объекта вносит денежные средства, которые до наступления момента ввода объекта застройщику не доступны. В случае невыполнения застройщиком своих обязательств, его банкротства или ликвидации средства возвращаются гражданину. Данные меры, конечно же, минимизируют риски покупателей жилья, но в таком случае застройщик лишается возможности получения периодического финансирования для продолжения строительства и вынужден обращаться в банк за кредитными средствами, что напрямую будет влиять на стоимость квадратного метра готовой строительной продукции. Так, по мнению экспертов в сфере недвижимости, в связи с дополнительной кредитной нагрузкой стоимость квартир может вырасти до 30% [14].

ВЫВОДЫ

В данном исследовании были проанализированы некоторые факторы, которые в настоящее время отрицательно сказывается на функционировании и дальнейшем развитии рынка жилищного строительства. Выделенные факторы прямым образом отражаются на повышении стоимости жилья. Нами были проанализированы следующие факторы: инфляция в стране, рост цен на строительные материалы, развитие проектного финансирования. Отметим, что инфляция, может быть охарактеризована, как объективный фактор изменения цен на рынке. Как изложено в исследовании, резкий скачок цен на строительные материалы, частично, можно назвать субъективным фактором. Ряд поставщиков материалов, пользуясь нынешней нестабильной ситуацией стремятся обрести максимальную для себя выгоду. Еще один фактор, повлиявший на изменение ценовой политики застройщиков – изменение законодательства. С внедрением проектного финансирования, хоть и минимизировались риски возникновения такой категории граждан, как обманутые дольщики, строительные организации стали вынуждены нести дополнительную кредитную нагрузку.

Проанализированные факторы не являются в полной мере выявленными и изученными. Существуют и другие факторы микроэкономического и макроэкономического уровней, которые необходимо пристально исследовать. Дальнейшее развития рынка жилищного строительства должно производиться не иначе, как с учетом снижения финансовой нагрузки на конечного субъекта инвестиционно-строительного процесса – покупателя квартиры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошечев В.А., Уселис Я.В. Анализ покупательской способности граждан на рынке жилищного строительства в разрезе федеральных округов // Экономика и предпринимательство. 2021. № 4 (129). С. 392-395.
2. Цветков Ю.А., Чичерова Х.В. Сегменты рынка коммерческой недвижимости в Санкт-Петербурге: основные тенденции и прогноз развития // Ученые записки Тамбовского отделения РСОМУ. 2020. № 20. С. 81-93.
3. Росстат URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>
4. Российские банки в марте выдали рекордный объем кредитов URL: <https://www.rbc.ru/finances/13/04/2020/5e948b559a7947c5084c22e7>
5. Россияне в августе взяли кредитов почти на 1 трлн рублей URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/09/10/839543-rossiyane-kreditov>
6. Темпы инфляции в России по годам URL: <https://rusind.ru/tempy-inflyacii-v-rossii-po-godam.html>
7. Годовая инфляция в России достигла пиковых 7% URL: <https://www.rbc.ru/economics/29/09/2021/6154ade29a794730640adbd6>

8. Кощев В.А., Цветков Ю.А. Первый опыт реформирования системы ценообразования и сметного нормирования на современном этапе // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2 (67). С. 264-268.
9. Повышение на 100% URL: <https://finance.rambler.ru/economics/45849038-povyshenie-na-100-pochemu-stroymaterialy-vzleteli-v-tsene/>
10. Материалы подтолкнули себестоимость: <https://www.kommersant.ru/doc/4926989>
11. Абдулина А.А., Филиппова Е.В. Оценка искусственного завышения цен на строительные материалы и влияния на конечную стоимость недвижимости // НАУКА И ИННОВАЦИИ: ИССЛЕДОВАНИЕ И ДОСТИЖЕНИЯ сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С.107-109.
12. Силка Д.Н., Жейвот Э.Л. Синхронизация интересов производителей и потребителей ценообразующих строительных ресурсов // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13. № 2. С. 12.
13. Госпомощь обманутым оказалась слишком дорогой URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2020/07/20/5f0f087b9a794746f8ff2526><https://www.rbc.ru/newspaper/2020/07/20/5f0f087b9a794746f8ff2526>
14. Отмена ДДУ: цены вырастут на 15-30%, а объем новостроек сократится URL: <https://www.cian.ru/stati-otmena-ddu-tseny-vyrastut-na-15-30-a-obem-novostroek-sokratitsja-282445/>

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЬЯ ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

В. Н. Кабанов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
kabanovvn@yandex.ru*

Аннотация

В работе обосновывается актуальность исследования распределения объемов строительства жилья по территории России. Автор предлагает в качестве гипотезы сравнить распределение объемов строительства жилья по территории России с обратной пропорциональной функцией. Исходными данным в работе служат количественные значения строительства жилья в регионах России, которые наблюдаются федеральной службой государственной статистики за период 1995 – 2020 годы. Предложено рассматривать распределение как последовательность убывающих значений, полученных в результате деления величины годового объема строительства в региона на максимальное значение за календарный год, которое получено в одном из регионов. Для оценки степени близости распределения значений годового объема строительства жилья в регионе к обратной-пропорциональной функции применяется величина коэффициента детерминации (R^2). Предложены направления перспективных исследований, которые, с точки зрения автора, могут претендовать на научную новизну и практическое значение для целей долгосрочного социально-экономического планирования.

ВВЕДЕНИЕ

Жилищное строительство в российской Федерации осуществляется за счет частных инвестиций за исключением небольшого объема, возводимого за средства бюджета Министерства обороны и бюджетов субъектов федерации для определенных категорий граждан, в соответствии с действующим законодательством. На этом основании крупные строительные организации заинтересованы в реализации крупных строительных проектов, должны обладать информацией о том, какие территории в России обладают наибольшим потенциалом для наращивания объемов жилищного строительства. Приведенные рассуждения являются основанием для утверждения о том, что изучение распределения объемов жилищного строительства по территории России обладают признаками актуальности для научных исследований и имеют достаточно существенное практическое значение для строительной отрасли в целом.

В качестве подтверждения вывода об актуальности темы исследования приведем точку зрения исследователей, которые затрагивали вопросы, связанные с необходимостью прогнозирования объемов жилищного строительства. К числу результатов таких исследований следует отнести:

- изучение гигиены в организации строительства[1];
- организацию управления инновационной деятельностью подрядной организации[2];
- построение управленческих моделей применительно к крупным строительным проектам[3];
- управление службой производственно технологической комплектации и запасами[4];
- исследование перспектив жилищного строительства, связанных с крупноблочным строительством[5].

К числу общих недостатков опубликованных результатов исследований следует отнести отсутствие территориальной привязки перспектив наращивания объемов жилищного строительства. Для того восполнить этот пробел, автор поставил цель работы:

показать изменение объемов жилищного строительства в России с привязкой к территории регионов. Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- собрана статистическая информация, которая описывает объемы строительства жилья в регионах России;
- разработана методика графического представления распределения объемов строительства жилья по территории России;
- вычислены значения статистических характеристик, которые описывают степень приближения распределений к теоретической модели, принятой в исследовании.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходной информации рассматривалась величина объема строительства жилья в каждом регионе РФ. Эта величина наблюдается ежегодно федеральной государственной службой статистики публикуется в ежегодном сборнике «Регионы России. Социально-экономические показатели.», 2020: Р32 Стат. сб. / Росстат. – М., 2020. – 1242 с. (табл. 15.5, стр. 874-876).

Исходя из доказанной гипотезы автора о возможности описания статистической выборки при помощи обратно пропорциональной функции [6] выполнялась следующая последовательность арифметических действий для каждой статистической выборки, которая содержит величины объемов строительства жилья за год:

- определялось минимальное и максимальное значение статистической выборки за каждый год;
- значения выборки делились на максимальное значение в выборке;
- полученная статистическая выборка упорядочивалась, то есть все значения выборки располагались в порядке убывания.

Для проверки близости к обратно-пропорциональной функции вычислялся хорошо известных коэффициент детерминации (R^2). По значению этого коэффициента представляется возможность судить об отклонении статистической выборки от теоретической функции (в данном случае от обратно-пропорциональной).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Графическое представление упорядоченных выборок, которые описывают 1995, 200, 2005, 2010, 2015 годы показано на рис. 1.

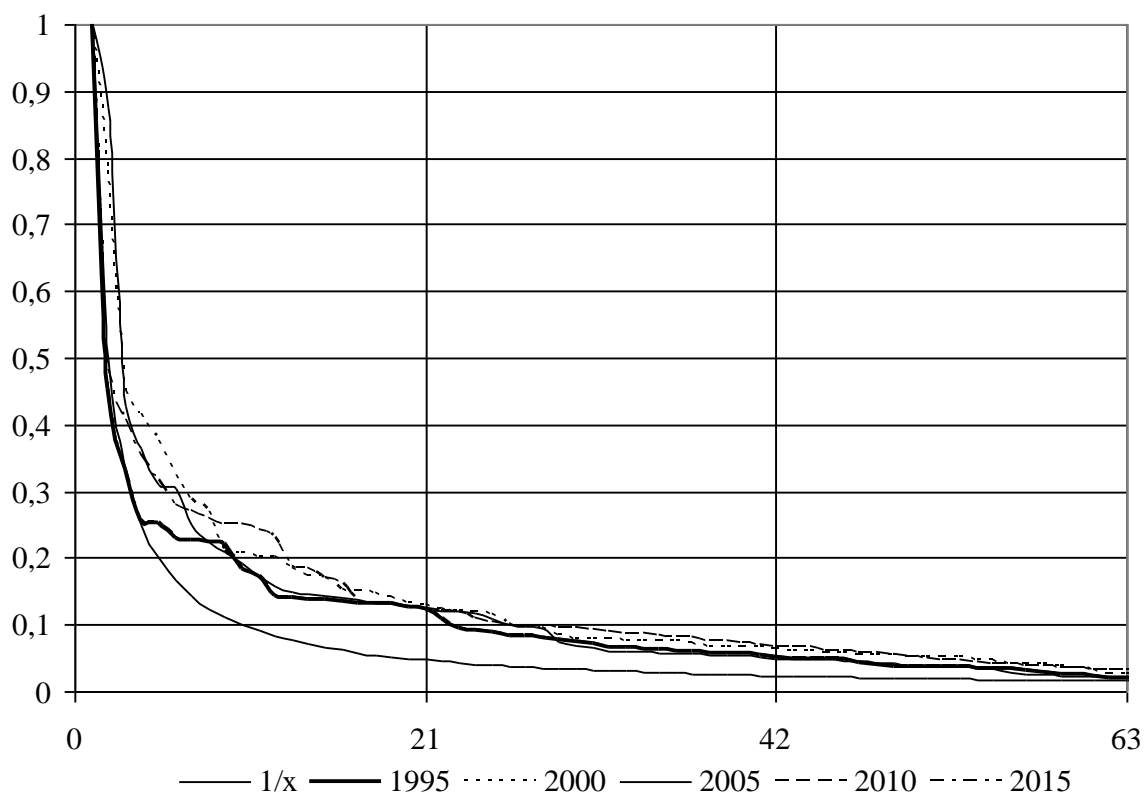


Рис. 1. Графическое представление объемов строительства жилья по территории России. Y – отношение объема строительства жилья в регионе к максимальному региональному значению. X – региона в рейтинге по ежегодному объему строительства жилья

К сожалению, графическое изображение распределений объемов строительства жилья по регионами России, позволяет обозначить только общие тенденции. Эти тенденции состоят в том, что распределение объемов строительства жилья по регионам России стремятся к виду обратно-пропорциональной функции. Для выяснения того, насколько близко расположено распределение от функции $1/x$ необходимо вычислить величину коэффициента детерминации R^2 . Принимая во внимание, что коэффициент детерминации довольно часто применяется в статистических исследованиях, а также изучается в курсе «Высшая математика» в высшей школе, ограничиваемся приведением расчетных значений этого показателя (табл. 1).

Таблица 1.

Величина коэффициента детерминации (R^2), вычисленная относительно теоретической гипотезы исследования, которая выражена функцией $1/x$.

| Показатель | Распределение для календарного года: | | | | | |
|------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| R^2 | 0,408 | 0,782 | 0,824 | 0,725 | 0,790 | 0,751 |

Значения, приведенные в табл. 1, позволяют более детально судить об изменении характера распределения объемов строительства жилья по территории России. Если в прошлом веке наблюдалось существенное отклонение от обратно-пропорциональной функции (1995 г., табл. 1), что свидетельствует о более равномерном распределении значений, то в XXI веке трудно не обратить внимание на существенное и растущее различие между регионами- лидерами и регионами-аутсайдерами. В работе не ставилась цель исследовать причины такого положения с распределением объемов строительства жилья в России. Задача исследования показать характер изменения исследуемого

распределения. Обосновать теоретическую функцию, которая способна с наименьшим отклонением описать такое распределение.

Колебания кривой распределения объемов строительства жилья относительно обратно-пропорциональной функции могут применяться для оценки изменения социально-экономического положения населения. В этом случае доходы населения могут стимулировать рост объемов жилищного строительства за счет увеличения платежеспособного спроса, в том числе с учетом возможностей, возникающих при привлечении ипотечных кредитов.

Настоящее исследование носит скорее поисковый характер, чем формирование окончательного вывода. Представленный подход открывает весьма широкий спектр исследований в заданном направлении. К числу таких исследований следует отнести:

- изучение неравенства распределение объемов жилищного строительства в зависимости от изменения основных социально-экономических показателей, например, объем произведенного валового регионального продукта, количество рабочих мест в экономике региона, характеристик, описывающих демографическую ситуацию в субъекте федерации и других;

- исследование статистического распределения при помощи других инструментов, например, кривая Лоренца (коэффициент Джини);

- представляет интерес исследование структуры жилищного строительства, имея ввиду индустриальные (укрупненные) процессы возведения, этажность и другие особенности объектов строительства;

- при сравнении распределения объемов строительства жилья по регионам России с распределением стоимости, например 1 м^2 , высока вероятность получения весьма интересных и перспективных научных результатов, которые могут иметь востребованный практический интерес;

- оценка риска реализации готовой строительной продукции в виде жилой площади может выполняться с учетом сложившегося распределения объемов строительства жилья по территории России;

- научное и практическое значение будет иметь построение кластеров, состоящих из регионов, которые занимают верхнюю, среднюю и нижние части распределения (при определении количестве субъектов РФ в кластере рекомендуется применять хорошо известное правило Парето).

С точки зрения автора, представленные результаты исследования убедительно доказывают, что неравномерность распределения объемов жилищного строительства по территории России стремится к обратно-пропорциональной функции. Исходя из этого установленного факта, следует учитывать формирование долгосрочных планов и программ социально-экономического и пространственного развития территорий. Развитие социальной и транспортной инфраструктуры, а также решение других проблем, которые определены действующими документами стратегического планирования и Градостроительным кодексом РФ.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования характера распределения объемов строительства жилья по территории России, позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Распределение объемов строительства жилья по территории России стремится к обратно-пропорциональной функции (Рис. 1, табл. 1).

2. Близость фактического распределения объемов строительства жилья к теоретической (обратно-пропорциональной) функции зависит от величины коэффициента детерминации (табл. 1).

3. Доказана справедливость утверждения о том, что практическое применение обратно-пропорциональной функции для описания распределения объемов строительства

жилья по территории России, корректно и может применяться в практических прогнозах я оценки объемов жилищного строительства применительно к конкретному субъекту РФ.

4. Практическое применение результатов исследования предполагается при формировании долгосрочных планов социально-экономического развития регионов России, а также при обосновании управленческих решений, направленных на расширение деятельности компаний, осуществляющих деятельность по строительству и реализации объектов капитального жилищного строительства.

Важно подчеркнуть, что представленные результаты относятся скорее к поисковым научным исследованиям, которые открывают более широкие возможности для исследования рынка строительства нового жилья на территории России с учетом рисков, которые возникают при реализации готовой строительной продукции. В настоящей работе риски, связанные с реализацией готовой строительной продукции могут оцениваться с учетом места (порядкового номера), которое занимает территория субъекта РФ в статистической выборке, которая описывает распределение объемов строительства жилья по территории России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синенко С.А., Славина А.Ю., Жадановский Б.В. Гигиена в организации строительного производства. Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сб. докл. I Нац. конф., 2020, НИУ МГСУ, С. 362-365.
2. Чухнин А.А., Фахратов М.А., Юдин А.Е. Совершенствование организации управления инновационной деятельностью строительного предприятия. Перспективы науки, 2019, № 7, С. 66-70.
3. Овчинников А.Н., Лapidус А.А. Методические основы формирования организационно-управленческой модели деятельности заказчика при реализации крупномасштабного инвестиционного-строительного проекта. Строительное производство, 2021, № 1, С. 2-6.
4. Kazaryan R.R., Andreeva P.I. Aspects of the system approach to inventory management. IOP Conf. "FarEastCon 2019", 2019, AN 042038. DOI: 10.1088/1757-899X/753/4/042038
5. Пахомова Л.А., Олейник П.П. Опыт строительства жилых зданий из объемных модулей и перспективы организации строительства крупномодульного домостроения. Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сб. докл. I Нац. конф., 2020, НИУ МГСУ, С. 349-352.
6. Кабанов В.Н. Территориальное планирование и закон Ципфа. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции и прогноз, 2019, № 2, С. 103-114. DOI: 10.15838/esc.2019.2.62.6

КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ДЕВЕЛОПМЕНТА НА ОСНОВЕ СТОИМОСТНЫХ ОЦЕНОК ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ

К. Ю. Кулаков

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
KulakovKYU@mgsu.ru

Аннотация

Статья ориентирована на предмет исследований, связанный с изучением специфики идентификации и развития стратегических направлений развития национальных систем деvelopeмента на основе использования различных концептуальных направлений оценочной деятельности, базирующихся на методологии стоимостного управления жизненными циклами объектов капитального строительства.

Актуальность данной тематики исследования предопределяется необходимостью решения народнохозяйственной проблематики в области развития национальных систем деvelopeмента, которые должны обеспечивать высокоэффективную приоритетную реализацию Национальных проектов России при строительстве и реновации всех типов объектов капитального строительства на основе использования инновационных и энергоэффективных технологий при подготовке и реализации инвестиционных проектов и программ во всех отраслях народного хозяйства.

Решение этой проблематики целесообразно и возможно только на основе использования результата генезиса стоимостного менеджмента в инвестиционной деятельности по направлению деvelopeмента с синхронизацией эволюции стоимостной идеологии управления в оценочной деятельности в экономических системах, где в качестве основного объекта оценки используются долговременные жизненные циклы товаров, продукции, работ и объектов капитального строительства.

Целью исследования является формализация на основе поисковых комплексных исследований в области совершенствования современных национальных систем деvelopeмента актуальной классификационной структуры стратегических направлений стоимостного инвестиционного менеджмента на основе методологии стоимостной оценки и управления стоимостью жизненными циклами товаров, работ с выделением объектов капитального строительства как ключевых объектов регулирования эффективности деvelopeмперских экономических систем.

Объект исследования: процессы генезиса и развития национальных экономических систем в виде мультиформатных деvelopeмперских структур, активно функционирующих на территориальных инвестиционно-строительных рынках в условиях использования методологических концепций оценки и управления стоимостью жизненными циклами объектов капитального строительства и критерием минимизации их стоимости для конечных потребителей как стоимости владения.

Методы исследования: анализ и синтез; комплексный подход; системно-ориентированный подход в области анализа теории деvelopeмента; теоретические основы оценочной деятельности как особой институциональной структуры регулирования экономических систем; экономико-математическое моделирование; технико-экономический анализ; метод стоимостного управления; логический анализ; концепция экспертных оценок; ситуационное моделирование и анализ; риск-менеджмент.

В статье продемонстрировано авторское понимание научного результата в виде структурного классификационного анализа стратегических актуальных направлений развития стоимостного управления в системах деvelopeмента на основе стоимостных оценок и моделей управления стоимостью жизненных циклов объектов капитального строительства.

Полученные результаты исследования являются демонстрационными с позиций моделирования дополнительной ценности в области поисковых исследований по развитию теории девелопмента на базе современных методологий стоимостной оценки и управления на основе актуализации стратегически актуальных классификационных трендов с применением результатов стоимостного генезиса применительно к объектам капитального строительства во всех формах воспроизводства.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая процессы развития национальных систем девелопмента в России следует выделить важность рассмотрения этих трансформаций с позиций применения методологии стоимостной оценки и стоимостного управления жизненными циклами объектов капитального строительства. Важно при этом обеспечить решение экономической проблематики в области развития национальных систем инвестиционно-строительной деятельности, которую необходимо идентифицировать как особую институциональную экономическую систему девелопмента. Особенно это важно при обеспечении высокоэффективной реализации Национальных проектов России при строительстве и реновации всех типов объектов капитального строительства на основе использования инновационных технологий и энергоэффективных решений при подготовке и управлении инвестиционными проектами и программами всех уровней и отраслей.

Решение этой народнохозяйственной задачи возможно только на основе использования стоимостного менеджмента в моделях девелопмента с учетом использования идеологии стоимостного управления применительно к жизненным циклам товаров, работ и объектов капитального строительства.

Именно поэтому, оценочная архитектура структурирования стратегических векторов классификационного анализа и управления стоимостью в строительстве на основе минимизации жизненных циклов товаров и продукции в различных социально-экономических и производственно-технических системах, представляется ключевым стратегическим вектором трансформации как национальных моделей девелопмента, так в оценочной деятельности России, как и в мировой глобальной экономике.

Исследования позволяют утверждать, что ключевая национальная стратегия развития России предусматривает весьма амбициозные цели по обеспечению темпов экономического роста выше мировых, сохранение макроэкономической стабильности, ускорение технологического развития и пр. [1]. Тезис Президента России о долгосрочности национального развития важно актуализировать в сфере девелопмента на основе идеологии стоимостной оценки и управления жизненными циклами инвестиционных проектов с горизонтами планирования до 50-60 лет.

Эта концепция на основе моделирования процессов генезиса управления стоимостью жизненных циклов объектов капитального строительства, стоимости владения недвижимостью, стоимостью контрактов на жизненные циклы [2] особенно актуальна сейчас при моделировании развития девелоперских систем в условиях дополнительной турбулентности экономики из-за мировой пандемии связанной с коронавирусом. Это предъявляет повышенные требования к долгосрочной устойчивости всех инвестиционных проектов и программ в девелопменте как основы социально-экономической устойчивости всех территорий. Также при этом важно при реализации инвестиционных проектах учитывать особую специфику строительства автодорог при реализации нацпроекта по «Безопасным и качественным автомобильным дорогам» [3], а также использовать общую методологию инвестиционной стоимости» [4]. Важны также и прочие исследования в этой сфере девелопмента, базирующиеся на базе концепций инвестиционного менеджмента, стоимости владения, ТСО и аналогичные актуальные исследования по этой тематике [5, 6, 7, 8, 9].

Эту экономическую стратегию развития национальных экономических систем деvelopeмента необходимо использовать как ключевую, способную генерировать долгосрочные эффекты и инновационные институциональные инструменты долгосрочного стоимостного регулирования устойчивого экономического и инвестиционно-строительного развития страны.

Таким образом, обозначенный тренд авторских исследования по классификационному анализу направлений развития стоимостного управления в системах деvelopeмента на основе стоимостных оценок жизненных циклов можно идентифицировать как весьма актуальный научно-практический вектор гносеологического совершенствования строительства.

МЕТОДОЛОГИЯ

Методологическая база данных исследований основывается на классической теории жизненных циклов, многочисленных академических работ в области теории деvelopeмента, а также идеологии трансформации и генезиса оценочной деятельности по моделированию инновационных показателей стоимости жизненных циклов товаров, работ, объектов капитального строительства в отечественной и зарубежной экономике [10-18].

Возникновение инновационных концепций оценки требует возникновения нового типа экономического мышления и стратегического видения в системах деvelopeмента с позиций понимание объекта капитального строительства как особого типа товара (работы) в виде жизненного цикла с горизонтом планирования не менее 50-60 лет. Это требует учета как оценки традиционных показателей инвестиций в деvelopeменте, так и инновационных типа оценки стоимости совокупных затрат зданий по жизненным циклам, стоимости контрактов на жизненные циклы, стоимости владения товарами как жизненными циклами (ТСО), начальной цены КЖЦ и прочие аналогичные показатели на долгосрочные периоды строительства, эксплуатации и владения объектами, как жизненными циклами.

Данная стоимостная концепция формирует инновационные экономические стратегия в деvelopeменте на разных стадиях жизненного цикла управления проектами с целью необходимости минимизации при выполнении госконтрактов стоимости жизненных циклов за счет применения энергоэффективных инновационных решений. В настоящее время в строительстве уже действуют стратегические ориентиры на трансформацию традиционных договоров подряда на контракты на жизненные циклы (КЖЦ). Это обязательно сейчас по крупным инфраструктурным и социально значимым проектам, при строительстве объектов транспортной инфраструктуры (автомобильные, железнодорожные дороги), ам, возведении портов, аэродромов, социальных объектов и прочих ситуациях. КЖЦ также активно применяется при выполнении военных заказов, поставки оборудования и в прочих народнохозяйственных сферах[12].

Использование КЖЦ трансформирует начальные этапы деvelopeмента, поскольку вход в начальные фазы проектов, как и последующая их реализация, ввод, эксплуатация и владение требует и эволюции моделей деvelopeмента, учета возникновения нетрадиционных товарных сегментов инвестиционно-строительного рынка в виде КЖЦ, ГЧП и инвестиционных долгосрочных соглашений на новые сегменты спроса.

Можно утверждать, что совместная стоимостная формализация двух компонент стоимости ЖЦ, которую можно интерпретировать как стоимость в обмене, а также стоимости в процессе владения или использовании, формируют как новый тип стоимостной оценки в оценочной деятельности типа стоимости жизненных циклов, так и инновационные модели национальных систем деvelopeмента.

В наиболее общем виде стоимость жизненного цикла объекта капитального типа может быть определена как сумма единовременных затрат создание (производство,

строительство) и периодических затрат по эксплуатации за определенные расчетные периоды владения для конкретных субъектов владения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выполненные исследования в области классификационного анализа направлений развития стоимостного менеджмента в системах девелопмента на основе стоимостных оценок жизненных циклов, дали возможность предложить в качестве отдельного результата исследования следующие классификационные группы развития теории девелопмента в рамках следующих стратегических направлений:

C1. Развитие классических методов оценки девелоперских систем в рамках оценки и управления инвестиционными проектами по жизненным циклам их планирования и реализации. Данный градиент развития связан с модернизацией действующих технологий оценки и управления инвестиционными проектами и программами в своих жизненных циклах функционирования согласно стандартам управления проектами. В них, как правило, структурируют прединвестиционную, инвестиционную и заключительную эксплуатационную фазу владения с последующим переходами в процессы реновации, вплоть до ликвидации объекта капитального строительства. . Инвестиционный регламент включает в себя этапы, процедурные регламенты и стандарты разного типа в рамках моделирования входящих, исходящих и результативных денежных потоков в современных цифровых информационных системах. Обязательны к расчету такие индикаторы эффективности как чистый дисконтированный поток, время окупаемости проекта, доходность и прочие показатели эффективности на основе теории стоимости денег.

C2. Развитие девелоперских систем на основе оценки девелоперских проектов по затратам на протяжении всего жизненного цикла. В зарубежных методиках это идентифицируется как модели типа LCC или Life Cycle Cost. Методологическое содержание этого подхода базируется на расчёте суммарных совокупных или интегральных затрат единовременного типа от временных состояний, связанных с приобретением или созданием объекта, до циклических временных затрат владения в период эксплуатации или в периоды владения объектами капитального типа (или прочими типами объектов), а также учетом возможной перепродажи или смены владельца, вплоть до ликвидации. Данный концептуальный подход формирует множественную базу как зарубежных, так и отечественных стандартов и методик, в том числе стоимости владения.

C3. Развитие методов оценки и управления девелоперских систем на основе оценки затрат жизненного цикла с элементами сравнительного анализа. В зарубежной литературе данная идеология девелопмента идентифицируется как LCCA или Life Cycle Cost Analysis. Этот расчетный подход предусматривает использование сравнительного анализа применительно к сопоставимым жизненным циклам. Выявление максимально выгодного варианта среди альтернативных конкурирующих вариантов осуществляется по временному лагу и структурным составляющим жизненного цикла исследуемых девелоперских проектов. Здесь важен также как расчет совокупных интегральных затрат, так и сопоставительный их анализ на стадиях создания или приобретения, периодах владения или перепродажи, а также фазах владения , текущего и капитального ремонта, управления эксплуатацией, вплоть до реновации или ликвидации.

C4. Развитие методов оценки и управления девелоперских систем на основе оценки и управления стоимостью владения объектов капитального строительства на стадии эксплуатации для конечных потребителей. В зарубежной экономике этот сегмент научно-практической деятельности носит название TCO или Total Cost of Ownership.

Идеология формализации стоимости владения для любых объектов владения применительно к субъектам владения является основой концепции бережливости. Применительно к объектам капитального строительства модель TCO является в зарождающемся состоянии. Универсальная методика TCO отсутствует, поскольку для

различных типов объектов владения характерны различные типы совокупных затрат владения с разным характером проявления. Расчетная модель ТСО близка по своему алгоритму к процедурам LCC и ее можно определить как систему расчетных процедур по совокупным затратам с ориентацией на минимизацию стоимости владения каких-либо производственно-технических и прочих объектов владения за определенные расчетные периоды.

В России применение концепции ТСО в области реализации инвестиционно-строительных проектов и объектов недвижимости не осуществляется. Выполняются лишь отдельные локальные исследования [6,7,11,13,14].

С5. Развитие методов оценки и управления девелоперских систем на основе оценки и управления жизненных циклов на проектирование, строительство, финансирование и обслуживание объектов капитального строительства типа DBFM. Он предусматривает выполнение следующих стадий жизненного цикла - Design, Build, Finance, Maintain. Эта концепция предусматривает включение исполнителя в управление ключевыми фазами жизненного цикла объектов капитального строительства. Этот подход интерпретируется как особый вид комплексных инвестиционных договоров или контрактов на жизненный цикл.

С6. Развитие методов оценки и управления девелоперских систем на основе оценки и управления частными финансовыми инициативами с элементами государственно-частного партнерства (PFI). В зарубежной экономике это трактуется как «Private Finance Initiative».. Содержание частных финансовых инициатив может быть многообразным по своим проявлениям. Эти модели девелопмента применяются при строительстве крупных инфраструктурных проектов с высокой общественной значимостью. В основе PFI - формирование ГЧП и концессионных соглашений для софинансирования крупнейших инфраструктурных проектов типа КЖЦ.

С7. Прочие модели развития методов оценки и управления девелоперских систем на основе использования моделей индустриальных парков и территорий опережающего социально-экономического развития.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования подтвердили как актуальность, так и перспективность поисковых исследований в области исследования осуществления классификационного анализа направлений развития стоимостного менеджмента в системах девелопмента на основе стоимостных оценок жизненных циклов.

Установлено, что принятый вектор поисковых исследований должен стать важной основой для выполнения национальной задачи России по обеспечению долговременного устойчивого социально-экономического развития страны на основе модернизированных моделей девелопмента в условиях внешних вызовов и турбулентной экономики.

Считаю обоснованным утверждение, что концептуальная методология совершенствования девелопмента на основе классификационного анализа направлений развития стоимостного менеджмента в системах девелопмента в целях выявления стратегических направлений его развития по типам С1-С7, требует дополнительных поисковых исследований для более глубоких теоретических и практических исследований в этой области.

Поставленную цель исследования по совершенствованию современных национальных систем девелопмента за счет актуальной классификационной структуры стратегических направлений стоимостного инвестиционного менеджмента на основе методологии оценки и управления стоимостью жизненными циклами товаров, работ с выделением объектов капитального строительства как ключевых объектов регулирования эффективности девелоперских экономических систем, следует считать обоснованной научной проблемой, требующей своего решения в текущем периоде строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года. Кремль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>, свободный – (20.09.2021).
2. Генезис управления стоимостью контрактов жизненного цикла объекта капитального строительства и стоимости владения недвижимостью. Кулаков К.Ю., Баронин С.А. *Недвижимость: экономика, управление*. 2020. №1. С10-14.
3. Официальный портал Национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bkdrf.ru/27>, свободный – (20.10.2021).
4. Федеральный стандарт оценки «Определение инвестиционной стоимости (ФСО№13)». Приказ Минэкономразвития России от 17.11.2016 N 722 «Об утверждении федерального стандарта оценки».
5. Кулаков К.Ю., Баронин С.А. Стоимостное моделирование жизненных циклов строительства зданий на основе совокупных затрат и оценка стоимости контрактов на жизненные циклы недвижимости // *Недвижимость: экономика, управление*. – 2019. - №1. – С.32-38.
6. Kulakov K.Y., Baronin S.A. Developing affordable and energy efficient housing in Russia based on real estate total cost of ownership management // *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. -2015. -Т. 6. № 2. -С. 291-298.
7. Kulakov K., Baronin S. Metod of modeling TCO residential real estate in the life cycles of building as a promising energy efficiency management tool: MATEC Web of Conferences . "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"" 2017. С. 06022.
8. Kulakov K.Y., Baronin S.A. Modeling total cost of ownership residential real estate in the life cycles of buildings. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. Volume 9, Issue 10, October 2018, pp. 1140-1148.
9. Кулаков К.Ю. Управление инвестиционной стоимостью земельных участков при жилищном строительстве на основе государственного-частного партнерства // *Экономические стратегии*. – 2018. - № 3. – С.100-107.
10. Баронин С.А., Янков А.Г. Контракты жизненного цикла: понятийный анализ, зарубежный опыт и перспективы развития в России [Электронный ресурс] // *Электронный научный журнал Современные проблемы науки и образования* – 2013. № 6; Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/113-11588> (20.10.2021).
11. Baronin S.A., Yankov A.G., Bizhanov S.A. Assessing the cost of real estate lifecycle contracts in Russia`s present-day economy and the characteristics of the European experience. *Life Science Journal* – 11(8s) – 2014 – P. 249-253.
12. Методические аспекты формирования и управления совокупной стоимостью жизненных циклов недвижимости с разным уровнем энергоэффективности. Баронин С.А.: Монография – Пенза, 2017, 173с.
13. Стоимость владения жилой недвижимостью по совокупным затратам в жизненных циклах воспроизводства как основа управления энергоэффективностью. Казейкин В.С., Баронин С.А., Белый А.В., Бижанов А.Х., Бижанов С.А., Гребенщиков В.С., Янков А.Г. Астана, ПРООН, 2015.-212 С.
14. Оценка совокупной стоимости владения жилой недвижимостью в жизненных циклах зданий как перспективный инструмент управления энергоэффективностью. Баронин С.А., Гребенщиков В.С., Янков А.Г. *Недвижимость: экономика, управление*. 2015. №3. С.36-40.
15. Развитие национальных проектов на основе контрактов на жизненные циклы по объектам капитального строительства. Баронин С.А., Еремкин А.И., Пономарева И.К. *Научно-технический журнал «Региональная архитектура и строительство*. 2020. №2. С.10-14.
16. Kulakov K., Baronin S Methodical modeling of the investment value of land plots for housing development. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2017. С. 08100.
17. Кулаков К.Ю., Баронин С.А., Денисова Е.С. Особенности инвестиционной оценки земельных участков под комплексную жилую застройку. В сборнике: **СТОИМОСТЬ СОБСТВЕННОСТИ: ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ**. Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2014. С. 134-142.
18. Кулаков К.Ю., Баронин С.А., Бредихин В.В., Денисова Е.С. Экономико-математическое моделирование коридора управления инвестиционной стоимостью проекта комплексной застройки территорий жильем эконом-класса на стадии земельного девелопмента. *Известия Юго-Западного государственного университета*. Серия: Экономика, Социология, Менеджмент. 2014. №1. С.204-210.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ КОНСТРУКЦИЙ КОНЕЧНЫМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ

К. Н. Дуванова¹, М. В. Кузнецов², И. С. Птухина³

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

¹*bluealicerain@gmail.com*

²*kuzkuz677@gmail.com*

³*irena_ptah@mail.ru*

Аннотация

В данной статье говорится о методике моделирования возможных затрат и расходов на эксплуатацию жилых зданий и сооружений в разрезе расположения данных зданий и материалов. Для любого строительного проекта вопрос стоимости и рентабельности стоит на первом месте, однако не всегда те компромиссные решения, по выполнению ограждающих конструкций или несущих, несут легкую и удобную эксплуатацию для конечного потребителя. По теплотехническим расчетам и сравнительному анализу стоимостей оплаты ЖКХ по отоплению в данной работе моделируются примерные средние затраты на содержание средней по площади квартиры, расположенной на территории Российской Федерации, в разных её регионах. По итоговым значениям затрат на содержание такой квартиры в отопительный сезон, а также значениям длительности отопительного сезона и территориальному расположению выводится один из коэффициентов по общим затратам на содержание для конечного потребителя объекта недвижимости.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей истории современного строительства строительно-инвестиционные проекты преследовали основную свою цель – это получение прибыли для инвесторов. Однако, минимизация затрат производства строительных работ и удешевление материалов производства [1-5] не приводит к увеличению показателей удовлетворенности итогового клиента, что в итоге сказывается на будущих проектах и приводит к итоговым потерям и косякам потребителей и финансовой выгоды [6,7]. Для избежания данной ситуации строительные компании и заказчики строительно-инвестиционных объектов идут на компромиссные решения по выполнению разных конструктивных элементов зданий и сооружений, и чем комплексное данное решение, тем сложнее понимать его итоговую стоимость [8-12], а главное итоговые эксплуатационные характеристики принятых решений. Основная причина неподготовленности некоторых технических решений, применяемых в строительстве – это короткие сроки проверки и установления всех возможных эксплуатационных особенностей с течением времени [13].

В погоне за удешевлением строительного процесса на рынок выводятся все новые и новые строительные материалы и решения по отдельным частям конструкций [14-16]. Не все из данных решений хорошо себя показывают с течением времени, и конечная финансовая нагрузка на содержания зданий с неудачными техническими решениями ложится только на конечного пользователя, что создает еще одну проблему, требующую компромиссного решения. Также важной составляющей всех эксплуатационных затрат конечного пользователя составляет территориальное расположение постройки, не каждый материал, хорошо показывающий себя в условиях средней полосы России сможет показывать такие же прочностные, теплотехнические и устойчивые к износу характеристики в зонах пониженного температурного режима или повышенного [16-20].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного компонента в моделирование затрат на эксплуатацию в данной работе принимаются финансовые затраты на оплату отопления в зависимости от

территориального расположения, выбора ограждающей конструкции и распространённости данной ограждающей конструкции на территории выбранного региона.

В таблице 1 представлены тарифы по оплате ЖКХ по нескольким регионам на 2021 год

Таблица 1. Тарифу ЖКХ.

| Город | Электроэнергия (руб./кВт*ч) | Отопление (руб./Гкал) | Газ (руб./куб.м) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|
| Москва | 5,86 | 1929,41 | 205,15 |
| Санкт-Петербург | 4,82 | 1818,29 | 109,10 |
| Волгоград | 4,51 | 1756,24 | 135,14 |
| Новосибирск | 2,80 | 1467,82 | 114,54 |
| Ростов-на-Дону | 5,75 | 2386,62 | 65,03 |
| Иркутск | 1,17 | 1466,72 | 93,61 |
| Грозный | 2,81 | 2045,68 | 18,56 |

По статистическим данным чаще всего в здания постройки с 2011 года по 2021 применялось 3 типа фасадных решений: вентилируемый фасад, утепление фасада минеральной ватой, и вспененным экструдированным пенополистиролом. На основе этих данных было получено количество зданий, в которых применяются данные конструкции в каждом из регионов.

Для уравнивания значений относительно общего количества сданных домов за 10 лет применяются доля значения по общему количеству квартир, расчет идет по формуле 1.:

$$S = \frac{Q \cdot \alpha}{\sum Q} \quad (1)$$

Где: S – это доля кол-ва зданий по отношению к общему кол-ву.

Q – это общее кол-во зданий построенных за 10 лет.

α – это процент зданий с выбранным решением

Таблица 2. Количество зданий с выбранным решением фасада.

| Город | Общее кол-во, Q шт. | Процент вент-фасада, % | Процент минерального утеплителя, % | Процент полистирола, % |
|-----------------|---------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Москва | 1651 | 42 | 15 | 8 |
| Санкт-Петербург | 1133 | 35 | 12 | 12 |
| Волгоград | 306 | 48 | 14 | 16 |
| Новосибирск | 906 | 36 | 16 | 9 |
| Ростов-на-Дону | 389 | 28 | 20 | 14 |
| Иркутск | 830 | 41 | 21 | 7 |
| Грозный | 50 | 25 | 22 | 15 |

В таблице 3 представлены результаты расчетов долей.

Таблица 3. Доли конструктивных решений.

| Город | Общее кол-во, Q шт. | Доля вент-фасада, % | Доля минерального утеплителя, % | Доля полистирола, % |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|
| Москва | 1651 | 10,97 | 3,76 | 3,76 |
| Санкт-Петербург | 1133 | 4,06 | 1,19 | 1,35 |
| Волгоград | 306 | 9,02 | 4,01 | 2,26 |
| Новосибирск | 906 | 3,01 | 2,15 | 1,51 |
| Ростов-на-Дону | 389 | 12,85 | 6,58 | 2,19 |
| Иркутск | 830 | 0,35 | 0,30 | 0,21 |
| Грозный | 50 | 10,97 | 3,76 | 3,76 |

Для расчета эксплуатационных затрат требуется рассчитать теплопотери конструкций для каждого типа. Все геометрические характеристики принимаются средними из часто используемых, площадь конструкции принимается как 1 м². Для расчета теплопотерь используется специализированный калькулятор.

Потери тепла для вент-фасада представлены на рисунке 1 и рисунке 2.

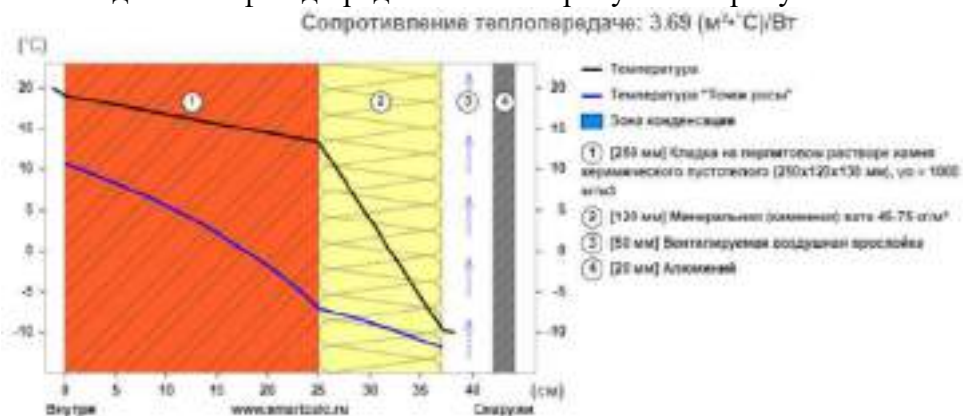


Рис.1. Пирог вент-фасада.

Потери тепла через 1 м² за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт/ч)

| Сопоставление параметров | И | ДП, К | С | ДП, Вт/ч |
|---|------|--------|-------|----------|
| Санитарно-гигиенические требования [°C] | 1,32 | -54,20 | 30,80 | 22,34 |
| Нормативное значение погодных требований [°C] | 1,88 | -49,07 | 24,48 | 12,00 |
| Низкое значение погодных требований [°C] | 3,00 | -30,16 | 16,41 | 3,05 |
| Сопротивление теплопередаче предлагаемой конструкции [H] | 3,69 | 0,00 | 12,48 | 0,00 |
| R + 10% | 4,06 | 10,00 | 11,32 | -1,13 |
| R + 30% | 4,73 | 26,00 | 0,97 | -3,89 |
| R + 50% | 5,54 | 50,00 | 0,30 | -4,15 |
| R + 100% | 7,39 | 100,00 | 0,23 | -8,23 |
| Температура воздуха через 1 м ² за один час [°C] | | | | 29,42 |
| Потери тепла через 1 м ² за 1 час при температуре воздуха в комнате [°C] | | | | 12,48 |

Рис.2. Потери тепла.

Аналогично проводим расчеты для остальных конструкций с теми же размерами слоев утеплителя, представлены на рисунках 3,4,5,6.

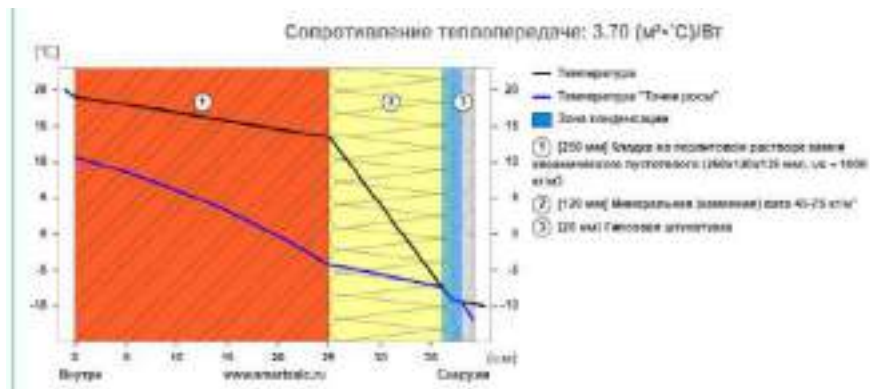


Рис.3. Пирог минеральной ваты.

Потери тепла через 1 м² за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

| Сопротивление теплопередаче | R | кВт, % | Q | кВт, Вт·ч |
|---|------|--------|-------|-----------|
| Стандартно-технические требования [Rc] | 1,32 | -29,10 | 24,50 | 20,38 |
| Нормативные значения по дополнительным требованиям [Rd] | 1,98 | -41,88 | 24,45 | 18,24 |
| Базовое значение дополнительных требований [Rt] | 2,99 | -7,74 | 15,41 | 1,19 |
| Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R] | 3,24 | 0,00 | 14,22 | 0,00 |
| R + 10% | 3,50 | 10,00 | 12,92 | -1,29 |
| R + 20% | 4,04 | 25,00 | 11,37 | -2,84 |
| R + 50% | 4,85 | 50,00 | 9,40 | -4,74 |
| R + 100% | 6,47 | 100,00 | 7,11 | -7,11 |

Потери тепла через 1 м² за отопительный сезон: 33,85 кВт·ч
 Потери тепла через 1 м² за 1 час при температуре самой холодной пятидневки: 14,22 Вт·ч

Рис.4. Потери тепла.

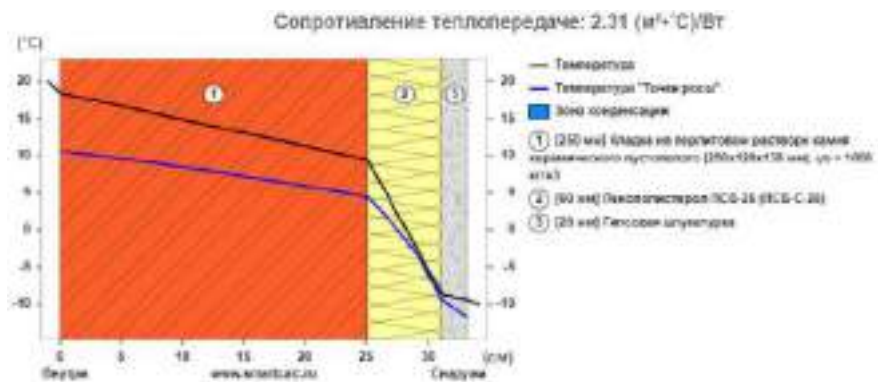


Рис.5. Пирог пенополистирола.

Потери тепла через 1 м² за один час при сопротивлении теплопередаче (Вт·ч)

| Сопротивление теплопередаче | R | кВт, % | Q | кВт, Вт·ч |
|---|------|--------|-------|-----------|
| Стандартно-технические требования [Rc] | 1,32 | -42,88 | 24,50 | 14,85 |
| Нормативные значения по дополнительным требованиям [Rd] | 1,98 | -18,42 | 24,45 | 4,51 |
| Базовое значение дополнительных требований [Rt] | 2,99 | 29,48 | 15,41 | -2,54 |
| Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R] | 2,31 | 0,00 | 16,65 | 0,00 |
| R + 10% | 2,54 | 10,00 | 15,14 | -1,51 |
| R + 25% | 2,80 | 25,00 | 13,96 | -2,69 |
| R + 50% | 3,46 | 50,00 | 11,30 | -5,35 |
| R + 100% | 4,61 | 100,00 | 8,58 | -8,58 |

Потери тепла через 1 м² за отопительный сезон: 47,16 кВт·ч
 Потери тепла через 1 м² за 1 час при температуре самой холодной пятидневки: 16,65 Вт·ч

Рис.6. Потери тепла.

Для расчет общей стоимости оплаты отопления используется формула 2.

$$P = V \cdot t \cdot 8,6 \cdot 10^{-7} \cdot Q$$

Где: P – это полная оплата.

V – это потери тепла за отопительный сезон.

t – это время в месяце = 672 ч.

Q – это цена за 1 Гкал тепловой энергии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам всех расчетов получается сравнительная таблица 4, в которой показаны затраты на отопление по разным регионам относительно разных фасадных решений на 1 м² ограждающей конструкции.

Таблица 4. Затраты на отопление.

| Город | Затраты вент-фасада, руб | Затраты минерального утеплителя, руб | Затраты полистирола, руб. |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Москва | 32,82 | 37,45 | 52,57 |
| Санкт-Петербург | 30,93 | 35,30 | 49,55 |
| Волгоград | 29,87 | 34,09 | 47,86 |
| Новосибирск | 24,96 | 28,49 | 40,00 |
| Ростов-на-Дону | 40,59 | 46,33 | 65,03 |
| Иркутск | 24,95 | 28,47 | 39,97 |
| Грозный | 34,79 | 39,71 | 55,74 |

По итогам данного сравнения можно видеть, что вент-фасад оказывается дешевле для конечного потребителя в эксплуатации относительно других видов материалов, что показывает его самым оптимальным решением в плане экономии на отопление, но данный расчет не рассматривает варианты с потерей с возрастом тепловых характеристик и недочеты в монтаже конструкций.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы можно сделать несколько выводов:

1. Не все компромиссные решения удобны в эксплуатации для конечного потребителя
2. Рассмотренные зависимости кол-ва зданий с применением выбранных систем фасадных решений совпадают с оптимальными решениями для конечного потребителя в области оплаты услуг ЖКХ за отопление.
3. В данном расчете не применялись изменения теплотехнических характеристик с учетом времени и для дальнейших исследований необходимо определить данные зависимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамзин, Э.Р., Пестряков, И.И., Беляева, С.В., Птухина, И.С. Методы улучшения акустической обстановки на территории морской набережной в Санкт-Петербурге // В сборнике: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2021. №3. С. 354-357.
2. Величкин, В.З., Петровиченко, М.В., Птухина, И.С. Матрично-сетевая модель планирования сложных комплексов работ // Труды военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. 2019. №669. С. 13-17.
3. Муратова А.С., Птухина И.С. Методы оценки стоимости инвестиционно-строительных проектов на этапе концепции // В сборнике: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2019. №3. С. 18-20.
4. Popova, E., Ptuхина, I. Urban-planning analysis of the project of infill development in terms of sustainable development of the city // E3S Web of Conferences. 2019. №135. С. 3-14.
5. Shatornaya, A., Chislova, M., Drozdetskaya, M., Ptuхина, Efficiency of 3d printing in civil engineering // Construction of unique buildings and structures. 2017. №9(60). С. 22-30.
6. Птухина, И.С., Дроздецкая, М.А., Числова, М.М. Шаторная, А.М. Стекло как материал несущих колонн // Инновации в науке. 2017. №6(67). С. 74-78.
7. Ptuхина, I., Spiridonova, T., Musorina, T., Kanyukova, S., Rezvaia, A. Efficiency of Urban Development under High-rise Construction of Districts // MATEC Web of Conferences. 2016. №53. С. 10-49.

8. Якуба, О.В., Овсянникова, А.В., Величкин, В.З., Птухина, И.С. Выбор оптимальной конструкции перекрытия большепролетных зданий и сооружений // Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2015. №3(113). С. 102-107.
9. Птухина И.С., Вяткин М.Е., Мусорина Т.А. Стоимость строительной продукции и особенности ее оценки // Строительство Уникальных Зданий и Сооружений. 2014. 8(23). С. 116-127.
10. Птухина, И.С., Далабаев, А.С., Туркебаев, А.Б., Глеуханов, Д.С., Бижанов, Н.Ж., Далабаева, А.Е. Эффективность использования инновационных композитных материалов в строительстве // Строительство Уникальных Зданий и Сооружений. 2014. №9(24). С. 84-96.
11. Petrichenko M., Rakova X.M., Vyatkin M., Musorina T., Kuznetsova D. Architectural Renovation of Quarter in Mannheim, Germany // Applied Mechanics and Materials. 2015. (725–726). С. 1101–1106
12. Bolshakov N.S., Aleksandrovich K.S., Rakova X.M. The “comfort in all respects” principle implementation by the example of an elementary school // Advanced Materials Research. 2014. (941–944). С. 895–900.
13. Gaevskaya Z.A., Rakova X.M. Modern building materials and the concept of “sustainability project” // Advanced Materials Research. 2014. (941–944). С. 825–830.
14. Vatin N., Nemova D., Tarasova D., Staritcyna A. Increase of energy efficiency for educational institution building // Advanced Materials Research. 2014. (953–954). С. 854–870.
15. Улыбин А.В., Ватин Н.И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения 2014. № 25(10). С. 134–146.
16. Orr H., Wang J., Fetsch D., Dumont R. Technical note: Airtightness of older-generation energy-efficient houses in Saskatoon // Journal of Building Physics. 2013. № 3(36). С. 294–307.
17. Корниенко С.В. Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. (5). С. 20–28.
18. Kang N.N., Cho S.H., Kim J.T. The energy-saving effects of apartment residents’ awareness and behavior // Energy and Buildings. 2012. (46). С. 112–122.
19. Serra V., Zanghirella F., Perino M. Experimental evaluation of a climate façade: Energy efficiency and thermal comfort performance // Energy and Buildings. 2010. № 1(42). С. 50–62.
20. Tenpierik M., Van Der Spoel W., Cauberg H. An analytical model for calculating thermal bridge effects in high performance building enclosure // Journal of Building Physics. 2008. № 4(31). С. 361–387.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

К. Н. Дуванова¹, М. В. Кузнецов², Ю. А. Демидова³, И. С. Птухина⁴

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

¹*bluealicerain@gmail.com*

²*kuzkuz677@gmail.com*

³*juliaandreeva99@mail.ru*

⁴*irena_ptah@mail.ru*

Аннотация

Представленная статья содержит информацию, повествующую о том, что именно представляет из себя инвестиционно-строительный проект, какие этапы он включает в себя. Данная работа стремится отобразить значимость научно-технического прогресса в сфере строительства, в частности в управлении инвестиционно-строительным проектом, так как почти все задачи на сегодняшний день выполняются непосредственно с использованием компьютерной техники и установленного на ней программного обеспечения. В статье приведен ряд названий специализированных программных комплексов, с помощью которых инженеры могут решить множество проблем и ускорить процесс строительства объекта. Также рассматриваются их преимущества и недостатки. Кроме того, данная работа в качестве примера рассматривает одно из программных обеспечений и приводит фрагмент построения календарного графика в Microsoft Project и графика распределения трудовых ресурсов.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих веков сфера строительства была и остается одной из самых важных для человечества, так как всегда присутствует потребность в жилье, общественных и административных зданиях, постройках медицинского и образовательного назначения [1-4]. Однако со временем старые дома приходят в негодность, подходит к концу их срок эксплуатации, что говорит инженерам о необходимости реконструкции данного объекта. Оба этих случая подразумевают крупные финансовые вложения, привлечение сторонних инвесторов [5-8], а возможно и подрядчиков, компетентных в вопросах разработки необходимой документации. Все это представляет собой инвестиционно-строительный проект. Он включает в себя целый комплекс вопросов, требующий привлечения специалистов из разных областей [9].

Также в задачи инвестиционно-строительного проекта входит обоснование целесообразности застройки или реконструкции с точки зрения экономики, расчет сроков окупаемости проекта, расчет предполагаемых затрат, прогнозирование финансовой прибыли от реализации данного проекта. Помимо указанного выше инвестиционно-строительный проект предполагает получение разрешительных документов для проведения инженерно-геологических и инженерно-геодезических изысканий, для разработки проектной документации и для ведения строительных и монтажных работ [10-15].

На сегодняшний день научно-технический прогресс не стоит на месте, технологии развиваются с каждым годом все стремительнее, ручной труд практически полностью исключается, большинство процессов можно автоматизировать или замоделировать на компьютере для упрощения работы людей [16]. Строительная сфера не является исключением. Сегодня для управления инвестиционно-строительным проектом применяется множество специализированных программных комплексов, таких как Synchro, Navisworks Manage, Microsoft Project, Smeta Wizard и многие другие [17-18]. Конечно, каждая из данных программ имеет как свои достоинства, так и недостатки. Достоинства не требуют представления и приведены выше. В числе недостатков следует

отметить наиболее значимый – несовершенство синхронизации моделей в различных программных обеспечениях. К примеру, для составления ведомости объемов работ в Autodesk Revit достаточно создать соответствующую таблицу, она заполнится автоматически после задания определенных параметров в настройках материала. Однако возникает проблема с занесением объема гидроизоляционного материала и пароизоляционного материала, так как очень сложно правильно замоделировать прокладку данных рулонных материалов во всех местах, учитывая все узлы [19].

На данный момент поставленный вопрос является как никогда актуальным, так как возможность замоделировать процесс строительства, составить календарный график производства подготовительных и строительно-монтажных работ, возможность отследить процесс возведения объекта в реальном времени из любой локации с помощью программного обеспечения является очень важным дополнением всего процесса строительства. Это позволяет сократить сроки строительства, рационально распределить человеческий ресурс по видам работ и по фронтам работ, возможно даже за счет этого снизить стоимость строительства [20]. Есть множество программ, позволяющих рассчитать стоимость будущего объекта и стоимость одного квадратного метра в данной постройке. Описанная проблема является не только актуальной, но и довольно новой. В связи с этим возникает проблема, связанная с нехваткой квалифицированных кадров. Также сегодня становится популярным не только отслеживание процесса производства работ, но мониторинг работы с поставщиками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве метода для проведения данного исследования был выбран анализ литературных источников, включая научные статьи известных авторов в области строительства и экономики в строительной сфере. Также был рассмотрен ряд программных комплексов, которые используются для моделирования строительного процесса, расчета стоимости объекта, составления календарного графика. Кроме того, был замоделирован календарный график строительства объекта и составлен график распределения человеческих ресурсов. Еще несколько десятилетий назад инженерам XX века требовалось немало усилий, чтобы составить данные графики, грамотно распределить людей по видам работ и по захваткам, отследить нехватку ресурсов. В настоящее время инженеры имеют возможность воспользоваться программным обеспечением Microsoft Project для выполнения данных задач.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании изученного литературного материалы было выявлено, что для моделирования какого-либо процесса или оцифрования того или иного графика удобно использовать современные программные комплексы. Нами был разработан календарный график выполнения строительно-монтажных работ для возведения бизнес-центра, высота которого более 100 м. Также нами был составлен график распределения трудовых ресурсов. Мы исключили дефицит ресурсов, учли последовательность возведения строительно-монтажных работ. На рисунке 1 приведен фрагмент календарного графика. Он отображает наименования строительно-монтажных работ подземной части здания и подготовительных работ, длительность каждой из работ и требуемое расчетное количество людей, нормативную длительность проведения подготовительных работ и возведения подземной части. Также график отображает последовательность выполнения данных работ. На данном графике наглядно отображены все важнейшие связи, показан такой важный момент, как водоотлив из котлована, который идет на протяжении всего времени отрыва котлована.

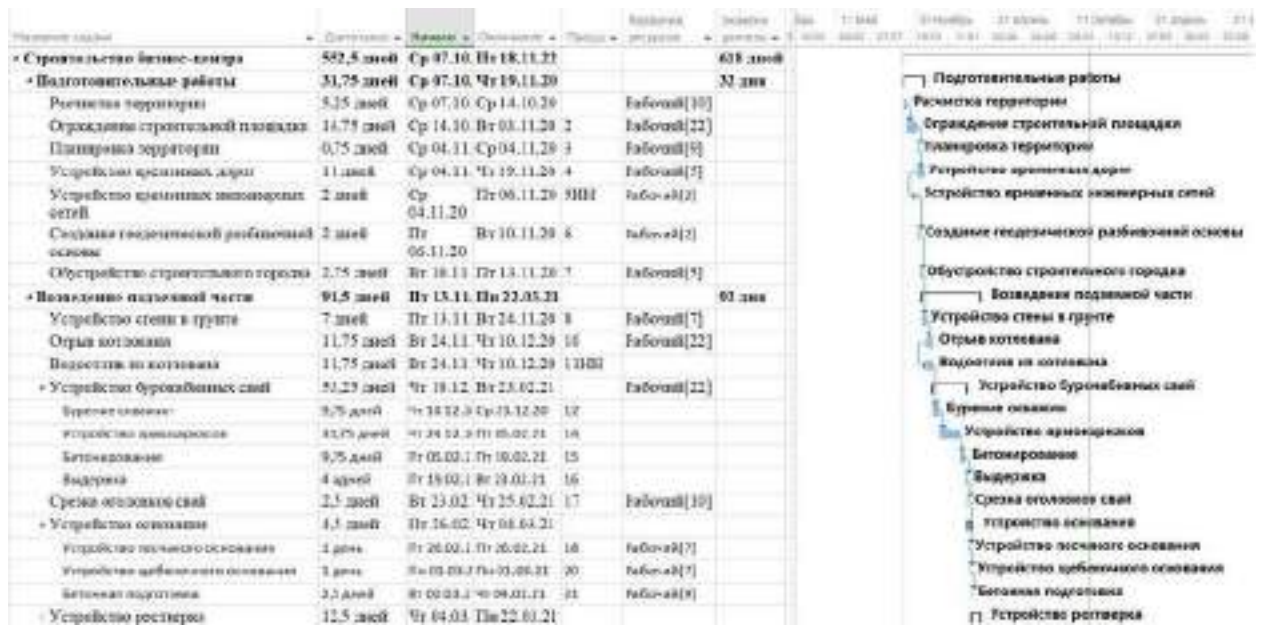


Рис. 1. Фрагмент календарного графика возведения высотного бизнес-центра.

Кроме того, используемая программа позволяет избежать дефицита трудовых ресурсов и дает возможность грамотно распределить людей на стройке. В рамках данной цели был составлен график распределения трудовых ресурсов, который представлен на рисунке 2.

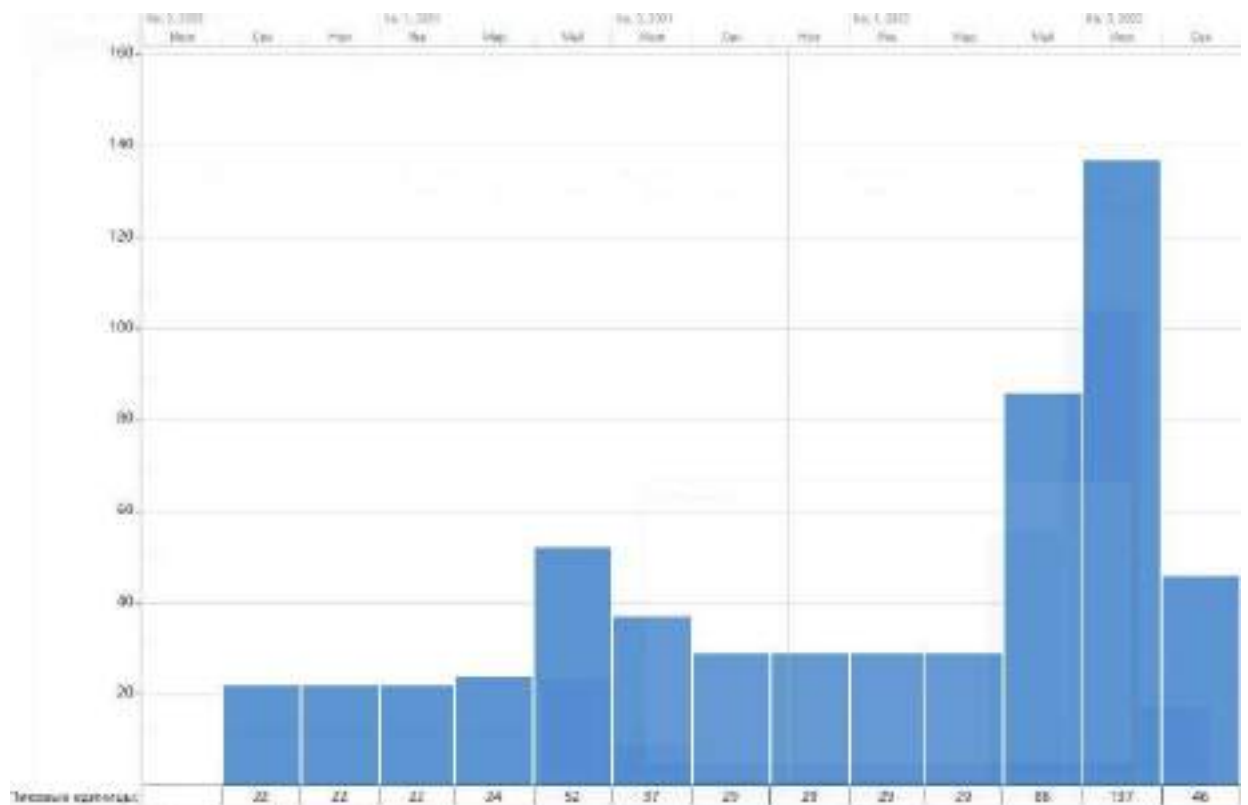


Рис. 2. График распределения трудовых ресурсов.

Диаграмма распределения людей позволяет заметить, что на протяжении всего процесса строительства отсутствует дефицит человеческого ресурса и не происходит наложения бригад рабочих. В случае просмотра всего календарного графика можно заметить, что максимальный скачок и пиковый рост числа рабочих на строительной площадке начинается на этапе отделочных работ, что свидетельствует о правильности

построения графика. Также можно отметить, что ресурсы на остальных этапах распределены равномерно, а максимальное число людей на строительной площадке одновременно за одну смену – 137 человек.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что поставленная цель изучить литературные источники по теме технологического моделирования в строительстве достигнута. Нами был определен ряд программных комплексов, имеющих практическую значимость в области технологического моделирования инвестиционно-строительного объекта. Кроме того, был рассмотрен пример моделирования временного графика в программном комплексе. Следует отметить, что на сегодняшний день невозможно представить данную сферу без информационно-технологического моделирования, оно позволяет наглядно увидеть весь жизненный цикл инвестиционно-строительного объекта, избежать конфликта ресурсов, перерасхода материалов и трудовых ресурсов, а также с помощью данных технологий становится возможным внесение бесчисленного множества корректировок для наблюдения процессов в реальном времени.

Очевидно, что программные комплексы не идеальны и имеют ряд недостатков, однако следует предположить, что они будут развиваться и уже в ближайшем будущем мы сможем использовать данные программные комплексы с наименьшими трудовозатратами для человека и с наибольшей пользой для строительной сферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загуменных Т.А., Птухина И.С. Использование сценарного метода в социальных объектах квартальной застройки // В сборнике: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2021. №3. С. 141-144.
2. Куцов Н.С., Птухина И.С. Организационно-экономический механизм внедрения автоматизации в строительных компаниях // Тенденции развития науки и образования. 2020. №68-5. С. 104-107.
3. Muratova, A., Ptukhina, I. BIM as an Instrument of a Conceptual Project Cost Estimation // Lecture Notes in Civil Engineeringthis. 2020. №70. С. 469–477
4. Попова Е.М., Птухина И.С., Радаев А.Е. Методика обоснования организационно-технологических характеристик комплекса объектов строительства на основе детально-линейного программирования // Вестник МГСУ. 2020. №6. С. 907-938.
5. Горобинский И.С., Прунова Ю.А., Птухина И.С. Методика проектно-ориентированного управления франчайзингом в строительстве // В сборнике: Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения. 2019. С. 68-73.
6. Муратова А.С., Птухина И.С. Методы оценки стоимости инвестиционно-строительных проектов на этапе концепции // В сборнике: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2019. №3. С. 18-20.
7. Ptuhina, I., Spiridonova, T., Musorina, T., Kanyukova, S., Rezvaia, A. Efficiency of Urban Development under High-rise Construction of Districts // MATEC Web of Conferencethis. 2016. №53. С. 10-49.
8. Bolotin, S., Dadar, A., Ptuhina, I. Construction work tasks duration: Pessimistic scenarios based on PERT method // Advanced Materials Researchthis. 2014. №945. С. 3026–3031.
9. Птухина И.С., Лисков А.А., Птухин И.А. Развитие стоимостного инжиниринга в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №5(5). С. 17-20.
10. Птухина, И.С. Экономика и ценообразование в строительстве: распределение экономической ответственности: учебное пособие // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2012. 84 с.
11. Шульгина Е.Ю., Саландаева О.И. Выбор конструктивной системы при моделировании архитектурного облика жилых зданий повышенной этажности в сейсмических районах // Молодежный вестник ИРГТУ. 2021. №1. С. 89-98.
12. Дементьева В.В. Характеристика понятия сроков строительства и анализ основных направлений сокращения сроков строительства // Аллея науки. 2018. № 5(21). С. 524–530.
13. Денисова К.В., Абакумов Р.Г. Сравнение методов определения сметной стоимости строительства // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1(6). С. 44–47.
14. Никулина Н.О., Никулин В.А. Применение современных информационных технологий для управления

- проектами в строительстве // В сборнике: Международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы технических наук. 2015. №1. С. 97-100.
15. Никулин В.А. Управление жизненным циклом объекта "зеленого" строительства на основе рейтинговых оценок // В сборнике: Международной научно-практической конференции в 3-х частях. Прорывные научные исследования как двигатель науки. 2015. №3. С. 234-237.
 16. Бовтеев С.В., Терентьева Е.В. Управление сроками строительного проекта // Управление проектами и программами. 2014. № 2. С. 158–173.
 17. Боровских, О.Н. Особенности построения системы управления проектами в проектных организациях // Российское предпринимательство. 2014. №1. С. 14-22.
 18. Ватин Н.И., Колосова В.Н., Бердюгин И.А. Эффективность применения систем автоматического управления в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №4(9). С. 29-36.
 19. Павлов А.Ю. Управление бизнес-процессами на разных этапах развития современного предприятия // Инженерный вестник. 2012. №2. С. 226-237.
 20. Миронов В.В. Юсупова Н.И. Концептуальные модели баз данных. // Учебное пособие. – Изд-во УГАТУ. 2007. С.64.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «БЕРЕЖЛИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» В УПРАВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

П. А. Громыко¹, И. С. Птухина¹

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

¹*gromyko.pa@edu.spbstu.ru*

²*ptuhina_is@spbstu.ru*

Аннотация

Специфика строительной отрасли обладает характеристиками, осложняющими процесс внедрения новых технологий управления и систем организации строительных процессов, поэтому в настоящее время внедрение новых методов в управление строительными проектами, а также освоение новых способов организации строительных процессов имеют большую актуальность, так как система управления и организации процессов в строительстве существенно влияет на время осуществления проекта, стоимость строительства и качество выполненных работ.

Применение технологии «Бережливого строительства» позволяет достичь продвинутого уровня управления строительными проектами посредством повышения эффективности организации строительного процесса, сокращения общей стоимости проекта и времени выполнения работ. В статье представлены основные положения «Бережливого строительства», проанализированы преимущества и перспективы применения данной технологии, изучены проблемы, препятствующие обширному внедрению принципов «бережливого строительства», а также исследованы применяющиеся инструменты бережливого строительства в современной практике.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из наиболее частых проблем, возникающих при ведении строительных проектов – нарушение сроков сдачи работ и самих объектов строительства, что непосредственно влияет на затраты. Такие нарушения возникают главным образом из-за отсутствия единой и четкой системы управления строительством, неэффективности применяемых стратегий и методов организации работ, отсутствие координации между руководящими отделами. Технология «бережливого строительства» – инновационный метод управления в строительной отрасли [1-5].

Впервые технология «бережливого производства» была применена в Японии в условиях дефицита производственных материалов, человеческих и другого вида ресурсов. Так была разработана наиболее рациональная система методов использования ресурсов, преследующая минимизацию человеческих усилий с наименьшим процентом применения оборудования и материально-технической базы. Согласно данной технологии самой значительной потерей является «брак», которую необходимо полностью исключить из процесса производства работ [5-10]. Также были определены другие имеющие немалое значение виды потерь:

- «Перепроизводственные» потери;
- Временные потери из-за ожидания;
- Потери из-за излишних транспортировок;
- Потери из-за избыточных запасов;
- Потери из-за допущенных дефектов в процессе работ.

На сегодняшний день технология «бережливого производства» нашла применение в многочисленных сферах деятельности: производстве различного вида электронного оборудования, в авиационной, фармацевтической, металлургической, машинной и других промышленности. В последние десятилетия принципы «бережливого производства» стали основой для создания системы управления процессами в строительной отрасли

Основной принцип данной технологии в строительстве – сокращение видов деятельности, которые не добавляют «ценности» строительному процессу и увеличение тех видов деятельности, которые повышают «ценность». Главные задачи данной технологии – внедрить такие принципы и методы организации, благодаря которым нарушения временных сроков будут минимизированы, затраты и потери всех видов преждевременно определены и исключены [10-15].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выявления преимуществ и перспектив применения технологии «бережливого строительства» были выявлены основные причины возникновения так называемых «потерь» в строительстве, которые приведены на рисунке 1.

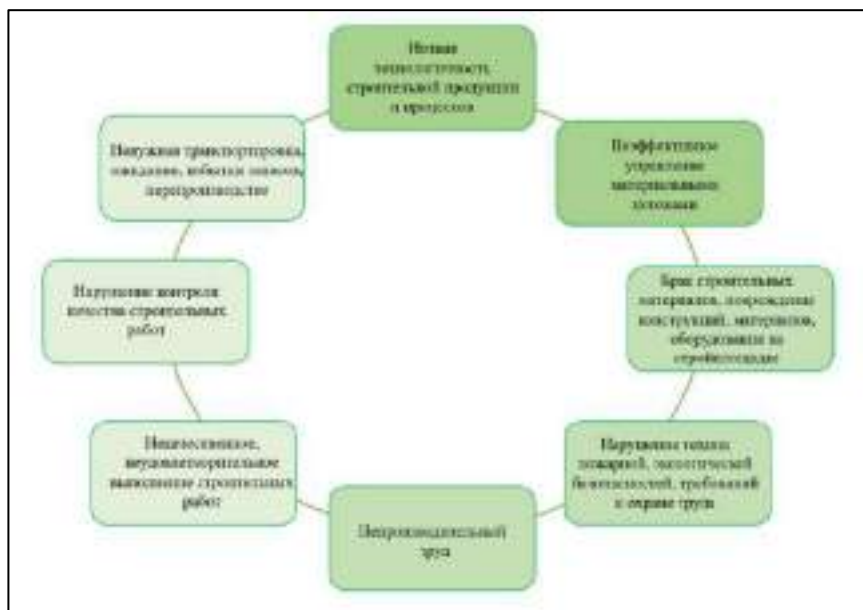


Рис.1. Основные причины возникновения потерь в строительстве.

На основании причин потерь было определено какие направления должны быть отработаны для минимизации и исключения данных потерь:

- Повышенный контроль качества поставляемого оборудования, строительных материалов, конструкций;
- Контроль своевременности поставок необходимого вида материалов и продукции;
- Уменьшение сроков транспортировки материалов, оборудования и прочих ресурсов;
- Создание структурированного потока организации работ
- Усиление надзора за строительством, повышение требований к контролю качества;
- Улучшение технологичности выполнения строительных работ.

Однако для исключения данных потерь необходимо преодолеть ряд значительных барьеров таких, как: отсутствие квалифицированных рабочих кадров, отсутствие поддержки главного управления компании, недостаток понимания и осознанности необходимости технологии «бережливого строительства», отсутствие инфраструктуры для обеспечения снабжения объектов необходимыми ресурсами, транспортировки требующихся ресурсов, отсутствие заинтересованности и полной вовлеченности заказчика и исполнителя в процесс.

Кроме того, для реализации концепции «бережливого строительства» в зарубежных странах возникали такие барьеры, как отсутствие возможности долгосрочного планирования, сопротивление управленческого персонала к изменениям в

соответствии с методом, отсутствие стимулов и мотивации к внедрению принципов «бережливого производства», отсутствие корректной нормативной базы, регламентирующей процесс ведения той или иной стадии работ и производства.

В современном строительстве применяется множество методов и техник, основанных на технологии «бережливого строительства»:

- Последний планировщик (за разработку продукта, быстрое реагирование на происходящие процессы, планирование работ отвечает группа лиц, обеспечивающих оперативное и точное выполнение технических заданий);
- Система точно в срок (выстраивание системы логистики, контролирующей запасы материалов, использование оборудования по минимуму для минимизации расхода финансов);
- Система визуального менеджмента (организация процессов на строительной площадке посредством передачи новой информации с помощью визуальных средств (фото, видео, стенды, надписи, плакаты), расположенных на доступном расстоянии. Расположение стандартов выполнения тех или иных операций на рабочем месте, инструкций по выполнению работ, использованию оборудования позволяет уменьшить уровень травматизма, повысить качество работ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Новые разработанные инструменты, основанные на технологии «бережливого строительства» должны обладать такими характеристиками, как оперативное реагирование на происходящие изменения при производстве работ, усиление ведущей роли контролирующих процессов (контроль качества, надзор за выполнением работ), внедрение учебных процессов для повышения осознанности рабочих кадров о самой технологии. Также управление и организация процессов должны поддерживаться различными уровнями обучающих программ, мотивирующих сотрудников, расширяющих их права и возможности, поддерживая систему получения от самих рабочих обратной связи по осуществлению строительных процессов.

Полное внедрение технологии «бережливого строительства» в управление строительными проектами имеет ряд преимуществ:

- Исключение лишних расходов на ненужную транспортировку и связанную с ней потерю времени;
- Расширение возможности по организации строительного процесса посредством формирования особой культурной среды среди сотрудников и управлением компании;
- Создание системы поощрения всех вовлеченных в строительные процессы участников для мотивации и ускорения сроков строительства;
- Создание прозрачного производственного процесса с усиленным контролем за его выполнением;
- Увеличение доли максимального использования материально-технической базы, человеческих и прочих ресурсов, улучшение эффективности использования ресурсов в целом;
- Стабилизация выполнения строительных работ, что впоследствии увеличит производительность технологических процессов.

ВЫВОДЫ

1. В настоящее время методики управления и организации строительными проектами требуют активного совершенствования, улучшения, так как строительная отрасль в отличие от других сфер производств обладает своими особенностями, осложняющими процесс организации.

2. Внедрение технологии «бережливого строительства» позволит улучшить процесс организации строительных работ, сократит ряд затрат, уменьшит общее время выполнения строительных проектов.

3. Для создания актуальных инструментов на основе методов «бережливого строительства» необходимо адаптировать существующие инструменты к применяющимся технологиям в Российской Федерации.

4. Для повышения эффективного использования принципов «бережливого строительства» необходимо в обязательном порядке повысить осознанность рабочих кадров, создать систему переподготовки, систему поощрений и взаимодействий между руководящими структурами, крупными компаниями для объединения усилий во внедрении инновационных методов управления строительными проектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвцева Л.В., Журавлева О.В., Щетинина И.С., Митрофанова О.Н. «Бережливое строительство» как инновационный инструмент в управлении развитием регионального строительного комплекса // Экономика, предпринимательство и право. 2021. № 9 (11). С. 2175–2188.
2. Шведов В.В. Использование концепции «Бережливое строительство» в управлении строительными компаниями. 2021. № 3-1. С. 464–471.
3. Соловьева Е.В. Даниелова А.Г. Адаптация строительных организаций России для эффективного внедрения и применения инновационных методов бережливого // Вестник Евразийской науки. 2020. № 6 (12). С. 1-8.
4. Галичина А.М. Внедрение бережливого производства на строительную площадку. Проблемы и перспективы // Word Science: Problems and Innovations. 2020. №43. С. 21–26.
5. Агишев К.Н., Мальнев С.Ю., Хватова Т.Ю. Разработка концепции управления инвестиционно-строительными проектами с использованием инструментов, методов и технологий бережливого строительства // Бизнес. Образование. Право. 2019. № 3 (48). С. 207–210.
6. Савченко Ю. В., Зоткина С. Н. Совершенствование процесса организации строительства на основе системы «бережливого производства» 2019.С. 18–20.
7. Балагуров В.В., Безроднов А.Е., Гравдина П.Г. Системный подход в области бережливого строительства // E-scio. 2018. № 10 (25). С. 12–17.
8. Каменева М.Г. Пучка О.В. Практика бережливого производства в строительстве // Образование. Наука. Производство. 2017. № 9. С. 2044–2047.
9. Горелик П.И. Бережливое строительство как инновационный метод управления строительством // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 12 (27). С. 40–48.
10. Eldeep A.M. Moataz A.M., El-hafez L.M. Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study // Ain Shams Engineering Journal. 2021. № 3 (12). С. 1–7.
11. Balkhy W., Sweis R., Lafhaj Z. Barriers to adopting Lean Construction in the Construction Industry – The Case of Jordan // Buildings. 2021. № 6 (11). С. 1–17.
12. Zhang B. Accounting Lean Management Model Based on Big Data // Economic Innovation and Low-carbon Development. 2021. № 275. С. 1–6.
13. Mughees A., Zhili G., Gary S. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction // Journal of Cleaner Production. 2020. № 277. С. 1–14.
14. Primayuda V.D., Katmoko J.U., Hermawan F. Exploring Lean Construction for Housing Projects: A Literature Review // earth and Environmental Science. 2019. № 366. С. 1–10.
15. Sohi A.J., Hertogh M., Bosch-Rekveltd M., Blom R. Does lean and agile project management help coping with project complexity? // Social and Behavioral Sciences. 2016. № 226. С. 252–259.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

И. Ф. Мангушев¹, В. В. Полити²

¹Строительная компания ООО «СитиСтрой», 644040, г. Омск, пр-кт Губкина, д.1,

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹mangushev.if@gmail.com

²politivv@mgsu.ru

Аннотация

Сметная документация – это важная составная часть инвестиционно-строительного проекта, отражающая его расчетную стоимость. Основные признаки-причины, влияющие на искажение расчетной стоимости строительных работ и их трудоемкости, являются результатом постепенной деградации государственной системы ценообразования и сметного нормирования. Большое количество нерешенных системных проблем в механизме ценообразования привело к увеличению разрывов между показателями «предельная (предполагаемая) стоимость строительства», «сметная стоимость», «цена контракта (смета)» и «фактическая стоимость выполненных работ». Активно проводимая реформа ценообразования исключительно только усилиями органов государственной власти не в состоянии оперативно реагировать на постоянно растущие запросы строительных компаний по актуализации сметных нормативов, в том числе и по инновационным разработкам. Авторы статьи предлагают решение проблем на платформе интеграции усилий ведущих игроков строительного бизнеса и органов государственной власти. Активная работа профессиональных сообществ будет способствовать обмену информацией по успешно реализованным проектам и стоимости отдельных затрат в их составе, развитию ценовой и технологической экспертизы и установлению единых стандартов стоимостной оценки на базе сметных нормативов.

ВВЕДЕНИЕ

Реализуемые в настоящее время крупномасштабные проекты инновационной модернизации отраслевых производственно-технологических комплексов (ПТК), занимающихся добычей и переработкой природных ресурсов, направлены на выполнение государственной программы «Инновационное развитие и модернизация экономики», одной из целей которой является стимулирование технологического развития и повышение производительности труда [1,2,8]. Для достижения указанных целей, по мнению авторов, необходимо формирование актуальной и достоверной информационной базы данных по ценообразованию и сметному нормированию.

Инновационная модернизация – это модернизация и техническое перевооружение действующих основных производственных фондов, так же строительство новых фондов в соответствии с целями и задачами инновационной экономики. Информационно-аналитической и сметно-нормативной поддержкой проектов инновационной модернизации производственно-технологических комплексов различных отраслей экономики должна стать сметно-нормативная база, отличающаяся не только динамизмом и актуальностью, но и отраслевой спецификой.

Так, по информации компании IPA (*Independent Project Analysis*), которая специализируется на анализе мегапроектов и в базу данных которой включено более 1,2 тыс. нефтегазовых проектов, неуспешными становится около 78% из них. Речь идет о превышении изначально запланированных затрат в среднем на 33%, почти в 2/3 из проанализированных проектов возникли серьезные проблемы во время пуска

в эксплуатацию. В частности, согласно анализу данных по результатам модернизации существующих нефтеперерабатывающих заводов, только около 20% можно считать успешными с точки зрения соблюдения заявленных стоимостных и временных рамок.

Среди прочих аспектов, влияющих на успешность проекта, вопрос оценки предстоящих затрат и сроков на строительство, реконструкцию и модернизацию отраслевых основных фондов считается ключевым. Как отмечают отдельные авторы [5,8], проведенный анализ состояния системы сметного нормирования в РФ выявил наличие следующих особенностей, генерирующих вполне конкретные проблемы в ценообразовании: «основной метод, применяемый в сметном ценообразовании – это базисно-индексный, который сам по себе уменьшает достоверность расчета за счет обобщенных индексов изменения стоимости; не существует единой базы стоимости строительных работ – каждый подрядчик может использовать одну из множества баз сметных нормативов как федерального, так и территориального или отраслевого уровня; в существующей базе присутствуют не все современные технологии, и тем более не все строительные материалы и изделия – база требует постоянного мониторинга и актуализации» [5-9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Принимая во внимание высокую степень изученности процесса формирования стоимости строительства на всех этапах реализации инвестиционно-строительного проекта, а также изученность и практическую применимость методов расчета сметной стоимости строительства и ее элементов, в работе были использованы типовые приемы экономического анализа, такие как прием сравнения, прием группировки и прием детализации. Основной целью данной работы было выявление причинно-следственных связей между такими явлениями, как систематическое завышение или занижение сметной (расчетной) стоимости строительно-монтажных работ и затрат труда рабочих и их фактической стоимостью и фактической трудоемкостью строительных работ. В процессе работы были идентифицированы внешние и внутренние факторы и описаны последствия.

Так же был применен статистический подход к обобщению полученных данных в результате научного и практического наблюдения за процессами, в частности, метод регистрации данных, метод ранжирования и метод интервальных оценок. При обобщении данных экономического анализа хода реформы ценообразования, в том числе и актуализированных сметных нормативов, фактических данных по сметной стоимости и трудоемкости работ, были применены классические методы индукции и дедукции. При изучении зарубежного опыта ценообразования в строительстве применялся метод сопоставления данных.

При описании процесса ценообразования была использована сметно-нормативная база, действующая на территории РФ, нормативно-правовые документы, регулирующие производственную деятельность в строительстве и взаимоотношение участников производственного процесса.

Основными материалами послужили, во-первых, содержание государственной программы «Инновационное развитие и модернизация экономики» и причины, сдерживающие ее развитие в строительной отрасли, во-вторых, информационные материалы о ходе и результатах реформирования системы ценообразования в строительстве, аналитический материал о ходе инновационной модернизации объектов нефтегазового сектора экономики, и, в третьих, отчетные документы строительной компании, осуществляющей работы в нефтегазовом секторе экономики и сметные нормативы.

Для изучения зарубежного опыта в сфере ценообразования были проанализированы наиболее известные международные стандарты классификации затрат в строительство (смет), а так же основные показатели деятельности Американского института стандартов (*American National Standard Institute, ANSI*),

Международной Ассоциации Развития Инжиниринга (*The Association of Cost Engineers, A CostE*) и Международной Ассоциации развития стоимостного инжиниринга (*Association for the Advancement of Cost Engineering, AACE*).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

О недостатках существующей системы ценообразования в РФ сказано достаточно много, в частности, состав и расход показателей, указанных в действующих сметных нормативах не соответствуют, как фактически используемым строительным ресурсам, так и реальной трудоемкости работ [5-8].

Несмотря на ежегодную актуализацию Министерством строительства и ЖКХ РФ сборников по укрупненным показателям сметной стоимости, используемые на стадии технико-экономического обоснования, и наличие базы данных по экономически эффективной проектной документации, их использование ограничено, так как они, в основном, разработаны для объектов жилищно-гражданского строительства. А для объектов производственного назначения разных отраслей экономики приходится использовать собственную информационную базу проектно-строительной компании-подрядчика по уже построенным объектам. Самостоятельная же разработка компанией-подрядчиком *ресурсно-технологических моделей* по строительству и монтажу новых (уникальных, инновационных) объектов представляет собой определенную техническую сложность, к тому же не является основным видом деятельности.

Так же, публикуемые индексы, призванные отразить реальную стоимость строительных и трудовых ресурсов, имеют следующие недостатки: наличие общепромышленного характера, не отражающей специфику нефтегазовой отрасли; необходимость проведения постоянного мониторинга цен для адекватного отражения текущей ситуации, и др. Сметная документация – это важная часть инвестиционно-строительного проекта, отражающая его расчетную стоимость. Основные признаки-причины, влияющие на искажение расчетной (сметной) стоимости строительных работ являются порождением воздействия как внешней, так и внутренней среды, обусловленные, как объективными причинами, так и субъективными факторами, в том числе и личностного характера:

- неактуальность действующих государственных элементных сметных норм;
- неактуальность действующих единичных расценок федерального и территориального уровней;
- излишне обобщенный характер текущих и прогнозных индексов, отражающий уровень инфляционного изменения цен в общем профиле региона;
- ошибки в сметных расчетах, в том числе при выборе группы коэффициентов, отражающих уровень сложившихся цен в регионе строительства, природно-климатические условия, сейсмичность, стесненные условия производства строительных работ;
- ошибки, связанные с неправильным отражением в сметах последовательности и состава технологических операций, их не полный учет;
- некорректное определение сроков выполнения строительных работ, состава бригад рабочих и трудоемкости;
- некорректный расчет затрат на приобретаемые строительные материалы и конструкции, включая транспортные расходы;
- некорректность применения положений и норм текущего законодательства.

Развитие инновационной экономики и, как результата, создание новых технологий производства строительных работ и создание новых строительных материалов требуют разработки новых единичных расценок на эти работы [7,9]. Однако единичные расценки составляют непосредственно исполнители работ, что вызывает недоверие со стороны

инвестора или технического заказчика, так как это может привести к необоснованному завышению сметной стоимости в пользу исполнителя работ.

В целом, можно отметить, что использование в расчетах неактуальных сметных нормативов - это создание проблемной ситуации, ведущей к неверным расчетам в целом по инвестиционно-строительному проекту, а значит, и к нерациональным решениям инвесторов, к спорам между заказчиком и исполнителем, к взаимным претензиям и судебным разбирательствам.

Данные проблемы, генерируемые существующей традицией использования устаревшей сметно-нормативной базы, масштабируются при реализации крупных проектов инновационной модернизации отраслевых производственно-технологических комплексов, занимающихся добычей и переработкой природных ресурсов. В частности, в данной работе рассматриваются проблем, связанные с реализацией инвестиционно-строительных проектов по модернизации активов нефтеперерабатывающих комплексов.

Так, в настоящее время повышение эффективности производства и глубины переработки за счет внедрения новых технологий — одно из стратегических направлений модернизации нефтеперерабатывающих заводов АО «Газпром нефти». В частности, реализуется инвестиционный проект пуска комплекса глубокой переработки нефти на Омском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ) направленный на экологизацию производства на базе применения инструментов импортозамещения. Оценочная стоимость инвестиционного проекта модернизации, реализуемого в два этапа, составляет около 300 млрд.р. Планируемые показатели данного проекта: рост производительности труда на 30%; снижение воздействия на окружающую среду – на 36%; рост энергоэффективности – на 13%; снижение воздействия на окружающую среду – на 28% [5,6].

Одновременно на этом же заводе реализуется проект планового капитального ремонта технологической цепочки нефтепереработки. Проект капитального ремонта позволит заменить морально устаревшее оборудование и провести техобслуживание всех агрегатов, и повысить эффективность, безопасность и экологичность производственных активов Омского НПЗ на базе внедрения инновационных разработок. Ремонт технологическими цепочками подразумевает, что на короткий срок одновременно останавливаются несколько связанных между собой установок разных этапов нефтепереработки. Такая схема позволяет выполнить полный объем работ, как на самих установках, так и на межцеховых коммуникациях и объектах инфраструктуры: трубопроводах, системах водоснабжения общезаводского хозяйства, электроподстанциях и так далее. И при этом параллельно с масштабными работами продолжать выпускать весь ассортимент продукции. Каждый лишний день простоя заводских установок — это серьезные потери для предприятия, поэтому так важно завершить ремонтно-строительные работы в срок [5,6].

Для реализации вышеописанных задач является бесспорным тот факт, что на стадии разработки проектной и сметной документации необходимо использовать актуальную и достоверную ресурсно-нормативную базу. Однако в результате практического использования на протяжении ряда лет государственной информационной сметно-нормативной базы, являющейся основой для определения расчетной стоимости строительных работ, трудоемкости и сроков их выполнения, были выявлены значительные отклонения по следующим показателям: расход ресурса на единицу выполнения строительных работ (нат.ед.изм) и трудоемкость (человеко-часы), что, безусловно ведет к отклонению показателей «нормы и факта» на весь объем строительно-монтажных работ, что и показано авторами в типовом примере и ситуации из реальной строительно-производственной практики (табл.1 и 2).

Табл.1. Анализ показателей трудоемкости выполненных строительных и монтажных работ по очистным сооружениям – «Блок биологической очистки. Бассейны»

| Показатели | МБР-1 | МБР-2 | СБО-1 | СБО-2 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| <i>1_Абсолютные показатели</i> | | | | |
| Общее количество часов по проекту, чел.-час | 38 672 | 17 812 | 347 843 | 146 656 |
| Фактическое количество, чел.-час | 40 196 | 19 945 | 351 469 | 146 887 |
| Процент от общего | 103,94% | 111,98% | 101,04% | 100,16% |
| Остаток рабочих дней | 1 | 6 | 1 | 1 |
| Расчетная дата | 01.06.2020 | 10.07.2020 | 30.11.2020 | 20.11.2020 |
| <i>2_Средние показатели</i> | | | | |
| Среднее количество чел.-час по проекту в день | 181 | 75 | 1323 | 772 |
| Среднее фактическое количество чел.-час в день | 147 | 86 | 734 | 349 |
| Количество дней по проекту | 214 | 236 | 263 | 190 |
| Фактическое количество дней | 274 | 231 | 497 | 421 |
| Условные обозначения: МБР – мембранный биореактор; СБО – станция биоочистки Сметно-нормативные документы: Территориальные сметные нормативы: ТЕР (территориальные единичные расценки) и ТССЦ (территориальные сборники сметных цен) для применения в Омске и Омской области | | | | |

На основании анализа данных по затратам труда рабочих можно сделать вывод, что сметная норма, принятая по ГЭСН, по трудоемкости работ существенно занижена (на 256,5%) по сравнению с фактическим выполнением работ и на 210,76% по сравнению с проектом производства работ. Следует отметить, строительные работы выполнялись подрядчиком, имеющим значительный опыт ведения отраслевых строительных работ в нефтегазовом секторе экономики. Строительные процессы и проектирование особо опасных объектов в нефтегазовом секторе экономики организованы согласно интегрированной системе менеджмента качества.

Табл.2. Анализ показателей затрат труда рабочих на выполнение строительных работ по блоку биологической очистки на нефтеперерабатывающем заводе

| Показатели и условные обозначения | Проектная смета (ПС) | Проект производства работ (ППР) | Фактические показатели (ФС) | Отклонения (+;-) | |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------|
| | | | | (ППР) – (ПС) | (ФП) – (ПС) |
| Трудозатраты, чел.-час. | 217 738,37 | 458 910,00 | 558 497,00 | 241 171,63 | 340 758,63 |

Как известно, при разработке ГЭСН основным методом нормирования затрат труда рабочих-строителей и затрат машинного времени является нормативное наблюдение. При нормативном наблюдении осуществляется сплошное или выборочное исследование технологического процесса. Должно быть выполнено не менее трех наблюдений работ, выполняемых различными бригадами. По результатам проведения наблюдений по нормируемым элементам производится обработка данных с расчетом коэффициента разбросанности ряда и расчетом среднего значения показателей норм. Кроме нормативных наблюдений могут применяться и нормативно-параметрические методы (расчетно-аналитические), на основании которых выявляют устойчивые функциональные и математические зависимости между элементами затрат и параметрами (конкретными исследуемыми факторами) [10,11].

На основании систематического наблюдения за показателями составных элементов рабочего процесса, авторами статьи было выявлено большое количество несоответствий нормативных показателей, заявленных в ГЭСН, реальным показателям расхода ресурсов и трудоемкости работ на строительной площадке. Вероятно, в настоящее время большинство государственных сметных нормативов и карт технологических процессов требует незамедлительного пересмотра не только из-за их устаревания, но и из-за допущенных *ошибок* в расчете нормативных показателей.

Для решения этой проблемы в рамках проведения реформы ценообразования в строительстве, Минстрой России организовал работу в этом направлении, согласно плану разработки (актуализации) сметных нормативов на 2020 год, сформированные в рамках реализации Плана мероприятий по взаимодействию Минстроя, Главгосэкспертизы и Правительства Москвы (Комитета города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов - Москомэкспертизы) [12-14]. Также внесены изменения в федеральную сметную нормативную базу (ФСНБ), подготовленные на основании обращений организаций в рамках информационно-разъяснительной работы. В настоящее время в ФСНБ-2020 включено более 4400 новых и актуализированных сметных норм и расценок. Из них более 2300 новых, в том числе 99, разработанных Главгосэкспертизой России, и более 2500 сметных цен строительных ресурсов [14].

Для решения основных проблем ценообразования в отраслевом промышленном строительстве, как видят авторы, следует обратиться к международному опыту организации процессов *стоимостного инжиниринга*. Одной из характерных черт систем ценообразования экономически развитых стран является использование организационно-методических инструментов *бенчмаркинга*, - обмена знаниями и лучшими практиками. Однако следует отметить, что в России есть свой опыт использования данного инструмента, реализуемого в форме организации социалистического соревнования и выявления, распространения и обмена передового опыта в период существования Советского Союза [15]. Поэтому, несмотря на то, что участники строительства являются конкурирующими организациями, отличающимися большой вариацией уровня рентабельности и претендующими на свою индивидуальную норму прибыли, решение проблем, связанных с регулярной актуализацией сметно-нормативной базы строительства, лежит в плоскости объединения общих усилий. Органы государственной власти могут выступить в качестве *интегратора процессов взаимодействия*, гарантом безопасности и конфиденциальности предоставляемых данных по успешно реализованным проектам и комплексам строительных работ, так же разработанным технологическим картам по видам строительных и монтажных работ, и пр.

Представляет практический интерес международный опыт оценки затрат для целей инжиниринга, закупок и строительства для производственных отраслей. Так, руководство *AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering)*[17] отражает общепринятые методы расчета затрат, основанные на классификации проектов по видам стоимостных оценок, разбитых на пять классов в зависимости от степени возрастания информированности участников по технико-экономическим и технологическим показателям проекта.

Табл. 3. Система оценки затрат по проектам промышленного строительства согласно руководству от AACE [18]

| | Первичные характеристики | Последующие характеристики | | |
|--------------|---|--|--|--|
| Класс оценки | Уровень знаний по проекту; степень разработки | Стадия оценки параметров проекта | Методы и нормативные документы для оценки | диапазон точности инженерно-технических разработок информация и документы |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Класс_5 | [0% - 2%] | Концепция. Разработка стратегии | Метод экспертной оценки по объекту-аналогу / оценка по прогнозной мощности / параметрические модели | В: от -20 до -50% Н: от +30 – до +100% Прогноз мощности объекта; инженерно-технические документы отсутствуют |
| Класс_4 | [1% - 15%] | Реализуемость ТЭО / бизнес-план. | Метод моделирования стоимости на основе использования укрупненных показателей (норматив цены строительства - НЦС) / Факторная оценка на основе данных об оборудовании / моделирование / параметрические модели | В: от -15 до -30% Н: от +20 до +50% Мощность установки; блок-схемы основных производственных процессов; перечень основного оборудования; эскиз генерального плана |
| Класс_3 | [10% - 40%] | Инвестиционное решение. Проектная документация. Оценка бюджета. Организация финансирования. | Метод моделирование стоимости (норматив цены конструктивных решений - НЦКР) / Стоимость оборудования длительного цикла изготовления | В: от -3 до -10% Н: от +3 до +15% Технические спецификации оборудования; поточно-инструментальные схемы; архитектурно-проектная документация заказчика |
| Класс_2 | [30% - 75%] | Конкурсные процедуры. Разработка сметной документации. Разработка бюджетов и их детализация | Методы расчета сметной стоимости строительства / Единичные расценки по видам строительных работ / объемы строительных работ / стоимость оборудования | В: от -5 до -15% Н: от +5 до +20 % Утвержденный генеральный план; архитектурно-проектная и конструкторская документация; сметная документация; проект организации строительства и проект производства работ на строительной площадке; схема коммуникаций; детальный план производства промышленной продукции |
| Класс_1 | [65% - 100%] | Реализация (детализация; проверка; контроль) | Отчетные данные по фактически выполненным объемам работ; отчетные данные по стоимости ресурсов | В: от -20 до -50% Н: от +30 до +100% |

Ценность классификации заключается в том, что она получена на основе изучения мирового опыта стоимостного инжиниринга по широкому спектру компаний обрабатывающей промышленности, а также на анализе опубликованных рекомендаций и стандартов, а, следовательно, применима к отраслевому промышленному строительству. Безусловно, данная классификация требует адаптации к реалиям российского строительного производства. И, как видят авторы, одним из решений вышеописанных проблем в сметном нормировании и ценообразовании в производственном секторе экономики является формирование открытой базы данных, постоянно пополняемой участниками отраслевого профессионального сообщества с учетом определенной конфиденциальности.

ВЫВОДЫ

Активно проводимая в жизнь реформа ценообразования в строительстве постепенно решает накопившиеся проблемы, связанные с достоверностью определения стоимости производства работ на строительной площадке и величины трудозатрат. Однако переработка отраслевых сметных нормативов не входит в состав первоочередных задач, которые решает Минстрой РФ, Минрегионразвития РФ, и др., поэтому строительные компании вынуждены самостоятельно разрабатывать технологические карты, обосновывать индивидуальные сметные нормы и составлять единичные расценки, отражающие как новые технологические решения, так и обновленный состав строительных машин, и современные строительные материалы.

Таким образом, следует констатировать тот факт, что все участники инвестиционно-строительной деятельности, осознавая высокую степень несоответствия содержания сметно-нормативных сборников текущим потребностям и реалиям строительного процесса, продолжают упорно ею пользоваться, самостоятельно находя компромиссные решения, которые удлиняют сроки проектирования и ведут к дополнительным затратам. Так, в расчете показателя достоверной (справедливой) стоимости заинтересованы все стороны договора строительного подряда, - и инвестор-заказчик, стремящийся как можно ниже обосновать величину стоимости строительства объекта, так и исполнители работ – подрядчики, должны быть уверены, что их затраты по проекту будут не только покрыты текущими денежными поступлениями, но и обеспечат желаемую норму прибыли. Строительные компании пытаются решать возникающие проблемы, связанные с оценкой предстоящих затрат, в основном, во внутрикорпоративном формате – без обмена лучшими практиками с другими ведущими компаниями-представителями строительной отрасли. Однако при отсутствии собственной базы данных исторических затрат сравнить сделанный расчет не с чем.

Выходом из сложившейся ситуации, как считают авторы, лежит в плоскости интеграции усилий государственных органов власти и профессиональных сообществ, способных предоставить на взаимовыгодной основе информацию о лучших практиках по реализации инвестиционно-строительных проектов, составе и структуре их затрат. Активная работа профессиональных сообществ в инвестиционно-строительной сфере будет способствовать обмену информацией, развитию экспертизы и установлению единых стандартов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Министерства экономического развития Российской Федерации. Государственная программа «Экономическое развитие и инновационная экономика». URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d19/gosudarstvennaya_programma_ekonomicheskoe_razviti_e_i_innovacionnaya_ekonomika/. Дата обращения 01.09.2021.
2. Портал госпрограмм РФ. URL: <https://programs.gov.ru/Portal/> (дата обращения: 01.09.2021 г.).
3. Модернизация нефтеперерабатывающих заводов: глобальные тренды и особенности российского рынка// Научно-практический интерне-журнал «Сибирская нефть». 2019. №165. URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-october/3750082/> Дата обращения: 01.09.2021.

4. Цепочка эффективности // Научно-практический интернет-журнал «Сибирская нефть». 2019. №165. Режим доступа: URL: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2019-october/3750234/>. Дата обращения: 01.09.2021.
5. Власова Г.А., Князева Н.В., Шиндина Т.А. Современные проблемы системы ценообразования при формировании сметной стоимости на территории Российской Федерации // Сибирский аэрокосмический журнал. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-problemy-sistemy-tsenoobrazovaniya-pri-formirovani-smetnoy-stoimosti-na-territorii-rossiyskoj-federatsii> (дата обращения: 14.09.2021).
6. Федулов Д.В., Гуляева И.Г., Голиков В.Н. Проблемы ценообразования в строительстве // Вестник Уральского института экономики, управления и права. 2017. №1 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-tsenoobrazovaniya-v-stroitelstve> (дата обращения: 14.09.2021).
7. Д. Гизбрехт, В. Яценко, Е. Дубовицкая, М. Ткаченко. Оценка затрат на строительство нефтегазовых объектов: российский и зарубежный опыт // Нефть и капитал. – 2014. №5. с. 24-25.
8. Дубовицкая Е.А., Ткаченко М.А., Антагулов А.Р. и др. Практические рекомендации по оценке стоимости строительства нефтегазовых объектов // Нефтяное хозяйство. №9. 2015 с. 18-22.
9. Никулина Т.Д. Определение стоимости строительства на различных этапах реализации проекта: актуальные вопросы и методика расчета // Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости НИУ МГСУ. Москва, 2021.
10. Методические рекомендации по разработке сметных норм на строительные, специальные строительные и ремонтно-строительные работы, утвержденные Приказом Минстроя России от 4 сентября 2019 г. № 509/пр.
11. Методические рекомендации по разработке государственных элементных сметных норм на монтаж оборудования и пусконаладочные работы, утвержденные Приказом Минстроя России от 4 сентября 2019 г. № 511/пр.
12. Приказ Минстроя России от 9 февраля 2021 г. № 50/пр «Об утверждении изменений в сметные нормы».
13. Приказ Минстроя России от 9 февраля 2021 г. № 51/пр «О включении в федеральный реестр сметных нормативов изменений в федеральные единичные расценки и отдельные составляющие к ним».
14. ФАУ «Главное управление государственной экспертизы». Официальный сайт. Пресс-центр. Новости. URL: <https://gge.ru/press-center/news/bole-1300-novykh-i-aktualizirovannykh-smetnykh-norm-minstroy-rossii-utverdil-izmeneniya-i-dopolneni/> (дата обращения: 20.09.2021 г.).
15. Харламова Е.Е. От социалистического соревнования к бенчмаркингу: эволюция обмена передовым опытом в России // Экономика и предпринимательство. №4-2 (45). с. 248-251. 2014 .
16. I.Saltykov, M.Bovsunovskaya. The comparison between the walls properties from brick and reinforced concrete of Russian orthodox temple buildings // Web of Conferences: 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development (SPbWOSCE 2018), St. Petersburg. DOI:10.1051/e3sconf/201911001065.
17. Factors Influencing the construction cost of industrialised building system (IBS) projects / Nor Azmi Ahmad Bari, Rosnah Yusuff, Napsiah Ismail, Aini Jaapar, Rizan Ahmad // Procedia Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 35. Pp. 689-696.
18. AACE International Recommended Practice No.18R-97. Cost estimate classification system – as applied in engineering, procurement, and construction for the process industries TCM. Framework: 7.3–Cost Estimating and Budgeting.

БЮДЖЕТНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМУ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И. Г. Лукманова¹, М. Ю. Мишланова²

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

¹*lukmanova@mgsu.ru*

²*mishlanova_m@mail.ru*

Аннотация.

В статье рассмотрены основные институции финансового моделирования инвестиционно-строительной деятельности и многоаспектный комплекс бюджетной интеграции проектов. Представлено авторское видение компонентной схемы бюджетирования инвестиционно-строительных проектов. В результате качественного системного анализа определён субъектный уровень интегрального проектного бюджетирования. Авторами разработаны основные положения стандартизации бюджетирования и условия эффективного интегрирования проектных бюджетов. С целью дальнейшего эффективного управления представлена кибернетическая характеристика системы проектного бюджетирования и функционально определены входные и выходные параметры. Авторами разработаны параметры совмещения бюджетной модели и общей системы управления субъекта с учётом различия субъектных интересов и подходов к бюджетированию. Представлена характеристика различных параметрических уровней консолидации проектных бюджетов. Методологически бюджетная модель проекта является входным параметром контроля стоимости, что рассмотрено как отдельный системный элемент.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальное на сегодняшний день, особенно в инвестиционно-строительной деятельности, проектно-ориентированное бюджетирование отличается тем, что в финансовой структуре субъекта деятельности в качестве центров финансовой ответственности выступают как отдельные проекты, так и подразделения, а бюджетная модель предусматривает формирование бюджетов отдельных проектов. Именно проектный уровень бюджетирования считаем базовым элементом формирования интегрированной системы управления в инвестиционно-строительной деятельности.

Однако, анализ информационных источников [1-15] и практического опыта приводит к выводу о недостаточно эффективном использовании бюджетирования при реализации инвестиционно-строительных проектов. Среди причин данного факта стоит выделить отсутствие методологического обеспечения, системной параметризации и, особенно, способов непротиворечивого интегрирования проектного бюджетирования в различные подсистемы инвестиционно-строительной деятельности, что является предметом данного исследования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Системный подход бесспорно является методологической основой данной работы. В достижении цели исследования совместно применялись методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, специальные способы дезагрегирования деятельности. Были использованы базовые принципы кибернетики: идентификация и изучение входных, выходных параметров и содержания «чёрного ящика». Разработка практических рекомендаций была основана на общеметодологических принципах финансового планирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим объект данного исследования – основные институции финансового моделирования – с выделением специфики инвестиционно-строительной деятельности исходя из принятой стратегии, тактики и практических задач участников проекта. Функции и принципы бюджетирования инвестиционно-строительных проектов имеют свою специфические особенности:

- исторически обоснованный и апробированный принцип сетевого планирования и деагрегации работ,
- учёт фактора времени и разнообразия работ,
- наличие потенциала адаптивного управления проектом и управления ресурсами,
- эффективность оперативных действий, гибкость финансового планирования и регулярность управления изменениями в проекте,
- расширенные возможности прогнозирования с использованием программного обеспечения,
- необходимость и возможность системного интегрирования в различных аспектах.

Бюджетная интеграция проектов в систему инвестиционно-строительной деятельности представляет собой непротиворечивое, эффективное объединение финансового планирования и реализации инвестиционно-строительных проектов в различных аспектах:

- субъектных фаз создания стоимости объекта капитального строительства,
- совмещения субъектного и общего проектного уровня,
- сквозной трансформации и развития проектной документации и информационного обеспечения,
- логического единства локальных и общих бюджетов различных уровней,
- встраивание бюджетирования в систему управления субъекта,
- увязка бюджетирования с другими функциями управления стоимостью (организация, координация, исполнение, контроль),
- увязка бюджетирования с другими объектами управления проектом (расписание, качество, риски и др).

Приступить к изучению процессов формирования и функционирования системы инвестиционно-строительных проектов возможно с рассмотрения основополагающих принципов финансового планирование деятельности, субъектные результаты которой будут интегрироваться в общий проектный результат – объект капитального строительства. Бесспорно, что в данных условиях совместной деятельности присутствуют принципы универсальности, формирующие базовую компонентную схему бюджетирования инвестиционно-строительных проектов (рисунок 1) в соответствии с принципам создания цепочки стоимости или ценности объекта капитального строительства.



Рис.1. Компонентные процессы бюджетирования инвестиционно-строительного проекта

Системный подход требует рассматривать в качестве структуры бюджетной системы комплекс системных связей, обеспечивающих формирование и функционирование системы, интеграцию подсистем и системных элементов. Например, сметное ценообразование служит первичным этапом финансового планирования проектной деятельности. На этой основе разрабатывается план организации строительства, который предусматривает все фазы, реализуемые участниками проекта. Далее проект организации работ дезинтегрируется в проект производства работ. В этом документе следующего иерархического, уже субъектного, уровня прописывается план действий и все необходимые требования к организации строительства с целью оптимизации производственного процесса. Рассмотренная связка, как и другие системные связи, посредством управленческих решений с учётом сопутствующих ограничений обеспечивает субъектное бюджетирование инвестиционно-строительных проектов (рисунок 2).

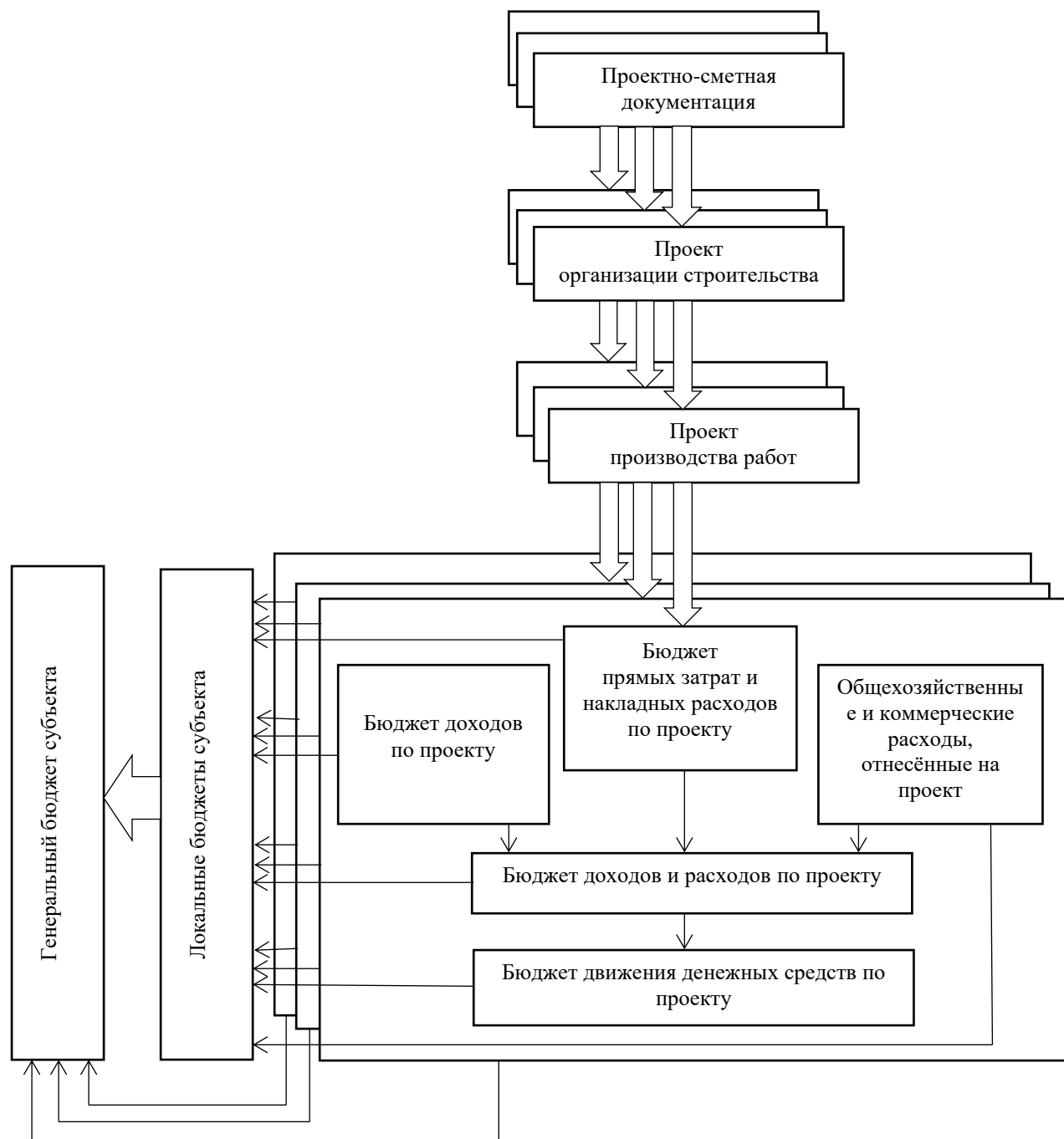


Рис.2. Субъектный уровень интеграции бюджетирования инвестиционно-строительного проекта

Набор и форма бюджетов должны регламентироваться субъектом бюджетирования в соответствии с выбранной стратегией управления проектами. В универсальный набор могут входить: бюджет продаж, производственный бюджет (бюджет строительства), бюджет субподрядных работ, бюджет подготовки производства, бюджет материальных затрат, бюджет запасов и закупок, бюджет затрат на оплату труда, бюджет эксплуатации машин и механизмов, бюджет поставок оборудования, бюджет управленческих расходов и др. Отдельно решаются специфические вопросы финансового планирования проекта: инвестиционный бюджет, тендерный бюджет, кредитный бюджет, бюджетирование движения материально-технических ресурсов и др. Следует подчеркнуть, что практическая разработка системы бюджетирования должна иметь базовую формальную основу – набор бюджетов, шаблоны, статьи – и предполагать рациональную

вариабельность формализации для достижения конкретных целей, поставленных субъектом. Исполнение условий стандартизации должно обеспечить интегрирование локальных бюджетов проектов в локальные бюджеты субъектов, интегрирование общего бюджета субъектной фазы проекта в генеральный бюджет субъекта

С методически-операционной точки зрения под процессными условиями эффективного интегрирования бюджетов инвестиционно-строительных проектов предлагаем следующий непротиворечивый комплекс:

- определение универсальных и специальных параметров бюджетной модели проекта: требуемая структуризация, методы планирования, горизонт и периоды планирования, степень детализации и специализации, способы консолидации локальных бюджетов, методы измерения и оценки показателей и др.;

- дезагрегация видов деятельности, проектных работ, статей затрат и иных факторов бюджетирования, разработка иерархической структуры бюджета, классификация и кодирование статей бюджета;

- формирование набора критериев финансового моделирования и дальнейшего контроля исполнения бюджета проекта: ключевые показатели, контрольные точки и иные условия;

- планирование и согласование объемов и сроков финансирования, совмещение расписания проекта, финансирования и календаря ресурсообеспечения;

- формирование бюджета проекта, содержащего утвержденное распределение затрат по видам работ, статьям затрат, по времени выполнения работ, по центрам затрат, по субъектным фазам или по иной структуре;

- определение плановых – целевых и допустимых – значений ключевых стоимостных показателей выполняемых в рамках проекта работ и проекта в целом;

- разработка и согласование плана управления стоимостью инвестиционно-строительного проекта на основе бюджетирования, «встраивание» бюджета в систему управления;

- работа с бюджетом в различных статусах его развития: предварительный (оценочный), утвержденный (официальный), текущий (корректируемый) и фактический.

Процессы субъектного и общего бюджетирования на любом уровне предполагают общие формализованные входные параметры: основные условия договора, источники финансирования, требования проектно-сметной документации, графики платежей, описание работ, расписание проекта, запас материалов на начало проекта и требуемый запас на конец, схему поставки и использования сырья и материалов, условия использования машин, механизмов и трудовых ресурсов, условия субподряда, взаимосвязь между подразделениями и др. Входные параметры позволяют рассмотреть перечень всех мероприятий в соответствии со сроком их реализации на основе плана проекта, определить полный список используемых ресурсов и их привязку к мероприятиям, что уникально для каждого субъекта бюджетирования.

Отдельные локальные бюджеты инвестиционно-строительного проекта интегрируются субъектом в сводном бюджете доходов и расходов для определения выходных финансовых параметров деятельности по проекту и текущей эффективности проектной деятельности. Ориентация при оценке инвестиционно-строительных проектов не только на прибыль, но и на денежные потоки может считаться предпочтительной. Прибыль зависит от ряда факторов субъективного и объективного характера, тогда как денежные потоки отражают реальное движение средств, с помощью которых можно оценивать финансовые результаты и возможность управлять ими. Поэтому завершающим процессом бюджетирования эффективно избрать формирование бюджета движения денежных средств, в котором отражаются прогнозируемые поступления и списания денежных средств по проекту, что позволит решать задачи финансовой сбалансированности проекта.

Следует подчеркнуть, что с целью эффективного оперативного управления инвестиционно-строительным проектом на всех фазах и интегрально при разработке бюджета необходимо обоснованно определить выходные ключевые показатели, например, показатели выручки по проекту, нефинансовые показатели (объёмы материалов, количество операций и др.), удельные показатели (себестоимость 1 кв. метра или удельные затраты на единицу собственного капитала) и др. для дальнейшей возможности интегральных оценок

В рассматриваемых процессах управления проектами обязательным полагаем системный параметр совмещения бюджетной модели и общей системы управления участника инвестиционно-строительного проекта: особенности применения методов трансформации сметной документации в бюджеты, совмещение и увязка бюджетных и учетных аналитических статей всех активов, пассивов и оборотов по ним. Бюджет инвестиционно-строительного проекта может быть сформирован в рамках традиционного бухгалтерского плана счетов или с использованием специально разработанного плана счетов управленческого учета. Однако, практика показывает, что в большинстве случаев бухгалтерского плана счетов бывает недостаточно [3]. Для каждого конкретного проекта требуется учет определенной специфики с точки зрения управления стоимостью, поэтому каждый проект должен иметь свой уникальный план счетов, который базируется на установившихся показателях управленческого учета.

На практике универсальная основа бюджетирования, как условие интегрирования в систему деятельности, реализуется с учётом специфических субъектных условий. Известно, что особенностью инвестиционно-строительной деятельности является значительное количество и разнообразие стейкхолдеров – участников, имеющих свои экономические интересы участия в проекте. В работе [12] обсуждены различные субъектные подходы к процессам бюджетирования и разработки бюджетной модели, которые мы предлагаем расширить и уточнить:

- различие основополагающих принципов финансового планирования (заказчик – инвестиционное планирование, подрядчик – операционное планирование),
- различие принятых субъектом методов сметного нормирования и ценообразования,
- динамическая и содержательная специфика доходной и расходной части бюджетов различных субъектов,
- особенности утверждённой субъектом учётной политики.

Реализация проектного бюджетирования в сложной, многокомпонентной системе инвестиционно-строительного проекта должна соответствовать принципам совместимости, исполняться во взаимосвязи с общефирменным бюджетированием и общим управлением. Консолидация проектных бюджетов может иметь различный параметрический уровень:

- финансовый план субъектной фазы инвестиционно-строительного проекта (частный локальный бюджет операционного характера, т.е. текущий план операций участника проекта на определённый период для получения финансового результата по данному направлению бюджетирования),
- скоординированный план деятельности, разработанный для субъекта в целом (общий или генеральный бюджет участника инвестиционно-строительного проекта);
- скоординированный план деятельности, разработанный для проекта в целом (общий бюджет инвестиционно-строительного проекта).

При проектно-ориентированном бюджетировании консолидация проектных бюджетов возможна и необходима: в рамках субъекта в общий субъектный бюджет и в рамках проекта в общий для участников или для заказчика-застройщика бюджет проекта в соответствии с принятыми ранее параметрическими уровнями. Ключевая задача консолидированной бюджетной модели – предоставление полной, детальной и точной информации о ходе исполнения инвестиционно-строительного проекта в целом.

Функционально второй задачей выделим обоснование управленческих решений. Например, балансирование денежных потоков, что возможно попытаться сделать в локальном бюджетировании, в процессах консолидации и в дальнейшем управлении стоимостью инвестиционно-строительного проекта. Функционально реализованная бюджетная модель в дальнейшем становится входным параметром контроля состояния инвестиционно-строительного проекта (рисунок 3), что является интеграцией бюджетирования в систему управления стоимостью проекта.

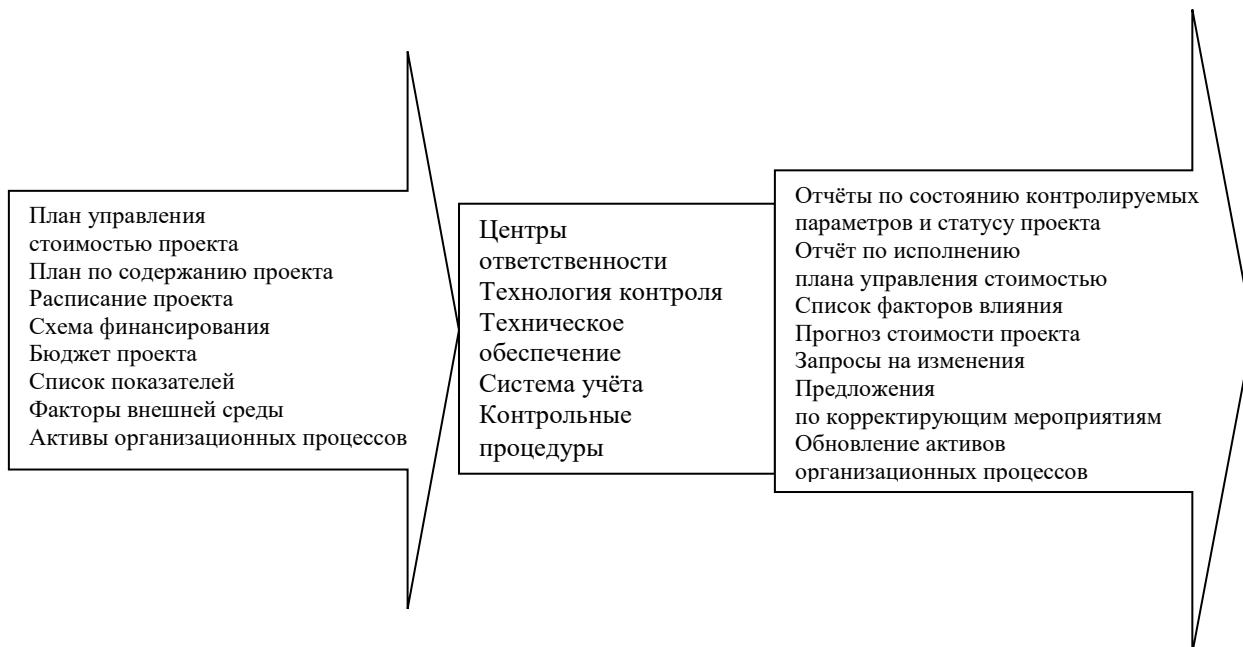


Рис.3. Бюджетная модель как входной параметр контроля стоимости инвестиционно-строительного проекта

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для эффективной интеграции проектов в систему инвестиционно-строительной деятельности, в части их бюджетирования, предлагаем следующие основные институции:

- совместимость финансового планирования субъектных фаз и общего проектного уровня,
- рациональное развитие и трансформация потока документации и информационного обеспечения,
- встраивания и непротиворечивое функционирование бюджетирования в системе управления субъекта,
- увязка бюджетирования с другими функциями управления стоимостью проекта,
- увязка бюджетирования с другими объектами проектного менеджмента.

Предложенная в статье методологическая основа бюджетирования инвестиционно-строительных проектов – компонентная схема, уровневая оценка, принципы стандартизации, кибернетическая характеристика, параметры совмещения и консолидации – позволит достичь эффективной бюджетной интеграции проектов с учётом субъектной специфики и рациональной вариабельности для достижения целей субъекта. Следует подчеркнуть, что данное направление исследования предполагает более широкое видение и решение следующего набора задач, чему будут посвящены следующие работы авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубова О.С. Динамика стоимости строительства // Труды БГТУ. 2018. Серия 5. №1. С.34-40.
2. Дьякова О.В., Александрия А.В. Принципы и подходы управления стоимостью объекта строительства в рамках развития сметного нормирования и рыночных методов ценообразования // Электронный научный журнал «Век качества». 2019. №4. С.118-132.

3. Заславская И.В., Мишланова М.Ю. Разработка учётно-регистрационной базы контроля стоимости инвестиционно-строительных проектов // Управленческий учёт. 2019. №11. С.19-27
4. Каллаур, Г.Ю., Похилый, Е.Ю. Определение стоимости участия и распределение дохода от реализации инвестиционно-строительного проекта // Российское предпринимательство. 2015. Том 16. №21. С.3801-3812.
5. Карпов А.Е. Финансовая модель бюджетирования. Книга 3. 5 изд. – М.: Результат и качество, 2019. – 388с.
6. Малахов В.И. Стоимостное моделирование инвестиционно-строительных проектов (базовый курс). – Москва, 2018. – 80 с.
7. Методические подходы к формированию системы стоимостного инжиниринга в строительстве: монография / О.В.Дидковская, М.В.Ильина, О.А.Мамаева, М.А.Коновалова, Е.С.Спирина. – Самара: СГАСУ, 2013. – 192 с.
8. Мишланова М.Ю. Управление стоимостью инвестиционно-строительных проектов. – М.: МГСУ. – 2020.
9. Тарханова Н.А., Норкина Т.П. Теоретические аспекты управления стоимостью и эффективностью инвестиционно-строительных проектов // Экономика строительства и городского хозяйства. 2019. Том 15. №4. С.249-257
10. Ходоров А.Е. Совершенствование системы показателей строительных смет и их гармонизация с бюджетами строительных организаций // Наука и общество. 2012. №5(8). С.223-228.
11. Цапко К.А. Организация процесса бюджетирования проектов в проектно-исследовательских организациях // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Том 7. № 4.
12. Цапко К.А., Аль Д.Э.К.Ж. Принципы построения системы бюджетного управления в строительных организациях // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 5. – С. 51.
13. Shim J.K. Budgeting basics and beyond/J.K. Shim, J.G. Siegel, A.I. Shim – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012. – 542p.
14. <https://www.projectmanager.com/blog/construction-budget-quick-guide>. Дата обращения: 20.10.21
15. <https://www.smartsheet.com/content-center/best-practices/project-ma>. Дата обращения: 20.10.21