



MOSCOW STATE (NATIONAL RESEARCH)
**UNIVERSITY
OF CIVIL
ENGINEERING**



TIAME

Tashkent Institute of Irrigation and
Agricultural Mechanization Engineers



JSC «Hydroproject»



МИНСТРОЙ
РОССИИ



ФОНД
развития строительного
образования и науки



UGE
O'ZBEKGIDROENERGO



TO'RALANG
HPD HOLDING



Комитет
по науке
и инновациям



СИСТЕМОТЕХНИКА
СТРОИТЕЛЬСТВА
научная школа. России

МОЛОДЕЖНЫЕ ИННОВАЦИИ



FORM 2019

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ СЕМИНАРА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ XXII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «СТРОИТЕЛЬСТВО – ФОРМИРОВАНИЕ СРЕДЫ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ» (г. ТАШКЕНТ, 18-21 АПРЕЛЯ 2019 г.)

ISBN 978-5-7264-1980-0



CONSTRUCTION

THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT

XXII International Scientific Conference
on Advanced In Civil Engineering

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

УДК 62+378
ББК 38
М75

М75 **Молодёжные инновации** [Электронный ресурс] : сборник материалов семинара молодых учёных XXII Международной научной конференции «Строительство – формирование среды жизнедеятельности» (г. Ташкент, 18–21 апреля 2019 г.) / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Электрон. дан. и прогр. (13 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> – Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-1980-0

В сборнике содержатся доклады участников семинара молодых учёных, состоявшегося в рамках XXII Международной научной конференции «Строительство формирование среды жизнедеятельности».

Научное электронное издание

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

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

Ответственные за выпуск:

А.О. Адамцевич, И.П. Молчанова, В.С. Евстратов

Управление научной политики

Тел.: 7 (495) 287-49-14, вн. 1343; 2673

E-mail: AdamtsevichAO@mgsu.ru, MolchanovaIP@mgsu.ru, EvstratovVS@mgsu.ru

Сайт: <http://mgsu.ru/>

http://mgsu.ru/science/Nauchniye_meropr/

Компьютерная верстка: *В.С. Евстратов*

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 06.06.2019 г. Объем данных 13 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет»

129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

Издательство МИСИ – МГСУ

Тел.: + 7 (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.

E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Даты проведения: 18 – 21 апреля 2019г.

Место проведения: Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИИМСХ Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д.39.

Организаторы:

- ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Российская Федерация);
- Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Узбекистан);
- АО "Гидропроект" (Узбекистан).

При поддержке:

- Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации,
- НО «Фонд развития строительного образования и науки»,
- АО «Узбекгидроэнерго»,
- Комитета по науке и инновационному развитию строительной отрасли,
- Академического лицея "Интернейшенл-Хаус-Тошкент" при ТИИИМСХ,
- Ведущей научной школы Российской Федерации «Теория и анализ систем в строительстве (системотехника строительства)».

Организационный комитет:

Председатель конференции:

А.А. Волков – д-р техн. наук, проф. член-корр. РААСН, и.о. ректора НИУ МГСУ;
У.П. Умурзаков – д-р экон- наук, проф., ректор ТИИИМСХ,
А.И. Ахмедов - директор АО “Гидропроект” (Узбекистан).

Заместители председателя:

А.П. Пустовгар – канд. техн. наук, проректор НИУ МГСУ;
Б.С. Мирзаев д-р техн. наук, проф., проректор по учебной работе ТИИИМСХ;
Т.З. Султанов – д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе и инновациям ТИИИМСХ.

Члены оргкомитета:

От Республики Узбекистан:

Ш.Р. Хамраев – Министр водного хозяйства Республики Узбекистан;
А.Х. Тухтаев – Министр строительства Республики Узбекистан;
И.У. Маджидов – Министр высшего и среднего специального образования;
А.А. Сангинов – Председатель Правления АО «Гидропроект»;
З.Э. Шарипов – Заместитель директора по экономическим и общим вопросам Дирекции по строительству, реконструкции и капитальному ремонту объектов имеющих особо важное социальное, культурное и историческое значение при Кабинете Министров Республики Узбекистан;

Р.Р. Хакимов – ректор Ташкентского архитектурно-строительного института;
С.И. Ахмедов – ректор Самаркандского архитектурно-строительного института
К.О. Шовазов – проректор по молодежной работе ТИИИМСХ,
Б.У. Хасанов – проректор по финансово-экономическим вопросам ТИИИМСХ;
Б.Б. Хасанов – декан факультета «Гидротехнического строительства» ТИИИМСХ;
Д.Р. Базаров – зав. кафедрой «Использование водной энергии и насосные станции» ТИИИМСХ;
Н.М. Икрамов – доцент кафедры «Использование водной энергии и насосные станции» ТИИИМСХ;
Э.К. Кан – доцент кафедры «Использование водной энергии и насосные станции» ТИИИМСХ;
А.А. Бердимуродов – председатель молодежного союза ТИИИМСХ;
А.Р. Хамралиев – зав. отделом международного сотрудничества ТИИИМСХ;
Ш.Х. Хамидов – начальник ТИИИМСХ;
Ф.К. Ирисов – председатель профсоюзного комитета ТИИИМСХ.

От Российской Федерации:

М.Е. Лейбман – проректор НИУ МГСУ;
Е.С. Гогина – проректор НИУ МГСУ;
Е.В. Королёв – проректор НИУ МГСУ;
А.О. Адамцевич – начальник Управления научной политики НИУ МГСУ;
Н.Д. Чередниченко – директор института строительства и архитектуры НИУ МГСУ;
Н.А. Анискин – директор института гидротехнического и энергетического строительства НИУ МГСУ;
О.А. Ковальчук – директор института фундаментального образования НИУ МГСУ;
О.Н. Кузина – директор института экономики, управления и информационных систем в строительстве НИУ МГСУ;
К.И. Лушин – директор института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ;
А.В. Дорошенко – заместитель начальника Управления научной политики НИУ МГСУ;
И.М. Маркова – доцент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ;
Л.А. Шилова – доцент кафедры ИСТАС, руководитель группы НИИ Стратегического планирования НИУ МГСУ;
И.П. Молчанова – инженер сектора ОНИРС УНП НИУ МГСУ;
В.С. Евстратов – ведущий инженер УНП НИУ МГСУ;
П.Ю. Воробьев – председатель студенческого научного общества НИУ МГСУ.

Ответственные секретари Оргкомитета:

А.О. Адамцевич – ответственный секретарь Оргкомитета от НИУ МГСУ;
Б.Б. Хасанов – ответственный секретарь Оргкомитета от ТИИИМСХ;
И.П. Молчанова – ответственный секретарь Оргкомитета Конкурса.

Жюри Конкурса «Молодёжные инновации»

Баратов Рустам Жалилович, канд. техн. наук, доц., ТИИИМСХ (Узбекистан);

Чельшков Павел Дмитриевич, канд. техн. наук, зав. кафедрой автоматизации и электро-снабжения, НИУ МГСУ (Россия);

Prof. Knut Hartenstein, Dr.-Ing, Associate Professor, кафедра инженерных наук, Университет прикладных технических и экономических наук Берлина (Германия);

Пак Савелий Чен-Зонович, заместитель директора по инновационному развитию АО «Гидропроект» (Узбекистан);

Иноземцев Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, доц. кафедры «Строительные материалы и материаловедение», мл. науч. сотрудник НОЦ «Наноматериалы и нанотехнологии», НИУ МГСУ (Россия);

Prof. Daman K. Panesar, PhD, Associate Professor, кафедра гражданского строительства, Университет Торонто (Канада);

Базаров Дилшод Райимович, д-р техн. наук, заведующий кафедрой кафедрой «Использование водной энергии и насосные станции», ТИИИМСХ (Узбекистан);

Ковальчук Олег Александрович, канд. техн. наук, директор института фундаментального образования, НИУ МГСУ (Россия);

Dr. Adam Ujma, PhD, строительный факультет, Ченстоховский технологический университет (Польша)

Рашидов Рустам Расулович, канд. техн. наук, заместитель начальника управления, АО «Узбекгидроэнерго» (Узбекистан);

Сидоров Виталий Валентинович, канд. техн. наук, доц., науч. сотр. НОЦ «Геотехника», НИУ МГСУ (Россия);

Prof. Borislav Hristov, PhD, Professor, Университет прикладных технических и экономических наук Берлина (Германия);

Кан Эдуард Климентиевич, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Использование водной энергии и насосные станции», ТИИИМСХ (Узбекистан);

Макиша Николай Алексеевич, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения и водоотведения, директор НОЦ «Водоснабжение и водоотведение» НИУ МГСУ (Россия);

Dr. Jaroslaw Rybak, PhD, Assistant Professor, строительный факультет, Вроцлавский технический университет, (Польша);

Каххаров Уктам Абдурахимович, канд. техн. наук, доц. кафедры ТИИИМСХ (Узбекистан);

Дорошенко Анна Валерьевна, канд. техн. наук, заместитель начальника Управления научной политики, доц. кафедры «Автоматизация и электроснабжение», НИУ МГСУ (Россия);

Соколова Алла Германовна, канд. техн. наук, доц. кафедры иностранных языков и профессиональной коммуникации, НИУ МГСУ (Россия);

Prof. Roland Heiler, PhD, Professor, кафедра механики, Университет прикладных технических и экономических наук Берлина (Германия).

Технический оператор

ООО «Квинтет»

Оргкомитет выражает благодарность за организационную и информационную поддержку проведения мероприятий: Студенческому научному обществу НИУ МГСУ, волонтерской команде ТИИИМСХ и Академического лицея "Интернейшенл-Хаус-Тошкент" при ТИИИМСХ.

О конференции FORM-2019

XXII Международная научная конференция «CONSTRUCTION – THE FORMATION OF LIVING ENVIRONMENT» (FORM-2019) прошла с 18 по 21 апреля 2019 года в г. Ташкент, Узбекистан. Ее организаторами стали Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИИМСХ) и АО «Гидропроект» (Узбекистан).



Конференция проводится на протяжении уже 22 лет и традиционно объединяет представителей самых востребованных областей строительной науки из разных стран мира. Её основной целью является популяризация результатов исследований и разработок в области строительства в международном научно-информационном пространстве, расширение научного взаимодействия и формирование новых междисциплинарных проектов, развитие научных коммуникаций и компетенций ученых.

FORM-2019 впервые прошла в Узбекистане и гостеприимство принимающей стороны позволило провести выдающееся по своим масштабам мероприятие, что несомненно отразилось на статистике: в этом году по оценкам Оргкомитета в Конференции в общей сложности приняли участие более 1000 человек.

Торжественная церемония открытия состоялась во Дворце творчества молодежи. На пленарной сессии участников Конференции приветствовали ректор ТИИИМСХ Уктам Пардаевич Умурзаков, проректор НИУ МГСУ Андрей Петрович Пустовгар, Министр высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан Ином Уришевич Маджидов, Министр водного хозяйства Республики Узбекистан Шавкат Рахимович Хамраев, первый заместитель Министра строительства Республики Узбекистан Шухратходжа Рахматжанович Хашимов, Первый заместитель Председателя правления АО «Узбекэнерго» Джахангир Абдусаламович Тургунов и Директор АО «Гидропроект» Алибек Илхомович Ахмедов.

В качестве ключевых спикеров на пленарной сессии конференции выступили такие известные учёные, как: Prof. Akmal Karimov (Узбекистан), Prof. Daman K. Panesar (Канада), Prof. Borislav Hristov (Германия), Prof. David L. Passmore (США), Dr. Andrey Zhuravlev (Россия), Prof. Alim Pulatov (Узбекистан).

Среди докладчиков конференции и представителей научного комитета были отмечены ученые из 24 стран: Узбекистан, Россия, Армения, Австралия, Беларусь, Канада, Китай, Чехия, Франция, Грузия, Германия, Иран, Италия, Казахстан, Литва, Монголия, Польша, Португалия, Сирия, Таджикистан, Украина, Великобритания, США и Вьетнам.

В течение трех рабочих дней на Конференции было заслушано 167 устных и 138 постерных докладов в шести тематических секциях: Smart City; Modern Building Materials; Safety in Construction; Reliability of Buildings and Constructions; Hydrotechnical Construction and Melioration; New Construction Technologies.

Важным мероприятием Конференции стал традиционный Семинар молодых ученых (возраст до 25 лет) «Молодежные инновации» и одноименный международный Конкурс. Международное жюри, в состав которого вошли специалисты из России, Узбекистана, Европы и стран Северной Америки, определило 10 победителей и 20 призеров.

А.А. Волков

Д-р техн. наук, проф., чл.-кор. РААСН
и.о. ректора НИУ МГСУ, сопредседатель Оргкомитета FORM-2019

Уважаемые участники конференции!

В рамках государственного визита Президента Российской Федерации В. Путина в Республику Узбекистан 18-19 октября 2018 года в Ташкенте состоялся Первый Узбекско-Российский образовательный форум «Новые кадры – для новой экономики», с участием более 140 ректоров ведущих вузов двух стран. Он стал крупнейшим мероприятием по укреплению сотрудничества учённых двух стран. Были намечены обширные перспективы научной, образовательной и практической деятельности.



На этом форуме было подписано свыше 130 договоров между вузами двух стран в сфере взаимодействия в подготовке высококвалифицированных специалистов и развития научно-исследовательской деятельности. В частности, в рамках форума между ТИИИМСХ и МГСУ был подписан Меморандум о сотрудничестве, и «Договор о сетевой форме реализации образовательной программы» по подготовке бакалавров по направлению 08.03.01. Строительство, профиль – «Строительство инженерных, энергетических, гидротехнических и природоохранных сооружений» и магистров направления 08.04.01 Строительство, профиль – «Гидротехническое строительство».

Другим важным событием между вузами стало решение о совместном проведении XXII Международной научной конференции «Construction the formation of living environment» (FORM-2019), которую мы сегодня открываем.

Хотелось бы отметить, что тема этой конференции «Строительство - формирование среды жизнедеятельности» имеет особую актуальность в свете мировых тенденций в области строительства, науки и образования.

Процесс интеграции различных уровней и организационных форм образования и науки – это тенденция, которая постепенно охватывает все страны мира, в том числе и Узбекистан. И неслучайно в последние годы много говорится о создании форм, которые могут объединить научно-образовательный потенциал. Важно осознать, что подготовка высококвалифицированных специалистов – задача не отдельно взятого учебного заведения, а всей образовательной системы и производственных отраслей. Именно поэтому Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства считает одним из своих призваний - объединять людей вокруг общего дела, тем самым, формируя поле для обмена мнениями, знаниями и взаимного сотрудничества, и соответственно, получая возможность повышения качества образования и научной работы.

С абсолютной очевидностью можно констатировать, что роль и значение вузовской науки будет с каждым годом только расти. При этом с точки зрения научной ценности – и это другая сторона медали – на первый план будет выходить не количество производимых новых знаний, а отдача от научных исследований.

Другими словами, наиболее востребованным будет именно глубина и качество научных исследований и разработок как с точки зрения признания профессиональным научным сообществом, так и их практической значимости.

Следует отметить, в нашем институте научно-исследовательская работа профессорско-преподавательского состава и студентов ведётся на всех стадиях учебного процесса и на всех организационных уровнях – кафедральном, факультетском, институтском.

Неиссякаемый поток новой информации, современный ориентир на непрерывное образование в течение всей жизни диктуют свои правила, правила сотрудничества.

У.П. Умурзаков
д-р экон- наук, проф.
ректор ТИИИМСХ, сопредседатель Оргкомитета FORM-2019

Содержание

СЕКЦИЯ 1. SMART CITY	17
В.А. БЫЧКОВА, А.С. ЗУДОВА, Д.Г. КИСЕЛЕВ РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ	17
Д.Р. ГАЙМАЛОВ, В.А. УНДОЗЕРОВ О СНИЖЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ НАСЫЩЕННОСТИ ФРОНТА РАБОТ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ	22
Т.В. ДОЛГУШЕВ, В.В. ДОЛГУШЕВА ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ	27
Е.С. ЗИНКЕВИЧ, Т.В. ШАМАЕВА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПИТАНИЯ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДЬЮ ДО 1500КВ.М. В ПОДМОСКОВЬЕ	33
Н.В. ИВАНОВА ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДОБРОЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	39
Е.Д. ИСМАГИЛОВА РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ	46
М.А. КИСЕЛЕВА, А.С. ПУРИНОВА, А.Д. СЕРОВ ОТ САХАРНОГО ЗАВОДА К «ФАБРИКЕ МУЗЫКИ»	51
М.А. КОСАРЕВА УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КИСЛОТНО-СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ МЕТОДОМ ДЕСУЛЬФАТАЦИИ	57
А.Е. КРУКОВЕЦ СТРОИТЕЛЬСТВО ЭКОЛОГИЧНЫХ ГОРОДОВ	63
В.С. ЛАРИН ИСПОЛЬЗОВАНИЕ IFC ФОРМАТА В РЕАЛИЗАЦИИ BIM ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ПРОГРАММНЫХ ОБЕСПЕЧЕНИЙ	68
А.А. МОРОЗОВ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ	73
К.А. МОЧКИН, М.А. УТКИН АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОИСК УЧАСТКА ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГЕОДААННЫХ	80
А.А. МУРАТОВА, И.Б. МЕЛЬНИКОВА ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАДЗЕМНЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПАРКОВОК В СОСТАВЕ ОБЪЕМА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ	85

Е.В. НОСОРЕВ, Н.А. МАКИША <u>УДАЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ</u>	89
А.С. ОВСИЕНКО, О.А. ГНЕЗДИЛОВА <u>МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ УТЕЧЕК ГАЗА В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ, НЕ ФИКСИРУЕМЫХ ДОМОВЫМИ ПРИБОРАМИ УЧЕТА</u>	95
Е.А. ПЕРФИЛОВА <u>АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ ЖИЛЬЯ В МОСКВЕ, ДРУГИХ ГОРОДАХ РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ</u>	100
А. СТЕПАНОВА <u>ВОЗМОЖНОСТИ ДРОНОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ ЗДАНИЯ</u>	105
Ф.Б. ФРУМКИН <u>ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ ВЫСОТНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ</u>	110
Н.Р. ЩЕКАТУРОВА <u>МЕТОД АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПУТЁМ ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТОВ</u>	115
<u>СЕКЦИЯ 2. MODERN BUILDING MATERIALS</u>	119
Е.В. БОВКУН <u>АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕРНОГО ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ</u>	119
Д.Ю. БУКИНА <u>ЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛ И ШЛАКОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС)</u>	123
Н.С. ДМИТРИЕВ, В.В. НАРУТЬ, О.А. ЛАРСЕН <u>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ДРОБЛЁНОГО БЕТОНА</u>	128
В.А. ЗАЙЦЕВА, Е.А. БОРИСЮК <u>ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ БЕТОНЫ</u>	133
М.А. КОЧЕТКОВ <u>ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ</u>	138
Д.Г. МАЛИНИН <u>НЕАВТОКЛАВНЫЕ ГАЗОБЕТОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ С НИЗКИМ ВОДОТВЕРДЫМ ОТНОШЕНИЕМ</u>	141
Е.В. МАТЮШИН, В.Г. СОЛОВЬЕВ, С.С. БЕЛИКОВ <u>ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА</u>	146
М.С. МОШНИКОВ, К.Е. ДОБРИНА, М.В. КУДРЯВЦЕВ, В.А. КАКУША, И.А. ГОРБУНОВ <u>РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ</u>	151

Б.У. НАЗАРОВ, З.П. ШОМАНСУРОВА <u>КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН</u>	157
Н.Д. ПОЛКОВНИКОВ, А.П. КОЖЕВНИКОВ, Е.Г. ВЕЛИЧКО <u>МОДИФИЦИРОВАННЫЙ НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК</u>	163
РАХМАН РЕДВАН БИН, ЛЕ ЧУНГ ХИЕУ, А.Д. ИСТОМИН <u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИБРОБЕТОНА В ТОННЕЛЯХ МЕЛКОГО И ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ</u>	168
И.О. РЯБЧИКОВА, М.С. ТРЕМАСКИНА <u>ФОСФОГИПС КАК СЫРЬЁ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ</u>	171
Д.А. САРКИСОВ, О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ <u>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ТУФА В ЛЕГКИХ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНАХ</u>	176
И.М. ХАЛИУЛЛИН, А.С. БОЛотова <u>ФАСАДНЫЕ ПАНЕЛИ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ</u>	181
В.В. ШВЕДОВ <u>СРАВНЕНИЕ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА НА ОБРАЗЦАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМ-ФАКТОРАМИ</u>	187
В.А. ШВЕЦОВА, О.А. ЛАРСЕН, М.Р. НУРТДИНОВ <u>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С РАСШИРЯЮЩИМИ ДОБАВКАМИ</u>	192
<u>СЕКЦИЯ 3. SAFETY IN CONSTRUCTION</u>	196
Е.А. АГРЕЛОВА <u>ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ</u>	196
М.С. БЫКАНОВА, Н.В. ЕГОРОВА <u>ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ</u>	200
И.А. ВАСЬКОВА <u>АРХИТЕКТУРНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В ЗОНЕ АЭРОПОРТА</u>	205
И.Ю. ВЕПРЖИЦКИЙ, Н.А. РЫТИК, Ю.О. КУСТИКОВА <u>ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</u>	210
В.П. ГОРБАЧЕВСКИЙ <u>ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА МОНТАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ</u>	214
Д.А. КОРОБКОВА, Л.А. АВЕТИСЯН <u>ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР</u>	219
Е.Г. КОСТЮЧЕНКО <u>МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ</u>	223

Ю.А. КУРБАТОВА, В.А. ГОРЕВ <u>ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА С УЧЕТОМ ОПТИМИЗАЦИИ</u> <u>КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ</u>	228
Ш.С. МОНГУШ <u>УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ТУВЫ</u>	233
А.С. МОСОЛОВА <u>ПОВЫШЕНИЕ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ С ПОСТОЯННЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ</u>	236
Е.В. ПЛЮСНИНА, А.В. ОСТЯКОВА <u>БЛАГОУСТРОЙСТВО ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДСКИХ ПАРКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ</u>	241
С.И. РУМЯНЦЕВ, А.А. РУМЯНЦЕВА, Е.Ю. ЧЕЛЕКОВА <u>АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РОБОТОВ. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ</u>	247
М. С. ЮСУПОВ, Д.А. АБДУЛЛАЕВА <u>ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ</u>	252
<u>СЕКЦИЯ 4. RELIABILITY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS</u>	256
N. DUDEK, J. RYBAK <u>INVERSE ANALYSIS APPLICATION FOR DETERMINING OF SOIL MODULUS ON THE BASIS OF STATIC LOAD TEST</u>	256
G. NOWAK <u>AN ANALYSIS OF SOIL-CEMENT COMPOSITE COMPACTION AND ITS EFFECT ON MATERIAL STRENGTH</u>	259
J. RAINER <u>ACCURACY OF METHODS USED TO ASSESS THE BEARING CAPACITY FOR DRIVEN PILES</u>	262
K. JENDRYSIK <u>CALIBRATION OF SOIL CONSTITUTIVE MODEL BY MEANS OF BACK ANALYSIS OF TESTING RESULTS</u>	265
P. PROKOPOWICZ <u>STRENGTH TESTING OF SOIL-CEMENT COMPOSITES USED FOR IMPROVING MECHANICAL PROPERTIES OF ORGANIC SOILS</u>	268
H. SZABOWICZ <u>SLOPE STABILITY ANALYSIS IN THE CASE OF PROBABILISTIC DESIGN METHOD</u>	271
P. TOMASIEWICZ, A. UBYSZ, D. LOGON <u>IMPACT OF MICRO-RECYCLING MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITES</u>	274
P. TOMASIEWICZ, A.UBYSZ, T. KOWALIK <u>POSSIBLE USE OF COMPOSITE WASTE MATERIALS AS DISPERSED REINFORCEMENT FOR CONCRETE</u>	277
А.С. АЛМАКАЕВА, В.В. СИДОРОВ <u>ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ</u> <u>КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ</u>	280

И.С. АНТОНОВ, В.А. ПЕТРОВА <u>НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРИ</u> <u>ТЕМПЕРАТУРЕ -50°С</u>	286
Д.О. ГОМЫРИНА, Л.А. АВЕТИСЯН <u>ПОДАТЛИВОСТЬ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ОГНЕВЫХ</u> <u>ВОЗДЕЙСТВИЙ</u>	290
А.О. ДАНИЛКИВ, А.Г. ТАМРАЗЯН <u>УЧЁТ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ НАДЁЖНОСТИ СТАТИЧЕСКИ</u> <u>НЕОПРЕДЕЛИМОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ</u>	293
Т.В. ДОЛГУШЕВ, В.В. ДОЛГУШЕВА <u>СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЁТОВ И ОПТИМИЗАЦИИ БЕТОННЫХ</u> <u>ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЛОТИН</u>	296
П.В. ЗЕНКИН, Л.С. ЩУКИНА, И.М. ГАРАНЖА <u>СТАЛЕБЕТОННЫЕ ФЕРМЫ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ГНУТО-СВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ</u>	302
А.С. ЗЛАТЬЕВ <u>ВОДООТЛИВНЫЙ КОМПЛЕКС ШАХТЫ ИМ. В.И. ЛЕНИНА НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ</u> <u>ГРУППЫ ШК, Г. ГОРЛОВКА</u>	310
М.А. ИЛЬИН, А.Г. ТАМРАЗЯН <u>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПОДБОРЕ СЕЧЕНИЙ</u> <u>ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК</u>	316
О.О. КОНОВАЛОВА, А.Г. ТАМРАЗЯН <u>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ</u> <u>ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ</u>	322
Ю.С. КОРЫТОВА <u>УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ</u> <u>ТРУБОПРОВОДОВ</u>	328
И.И. ЛАЗЭР, Б.К. ДЖАМУЕВ <u>ПОВЫШЕНИЕ МОНОЛИТНОСТИ КЛАДКИ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ПРИ</u> <u>ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ШВАХ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ</u>	333
С.Р. МИНГАЗОВА <u>ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩЕГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ПОЯСА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ</u> <u>СЕЙСМОЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ</u>	336
А.Н. НАЧАРОВА <u>ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА</u>	341
И.Г. ПАВЛОВА <u>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГСП</u>	346
Д.А. ПРОСТАКИШИНА <u>ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ</u>	352
А.А. РЫНДИН <u>ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ</u>	360

А.М. ТАРАНОВА, А.Д. ИСТОМИН <u>ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И ПРОЦЕНТА АРМИРОВАНИЯ НА ДЕСТРУКЦИЮ БЕТОНА</u>	365
А.С. ФЕДОРОВИЧ <u>МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ, РАСТЯЖЕНИИ И ИЗГИБЕ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ</u>	369
СЕКЦИЯ 5. HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION AND MELIORATION 376	
Д. АХМЕДОВ, Ж. АЪЗАМОВ <u>ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНИТЕЛЕЙ НА НАСОСНЫХ АГРЕГАТАХ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РУЗ</u>	376
Ф.Ё. БОБОКУЛОВА, С.Ш. МАЙНИСОВА <u>ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР</u>	379
Р. Б. ДЖУМАБОЕВА, М. Б. ДЖУМАБОЕВА <u>СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ КОРАТАГ</u>	383
О.О. МАХМУДОВ, А. ДАДАХОДЖАЕВ <u>РАЗВИТИЕ ОБРАГОВ ПО ГУСТОТЕ И ПЛОТНОСТИ НАМАНГАНСКИХ АДЫРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН</u>	387
Л.Б. МУРАТОВ, Ш.С. КУЗИЕВ <u>УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПАССИВНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН</u>	390
Б. НАЗАРОВ, Б. ШОДИЕВ, Д. КРАСНОЛОБОВА <u>ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР СЫРДАРЬЯ-АЙДАРКУЛЬ-АМУДАРЬЯ В УЗБЕКИСТАНЕ</u>	394
Э. ОЗОДОВ <u>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ</u>	398
И.Д. РАИМОВА, Ф. АХМАТОВ, Л.А. ЛУЦЕНКО <u>НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ</u>	402
Н.Н. УРУНОВ, Д.Т. КОДИРОВ, С.Б. КАДИРОВ <u>РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АХАНГАРАНСКОГО ГИДРОУЗЛА</u>	408
А.М. ШАЙТАНОВ, Н.А. АНИСКИН <u>ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ ИЗ МАЛОЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА</u>	414
СЕКЦИЯ 6. NEW CONSTRUCTION TECHNOLOGIES 419	
Р.Т. АВЕТИСЯН, Т.Х. БИДОВ <u>К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ВРЕМЕННЫХ КРЕПЛЕНИЙ СТЕНОК ВЫЕМОК И КОТЛОВАНОВ</u>	419
В.В. БЕЛОУСОВ, Н.В. МОКРОВА <u>РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ОБЪЕКТОВ С НЕТИПИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ</u>	424

А.С. ВОРОБЬЕВ, А.А. ЗЕЛЕНЦОВ, А.Ю. ЮРГАЙТИС <u>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ДОЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА</u>	428
Е.А. ДАВЫДОВА <u>ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ</u>	432
А.К. ДОВЛЯТОВА <u>СУДЬБА СТАДИОНОВ ПОСЛЕ ЧЕМПИОНАТОВ МИРА ПО ФУТБОЛУ</u>	437
Е.А. ЗИНОВЬЕВА <u>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА КУПОЛЬНОГО ТИПА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА</u>	441
З. ЙУЛДОШЕВА, Д. АБДУМУМИНОВА <u>ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ</u>	445
М.Х. КАНГЕЗОВА, А.А. ЛАПИДУС <u>ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</u>	452
А.А. ЛАЗАРЕВ <u>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНЫХ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ</u>	457
А.В. МУХИН <u>ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ СПОСОБОМ ПНЕВМОБЕТОНИРОВАНИЯ</u>	461
И.Ю. НАСЫРОВА, Р.В. БАРОЕВ, Г.М. БАЖИН <u>КОМПОНЕНТНЫЙ МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВІМ ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ IDEA STATICA</u>	464
Е.А. ПЕРФИЛОВА, С.Д. МАМЕДОВА, А.Д. ЕГОРОВА <u>ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ФАСАДОВ С ОБЛИЦОВОЧНОЙ ПЛИТКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОКРАСОК</u>	472
К.А. РАХМАНОВ, И.В. ПОПОВ <u>ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСЪЕМНОЙ ДЕКОРАТИВНОЙ ОПАЛУБКИ</u>	477
А.А. СЕМЕНЧУКОВА <u>СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ: ПРОБЛЕМЫ ЗАРУБЕЖНОЙ И РОССИЙСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ</u>	481
Ю.Н. СМИРНОВА <u>ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ</u>	486
Н.Ю. СОСНОВСКИЙ, А.А. ЛОКТИОНОВА, М.Г. БРУЯКО, <u>ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЛИВОЧНЫХ ПЕНОФЕНОПЛАСТОВ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ</u>	490
Н.Ю. СОСНОВСКИЙ, А.М. СМИРНОВА <u>МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ВОДЫ</u>	495

D.U. UBAYDULLAYEV, J.A. KOSIMOV
IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION AT DRAWING LESSONS WITH THE USAGE OF INFORMATION TECHNOLOGIES 501

В.В. ЮРЧЕНКО
ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ЗДАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ЛСПХ 504

В.С. ЕВСТРАТОВ
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 509

Секция 1. SMART CITY

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В.А. Бычкова¹, А.С. Зудова², Д.Г. Киселев³

¹студентка, valeriyamay@list.ru

²студентка, zudovaa98@gmail.com

³студент, dg.kiselyov@gmail.com

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные вопросы создания информационной модели здания в программе Autodesk Revit. Данная платформа параметрического моделирования, способна автоматически координировать изменения, элементы модели в которой связаны друг с другом и постоянно отслеживают состояние связанных с ними объектов, позволяет отразить в модели все аспекты конструкции здания — от инженерных до эстетических. В частности, детально описаны наиболее сложные аспекты проектирования трехмерной модели архитектурной части. Рассматриваются ключевые этапы разработки архитектурно-строительной части на примере легкоатлетического комплекса и плавательного бассейна НИУ МГСУ. Авторами статьи раскрываются особенности создания библиотеки элементов и материалов, и их параметризации для автоматизированного проектирования архитектурных решений различных объектов. BIM играет особую роль при планировании и принятии решения у разных подразделений компании. Технология предотвращает возникновение коллизий, когда каждый отдел работает с разными данными.

ВВЕДЕНИЕ

Информационное моделирование зданий (BIM) — это технология, основанная на использовании 3D-моделей. С ее помощью специалисты по проектированию архитектурных элементов, инженерных систем и строительных конструкций, а также все, кто задействован в процессе застройки могут удобно и комфортно для себя проектировать, строить и эксплуатировать здания и объекты инфраструктуры.

Основной задачей BIM моделирования является создание благоприятной среды проектирования для пользователя, а также данная технология кардинально преобразует подход к строительству и эксплуатации зданий, что помогает принимать более правильные и точные решения, и, соответственно, повышать продуктивность на протяжении всего жизненного цикла проекта.

Традиционный подход к проектированию опирается на 2D-модели — планы, чертежи, бумажную документацию. BIM-технология добавляет новые измерения — планы строительства, время, стоимость, которые могут быть наглядно представлены на базе информационной модели объекта, будь то жилое или коммерческое здание, дорога, мост или любой другой объект.

В целом, современные системы реализуют концепцию параметрического моделирования. Суть ее заключается в возможности задания параметров для элементов модели. Параметры представляют собой совокупность характеристик, определяющих поведение элемента модели и его взаимодействие с другими элементами.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Авторами статьи раскрываются взаимодействие между геометрией концептуальной модели и соответствующими строительными конструкциями; изменения в модели могут отражаться не только в конструкциях, но и в рабочей документации в Autodesk Revit [5]. Более того, все инструменты получения рабочей документации становятся доступными на начальной, концептуальной стадии проектирования: получение планов, фасадов, разрезов, спецификаций и перспективных проекций [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Autodesk Revit — это платформа параметрического моделирования, способная автоматически координировать изменения, объекты модели связаны друг с другом и постоянно отслеживают состояние связанных с ними объектов. В процессе создания модели некоторые зависимости между элементами задаются автоматически, а некоторые пользователь может назначить сам. При дальнейших изменениях зависимости между элементами сохраняются. При изменении одного элемента программа сама определяет связанные с ним элементы и способ их обновления. Например, перемещая оси проекта, мы перемещаем и все объекты, связанные с этой осью (несущие стены, перегородки и т.д.)

Почему параметризация так важна при информационном моделировании зданий? Характерной чертой информационного моделирования зданий является создание и использование скоординированной, внутренне непротиворечивой, обрабатываемой на компьютере информации о здании. Получение достоверной информации о здании является важным достоинством информационного моделирования. Параметрическое моделирование позволяет отразить в модели все аспекты конструкции здания — от инженерных до эстетических. Параметрическая модель здания облегчает процедуру расчетов, так как содержит все данные, необходимые для их выполнения. Расчеты можно выполнять прямо в процессе проектирования, корректируя проект по их результатам.

Autodesk Revit дает возможность организовать коллективную работу над проектом с помощью инструмента «Совместная работа».

Любая трехмерная модель здания содержит огромное множество различных объектов, и Revit Architecture предлагает все необходимые объекты для строительного проектирования: стены, перекрытия, балки, колонны, окна, двери, и т.д. Однако перед строительной частью предстоит огромная работа по архитектурно-планировочному решению. Получив объем помещения, архитектору необходимо проработать дизайн помещений, цветовое решение, получить количественные характеристики проектируемого объекта. Такая работа проводится в тесном взаимодействии с заказчиком: создается уникальное решение, учитывающее индивидуальные пожелания клиента. На этом этапе также поможет технология параметризации - средствами Revit Architecture нетрудно создать новый объект любой формы (например, сложный элемент мебели), причем пользователю нет необходимости изучать языки программирования: все объекты создаются с помощью стандартных инструментов Revit Architecture.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим ВМ – модель легкоатлетического манежа с переходом в плавательный бассейн, построенную коллективом из трех человек, с помощью инструмента «Совместная работа».

Легкоатлетический манеж запроектирован прямоугольным в плане с размерами 48,0x126,0 и высотой 14,0м до низа арки, по оси К1 к манежу примыкает 2-х этажная пристройка. В подвальном этаже запроектирована парковка на 146 м/мест, инженерно-технические помещения, тир на 8 стрелковых мест, зал для настольного тенниса, раздевалка и т.д. Въезд и выезд осуществляется по изолированным рампам. Наружные входные двери основных входов по главным фасадам стеклянные в алюминиевой отливке. Двери на технических лестницах – стеклянные, в алюминиевой отливке (закаленное стекло). Все остальные

двери: в административные помещения и офисы, судейские, методический кабинет – с остеклением, в технические помещения - глухие.

Бассейн представляет собой прямоугольное в плане здание размерами 64,15 x 34,2 м в осях. Основной вход в здание плавательного бассейна осуществляется через проектируемый переход из здания легкоатлетического манежа. Переход расположен на втором уровне манежа, на проектной отметке +0.600 м (абсолютная отметка 159,600), соответствующей первому этажу бассейна.

Большая чаша плавательного бассейна имеет размер 25x25м, глубина чаши переменная: в мелкой части ванны 1,2 м, в глубокой 1,8 м. Бассейн для обучения плаванию детей от 14 лет и взрослых имеет размер 6x10м, глубина чаши от 0,9 до 1,25м.

Далее рассмотрим наиболее интересные и сложные моменты проектирования информационной модели. Например, полукруглые стены Бассейна строим на планах этажей, с помощью инструмента «стена» и «Рисование» (рис.1).

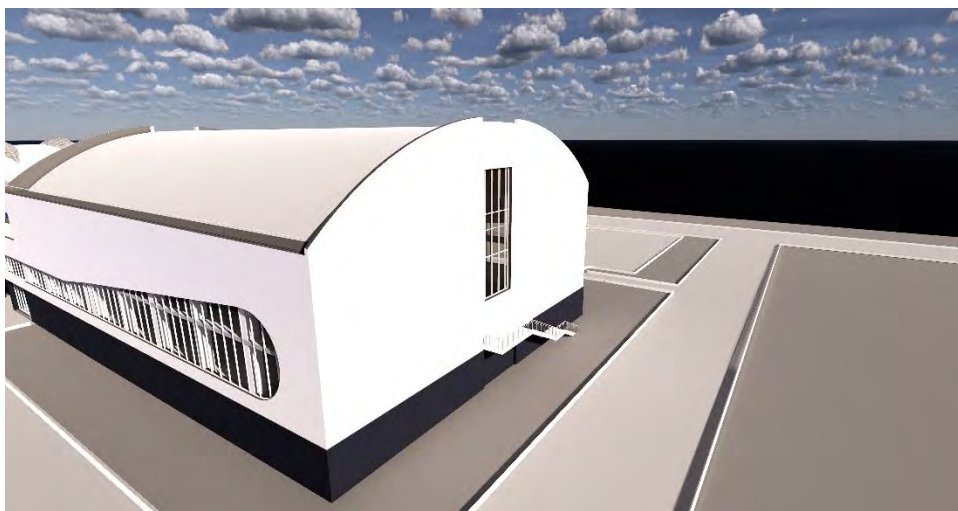


Рис. 1. Стена сложной формы

В процессе работы мы можем сами создавать необходимые материалы для наиболее правдоподобной визуализации, указывая нужные параметры, добавляя изображение. Есть возможность даже отредактировать его параметры.

Для повышения эффективности работы мы использовали инструмент «Краска», который может назначать материал из библиотеки любому системному семейству. Выбираем инструмент, кликаем на нужную нам поверхность, и она окрашивается в определенный материал. Данный инструмент значительно ускоряет работу. Однако не отображает свойства материала, нанесенного на поверхность

Балки и крепления, удерживающие крышу в Легкоатлетическом манеже и Бассейне выполнены с помощью семейств несущего каркаса(рис.3). По разрезам в DWG формате обведен контур изделий, затем применен инструмент «выдавливание» – получаем нужную нам конструкцию. Наружная часть крыши сделана формообразующими по контуру балок.

Витраж необходимой нам сложной формы выполнен на виде Фасад, с помощью инструмента «Редактировать профиль», который позволяет придать истинное очертание данной конструкции(рис.2).



Рис. 2. Витраж Бассейна

Металлические фермы, удерживающие конструкцию крыши Бассейна, выполнены с помощью создания семейств, инструментом «Выдавливание» (рис.3). Контур конструкций обведен по подложке разреза в формате DWG. Были созданы стальные балки с боковыми крепежными элементами.



Рис. 3. Конструкция крыши Бассейна

Асфальтированная дорога, проложенная на территории легкоатлетического манежа и Бассейна выполнена с помощью инструмента «разделение поверхности», который можно найти в разделе «Генплан». Материал для данной поверхности можно задать из библиотеки или создать свой. Дорога выстраивается по топографической поверхности земли, учитывая все высотные изменения.

ВЫВОДЫ

На примере представленной BIM-модели можно сделать вывод, что программа Revit обладает уникальными возможностями для создания свободных форм, и можно быть абсолютно уверенным, что Revit позволит построить и продемонстрировать заказчику любую форму, которую необходимо заложить в основу здания.

BIM проектирование применяется при:

- организации строительно-монтажных работ, планирование использования строительной площадки;

- демонстрации взаимосвязи временных, ресурсных, объемных и денежных показателей для улучшения контроля над подрядчиками;
- контроле за объемом и исполнением графика работ, своевременное отслеживание отклонений;
- трехмерной координации модели для оперативного обнаружения коллизий, устранения конфликтов инженерных конструкций до начала стадии монтажа;
- создании исполнительной документации для получения качественных чертежей;
- предоставлении необходимой спецификации и точных объемов материалов за короткое время.

Особую роль BIM играет при планировании и принятии решения. У разных подразделений компании: отдела маркетинга, продаж и разработчиков, используются свои модели, на основе которых принимаются решения. Технология предотвращает возникновение коллизий, когда каждый отдел работает с разными данными. Также BIM облегчает «видение» проекта и целостности картины.

Исследование выполнено в рамках деятельности научной школы «Системотехника строительства» (грант Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ НШ-3492.2018.8).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Volkov A., Sedov A., Chelyshkov P., Doroshenko A.* Using CAD for selecting different ACS engineering systems of buildings and structures in the presence of interference and restrictions - *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Т. 580-583. С. 3231-3233.
2. *Volkov A., Sedov A., Chelyshkov P., Kulikova E.* Modeling the thermal comfort of internal building spaces in hospital - *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Т. 584-586. С. 753-756.
3. *Volkov A., Sedov A., Chelyshkov P., Pavlov A., Kievskiy L.* Promising energy and ecological modeling in computer-aided design - *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Т. 11. № 3. С. 1645-1648.
4. *Волков А.А., Красновский Б.М., Пазюк Ю.В., Чельшиков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.* Моделирование воздействий численности и рода занятий людей на объекты строительства - *Естественные и технические науки*. 2014. № 9-10 (77). С. 251-253.
5. *Волков А.А., Чельшиков П.Д., Седов А.В.* Методика построения распределенных интеллектуальных систем управления энергопотреблением комплексов объектов в условиях произвольных ограничений ресурсов - *Вестник МГСУ*. 2013. № 5. С. 220-225.
6. *Волков А.А., Чельшиков П.Д., Седов А.В.* Моделирование энергоэффективных инженерных систем *Монография / Москва, 2014.*
7. *Волков А.А., Чельшиков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.* Перспектива внедрения моделей оценки потенциала модернизации инженерных систем отраслевых объектов - *Естественные и технические науки*. 2014. № 9-10 (77). С. 256-257.
8. *Чельшиков П.Д., Кузин К.С., Михайличенко А.В.* Формирование оптимальной эффективности информатизации системы управления строительными проектами - *Вестник МГСУ*. 2011. № 6. С. 475-477.

О СНИЖЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ НАСЫЩЕННОСТИ ФРОНТА РАБОТ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ

Д.Р. Гаймалов¹, В.А. Ундозеров²

¹ студент, fopergeder@gmail.com

² ст. преподаватель, und-vadim@yandex.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

ВВЕДЕНИЕ

В российском строительном проектировании применяется «линейный» подход к расчету трудозатрат, предполагающий пропорциональность между суммарной выработкой коллектива и численностью рабочих (*насыщенностью фронта работ трудовыми ресурсами*). Снижение производительности труда отдельного рабочего при увеличении насыщенности не учитывается – она считается постоянной и определяется нормативными документами. Однако в реальном строительном производстве при достаточно высокой насыщенности указанное снижение имеет место вследствие негативного воздействия тесноты и социально-психологического фактора, связанного с влиянием работников друг на друга. [7] Таким образом, область применения рассмотренного подхода ограничена относительно небольшой насыщенностью, при которой влияние указанных факторов практически отсутствует. Применение его при большей численности рабочих может приводить к заниженной оценке сроков строительства и в некоторых случаях - к снижению эффективности затрат на трудовые ресурсы. Поскольку в строительной практике высокая концентрация трудовых ресурсов встречается довольно часто (например при возведении атомных электростанций), существует необходимость в разработке моделей, которые не имели бы ограничений по численности рабочих. Для достижения указанной цели в первую очередь требуется оценить производительность труда в реальных условиях стройплощадок. В настоящей статье это было сделано для арматурных работ при возведении фундамента реакторного здания атомной электростанции (АЭС).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблемой снижения производительности труда при увеличении насыщенности фронта работ занимались E. Mayo, M. S. Viteles [12], D. Hewitt, J. Parfit [9], Б. В. Луканин [6], И. В. Ким [4], Г. Л. Исаева [3], Ф. Ф. Джалилов [2], Т. Л. Симанкина [8], И. Л. Абрамов [1], М. Кауа [10], J. Lee [11], А. А. Лapidус [5] и др. Был предложен ряд моделей указанного снижения. Однако они имели некоторые недостатки в теоретическом обосновании и/или узкую область применения [7], что не позволяет рассматривать их в качестве универсальных для строительного производства. Полученные экспериментальные данные не достаточны для выявления общего характера зависимости производительности труда от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами. [7]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2018 году был проведен опрос экспертов (специалистов-строителей Нововоронежской АЭС-2) с целью выявления зависимости суммарной выработки коллектива от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами при определённых работах. Эксперты оценили значения суммарной выработки для различной численности рабочих при штучном армировании фундаментной плиты реакторного здания АЭС (рис. 1). Площадь фронта работ 2100 м² и степень армирования 120-150 кг/м³ были определены на основании проектной документации. По усредненным результатам опроса была проведена аппроксимация зависимости многочленами по методу наименьших квадратов при помощи программного обеспечения MATLAB.

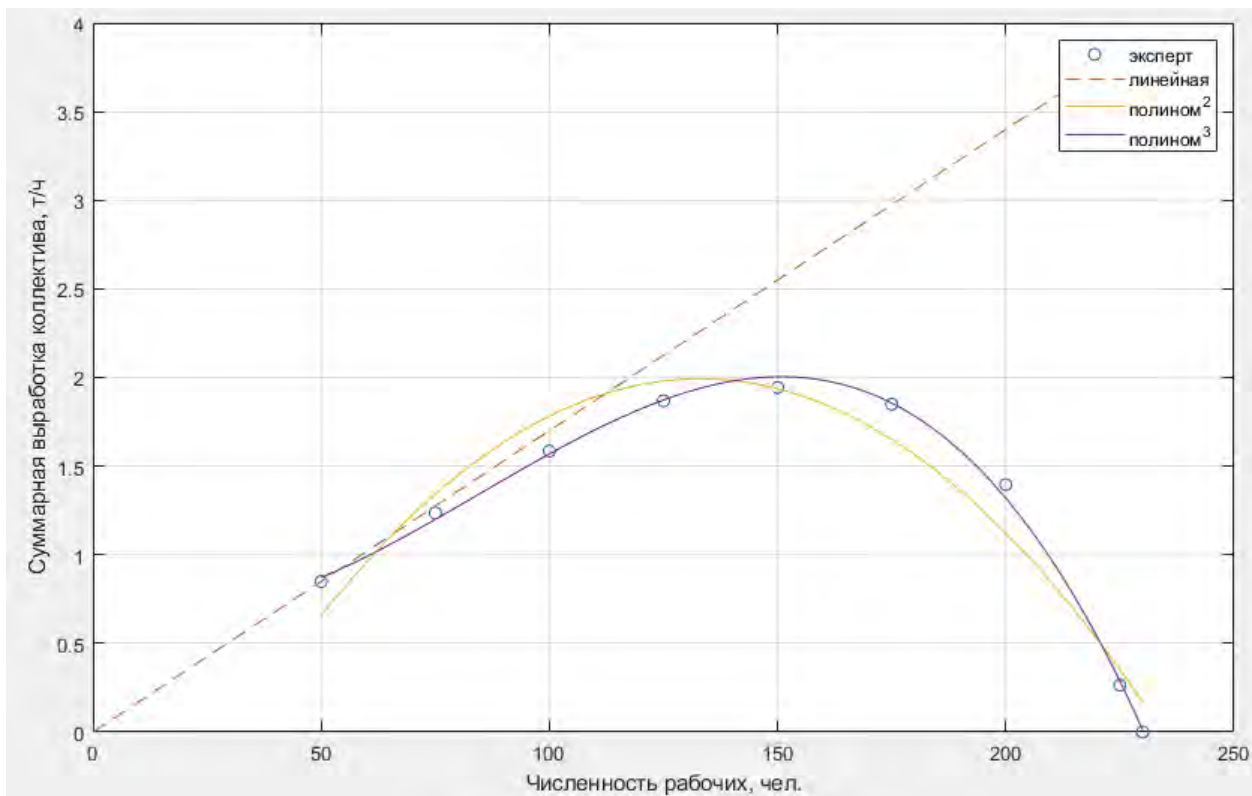


Рис. 1. Общий вид современной АЭС и армирование фундаментной плиты здания реактора

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам опроса, до насыщенности 50 человек зависимость суммарной выработки коллектива от численности рабочих достаточно точно описывается «линейной» моделью, иными словами, снижением производительности можно пренебречь. Поэтому полиномиальная аппроксимация применялась, начиная с указанного значения. Результаты аппроксимации полиномами различных степеней представлены на рис.2. Величины отклонений от результатов опроса для каждого многочлена представлены в табл.1.

а)



б)

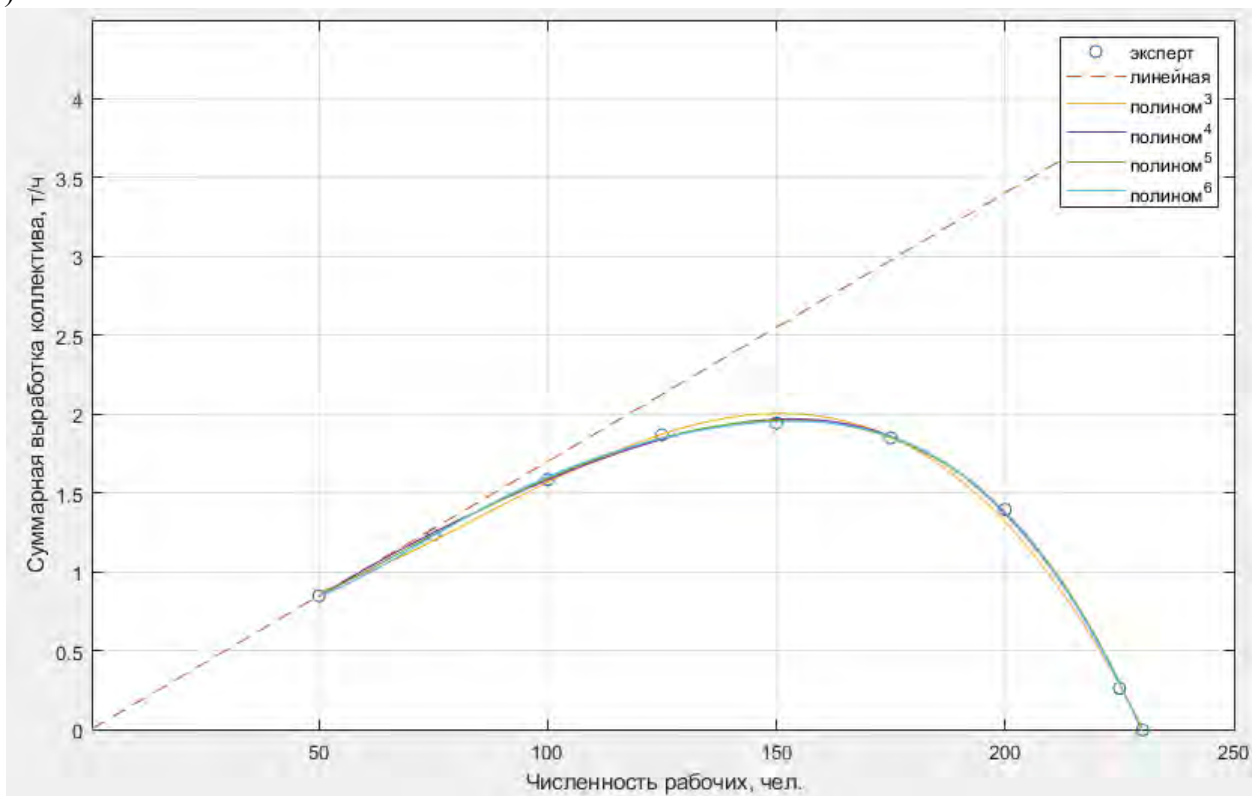


Рис. 2. Аппроксимация зависимости суммарной выработки коллектива от насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами при армировании плиты гермозоны реакторного здания АЭС:

а) полиномами 2 и 3 степеней; б) полиномами 3, 4, 5, 6 степеней.

Пунктирная линия – зависимость согласно общепринятому «линейному» подходу

Таблица 1. Погрешности аппроксимации зависимости суммарной выработки коллектива от насыщенности для рассмотренного случая при использовании многочленов различных степеней

Степень многочлена	Средняя абсолютная погрешность аппроксимации, т/ч	Средняя относительная погрешность аппроксимации, %
2	0,0843	9,38
3	0,0176	2,11
4	0,0161	2,02
5	0,0158	2,13
6	0,0159	2,11

Из табл.1 и рис.2 видно, что для описания зависимости достаточно взять полином 3 степени. Дальнейшее увеличение степени не увеличивает точность аппроксимации. Указанный многочлен представлен выражением (1), его график изображен на рис. 3.

$$p = A * x^3 + B * x^2 - C * x + D \quad (1)$$

$$A = -1,15 * 10^{-6}; B = 2,92 * 10^{-4}; C = -9,75 * 10^{-3}; D = 7,74 * 10^{-1}$$

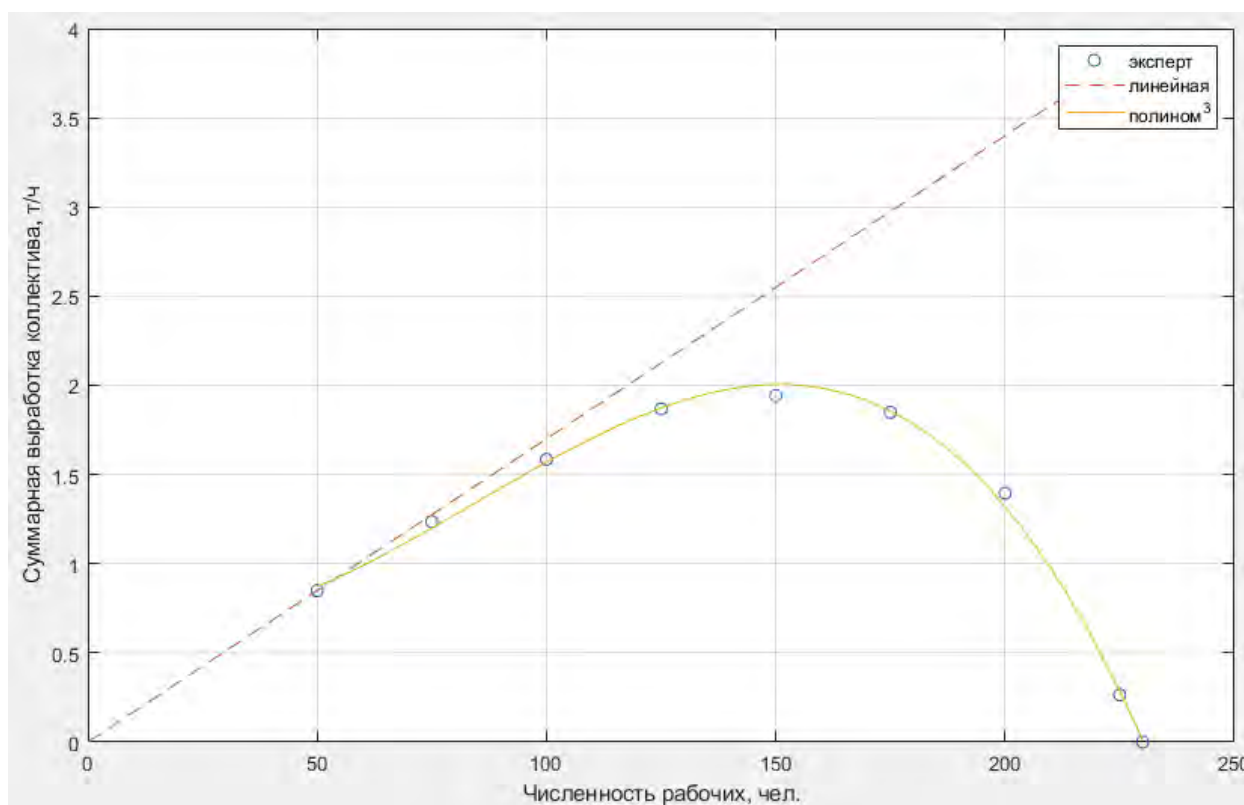


Рис. 3. Графики зависимости суммарной выработки коллектива от насыщенности для рассматриваемого случая: на основании проведенного экспертного опроса (сплошная линия) и согласно «линейному» подходу (пунктирная)

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования были получены экспертные оценки суммарной выработки коллектива для различной численности рабочих при выполнении определённых работ в ходе сооружения АЭС. Было подтверждено, что принятая в строительной практике линейная зависимость между суммарной выработкой коллектива и численностью рабочих в случае ограниченного фронта работ применима лишь до определённой численности, по крайней мере, для указанных работ. Затем график зависимости начинает отклоняться от линейного в меньшую сторону, и это отклонение характеризуется возрастающей «скоростью» при увеличении численности. Это может быть достаточно точно описано многочленом третьей степени. Таким образом, подтверждается наличие снижения производительности труда при высоком насыщении фронта работ трудовыми ресурсами. Полученные результаты могут быть применимы при разработке моделей рассматриваемой зависимости, в том числе для решения задачи оптимизации численности по критерию сокращения сроков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов И.Л.* Моделирование технологических процессов в малоэтажном жилищном строительстве: дис. канд. техн. наук. - М., 2007. – 177 с.
2. *Джалилов Ф.Ф.* Разработка методов формирования организационно-технологических решений по реконструкции действующих предприятий: дис. канд. техн. наук. - М., 1996. – 356 с.
3. *Исаева Г.Л.* Исследование методов рационального насыщения фронта работ трудовыми ресурсами и средствами механизации: дис. канд. техн. наук. - Волгоград, 1975. – 182 с.
4. *Ким И.В.* Исследование влияния продолжительности строительства на экономику строительных организаций: дис. канд. техн. наук. - М., 1974. – 171 с.
5. *Липидус А.А., Толстова К.С.* Критерий оценки допустимости совмещения строительных процессов при производстве отделочных работ в жилых зданиях // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 68-71.
6. *Луканин Б.В.* Определение оптимальной численности рабочих на строительномонтажных работах // Техническая информация. Госстрой Казахской ССР, республиканский центр научно-технической информации по строительству, строительному проектированию и инженерным изысканиям. - 1970. - № 10.
7. *Пергаменицк Б.К., Ундозеров В.А.* Производительность труда в строительстве в функции насыщенности фронта работ трудовыми ресурсами // Экономика строительства. 2018 №5. С. 25-34.
8. *Симанкина Т.Л.* Совершенствование календарного планирования ресурсосберегающих потоков с учетом аддитивности интенсивности труда исполнителей: дис. канд. техн. наук. - СПб, 2007. – 156 с.
9. *Hewitt D., Parfit J.* On Working Morale and Size of Group. Occupational Psychology, 1953
10. *Kaya M., Keles A. E., Oral E. L.* Construction Crew Productivity Prediction By Using Data Mining Methods. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, vol. 141, pp. 1249 – 1253.
11. *Lee J. Park Y.-J., Choi Ch.-H., Han Ch.-H.* BIM-assisted labor productivity measurement method for structural formwork. Automation in Construction, 2017, vol. 84, pp. 121–132.
12. *Viteles M.S.* Motivation and Moral in Industry. W.W. Norton & Co. New York, 1953

ТРАНСФОРМИРУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Т.В. Долгушев¹, В.В. Долгушева²

¹студент, dolgushev@yandex.ru

²студентка, fedorova.vera19971997@yandex.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: в статье исследуются виды и типы трансформируемых конструкций в зданиях и сооружениях. Конструкции, способные изменять свою геометрическую форму становятся отдельным направлением архитектуры и строительства. Однако при всем многообразии существующих трансформаций в зданиях, отсутствует сопоставление их видов и типов реальными объектами.

Цели: изучение отечественного и зарубежного опыта проектирования трансформируемых конструкций и сопоставление существующих классификаций с примерами трансформаций в построенных объектах на основе проведенного обзора.

Материалы и методы: для изучения опыта проектирования трансформируемых сооружений был произведен поиск информации в сети интернет, обзор проектов построенных зданий, исследована научная литература по данной тематике.

Результаты: по окончании исследования сопоставлены примеры объектов с классификацией трансформируемых конструкций по способу реализации, по механизму перемещения в пространстве. Отдельно выделена классификация спортивных сооружений по способам трансформации.

Выводы: Исследование отечественного и зарубежного опыта проектирования трансформируемых конструкций показало, что преобразуемые, самовозводящиеся сооружения имеют большое будущее как кинетические объекты архитектуры и строительства. Внедрение в проектирование компьютерного моделирования значительно облегчает процесс разработки и расчета трансформируемых конструкций, открывая огромные возможности для улучшения архитектурного, функционального и эстетического облика, окружающего нас пространства.

ВВЕДЕНИЕ

Подвижные архитектурные элементы интересуют человечество с давних времен (вспомним подъемные мосты в замках, окруженных рвом). Одной из первой трансформируемой системой в архитектуре общественных зданий стал Кинотеатр «Ударник» в Москве (Россия) в 1931 году, спроектированный архитектором Б.М. Иофаном [3]. В здании ступенчатая раздвижная купольная крыша, назначение которой не только в защите от внешних атмосферных воздействий, но и в проветривании зрительного зала с минимальными затратами энергии и дополнительном привлечении публики для просмотра кинокартин под открытым небом. Благодаря яркому архитектурному образу и новаторским инженерным идеям кинотеатр стал в Москве знаковым, для того времени, местом.

Не так давно (в середине XX века) конструкции, способные к изменению своей геометрической формы были редкостью и новаторскими изобретениями. Однако в век стремительно развивающихся технологий конструкции, изменяющие форму, такие как сворачивающийся мост "The Rolling Bridge" в Лондоне (Англия), стадион "Санкт-Петербург Арена" с раз-

движной крышей в России, стали одним из современных направлений архитектуры и строительства.

Однако при поиске видов трансформируемых конструкций исследователь сталкивается с отсутствием их классификации при существующем многообразии воплощенных проектов кинетической архитектуры. Целью исследования стало изучение отечественных и зарубежных проектов трансформируемых конструкций для структурирования и создания классификации на основе проведенного анализа.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

"Трансформация" (от лат. *transformatio* - превращение) - это перемена вида, формы, преобразование [1]. Трансформация необходима как для мобильных сооружений, таких как бытовка, передвижной дом, инвентарное помещение, выставочные шатры, так и для общественных зданий (сцена-трансформер в Большом театре Москвы (Россия)).

В статье Семенова В.С. и Акбаралиева Р. [2] предложена классификация трансформируемых конструкций покрытий, основанная на принципах перемещения в пространстве без привязки к существующим зданиям с реализованным способом трансформации. Основные приемы проектирования преобразований в архитектуре общественных зданий рассмотрены в работе Е.В. Пименова и В.И. Шумейко [3]. В статье Р.М. Исмаиловой и М.А. Дудиной [4] обоснована востребованность проектирования самовозводящихся конструкций. А в исследовании Д.Ю.Козлова [5] подробно рассмотрены кинетические структуры из упругих материалов.

Представленные выше исследования формулируют главную цель трансформации: расширение функциональных возможностей сооружений, повышение их комфортности. В строительстве с помощью преобразования конструкций решают следующие задачи: обеспечение многофункциональности архитектурных пространств, регуляция микроклимата помещений, транспортировка элементов сооружения к месту возведения, возможность переноса конструкции при смене места положения или сезонных изменений, минимизация сроков монтажа и демонтажа конструкций на строительной площадке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения опыта проектирования трансформируемых сооружений был произведен поиск информации в сети интернет, обзор проектов построенных зданий, исследована научная литература по данной тематике [2-6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В зависимости от критерия, по которому различают преобразование, варьируется классификация трансформаций. По результатам изучения опыта проектирования и строительства преобразуемых конструкций были выделены два критерия трансформации: по способу реализации; по механизму перемещения в пространстве, отдельно рассмотрены трансформации спортивных сооружений.

1) По способу реализации трансформации можно разделить на пространственные, конструктивные, световые и интерактивные [2]. В зависимости от поставленной перед архитекторами и инженерами задачей определяется прием трансформации. К примеру, если необходимо регулировать микроклимат в здании, обеспечить эффективную и экономичную систему вентиляции, защиту от перегрева, в постоянно меняющихся внешних условиях, то следует применить трансформацию ограждающих поверхностей (примеры: интеллектуальная система затенения на башнях Аль Бахар в Абу-Даби (ОАЭ); здание Kiefer Technic в Штирии (Австрия) с динамичными жалюзи из алюминиевых пластин на фасаде; волнообразный павильон для EXPO 2012 в городе Йосу (Южная Корея)).

Пространственные приемы включают в себя приемы усложнения или упрощения формы пространства; разграничения, разделения или объединения пространства без изменения

внешних размеров здания. В отдельном сооружении трансформация происходит благодаря элементам, разделяющим и объединяющим пространство. К примеру, трансформацию осуществляют с помощью раздвижных перегородок, занавесов, переставных экранов, путем изменения объема и формы пневмосооружений, телескопического расширения в автодомах. В комплексах зданий - с помощью элементов, объединяющих площади. Элементы разделения и объединения, перемещаются в различных плоскостях, что позволяет разместить в сооружениях несколько функциональных процессов.

Для Драматического театра Уайли в Далласе (США) трансформируемое пространство было необходимо в связи с тем, что театр используется для проведения мероприятий очень разной направленности. Благодаря применению пространственных приемов трансформации, архитекторы создали гибкую систему реконфигурации внутреннего пространства, за что здание прозвали "театром-машиной". Интересное решение проблемы ограниченного пятна застройки в предложил архитектор Норман Фостер. Для того, чтобы увеличить выставочные площади Sperone Westwater Gallery в Нью-Йорке (США) в стесненных условиях, он спроектировал вытянутую стеклянную "шахту", в которой размещается галерея-лифт, размером 3,6×6 метров. Назначение лифта не только в транспортировке посетителей, но и в создании отдельного зала при необходимости увеличения выставочных площадей на каком-либо этаже галереи. Еще одним примером трансформации музейного пространства стал проект павильона Prada-трансформер в Сеуле (Южная Корея). Несущие конструкции музея представляют собой стальной каркас сложной пространственной фигуры, каждая грань которой не повторяется и является многоугольником или окружностью. В зависимости от того, какая грань находится в основании павильона, соответствующим образом преобразуется внутренне пространство от выставочного зала до подиума для показов.

Конструктивные способы изменения: трансформация ограждающих поверхностей (трансформация в плоскости стены, трансформация кровли); трансформация ограждающих архитектурных элементов (жалюзи, экраны, панели и т.п.); вращение.

К примеру, фасад паркинга в аэропорту Брисбена (Австралия) состоит из подвижных перфорированных алюминиевых панелей, которые под воздействием ветра создают на поверхности стены "вертикальное озеро", превращая автостоянку в объект архитектурного искусства. В деревне Саффолк (Англия) лондонские архитекторы осуществили проект "Sliding House", в котором с помощью передвижения модуля, огибающего стены и крышу дома, меняется жилое пространство. В зависимости от погодных условий и потребностей жильцов, передвижением модуля обеспечивается защита от непогоды открытого бассейна, затенение панорамных окон стеклянной гостиной, создается навес для автомобилей и козырек над входом в дом. Прием вращения всего сооружения применен в Верноне (Италия) при строительстве "Villa Girasole" за счет дизельных двигателей вилла следует по ходу движения солнца. А в жилом комплексе "Suite Vollard" (Италия) этажи вращаются независимо друг от друга на 360°.

Световые и интерактивные приемы трансформации осуществляются с помощью светопроекций и видеотрансляций на фасадах зданий. Примером использования световых и интерактивных приемов преобразований является фасад торгового центра The Galleria в городе Чеонан (Южная Корея), состоящий из светодиодов. Зеркальная поверхность ограждающих конструкций днем служит защитой от перегрева, а ночью - медиа-фасадом. Отечественными примерами зданий использованием световых и интерактивных трансформаций служит стадион Казань Арена (Россия) и медиа-крыша стадиона "Лужники" в Москве (Россия).

2) По механизму перемещения в пространстве изменяемые конструкции можно разделить на следующие группы: перемещающиеся в пространстве поступательно по прямой или криволинейным направляющим; перемещающиеся в пространстве путем поворота вокруг горизонтальной, вертикальной или наклонной оси; перемещающиеся путем разворачивания или складывания.

Трансформация поступательным перемещением в пространстве реализована в спортивно-гостиничном комплексе Sky Dome в г. Торонто (Канада), он имеет купольную крышу, разделенную на 4 модуля, первый модуль неподвижен, два других двигаются поступательно по прямолинейным направляющим, а четвертый осуществляет вращение вокруг оси стадиона, передвигаясь по криволинейным направляющим. В олимпийском стадионе "Сажа Маджика" в Мадриде (Испания) преобразования крыши тоже производят поступательным движением, а именно: в теннисном центре над каждой из арен установлена индивидуальная крыша. В зависимости от проводимых соревнований, можно регулировать положение крыш их подъемом или опусканием. Проектное решение покрытия, реализованное в этом стадионе позволяет создать 27 вариантов расположения каждой из крыш. Преобразовать теннисный центр можно не только снаружи, но и изнутри: на аренах имеется возможность изменения покрытия и специальных надстроек для проведения соревнований по различным видам спорта (велотрековые гонки, баскетбол, гандбол, хоккей, борьба, бокс и другие). Тем самым обеспечивается функциональная гибкость стадиона и его можно использовать не только для проведения спортивных мероприятий, концертов, форумов и конференций.

Примерами использования приема перемещения в пространстве путем поворота вокруг горизонтальной, вертикальной или наклонной оси являются крыши в спортивном комплексе Mercedes-Benz Stadium в Атланте (США) (рис.1) и в стадионе Чи Джонг в Шанхае (Китай), по механизму закрытия кровли напоминают диафрагму фотоаппарата [3].

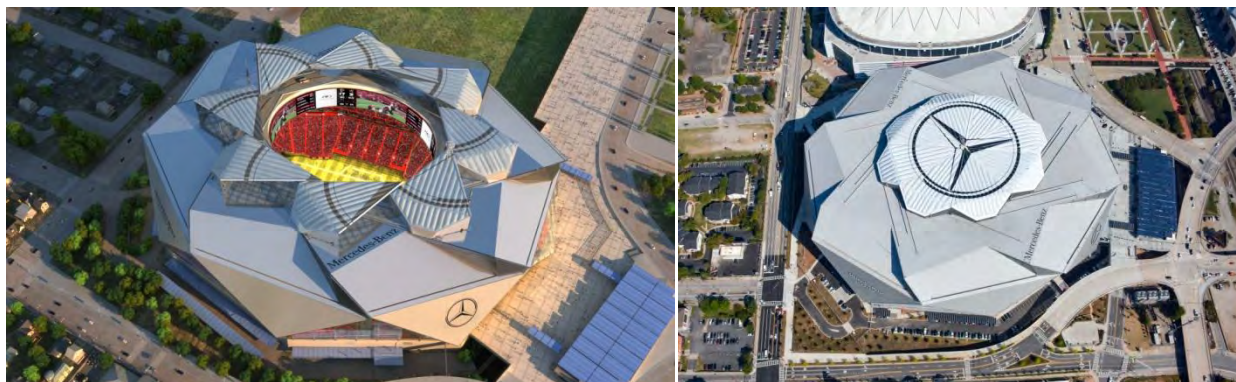


Рис. 1. Трансформация кровли в спортивном комплексе Mercedes-Benz Stadium

В выставочном павильоне Кувейта в Барселоне (Испания) конструктивные элементы представляют собой шарнирно закрепленные в основании полуарки, напоминающие рыбы кости. Трансформация осуществлялась путем поворота "костей" вокруг горизонтальной оси, проходящей через крепления к основанию, с помощью поршневой системы конструктивные элементы открывались и закрывались, формируя футуристический объект и привлекая внимания участников выставки. Такой же принцип работы конструкции на шарнирах использовал коллектив английской компании Happold Engineering во время создания павильона Венесуэлы для всемирной выставки Экспо-2000 в Ганновере (Германия). По форме павильон напоминал пальму из стального каркаса, на который шарнирно крепились "лепестки". Конструкция приводилась в движение с помощью поршневой системы.

Конструкции, перемещающиеся путем разворачивания или складывания встречаются редко в составе несущих систем здания. В силу сложности реализации такие сооружения часто остаются только проектами (пример: проект складного купола "Iris" Чака Хобермана).

Большинство трансформаций реализовано в составе несущих конструкций спортивных объектов, поэтому по результатам обзора, можно выделить отдельно классификацию трансформаций спортивных сооружений. Спортивным сооружениям присущи следующие базовые типы архитектурно-пространственной и конструктивной адаптации: трансформация спортивного ядра, трансформация трибун, трансформация кровли, трансформация пространства всего комплекса [2].

Спортивное ядро изменяют следующими способами: посредством смещения поля в горизонтальной плоскости; с помощью уменьшения или увеличения самой площадки; перемещением площадки по своей оси как по вертикали, так и по горизонтали; путем поворота поля или отдельных площадок - одним словом, путем перемещения основных элементов здания. Преобразование спортивного ядра позволяет обеспечить проведение не только спортивных, но и культурно-развлекательных мероприятий, тем самым обеспечивается многофункциональность пространства. В стадионе Sapporo Dome в Саппоре (Япония) архитекторам удалось создать многофункциональную арену с помощью трансформации ядра. Превращение реализовано вращением и выдвиганием поля, установленного на пневматической подушке. Таким образом обеспечивается смена футбольного поля на бейсбольное и сохраняется живой газон на площадке .

Способ трансформация трибун позволяет адаптировать стадион под разнообразные мероприятия с различным количеством зрителей. Для применения этого метода необходимо предусмотреть места для складирования сборно-разборных элементов трибун. В зависимости от назначения объекта определяется форма трибун: подкова, овал, эллипс, и т. д. Такой прием адаптации реализован в центре водных видов спорта в Лондоне (Англия). В случае проведения мероприятий с большим числом зрителей, к стадиону можно пристроить сборные конструкции трибун, а по завершении мероприятия и демонтажа трибун центр водных спорта принимает более компактную форму.

Самым распространенным примером преобразования спортивных сооружений является трансформация кровли. Цель трансформации кровли: адаптация к изменениям природно-климатических условий для обеспечения необходимых требований к стадиону, в котором проводятся спортивные мероприятия. Трансформация кровли — самый сложный в исполнении и дорогой в проектировании и эксплуатации прием, однако очень эффективный. Реализация трансформируемой кровли необходима в многофункциональных спортивных сооружениях, служащих местом для проведения мероприятий с различными показателями микроклимата, такими как инсоляция, аэрация и другими. Каждый проект спортивного стадиона с раздвижной крышей предполагает новые архитектурные и конструкторские решения покрытий, поэтому такие сооружения уникальны. Основные виды кровли в большепролетных сооружениях представлены в статье [6]. Для трансформируемых конструкций кровли архитекторы часто выбирают своды, полусферы, цилиндрические оболочки, складчатые конструкции, плоскостные и подвесные покрытия.

ВЫВОДЫ

Таким образом, выполненный обзор трансформируемых конструкций зданий позволяет сделать следующие выводы:

- применение трансформации позволяет адаптировать объекты под разные функции и условия работы, создавать многофункциональные пространства;
- применение архитектурной трансформации делает здание неповторимым и уникальным;
- за счет адаптации трансформируемых конструкций под изменение потребностей общества замедляется функциональный (моральный) износ сооружений.

Исследование отечественного и зарубежного опыта проектирования трансформируемых конструкций показало, что преобразуемые, самовозводящиеся сооружения имеют большое будущее как кинетические объекты архитектуры и строительства. Внедрение в проектирование компьютерного моделирования значительно облегчает процесс разработки и расчета трансформируемых конструкций, открывая огромные возможности для улучшения архитектурного, функционального и эстетического облика, окружающего нас пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ушаков Д.Н.*, Большой Толковый Словарь русского языка//издательство "Славянский дом книги", 2017.
2. *Семенов В.С., Акбаралиев Р.* Трансформируемые конструкции покрытий в современной архитектуре // Вестник КРСУ, Том 10, №2, С. 25, 2010.
3. *Пименова Е.В., Шумейко В.И.* Трансформация в архитектуре уникальных общественных зданий // Электронный научный журнал "Инженерный вестник Дона", №4, 2016. Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.
4. *Р.М. Исмаилова, М.А. Дудина* Архитектура и бионика. трансформируемые конструкции // Материалы 63-й университетской научно- технической конференции. С. 860
5. *Козлов Д.Ю.* Трансформируемые конструкции из упругих материалов // Журнал Academia.Архитектура и строительство. 2009. Вып. 5. С.49-60
6. *Е.В. Лебедь, А.Ю. Алукаев* Большепролетные металлические купольные покрытия и их возведение // Журнал "Строительная механика инженерных конструкций и сооружений", 2018.

ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПИТАНИЯ ОБЩЕЙ ПЛОЩАДЬЮ ДО 1500КВ.М. В ПОДМОСКОВЬЕ

Е.С. Зинкевич¹, Т.В. Шамаева²

¹ студентка 2 курса 54 группы ИСА, zinkevichka@ya.ru

² канд. архитектуры, доц. ИСА, shamaevaTV@yandex.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: В статье предметом исследования стали объемно-планировочные решения предприятий общественного питания с общей площадью менее 1500 кв.м., расположенные в Московской области (МО). Решения указанных объектов с многочисленными недостатками, приводящими к несоответствию критериям безопасности, комфорта, многие не удовлетворяют эстетическим свойствам визуального восприятия зданий.

Цели: Для исследования поставлены следующие цели:

- провести анализ построенных объектов питания;
- выявить проблемы в объемно-планировочных решениях существующих объектов питания с общей площадью менее 1500 кв.м.;
- предложить «Схему компоновки блоков из помещений различного функционального назначения» для архитектурного проектирования объектов питания;
- предложить «Эскизные предложения по архитектурному облику зданий объектов питания».

Материалы и методы: Для работы над обозначенной темой выбран метод анализа построенных зданий. Рассмотрены **50 объектов питания** по различным оценочным критериям, расположенные в г.Пушкино МО.

Результаты: По результатам анализа сделаны **выводы:**

1. Архитектурно-градостроительный облик (АГО) объекта.

- из 50-ти рассмотренных зданий только 1 здание более 1500кв.м., отдельно стоящее, т.е. только 1 здание, по которому документация проходила Экспертизу и рассматривалось на Архитектурной Комиссии МО по внешнему облику и размещению в застройке;
- половина объектов теоретически должны были утверждать АГО, но большинство пристроенных зданий уходят от данной процедуры, относят проект к «капитальному ремонту» или «реконструкции».

1.1. Схема планировочной организации земельного участка. По решения благоустройства территории и пешеходно-транспортной обеспеченности объектов выявлены проблемы.

1.2. Архитектурное решение объема и фасадов зданий и интеграция в существующую градситуацию весьма сомнительна. Несоответствие функции питания и облика здания.

2. Планировочные решения. Нарушения нормативных показателей, функциональных связей, не обеспеченность комфортом и безопасностью.

ВВЕДЕНИЕ

Для анализа выбраны **объекты питания, расположенные в Московской области (МО)**, такой выбор не случайный. Актуальность темы очевидна. Территориальная близость к Москве является одним из критериев, влияющих на формирование градостроительной кон-

цепции развития города, в т.ч., на объемно-планировочную структуру и внешний архитектурно-градостроительный облик.

Современные объекты питания, кроме основной функции, выполняют сопутствующие - общения, времяпрепровождения, развлечения; объекты заняли одно из лидирующих мест среди проектируемых объектов.

В настоящее время существуют различные типы предприятий общественного питания: ресторан, бар, кафе, столовая, закусочная, предприятие других видов. Существуют классы по уровню обслуживания и номенклатуре предоставляемых услуг; классификации по ассортименту реализуемой продукции, по обслуживаемому контингенту потребителей и т.д. Нас интересуют те критерии, которые в большей степени влияют на объемно-планировочное решение здания.

Критерий – **менее 1500 кв.м. общей площади** является одним из определяющих для проектируемых зданий. Существуют причины, по которым проектирование объектов общей площадью менее 1500 кв.м является приоритетным, чем объектов более 1500 кв.м:

- *экспертиза проектной документации* (оценка соответствия проектных документов законодательству РФ, строительным стандартам и нормативам) и получение Положительно-го Заключения экспертизы для объектов общей площадью менее 1500 кв.м *не требуется*;

- рассмотрение и получение *Свидетельства архитектурно-градостроительного облика (АГО)* на строящийся объект капитального строительства в МО для объектов общей площадью менее 1500 кв.м. *проходит по «Упрощенному порядку»*, в более сжатые сроки и по «упрощенным критериям», чем для объектов более 1500 кв.м. [1].

И как следствие, для объектов общей площадью менее 1500 кв.м процесс от согласования проектной документации до ввода в эксплуатацию здания более легкий и по срокам быстрый в сравнении с объектами более 1500 кв.м.

По результатам исследования вывить проблемные моменты, связанные с проектированием здания, которые необходимо решить на стадии Проект силами архитектора-проектировщика. Предложить принципиальную схему для блокировки помещений различного функционального назначения, применимую в начале проектирования.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Литература на тему общественных зданий разнообразна. Это и учебные издания [2], [3], [4], и нормативная база [1], [5], [6], которые были изучены автором. А также достаточное количество информации электронного ресурса [6], [7], [8].

Но, к сожалению, не существует литературы и рекомендаций по проектированию объектов питания именно с ограничивающим критерием по площади - менее 1500 кв.м.

Автор статьи ставит перед собой цель в будущем заниматься и углублять свои знания и разработки данной темы, которую планирует выбрать для изучения на дальнейших ступенях обучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Автор статьи провел **анализ существующих объектов питания в г. Пушкино МО**. Рассмотрены **50 объектов питания** по различным оценочным критериям:

- общая площадь объекта питания (менее или более 1500 кв.м.);
- объемно-планировочное решение (отдельно-стоящее здание или нет);
- сетевой или индивидуальный (не сетевой) проект;
- наличие функции автозаказа (влияющей на общую планировку);
- архитектурно-градостроительный облик объекта, в т.ч. фасады здания и их соответствии заявленной функции;
- градостроительная ситуация с элементами благоустройства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам анализа сделаны **выводы по трем направлениям:**

1. Архитектурно-градостроительный облик (АГО) объекта утверждается Главным Архитектурным Управлением (ГЛАВ АПУ) МО и выдается «Свидетельство АГО». В документе фиксируют фасады и решения по благоустройству территории. При этом, *планы здания не рассматриваются. Анализ объектов выявил:*

- из 50-ти рассмотренных зданий только 1 здание более 1500 кв.м., и оно отдельно стоящее, т.е. только 1 здание, по которому документация проходила Экспертизу и рассматривалась на Архитектурной Комиссии ГЛАВ АПУ по внешнему облику и размещению в застройке;

- 52% объектов теоретически должны были получать «Свидетельство АГО» и утверждать архитектурно-градостроительный облик, но к сожалению, по факту большинство пристроенных зданий уходят от данной процедуры и пытаются пройти как частичный «капитальный ремонт» или «реконструкция» здания, к которому пристраиваются.

Данные обстоятельства отрицательно сказываются на планировочных решениях зданий и на архитектурно-градостроительном облике, в целом.

1.1. Схема планировочной организации земельного участка (СПОЗУ). Анализ объектов питания показал, что решения по благоустройству территории и интеграция пешеходно-транспортной сети данных объектов в существующую застройку имеют ряд проблем (90%):

- недостаток машиномест гостевых автопарковок, проблемы с освещенностью территории, отсутствие общественного пространства перед главным входом;

- необеспеченность транспортной и пешеходной доступностью (тротуары, переходы, «зебры», антипарковочные столбики);

- скудное озеленение территории;

- отсутствие хозяйственно-разгрузочных площадок; площадок ТБО.

1.2. Архитектурное решение объема и фасадов зданий. Визуальное восприятие здания, индивидуальное решение облика, интеграция в существующую застройку имеют недостатки:

- 40% - сетевые объекты с повторяющимися стилистическими решениями фасадов данной сети предприятий питания. Только 60% объектов - с индивидуальными решениями фасадов. Интеграция новых объектов в сложившуюся градситуацию весьма сомнительна;

- рекламные конструкции, названия, размещение – вопросы, которые требуют доработки, с учетом концепции фасадов и стилистикой застройки;

- сомнительное соответствие функции питания и облика здания.

2. Планировочные решения. Выполнение нормативных показателей, создание комфорта, удобства, безопасности. Взаимосвязь планировочных решений с функцией. Наше внимание привлекли особенности планировочных решений рассматриваемых объектов питания, особенно блоков/групп помещений для посетителей.

- 52% это здания пристроенные (26%) и отдельно стоящие (26%); остальные объекты питания (48%) – это зона питания в составе общественных и торговых центров; а также в первых этажах зданий;

- 40% - сетевые объекты, из них, 8% с автозаказом;

- практически во всех объектах питания есть нарушения в планировочных решениях помещений посетительской зоны (стесненность зала питания, отсутствие входного холла, раздевалок)

ВЫВОДЫ

В заключении акцентируем **проблемные моменты** нашей темы:

- несоответствие внешнего вида здания его функции;

- мероприятия по благоустройству территории;

- критерии безопасность, комфорт, безбарьерная среда для населения;
- интеграции здания в существующую застройку.

Установка на устойчивое непрерывное развитие городов и сохранение не только объектов историко-культурного наследия, но и исторически сложившейся среды наряду с новыми экономическими отношениями дала импульс развитию новых типологических структур [2].

Для того чтобы максимально исключить указанные ошибки в объемно-планировочных решениях авторами статьи предлагается «**Схема компоновки блоков из помещений различного функционального назначения**», представленная на рис.1.

1. блок помещений входной части для посетителей, в состав которого входят основные помещения данной функциональной зоны, как тамбур при входе, холл, санузел, раздевалка/гардероб;

2. зона питания, к которой относится зал питания – помещение (одно или несколько), определяющее функцию общественного здания. Количество посадочных мест в залах питания должно определяться нормативными требованиями, которые необходимо зафиксировать в «строительных правилах» для проектирования, а не только в санитарных нормах. Данные помещения могут быть и внутренними помещениями и дополнительными открытыми пространствами на открытом воздухе, например, террасы, веранды;

3. блок производственных помещений. Это «двигатель», «сердце» объекта питания: горячий, холодный, доготовочный цеха, мойка, сервировочная и другие производственные помещения, соответствующие номенклатуре и типу проектируемого объекта питания.

3а. Помещения административного характера, которые могут располагаться в блоке №3 или блоке №2, но при этом, функциональная связь должна быть обеспечена с каждым указанным блоком.

4. Помещения бытового и складского назначения. Данные группы помещений объединены в один блок, хотя, имеют различные функционально-технологические признаки, потому что могут иметь объединенный вход в здание и должны примыкать к помещениям блока №2. По нормативным требованиям к бытовым помещениям относятся раздевалки, душевые, а также комната отдыха и питания для персонала. Помещения технического характера, складские помещения, кладовые, холодильные камеры располагаются в непосредственной близости к входу и к блоку производственных помещений.

Но проектирование объекта питания не ограничивается разработкой объемно-планировочного решения. Обязательно должна быть интеграция в существующую застройку и разработка схемы планировочной организации прилегающей территории.

А. «Общественное пространство» Необходимо предусматривать при главном входе для посетителей. Это и элементы озеленения и малые архитектурные формы, такие как скамейки, урны, велопарковки. Не менее 5м от входа – машиноместа для посетителей по нормативным показателям, но и не далее 50м.

Б. «Зона разгрузки товара». Данное пространство, его минимальные габариты необходимо внести в строительную законодательную базу. При этом, должно выполняться следующее условие: визуально отделить вход для посетителей и «зону разгрузки товара».

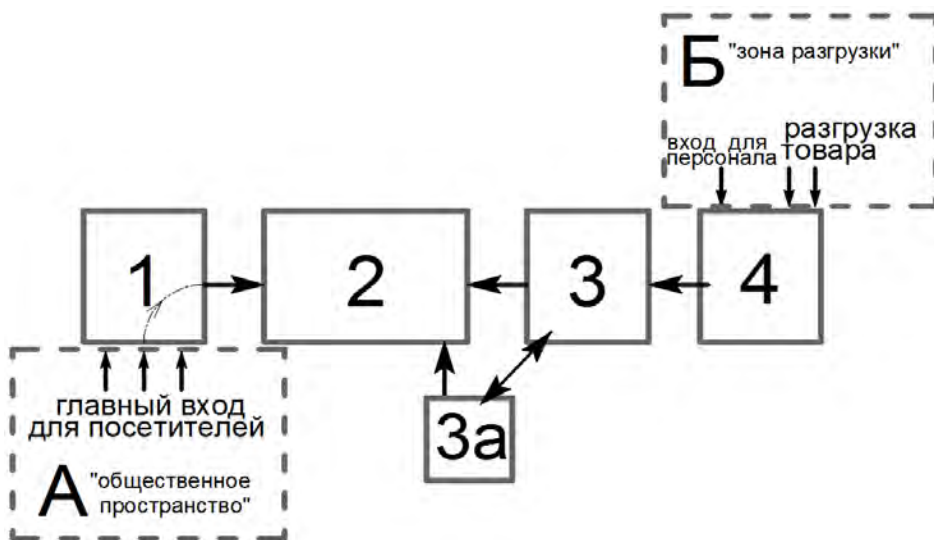


Рис. 1. Схема компоновки блоков из помещений различного функционального назначения

Автором проекта представлены эскизные предложения архитектурно-планировочных решений объектов общественного питания – кафе (рис.2). Данные эскизы выполнены как дополнительные творческие работы в рамках обучения на 2 курсе по предмету «Методология проектирования». При этом, планировочное решение, функциональные связи между помещениями одинаковые в двух вариантах и соответствуют ранее предложенной «Схеме компоновки блоков различного функционального назначения» (рис.1). Решения по архитектурному образу, по стилистике фасадов – различны. Тем самым, автор предпринял попытку показать, что на одной планировочной схеме решения по облику могут быть вариантные.



Рис. 2. Эскизные предложения по архитектурному облику зданий объектов питания

Человек должен проживать не только в комфортной, но и эстетичной среде [7]. В целях повышения привлекательности и индивидуализации облика зданий и застройки в целом, а также комфорта, доступности и безопасности городской среды, необходимо выполнять ком-

плекс требований, нормативных показателей, а также учитывать существующую архитектурно-градостроительную ситуацию, еще на стадии разработки Проектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Московской области от 30.12.2016 № 1022/47
2. *Гельфонд А. Л.* Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: Учеб. пособие. – М.: Архитектура-С, 2006 – 280 с., ил.
3. *Маклакова Т.Г.* История архитектуры и строительной техники. Часть . Зодчество индустриальной эпохи в архитектуре: учебник – М: АСВ, 2003. – 256с.
4. *Синявский И.А.* Типология зданий и сооружений: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. Образования – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 176 с.
5. "СП 118.13330.2012*. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009" (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/10) (ред. от 03.12.2016)
6. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 №87 (ред. От 12.11.2016, с изм. От 28.01.2017) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»
7. *Баренцева Т.* Современный урбанизм – концепция идеального города. [Электронный ресурс] – magazineRealty - <http://magazinerealty.ru/sovremennyj-urbanizm-kontseptsiya-idealnogo-goroda>
8. *Есаулов Г.В.* Энергоэффективность и устойчивая архитектура как векторы развития. [Электронный ресурс] - https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6165

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДОБРОЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Н.В. Иванова

студентка, ivanova.nadiezhdal999@mail.ru

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

Аннотация

Предмет исследования: приложения и малогабаритные устройства, создающие доброжелательную городскую среду для слабовидящих людей.

Повышение качества жизни граждан является одной из основных целей развития «умных городов». Доступность городского общественного пространства полностью определяет условия жизни людей. В настоящее время инженерам и администрациям городов трудно обеспечить подобную доступность для людей с потерей зрения.

Цели: изучение современных информационных систем для слепых по вопросам, которые возникают при анализе заинтересованности в развитии современных технологий для поддержки ориентации и мобильности людей с нарушениями зрения.

Результаты: в данной статье предметно представлено современное состояние цифровых технологий для решения проблем навигации на улице и пользования общественным транспортом слабовидящих и слепых в городском пространстве.

Выводы: в результате исследования определены основные функции, выполняемые приложениями и малогабаритными устройствами для решения проблем навигации слепых в городской среде, выявлены недостатки имеющихся цифровых технологий. Полученные данные могут быть полезны при формировании городской модели ориентации и навигации людей с потерей зрения.

ВВЕДЕНИЕ

Города занимают центральное место в человеческой культуре в 21-м веке. Города во всем мире и связанные с ними инфраструктуры быстро растут. На 100 крупнейших городов мира приходится 25% мирового ВВП. Текущие оценки показывают, что к 2050 году около 70% населения мира будет проживать в городской инфраструктуре. Быстрый приток населения в города усложняет имеющиеся задачи управления городом и способствует появлению новых [1]. Исходя из этих задач город будущего должен быть чище, тише, безопаснее и доступнее для всех его жителей.

Жители города могут быть категоризованы по различным критериям, одним из таких критериев является критерий ограниченности возможностей. В особую категорию относят инвалидов, пожилых людей, мам с колясками и т.д. В будущем администрации городов должны максимизировать эффективность существующей инфраструктуры для этой категории жителей посредством эффективного использования прогнозирующего анализа данных в процессе принятия решений.

В настоящее время многие города выступили с инициативами по созданию «умных» городов и городских вычислительных систем, в которых в различных частях города были бы развернуты отдельные сети сенсоров и устройств: датчики движения, видеокамеры, биологические датчики, пожарные оповещатели, системы определения местоположения и другие инструменты мониторинга. По мере того, как наши города становятся «умнее», необходимо

удовлетворять целый ряд потребностей людей с ограниченными возможностями, чтобы улучшить их качество жизни.

Концепция создания доброжелательной городской среды заключается в том, чтобы соединить физическое пространство, в котором находятся жители города, с информационным пространством, наполненным информацией, поступающей из Интернета и баз данных, и встроенным в физическую инфраструктуру города.

В данной статье будет рассмотрена подкатегория людей с потерей зрения, так как современная культура предлагает человеку для восприятия в визуальном диапазоне более 80% информации, и слепой человек более других испытывает трудности с пониманием и восприятием сигналов в современном физическом пространстве. Однако предполагается решить эту задачу с помощью установки требуемых связей в информационном пространстве. Эти устройства и обмен информацией в режиме реального времени позволят улучшить взаимодействие данной подкатегории жителей в физическом пространстве.

Чтобы решить задачу, были исследованы вспомогательные технологии для слепых: лазерные трости, гидролокаторы и средства GPS-навигации [2, 3].

Существует заинтересованность в развитии современных технологий для поддержки ориентации и мобильности людей с нарушениями зрения. Под словом технологии принимаются приложения и малогабаритные устройства. В связи с этим возникают следующие вопросы. Каковы наиболее часто используемые функции? Какую пользу получают пользователи от этих приложений? Какие недостатки присутствуют у всех этих технологий?

Ответ на данные вопросы позволяет не только улучшать существующие приложения, но и направлять разработку аналогичных приложений, поддерживающих мобильность слепого вне помещений [4, 5], а также навигацию внутри помещений [6]. Чтобы ответить на эти вопросы, мы анализируем крупномасштабные мобильные приложения и устройства на основе GPS, которые поддерживают наружную ориентацию людей с нарушениями зрения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. НАВИГАЦИЯ

1.1 Вариант навигационного приложения OsmAnd (Россия) для незрячих.

Отдел по разработке и внедрению адаптивных технологий КСРК ВОС представил вниманию проект "OsmAndaccess".

Основные отличия - общая доступность интерфейса:

- Введена модифицированная реакция карты на жесты, которая может быть включена в настройках специальных возможностей программы. Когда этот режим включен, долгое касание карты, если она привязана к месту положения, вызывает контекстное меню, относящееся не к точке прикосновения, которая при отсутствии зрительного контроля плохо предсказуема, а к точке привязки карты, соответствующей в этом случае местоположению пользователя.

- информация о расстоянии не дублируется средствами специального доступа;

- в режиме специальных возможностей использован более подходящий формат времени с тем, чтобы он правильнее интерпретировался синтезатором речи.

- Введен звуковой и тактильный (вибрационный) отклик для функций компаса. Таким образом, вращая аппарат, можно определить направление на тот или иной объект. В списках результатов поиска это объект, находящийся в фокусе, во время навигации – следующая маршрутная точка, в остальных случаях – пункт назначения, если он задан.

- Звуковой (или вибрационный) сигнал возникает при незначительном отклонении оси аппарата от правильного направления.

- Введены средства обратного геокодинга, позволяющие получить словесное описание (как правило адрес) текущего местоположения как с помощью различных online источников, так и в режиме offline по картам, хранящимся в памяти аппарата. Выбор источника доступен в настройках специальных возможностей программы.

- Исследование окрестности: эта функция доступна через контекстное меню (пункт «Осмотреться вокруг»). Она выводит список ближайших объектов в окрестности виртуального местоположения. В список могут включаться не только POI, но и избранные. Можно настраивать фильтр таким образом, чтобы туда попадали только те объекты, которые представляют наибольший интерес.

- Целый ряд функций программы доступен через голосовое управление. Этот режим вызывается встряхиванием аппарата в направлении его продольной оси, через контекстное меню или нажатием кнопки на гарнитуре. При использовании гарнитуры, ее кнопка также может использоваться и для прерывания голосового ввода.

- Как и в официальной версии программы, при включенном режиме специального доступа этот экран открывается через главное меню: пункт «Где я / подробности». Теперь там, помимо прочего, располагаются результаты обратного геокодинга, описание пункта назначения (если есть) и информация о масштабе карты (размеры отображаемой области).

- В официальной версии OsmAnd автооповещение, то есть автоматическое проговаривание направления и расстояния до пункта назначения, выдается только при изменении направления на целевой объект. Здесь же добавлена возможность задать период безусловной выдачи автооповещений. Минимальное время между оповещениями можно устанавливать в диапазоне от 5 секунд до 5 минут.

- Все навигационные функции программы, равно как и голосовое управление, остаются доступными в фоновом режиме, когда экран выключен или заблокирован.

OsmAnd – это навигационное приложение, работающее на мобильных устройствах под управлением операционной системы [Android](#) [7].

1.2 BlindSquare - информационное приложение для слепых.

Приложение было разработано с помощью незрячих людей и прошло тщательное практическое тестирование. BlindSquare доступен для iPhone и iPad в App Store, поддерживает некоторые дополнительные аксессуары для удобства пользования.

При запуске приложение укажет на интересные места (кафе, общественные заведения), а также перекрестки вокруг. Изменив радиус, можно ограничить территорию сбора и выдачи информации. Возможен поиск по категории или поисковому слову. Человек с потерей зрения может выбрать интересное место из результатов поиска и проделать с ним следующие операции:

- Получить контактную информацию (адрес, номер телефона);
- Открыть Твиттер или меню ресторана (если доступно);
- Позвонить;
- Отслеживать объект (BlindSquare будет помогать, указывая и повторяя расстояние до и направление к объекту).

Приложение понимает, когда человек передвигается на машине, автобусе, поезде, и сообщает о приближающихся интересных объектах (например, следующей остановке), а также сообщает о проезжаемых перекрестках [8].

Однако, BlindSquare использует подкачку данных из Foursquare и OpenStreetMap в реальном времени, поэтому настоятельно рекомендуется использовать безлимитный тариф мобильных операторов для трафика.

Само приложение платное (39.99 дол. США со встроенными покупками), и поэтому его использование ограничено.

1.3 NavCog- навигационный помощник для слепых.

Навигация с помощью GPS не всегда может точно определить местоположение, особенно когда пользователь находится внутри здания (в помещении) [9], [10]. Поэтому необходима интеграция между GPS и другим методом позиционирования, чтобы определить позиционирование информации более распространено, надежно и вездесуще. Кроме того, такие объекты, как деревья, высокие здания, высокие стены и даже идущие люди, - препятствие

для сигнала. Эти препятствия иногда вводят систему в заблуждение, что пользователь переместился в другое место; это обычно происходит в помещениях и затрудняет оценку положения пользователя. Поэтому существует необходимость для альтернативного метода, который гарантирует, что пользователи могут найти себя внутри зданий, а также на улице (например, посетитель может захотеть найти друга в комплексе офисного здания).

Для локализации мобильного устройства пользователя в среде с высокой точностью позиционирования NavCog использует Bluetooth-маяки с низким энергопотреблением (BLE), установленные в окружающей среде [11], и датчики, доступные на смартфоне, такие как акселерометр и гироскоп. В тестовой среде NavCog удалось достичь точности 1,5 м в среднем, что выше, чем точность GPS Wi-Fi локализации.

NavCog был выпущен с открытой лицензией, и он уже доступен для скачивания в магазине приложений Apple.

Маяки BLE, используемые NavCog, соответствуют iBeacon протокол [12]. Они устанавливаются каждые 6–12 м в зависимости от требуемой точности или возможных препятствий, чередуя стороны пути, на которых они расположены. После развертывания в окружающей среде маяки периодически транслируют свои идентификаторы для ближайших устройств NavCog. Существует множество причин для использования маяков BLE: для добавления маяков не требуется любые структурные изменения в окружающей среде, это позволяет локализовать пользователя более точно, маяки рассчитаны на мобильное устройство, без необходимости делиться позицией пользователя с другими.

Систему уже одобрили многие представители организаций, представляющие интересы незрячих людей. В частности, признала важность этой разработки и Элайн Уэлч, руководитель Ассоциации слепых в Пенсильвании, США. «Я очень признательна IBM и команде университета за то, что они сделали. Все, что может сделать незрячих людей более самостоятельными, помочь им в обычной жизни — все это очень важно», — считает она [13].

1.4 Oriense (Россия)-комплекс для незрячих.

Oriense представляет уникальную разработку – комплекс из навигатора OrNavi и камеры OrCV, которые предназначены для использования в качестве вспомогательного устройства при ориентировании в пространстве незрячих и слабовидящих людей.



Рис. 1. Навигатора OrNavi (слева) и камера OrCV (справа)

Устройства предлагают различные полезные функции:

- прокладывание маршрутов;
- описание окружающего мира (здания, учреждения, перекрестки);
- предупреждение об опасности (дорожные знаки, ямы, ступени);
- чтение вывесок, надписей, денежных купюр;
- голосовое информирование.

Преимущества:

- не использует интернет соединение;
- использование карт любого региона;
- регулярное обновление ПО и карт;
- нацеливание и прокладка маршрутов, их сохранение и загрузка;
- высокая чувствительность GPS/GLONASS;
- возможность подключения веб-камеры для функций распознавания: текст, купюры, цвет, штрих- и QR-коды.

Камеру OrCV можно использовать и в помещениях, и на улице, в солнечную или дождливую погоду. Звук в устройстве передается через наушники с костной проводимостью, благодаря чему уши пользователя остаются открытыми, и он может слышать окружающие звуки (URL: <http://oriense.ru/>).

2. ПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫМ ТРАНСПОРТОМ

Bluetooth-гарнитура также используется для поиска правильного транспортного средства. Автобусы и трамваи оборудованы Bluetooth-маяками, подключёнными к встроенной бортовой информационной системе транспортного средства и считывают текущую строку-номер и направление транспортного средства в порядке, создающем уникальный идентификационный номер. В результате индикатор также может кодировать маршрут и текущее местоположение транспортного средства. Более того, эта информация может быть использована пользователем во время путешествия на автобусе, чтобы узнать, когда покинуть его. Пассажир может получить обзор текущего хода поездки, даже если автомобиль не оборудован дисплеями или пользователь не может их видеть.

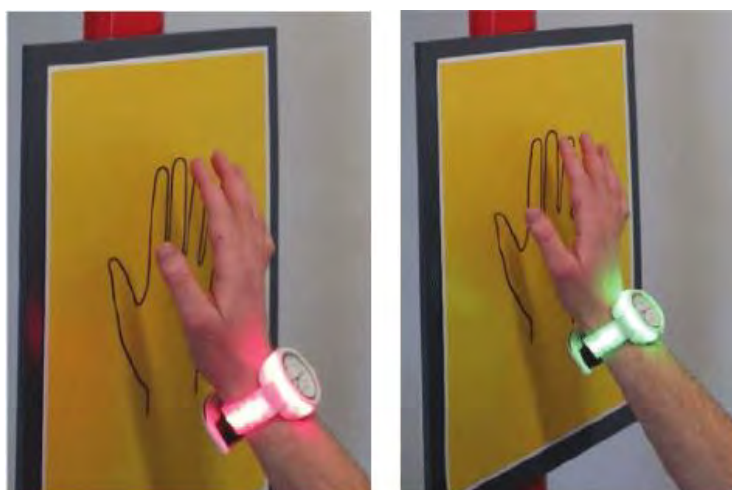


Рис. 2. Пластина, прикрепленная к автобусной остановке и взаимодействующая с браслетом; Браслет подсвечен красным / зеленым, показывая неправильную (левая сторона) и правильную (правая сторона) автобусной остановки

Браслеты подключены к смартфону пользователя через Bluetooth LE и в основном используются в качестве дополнительного датчика (считыватель RFID) и устройства отображения (светодиоды, вибрационные двигатели, OLED-дисплей). Основной проблемой для

разработки этих устройств является поддержание достаточного времени работы от батарей. Для этого RFID-считыватель активируется только в том случае, если соответствующая цель находится в пределах досягаемости. Интеграция считывателя RFID позволяет бесконтактную идентификацию и проверку остановок и транспортных средств на короткие расстояния. В настоящее время нет интеллектуальных часов, которые также имеют функцию RFID с соответствующим диапазоном [14].

Целью данного проекта является предоставление инвалидам средств, которые поддерживают их во время поездок в системах общественного транспорта. Для этого разработана система, которая учитывает их индивидуальные ограничения уже во время планирования поездки, а также поддерживает их в поездке, предоставляя своевременную информацию о том, что будет происходить дальше. Система также позволяет ответить на такие вопросы, как «Я на правильной автобусной остановке?» или «Автобус, стоящий передо мной, нужный?». С этой целью применяется смесь различных технологий и средств, начиная от базовых смартфонов и заканчивая специальными носимыми устройствами, которые оснащены считывателями RFID, чтобы идентифицировать автобусные остановки или транспортные средства на небольшом расстоянии. Для планирования поездки используется двухуровневый подход к маршрутизации, который использует специальный алгоритм маршрутизации для учета различных ограничений и предпочтений пользователя.

ВЫВОДЫ

Рассмотренные цифровые технологии основаны на применении GPS-навигации и выполняют следующие функции:

- определение местоположения;
- проложение маршрута;
- получение информации о ближайших объектах (остановки, общественные заведения);
- распознавание купюр, вывесок и этикеток.

Наибольшим набором функций обладает комплекс устройств Oriense. Он может быть рекомендован как универсальное средство для создания доброжелательной городской среды для людей с ограниченными возможностями. Ограничением внедрения данного устройства остается только его высокая стоимость. На данный момент в России создан благотворительный фонд, помогающий слепым приобрести этот комплект.

Основными недостатками рассмотренных приложений и малогабаритных устройств являются:

- невысокая точность определения позиционирования;
- высокая стоимость самих устройств, приводящая к ограниченности их использования;
- необходимость городских административных затрат на внедрение сети специальных устройств в инфраструктуру города.

Цифровые технологии в большей степени позволяют решить проблему навигации в городской среде: человек с потерей зрения может самостоятельно добраться до нужного места, используя общественный транспорт. На данный момент для создания комплексной доброжелательной среды полностью не решена лишь проблема распознавания предметов и движущихся объектов.

Предметом дальнейших исследований будет являться разработка городской модели для ориентации и навигации людей с потерей зрения, основанная на разработке цифровых сред с применением радиочастотных технологий, использованием автоматизации процессов и функций в городском пространстве. Дополнительные исследования в этой области могут повысить точность определения позиционирования малогабаритных устройств и приложений и внести коррективы в их проектирование, разработку и применение в городских информационных технологиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Urbanization Prospects 2014 Revision, United Nations, New York: Department of Economic and Social Affairs, 2014.
2. *N. A. Giudice and G. E. Legge*. Blind navigation and the role of technology//Engineering handbook of smart technology for aging, disability, and independence, pages 479–500, 2008.
3. *M. Goldberg*. Assisting Visually Impaired People with Mobility through Technology in the Age of Context// PhD thesis, City University of New York, 2015.
4. *S. Mascetti, D. Ahmetovic, A. Gerino, and C. Bernareggi*. Zebrarecognizer. Pedestrian crossing recognition for people with visual impairment or blindness// Pattern Recognition, 2016.
5. *S. Mascetti, D. Ahmetovic, A. Gerino, C. Bernareggi, M. Busso, and A. Rizzi*. Robust traffic lights detection on mobile devices for pedestrians with visual impairment// Computer Vision and Image Understanding, 148:123–135, 2016.
6. *D. Ahmetovic, C. Gleason, K. M. Kitani, H. Takagi, and C. Asakawa*. Navcog: turn-by-turn smartphone navigation assistant for people with visual impairments or blindness // In Proceedings of the 13th Web for All Conference. ACM, 2016.
7. Сайт разработчика программы «OsmAnd access» Игоря Порецкого. Режим доступа: <http://poretsky.homelinux.net/android/osmand/index-ru.html>. Дата обращения: 16.01.2019.
8. *J.Pann*, BlindSquare: App Uses Foursquare Data to Help the Blind Navigate Streets // Mashable 2012. Режим доступа: <https://mashable.com/2012/06/01/blindsquare-app/#bWEKFMqBbPqA>. Дата обращения: 15.11.2018.
9. *Bejuri, W.M.Y.W., Mohamad, M.M., Sapri, M.* Ubiquitous positioning: A Taxonomy for Location Determination on Mobile Navigation System. Signal & Image Processing// An International Journal (SIPIJ) 2(1), 24–34 (2011)
10. *Bejuri, W.M.Y.W., Mohamad, M.M., Sapri, M., Rosly, M.A.* Investigation of Color Constancy for Ubiquitous Wireless LAN/Camera Positioning: An Initial Outcome// International Journal of Advancements in Computing Technology 4(7), 269–280 -2012
11. *X. Zhao, Z. Xiao, A. Markham, N. Trigoni, and Y. Ren*. Does btle measure up against wifi? A comparison of indoor location performance // In European Wireless Conference. VDE, 2014.
12. *N. Newman*. Apple ibeacon technology briefing // Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice, 2014.
13. *IBM News Room*. IBM Research and Carnegie Mellon Create Open Platform to Help the Blind Navigate Surroundings. Режим доступа: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/47867.wss>. Дата обращения 19.12.2018.
14. *J. Schlingensiepena, E. Naroskab, T. Boltenb, O. Christenb, S. Schmitzb, C. Ressel*. Empowering people with disabilities using urban public transport/. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.

РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Е.Д. Исмагилова

студентка, lizaismagilova@gmail.com

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

Аннотация

Существующие методы проектирование городского пространства сегодня не в должной мере удовлетворяют формирование общественных функций улично-дорожной сети. Целью данного исследования является выявление проблем, влияющих на формирование общественной функции улично-дорожной сети и предложение их решений, используя современные подходы в градостроительстве. В статье проведен анализ существующего опыта пространственного развития городов, используя концепцию «общего пространства» и полученных результатов. На основе анализа существующего опыта предложена концепция формирования улично-дорожной сети на улицах Москвы, а также выявлены основные принципы формирования «общего пространства», используя смарт технологии. Создание «общих пространств» в России благоприятно скажется на городской среде - сформирует более рациональное использование городской территории, понизит уровень загрязнения воздуха выхлопными газами, уменьшит количество ДТП и увеличит уровень безопасности всех участников улично-дорожного движения, превратит улицы в активно используемую общественную среду, привлекающую пешеходов и велосипедистов.

ВВЕДЕНИЕ

В результате глобальной автомобилизации города изменились таким образом, чтобы справиться с большим автомобильным трафиком, удовлетворив транзитную функцию улично-дорожной сети. Эти изменения повлекли за собой возникновение таких проблем, как: нерациональное использование улично-дорожного пространства, загрязнение воздуха выхлопными газами, рост количества ДТП, снижение безопасности пешеходных путей и т.д. Для повышения уровня безопасности участников дорожного движения был принят ряд мер – установка светофоров, бордюров, дорожных знаков, ограждений, обозначение пешеходных переходов и другая дорожная разметка. Данные меры безопасности не всегда являются эффективными и могут спровоцировать аварии. Неправильное расположение и настройка светофоров ведут к тому, что люди начинают перебежать дорогу в неположенных местах, а нагромождение дорожных знаков для регулирования движения может отвлечь водителя от дороги, рассредоточив его внимание. Наличие дорожных знаков, ограждений, разметки и прочих мер, создаёт мнимое чувство безопасности, которое понижает концентрацию участников дорожного движения и приводит к авариям.

Из-за возникновения вышеупомянутых проблем, улицы утратили свою общественную функцию – они перестали быть безопасными городскими пространствами, в которых может происходить торговля, коммуникация и рекреация. Для решения этих проблем необходимо развивать общественные функции города, применив концепцию «общего пространства» (англ. *Shared space*) с помощью использования смарт-технологий. Концепция «общего пространства» подразумевает создание мультимодальных улиц, совмещающих движение пешеходов, велосипедистов и автомобилей в едином одноуровневом улично-дорожном пространстве. В «общем пространстве» не применяются дорожные знаки, ограждения, бордюры, светофоры и дорожная разметка, что способствует повышению уровня внимательности участников дорожного движения и регулирования перемещения с помощью зрительного контакта, благодаря которому участники дорожного движения полагаются друг на друга, а не на

дорожные знаки и разметку. Концепция сможет стать ещё более эффективной благодаря использованию умного освещения, умных парковок, умных остановок и умного транспорта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Впервые концепция общего пространства была сформулирована голландским трафик-инженером Хансом Мондерманом. В течение двадцати-пяти лет он анализировал аварии, стоял на перекрестках и наблюдал за поведением людей. В результате наблюдений он пришел к выводу, что «даже правильные сигналы и знаки могут способствовать авариям.» При разборе дорожных происшествий на первом плане всегда стояли технические и правовые аргументы, и меньше всего – человеческий фактор. [1]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе исследования был проведён анализ нескольких случаев применения концепции при благоустройстве улично-дорожного пространства и результатов, получившихся после реконструкции улиц.

- 1) Рассмотрим применение концепции на примере улицы «Fort Street» в Окленде, Новой Зеландии. До реконструкции «Fort Street» тротуары были приподняты и отделены от автомобильной дороги бордюрами, улица преимущественно служила для проезда автомобилей. Для перехода через дорогу были выделены специальные участки с разметкой и светофорами, края дороги использовались для парковки автомобилей.



Рис. 1. Улица до реконструкции

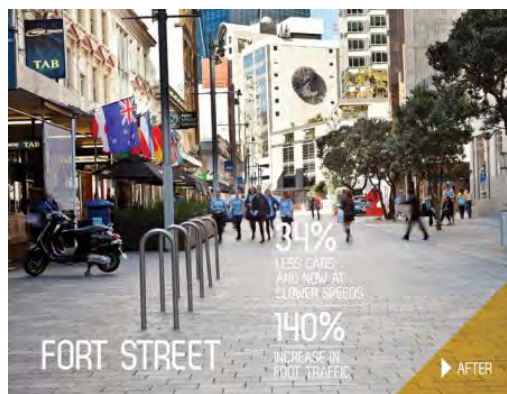


Рис. 2. Улица после реконструкции

После реконструкции полностью исчезли дорожные знаки. Автомобили, пешеходы, велосипеды начали передвигаться по одноуровневому участку с плиточным покрытием, а также появилось больше пешеходного пространства, что дало возможность располагать на улице магазины и кафе, а также элементы озеленения и малые архитектурные формы.

Реконструкция улицы имела положительный результат и повлияла на развитие общественной функции улично-дорожного пространства:

- 91% пользователей и владельцев недвижимости положительно отозвались по поводу нового общественного пространства, хотя до реконструкции только 17% одобряло идею;
- Более 75% владельцев недвижимости определили, что это недвижимость рядом с общим пространством оценивается дороже;
- Пешеходное движение выросло на 50%
- 49% опрошенных будут посещать этот район специально, в рекреационных целях;
- Транспортный поток уменьшился на 34% и его скорость снизилась; 100% опрошенных пользователей и владельцев недвижимости согласились, что уменьшение автомобильного трафика не повлияло на их бизнес; [2]

- 2) Примером Европейского опыта может считаться «Exhibition road» в Лондоне, Великобритании. Эта дорога соединяет район «South Kensington» и «Hyde» парк, а также на ней располагаются много крупных образовательных и культурных учреждений являющиеся достопримечательностями города. С 1960 г. дорога была разделена на две полосы для движения автотранспорта, сформировались две узкие пешеходные дорожки и три ряда припаркованных автомобилей. Пересечение улицы стало затруднительным, а её внешний облик был непривлекательным и не соответствовал престижным заведениям, находящимся на ней. Необходимо было увеличить уровень доступности и создать комфортную пешеходную среду, чтобы пешеходы могли наслаждаться монументальными фасадами зданий. [3]

После реконструкции, «Exhibition Road» превратилась в благоустроенное общественное пространство, которое используется для удовлетворения как транспортной, так и общественной функции.



Рис. 3. Улица до реконструкции



Рис. 4. Улица после реконструкции

- 3) В качестве ещё одного примера можно рассмотреть реконструкцию главной торговой улицы, Park Lane, и восстановление Fountain Place - исторического центра деревни, находящиеся в английском городе Пейнтон. Необходимость в трансформации пространства возникла из-за того, что этот участок в центре города превратился в загруженную транспортную развязку - жизни в центре города резко упало из-за увеличения транспортных потоков и заторов, закрытия торговых точек и сокращения числа покупателей.

Реконструкция включила в себя укладку нового покрытия, использования умной архитектуры дороги с выдвинутыми пешеходными зонами, отделенные от транспортных путей особым покрытием. Превращение развязки в «общее пространство» сделало город более гостеприимным, увеличило прибыль розничных торговцев на 88% и повысило время пребывания людей в городе. Скорость движения также упала в среднем до 25-27км/ч, что привело к свободному движению и сокращению числа несчастных случаев и смертельных случаев с 1,1 в год до 0 с момента его введения. [4]



Рис. 5. Улица до реконструкции



Рис. 6. Улица после реконструкции

Концепция «общего пространства» может быть реализована в наших реалиях. В качестве примера я рассмотрю пересечения ул. Малая Ордынка и Большого Ордынского пер. в г. Москве. В данный момент через этот перекресток с низким автомобильным трафиком проходит 6 пешеходных переходов, на нём стоит 4 светофора и отсутствуют велосипедные дорожки. На Рис. 3. продемонстрирован вариант возможного облика улично-дорожного пространства, если бы он создавался согласно концепции «общего пространства» – пешеходы, велосипедисты и автомобили перемещаются по единому одноуровневому дорожному полотну, светофоры отсутствуют.



Рис. 7. Существующее положение



Рис. 8. Концепция благоустройства

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При детальном анализе концепции можно выделить несколько приемов, используемых для формирования «общего пространства»:

1. Минимальное использование дорожных знаков. Умная архитектура дороги диктует поведение людей вместо дорожных знаков.
2. Присутствие зрительного контакта между всеми участниками дорожного движения.
3. Улица должна привлекать внимание. Для этого может использоваться озеленение, установка малых архитектурных форм, уличное искусство и т.д.
4. Одинаково хорошее освещение всех участков улично-дорожного пространства.
5. Торговля, коммуникация, рекреация на улично-дорожном пространстве. Приветствуется расположение кафе, торговых точек, мест для отдыха около дороги.
6. Одинаковая высота участков дороги для всех участников движения. Граница между ними может выделяться с помощью разного покрытия.
7. Использование умных технологий для организации комфортной жизнедеятельности городских жителей.

Идеи smart city могут сыграть большую роль в развитии общественной функции улично-дорожной сети и создании общего пространства в современных городах. С их использованием станет возможным работать с общественными пространствами таким образом, чтобы удовлетворять потребности городских жителей и сделать улично-дорожное пространство более эффективным, полезным и посещаемым.

- Умные информационные системы могут послужить как связующее звено между городом и его жителями. Жители смогут моментально информировать городские службы обо всех недостатках присутствующих в общественных пространствах для их дальнейшего устранения, участвовать в опросах и вносить рекомендации.
- Умный транспорт со сниженным количеством выхлопных газов, выбрасываемых в атмосферу, сделает пребывание людей вблизи автомобилей менее вредным для здоровья.
- Каршеринговые, велошеринговые станции и станции проката самокатов сделают передвижение по городу более комфортным и снизят количество личных автомобилей, что благоприятно скажется на экологическом состоянии города.
- Станет возможным создание большего количества объектов притяжения, таких как кафе и катки, которые смогут функционировать благодаря умным автоматизированным системам, без участия рабочего персонала.

- Умное освещение, которое будет адаптироваться под освещенность пространства, сделает улицы более комфортными в темное время суток и позволит экономить энергию благодаря датчикам движения.
- Датчики видеонаблюдения для контроля состояния дорожного движения и его регулирования сделают улично-дорожную сеть более эффективной и безопасной.
- Использование единой системы для оплаты парковки, шеринговых сервисов, проката самокатов и коньков, общественного транспорта, кафе, музеев и т.д. сделает пользование услугами более быстрым и доступным.

Несмотря на положительные результаты, получаемые после применения концепции «общего пространства» для реконструкции и благоустройства городских улиц, стоит учитывать, что концепция будет эффективна для улично-дорожных пространств с рядом характеристик, таких как: маленький автомобильный трафик, скорость автомобильного движения менее 20км/ч, расположение вблизи объектов, притягивающих пешеходов. Классификация улиц для корректного применения концепции находится в разработке.

ВЫВОДЫ

Концепция «общего пространства» может быть использована для развития общественной функции улично-дорожной сети. Она нашла своё применения во многих странах мира, показав положительные результаты, такие как: увеличение посетителей улично-дорожных пространств города, увеличение пешеходной активности, снижение автомобильного трафика, улучшение внешнего облика города, увеличения уровня безопасности на дорогах, и т. д. Данная концепция также применима в России при реконструкции улиц с маленьким автомобильным трафиком. В сочетании с идеями «smart city» она сможет дать более эффективный результат. Создание «общих пространств» благоприятно скажется на городской среде: сформирует более рациональное использование улично-дорожного пространства, понизит уровень загрязнения воздуха выхлопными газами, уменьшит количество ДТП и увеличит уровень безопасности всех участников улично-дорожного движения, превратит улицы в активно используемые общественные пространства, привлекающие пешеходов и велосипедистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Изобретатель счастливого пути»/Александр Минеев, Драхтен (Нидерланды) — Брюссель//Новая газета, 07.08.2006 (<http://2006.novayagazeta.ru/nomer/2006/59n/n59n-s25.shtml>)
2. «A Tale of Two Cities (2): Auckland's Shared Space programme turns streets into places»//Vienncover Smart.City.Lab, 17.01.2015 (<https://www.vienncover.com/2015/01/aucklands-city-centre-shared-space-programme/>)
3. «"Shared Surface" in Exhibition Road/David Bravo»//CCCB Centre de Cultura Contemporania de Barcelona, 18.06.2018 (<https://www.publicspace.org/works/-/project/g069-exhibition-road>)
4. «Shared space, where the streets have no rules»/Meera Senthilingam//CNN, 05.10.2015 (<http://edition.cnn.com/2014/09/22/living/shared-spaces/>)

ОТ САХАРНОГО ЗАВОДА К «ФАБРИКЕ МУЗЫКИ»

М.А. Киселева¹, А.С. Щуринова², А.Д. Серов³

¹студент 4 курса группы 70 ИСА, takial@mail.ru

²студент 4 курса группы 70 ИСА НИУ, asia69vin@mail.ru

³научный руководитель, ст. преподаватель, зав. лабораторией кафедры архитектуры, gigantmisly@mail.ru

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

В статье рассматривается актуальная проблема рационального использования промышленных зданий, находящихся в городской черте, после переноса производства за ее пределы. Предметом исследования является старое здание завода, перепрофилированное под концертный зал. Целью работы является анализ осуществленной реконструкции бывшего сахарного завода в концертный зал Паганини в городе Парме (Италия). В качестве материала исследования была использована отечественная и зарубежная научная и техническая литература по данному вопросу, а также чертежи и схемы концертного зала. В ходе исследования были проанализированы архитектурно-технические средства, позволившие создать концертный зал, в здании первоначально не приспособленном для этой функции. В качестве методов исследования были выбраны расчёты акустических параметров зала, определяемые путем графического построения лучей прямого и отраженного звука, определения времени запаздываний первых отражений звука и времени реверберации.

Результатом проведённой работы является сравнительный анализ данных, представленный в виде таблицы, по итогам которого можно говорить о хорошем качестве акустики зала Паганини. Данное исследование подтверждает не только техническую возможность осуществления подобных проектов, но и перспективы перепрофилирования производственных зданий под залы большой вместимости с естественной акустикой, что может дать толчок к развитию этому малораспространённому варианту реконструкции промышленной застройки.

ВВЕДЕНИЕ

Перенос грязных и шумных устаревших производств за пределы центральной части городов в последние десятилетия становится все более массовым явлением. Снос старых производственных зданий часто не является целесообразным [1,2]. А вопрос их перепрофилирования под новые востребованные общественные функции становится все более актуальным [3]. Промышленные здания всегда возводились с большими пролетами, что при осуществлении проекта приспособления способствует свободному размещению в них выставочных пространств или залов большой вместимости. Конструкции в таких зданиях проектировались со значительным запасом прочности, что позволяет без значительных усиления надстраивать, пристраивать и встраивать новые объемы и изменять объемно-планировочное решение объекта [1,2,3].

Рассмотрим данный вопрос на примере перепрофилирования бывшего сахарного завода под концертный зал.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании данной работы были использованы научные статьи, опубликованные в рецензируемых журналах, научные монографии, автореферат диссертации и публикации в открытых электронных источниках. Вопросы перепрофилирования старых промышленных зданий был рассмотрен на основе работ Топчего Д.В. [1], Барабанова А.А.[2] и Чайко Д.С.[3]. Основным источником, раскрывающим историю предприятия и проект осуществленной реконструкции, стал иностранный электронный ресурс [4]. Сведения об авторе проекта реконструкции были взяты из статьи электронного издания Losko [5]. Для анализа качества акустики зала Паганини были применены методы, представленные в научных работах Кончева А.П. [6], Борисова Л.А., Ширжецкого Х.А. и Насоновой Е.В [7], Мунина А.Г. и Диевой Е.А. [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Историческая справка. Сахарный завод фирмы Эридания был построен в городе Парме (Италия) в 1899 году. [4] В 1968 году производство сахара было вынесено за городскую черту, а промышленные здания оказались заброшенными на многие годы. Свою вторую жизнь завод обрел после реконструкции, осуществленной период с 1997 по 2001 год.

Автором проекта приспособления производственного здания под концертный зал стал архитектор Ренцо Пиано - один из основателей стиля хай-тек наравне с Норманом Фостером, Николасом Гримшоу, Джеймсом Стирлингом и Ричардом Роджерсом [5]. Ренцо Пиано — автор Центра Помпиду во Франции, небоскреба The Shard в Лондоне, офиса газеты The New York Times в Нью-Йорке, музея современного искусства Аstrup-Фернли и научного музея NEMO в Амстердаме. Среди заслуг Пиано — участие в деятельности ЮНЕСКО. Он занимался реставрацией исторических построек и старых городов в Италии, на Мальте и острове Крит. В 2013 году архитектора сделали пожизненным сенатором Италии.

Проект реконструкции. На момент начала реконструкции объект находился в аварийном состоянии [4]: была частично утрачена кровля и остекление окон, в результате чего наблюдалось локальное разрушение кирпичной кладки под воздействием влаги. Однако, сохранились фундаменты, несущие стены, металлические треугольные фермы покрытия и конструкции светового фонаря.

В результате реализованного проекта заводская территория была превращена в парк, а исторические здания сохранили свои силуэт и габариты. При реконструкции был осуществлен принцип сочетания сохранившихся исторических конструкций и материалов с современными техническими решениями. Вместо торцевых кирпичных стен были устроены светопрозрачные конструкции, позволяющие видеть из зала окружающий парк (рис.1а,б). Для того, чтобы избежать повреждения существующих конструкций при демонтаже торцевых стен продольные стены и фундаменты были дополнительно усилены [4].



Рис. 1. Южный фасад завода: а - в процессе реконструкции, б - после реконструкции

Анализ акустических свойств зала. Проект перепрофилирования завода именно под концертный зал имеет под собой обоснование. Первоначальная форма основного производственного цеха завода имеет подходящие пропорции (соотношения высоты, ширины и глубины) для создания диффузного звукового поля, что является важнейшей составляющей хорошей естественной акустики любого помещения.

Новый концертный зал общей площадью 860 м^2 имеет в плане прямоугольную форму и рассчитан на 780 мест [4]. Сцена площадью 250 м^2 позволяет разместиться на ней большим музыкальным коллективам, в первую очередь, симфоническим оркестрам. Пол покрыт паркетной доской, стены оштукатурены и окрашены. Для улучшения естественной акустики установлены подвесные потолочные и боковые звукоотражающие панели. Они имеют криволинейную форму, поверхность выполнена из шпона американской вишни, внутри конструкции использована прослойка из стекловолокна и минеральной ваты. Зал был отделен от фойе прозрачной звукоизолирующей перегородкой. Для ее изготовления использовался сверхлегкий стеклопакет с двойным стеклом и высоким уровнем звукоизоляции, заполненный газом типа Visarm Stadip Silence Diamant для достижения максимальной прозрачности [4].

Метод исследования. Задачей нашего исследования являлось определение пригодности использования бывшего промышленного здания под концертный зал симфонической музыки, изучение его естественной акустики.

Для проведения расчётов нами были построены на плане и разрезе зала лучи прямого и отраженного звука (рис.2, рис.3). Была выявлена разница между длинами траекторий и рассчитано время первых запаздываний отраженного звука по отношению к прямому [6,7].

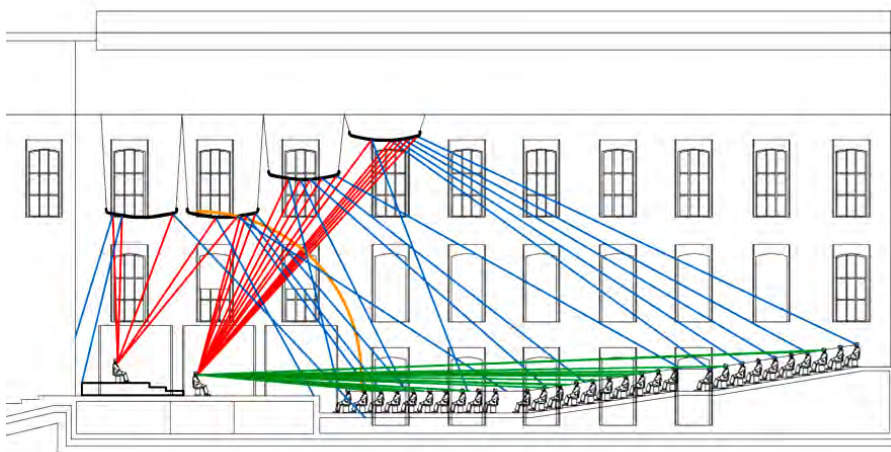


Рис. 2. Построение лучей прямого и отраженного звука на разрезе зала

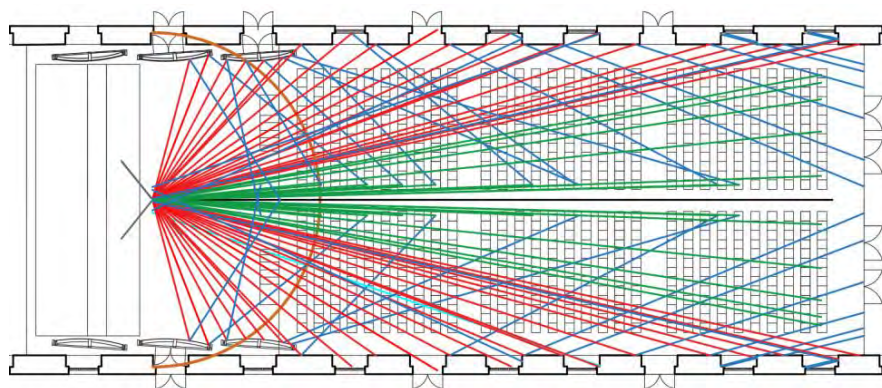


Рис. 3. Построение лучей прямого и отраженного звука на плане зала

Для расчета времени реверберации нами были проанализированы материалы всех поверхностей зала, начиная от стен и заканчивая сидениями кресел, просчитаны их площади и выявлены их акустические свойства [6,7,8]. Время реверберации рассчитывалась по формуле Эйринга:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{\varphi(\alpha) \cdot S_{\text{общ}} + n \cdot V};$$

где V – объем зала, м^3 ,

$S_{\text{общ}}$ – суммарная площадь всех ограждающих поверхностей зала, м^2 ,

$\varphi(\alpha)$ – средний коэффициент звукопоглощения в зале, рассчитываемый по формуле:

$$\varphi(\alpha) = -\ln(1 - \alpha),$$

α – средний коэффициент звукопоглощения,

n – коэффициент, учитывающий затухание звука в воздухе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результатом проведённой работы является оценка качества естественной акустики зала Паганини. По графическим изображениям траекторий распространения отраженного звука можно сделать заключение о равномерном распределении звука в зале. Акустические панели отражают и распределяют звук в глубь зала таким образом, что время запаздываний первых отражений соответствует рекомендуемому во всех его точках. Потолочные панели ограничивают акустический объем зала (рис.4.а), что положительно сказывается на его свойствах [6]. Уже существующие элементы также используются для улучшения качества акустики. Ниши, расположенные в продольных стенах, создают разнообразные углы отражения звуковых волн, элементы ферм покрытия также усиливают отражающий эффект, а сохраненный световой фонарь функционирует наоборот, как «звуковая ловушка». Особенно важным элементом звукоизоляции оказываются две большие стеклянные торцевые стены. Они представляют из себя систему стеклянных панелей, закрепленных на стальных стойках (система Schuco FW50). Стеклянные панели играют роль подвижных акустических отражателей (рис.4.б) [4]. Данная конструкция позволяет «запереть» звук, не давая ему возможность отразиться от задней стены зала обратно в сторону сцены, тем самым исключая возможность образования эффекта «театрального эха».



Рис. 4. Акустические средства:

а - подвесные акустические панели, б – стеклянные акустические отражатели

На полученных нами чертежах и схемах зала кривизна потолочных панелей была показана весьма условно [4]. В рамках данного исследования с помощью геометрических построений по закону равенства углов падения и отражения была воссоздана форма подвесных акустических панелей.

Расчеты времени реверберации производился для трёх октавных полос частот 125, 500 и 2000 Гц [6]. Результаты расчета сведены в таблицу 1. Время реверберации по всем трем

диапазонам частот соответствует современным требованиям, предъявляемым к концертным залам симфонической музыки. Таким образом можно охарактеризовать акустику зала Паганини, размещенном в бывшем сахарном заводе, как хорошую.

Таблица 1. Расчет времени реверберации по октавным полосам

Поверхности	Площадь S , м ²	Октавные полосы частот					
		125		500		2000	
		α	A	α	A	α	A
Зритель на мягком кресле 70%, $N=419$	237,3	0,25	0,175	0,4	0,28	0,45	0,315
Кресло мягкое 30% $N= 179$	101,7	0,15	0,045	0,2	0,06	0,3	0,09
Переплеты оконные за- стекленные	2088,5	0,3	626,6	0,15	313	0,6	1253
Пол, паркетная доска	191,7	0,04	7,67	0,07	13,4 19	0,06	11,5
Потолок, дерево	592	0,02	11,84	0,02	11,8 4	0,04	23,68
Стены, штукатурка, клеевая краска	1000	0,02	20	0,02	20	0,04	40
Подвесные звукоотража- ющие панели, дерево	243	0,6	145,8	0,14	34	0,08	19,44
Стеновые звукоотражаю- щие панели	45	0,01	0,45	0,01	0,45	0,02	0,9
	0	0,09	0	0,05	0	0,05	0
$S_{\text{общ}}, \text{ м}^2$	4499,2						
	$A_{\text{общ.}}$		812		3933 44		1349
	α	0,18		0,09		0,30	
	$\varphi(\alpha)=-\ln(1-\alpha)$	0,2		0,091		0,356	
$V_{\text{общ}}, \text{ м}^3$	11953,5						
	n	0		0		0,009	
	$T, \text{ с}$	2,17		2,08		2,12	
	$T_{\text{норм}}, \text{ с}$	2,14		1,79-2,2		1,79-2,2	

ВЫВОДЫ

Подводя итог, можно отметить следующее:

1. Производственные здания обладают очень гибкой конструктивной и объемно планировочной системами, позволяющими создавать удачные проекты их приспособления под новые общественные функции.
2. Концертный зал Паганини на своем примере доказывает возможность создания хорошей естественной акустики в помещениях бывшего промышленного предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топчий Д.В. Реконструкция и перепрофилирование производственных зданий/ монография – М.: АСВ, 2008. -144с.
2. Барабанов А.А. Социально-культурные и семантические принципы ревитализации индустриального наследия //Эко-потенциал № 3-4. –М. 2013. с. 237-248.
3. Чайко Д.С. Современные направления интеграции исторических производственных объектов в городскую среду/ автореферат диссертации – М. 2007 – 34с.
4. <http://www.iuav.it/SISTEMA-DE/Archivio-d/approfondi/progetti-d/Schede-pro/pianofinale.pdf> (дата обращения 10.01.2018)
5. <https://losko.ru/renzo-piano/> (дата обращения 12.02.2018)
6. Кончев А.П. Акустика храмовых, театральных и спортивных сооружений. Монография. – М.: Издательство ИТРК, 2017. -304с.
7. Борисов Л.А., Ширжецкий Х.А., Насонова Е.В. Акустика концертного зала дома-музея П.И.Чайковского в Клину//Academia. Архитектура и строительство – М.: РААИСН, 2009. с. 33-38
8. Мунин А.Г., Диева Е.А. Акустика рахманиновского зала// Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 1. с. 63-64.

УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КИСЛОТНО-СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ МЕТОДОМ ДЕСУЛЬФАТАЦИИ

М.А. Косарева

учащаяся, milena.kosareva.04@bk.ru

МБОУ «Гимназия №5» городского округа Королёв (мкр. Юбилейный) Московской области,

Аннотация

Предмет исследования. В этой статье объектом исследования являются кислотно-свинцовые аккумуляторы, которые изучаются на предмет возможности продления сроков эксплуатации или восстановления их работоспособности и характеристик методом десульфатации рабочих пластин.

Материалы и методы исследования основаны на известном в электрохимии положении о возможности разрушения образовавшихся на пластинах аккумулятора плёнок сульфата свинца короткими импульсами тока высокой частоты и большой скважности при повышенном напряжении заряда аккумулятора. Практический метод повышения энергоэффективности и более полного использования возможностей кислотно-свинцовых аккумуляторов заключается в создании бытового электронного устройства, которое способно разрушить плёнку сульфата свинца в самом начале её образования, не дожидаясь увеличения толщины этого изоляционного слоя в процессе сульфатации рабочих пластин.

Результаты исследования представлены по трём направлениям. Во-первых, изготовлен электронный блок для проведения десульфатации аккумуляторов, на котором отработаны регулировочные характеристики восстановительного процесса с возможностью изменения частоты тока, напряжения и продолжительности импульсов. Во-вторых, проведены первые опыты по восстановлению трёх аккумуляторов: с малой, средней и очень сильной сульфатацией пластин. Эти опыты доказали возможность восстановления дорогостоящих аккумуляторов, которые уже были предназначены для утилизации. В-третьих, разработаны предложения по совершенствованию автоматизированного процесса десульфатации добавлением в электронную схему генератора качающейся частоты импульсов для гарантированного режима очистки пластин от сульфата свинца.

ВВЕДЕНИЕ

Нерешённой технической проблемой является сульфатация кислотно-свинцовых аккумуляторов. Научная работа соответствует Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утверждённой Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 года №642, являющейся основным документом при планировании научно-исследовательских работ [1]. Часто в научно-технической литературе появляются утверждения, что кислотно-свинцовые аккумуляторы устарели, что им на смену приходят более энергоёмкие литий-ионные батареи. Но при этом бесспорным остаётся факт наличия четырёх основных недостатков литий-ионных аккумуляторов по сравнению с кислотно-свинцовыми батареями. Во-первых, и это главное, сложные меры по обеспечению безопасности эксплуатации. Было множество случаев взрывов или возгораний современных литий-ионных аккумуляторов. Во-вторых, маленький диапазон рабочих температур. В-третьих, сложный процесс зарядки литий-ионной батареи, требующий специального устройства с микроконтроллером. В-четвёртых, большая стоимость, которая снижается малыми темпами для начала широкого применения литий-ионных батарей, например, в автомобильной технике.

В автомобильной промышленности, являющейся основным клиентом для производителей кислотных свинцовых аккумуляторов, в настоящее время продолжают применяться в основном кислотные свинцовые аккумуляторы, при этом ближайшей альтернативой этим батареям не просматривается. Точно также в блоках бесперебойного питания компьютеров применяются, казалось бы, устаревшие «кислотники». Недостатки кислотных свинцовых аккумуляторов в виде большой массы и сульфатации не являются критическими для отказа от этих безопасных и энергоёмких многократно перезаряжаемых источников энергии, надёжность которых проверена десятилетиями.

С позиции химии процесс сульфатации объясняется взаимодействием свинца в аккумуляторных пластинах с концентрированной серной кислотой [2]. В результате на пластинах образуется белая диэлектрическая плёнка сульфата свинца II, которая препятствует прохождению электрического тока не только во время разряда аккумуляторной батареи, но и в процессе зарядки. Химический процесс сульфатации свинцово-кислотного аккумулятора известен более полувека и подробно описан в научно-технической литературе, например, по электрохимии [3]. Химическая реакция сульфатации описывается следующим химическим уравнением: $Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 = 2PbSO_4 + 2H_2O$. Процесс сульфатации происходит как при штатном разряде аккумулятора, так и при хранении. Но особенности этого процесса принципиально различны. При штатной работе образуются кристаллы сульфата свинца II, которые потом при зарядке аккумулятора вновь переходят в чистый свинец и оксид свинца IV. При саморазряде аккумулятора при долгом хранении, при малом токе саморазряда, кристаллы сульфата свинца II становятся очень мелкими, изолируют рабочие пластины от электролита, препятствуют прохождению электрического тока в цепи внутри аккумулятора. Получается, что сульфатированный аккумулятор нельзя зарядить, поэтому его приходится утилизировать или просто выбрасывать, а взамен покупать новый. Причин сульфатации аккумулятора много, но главная – хранение в разряженном пассивном состоянии. В автомобильной технике аккумулятор в среднем работает надёжно 3-5 лет, а потом начинает давать сбои, в том числе из-за сульфатации. Цена нового аккумулятора колеблется от трёх до пяти тысяч рублей. Есть организации, которые восстанавливают сульфатированные аккумуляторы, но проще и дешевле купить новый. Сами автомобилисты обычно не занимаются десульфатацией из-за сложности процесса. Особенно сложна для обычных автолюбителей электронная схема и электронный метод этого процесса [4]. Цель работы заключается в создании бытового электронного устройства для десульфатации кислотных свинцовых аккумуляторов, не требующего лабораторного оборудования.

В этой работе решается частная задача по определению основных электрических характеристик электронного десульфатора. Интерес к теме электронного восстановления сульфатированного аккумулятора появился после случайного знакомства со статьёй по этому направлению [5]. Автор предлагает удалять слой сульфата свинца II со свинцовых пластин аккумулятора известным методом очень коротких и мощных электрических импульсов высокой частоты, до 30 кГц. Автор предлагает не только метод, но и электронное устройство-десульфатор. Автором сформулирована и решена частная техническая задача построения электронной схемы на основе микросхемы-таймера серии 555, но не решена задача выбора рациональной частоты, длительности и величины напряжения импульсов. В настоящей работе электронная схема была повторена, были определены величины входных управляющих воздействий на тактовый генератор импульсов для получения заданного диапазона рабочих частот, а потом было предложено новое устройство – схема генератора с качающейся частотой импульсов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Работа проводится в соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации [1]. Электрохимический процесс сульфатации и принцип действия кислотного свинцового аккумулятора изложены в работе [2]. Основой этого процесса является

образование сульфата свинца II, который при малых токах разряда, например, при саморазряде аккумулятора в процессе длительного хранения, образуется в виде мелких кристаллов, препятствуя прохождению электрического тока. В работе [3] предложено разрушать диэлектрическую плёнку сульфата свинца II короткими импульсами тока высокой частоты при увеличенном напряжении заряда аккумулятора. С практической точки зрения сульфатация аккумулятора и способы её предотвращения описаны в статье [4]. Для разрушения плёнок сульфата свинца II в работе [5] предлагается электронное устройство, которое было выбрано в качестве прототипа, то есть ближайшего аналога для создаваемого нового прибора. В этом устройстве диэлектрическая плёнка сульфата свинца II разрушается от воздействия импульсов тока продолжительностью 7-10 мкс при частоте следования 30 кГц и величине амплитудного напряжения до 20 В. Недостатком предлагаемого устройства является регулируемая частота, смысл регулировки которой теряется, потому что оптимальная или рациональная частота десульфатации индивидуальна для каждого аккумулятора. В настоящей работе предлагается принципиально усовершенствовать электронный блок управления десульфатором свинцово-кислотных аккумуляторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сначала на макетной плате была повторена электронная схема десульфатора без подключения аккумулятора, чтобы определить величину сопротивления и ёмкости в блоке управления. Были получены два главных вывода. Во-первых, в десульфаторе достаточно регулировать сопротивление реостата от 10 кОм (частота 40 кГц) до 30 кОм (частота 17 кГц). Во-вторых, импульсы длительностью 3,3 мкс со скважностью 10, или коэффициентом заполнения 0,1 (10%), при линейной частоте 30 кГц обеспечиваются генератором при сопротивлении реостата 15 кОм и при ёмкости конденсатора 4 нФ. Но главное, была обоснована необходимость дополнения схемы генератором сигналов плавающей частоты десульфатации, которая не известна и индивидуальна для каждого аккумулятора. Это новизна предстоящей перспективной работы. Схема лабораторного электронного блока управления десульфатором взята из статьи [5] и показана на рис. 1.

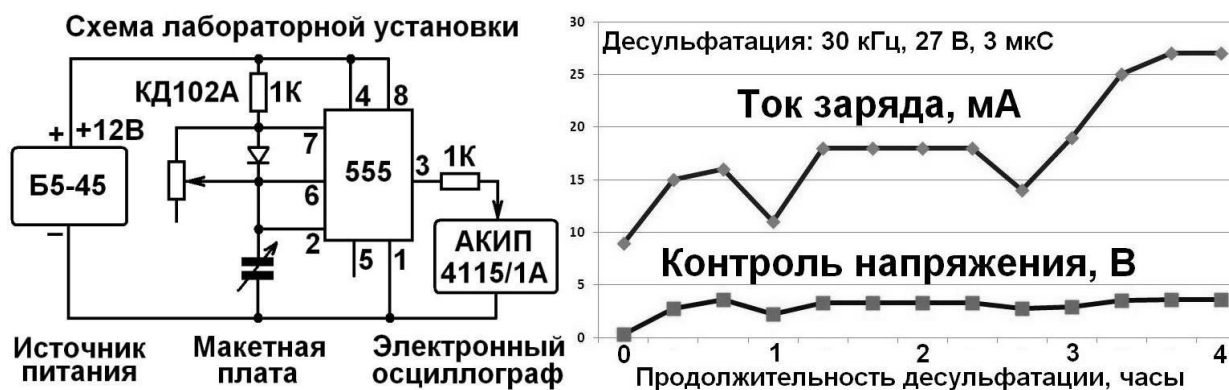


Рис. 1. Электронный блок управления десульфатором

На собранном устройстве была проведена регулировка характеристик процесса десульфатации: частоты, длительности импульса и амплитудного значения напряжения зарядки. Таймер серии 555 может работать при максимальном напряжении 16 В, а для аккумулятора требуются импульсы амплитудой более 20 В, в процессе исследования была доказана необходимость амплитуды импульсов до 50 В. До амплитуды 27 В можно применять входной стабилизатор напряжения на микросхеме серии 7812. Для импульсов с амплитудой 30-40 В оказалось рациональным применить раздельное питание микросхемы и аккумулятора от двух обмоток трансформатора. Реально был применён трансформаторный блок питания от старого принтера с выходными напряжениями 14 В для питания микросхемы 555 и 36 В для

формирования импульсов десульфатора. После сборки устройства на макетной плате были проведены первые опыты по восстановлению батарей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проверки правильности сформулированных гипотез и предположений о возможности улучшения процесса десульфатации были проведены три опыта по восстановлению долго хранившихся без применения старых аккумуляторных батарей. Первый аккумулятор был выведен из эксплуатации год назад из-за снижения электроёмкости и плохого процесса зарядки. Второй аккумулятор от компьютерного блока бесперебойного питания хранился без применения 7 лет. Третий аккумулятор не применялся 4 года. Режим десульфатации был выбран почти таким же, как в статье [5], но длительность импульсов была уменьшена с 7-10 мкс до 3-5 мкс. Частота импульсов 30 кГц была сохранена, амплитуда импульсов была увеличена с 20 В до 27 В. Длительность импульса была уменьшена до 3 мкс, чтобы более явно выявить факт начала процесса десульфатации. Действительно, такие импульсы при скважности 10 и вдвое повышенной амплитуде в пять раз слабее заряжают аккумулятор, чем постоянный ток. На рис.2 показаны характерные осциллограммы процесса восстановления этих трёх кислотно-свинцовых аккумуляторных батарей.



Рис. 2. Характерные осциллограммы процесса десульфатации

Характеристики импульсов при отладочном напряжении питания 12 В показаны на осциллограммах №1 и №2. После подключения входного стабилизатора напряжения на основе микросхемы 7812 амплитуда импульсов была увеличена до 27 В, то есть до предельного режима работы микросхемы-стабилизатора напряжения. Кратковременные включения показали, что устройство работает даже при напряжении 40 В, но микросхема может перегореть в любой момент. Первый аккумулятор через 20 минут после подключения к десульфатору показал осциллограмму №3 нормальной батареи. Фактически это нормальный аккумулятор с тонким слоем сульфата свинца II на пластинах, который очень быстро был разрушен с помощью собранного устройства. Второй аккумулятор с самым большим сроком пассивного

хранения и начальным напряжением всего 0,5 В сначала показывал осциллограмму №4 полностью вышедшего из строя устройства. Однако через 4 часа на осциллограмме №5 появились сначала небольшие пики, через 8 часов десульфатации пики стали выражены явно, появилась возможность подключить штатное зарядное устройство. После зарядки аккумулятора сравнительно слабым током 300 мА при допустимом токе заряда 2800 мА контрольная осциллограмма №3 на десульфаторе показала нормальный режим работы батареи. На рис.1 показан график возрастания тока зарядки второго аккумулятора в процессе десульфатации свинцовых пластин. Начальный ток зарядки был 9 мА при напряжении 27 В, то есть соответствовал внутреннему сопротивлению батареи 3 кОм. Через 4 часа после начала процесса десульфатации ток заряда увеличился до 27 мА при напряжении 27 В, то есть внутреннее сопротивление батареи уменьшилось в три раза и стало равно 1 кОм. При дальнейшей работе с этим аккумулятором внутреннее сопротивление снизилось до 1 Ом, что доказало эффективность процесса десульфатации с помощью предложенного устройства. Третий аккумулятор, хотя и хранился 4 года в пассивном режиме, а не 7 лет, как второй аккумулятор, даже после восьми часов десульфатации не удалось «оживить», осциллограмма №4 продолжала оставаться почти в виде линии, что доказывает очень толстый слой мелкокристаллического оксида свинца II на рабочих пластинах. Самый плохой аккумулятор обеспечивал ток заряда 3 мА при напряжении 30 В, то есть имел внутреннее сопротивление 10 кОм, которое пока не удалось уменьшить. Объяснить такое большое внутреннее сопротивление можно толстой плёнкой сульфата свинца II на рабочих свинцовых пластинах. Была высказана гипотеза, что при более длительных сроках процесса десульфатации толстая плёнка диэлектрика будет постепенно разрушена, поэтому опыты с этим аккумулятором продолжаются.

ВЫВОДЫ

1. Аппаратная часть.

1.1. В десульфаторе достаточно регулировать сопротивление реостата от 10 кОм (частота 40 кГц) до 30 кОм (частота 17 кГц), а не до 220 кОм, как в прототипе.

1.2. Импульсы длительностью 3,3 мкс со скважностью 10, или коэффициентом заполнения 0,1 (10%), при линейной частоте 30 кГц обеспечиваются генератором при сопротивлении реостата 15 кОм и при ёмкости конденсатора 4 нФ.

1.3. Так как эффективная частота процесса десульфатации для каждого аккумулятора индивидуальна, то есть смысл дополнить электронную схему генератором качающейся частоты с отказом от осциллографического контроля. Процесс десульфатации затянется, но обязательно будет происходить. Такую схему можно рассматривать как перспективное бытовое устройство широкого применения, например, в автомобильной технике.

2. Методическая часть.

2.1. В лаборатории по начальному току заряда сульфатированного аккумулятора можно сделать первичные выводы о внутреннем сопротивлении и возможности восстановления батареи.

2.2. Выявлены типовые формы осциллограмм для аккумуляторов с различной степенью сульфатации рабочих пластин.

2.3. Процесс десульфатации можно чередовать с зарядкой аккумулятора обычными способами при постоянном контроле внутреннего сопротивления в лаборатории.

3. Практическая часть.

3.1. Первые опыты по восстановлению трёх сульфатированных аккумуляторов показали возможность восстановления кислотно-свинцовых батарей с помощью предложенного способа с некоторыми уточнениями характеристик процесса десульфатации и с доработками электронного блока десульфатора.

3.2. Создание общедоступного бытового десульфатора требует отказаться от осциллографического и другого лабораторного контроля. Для этой цели намечено дополнить электронную схему-прототип генератором качающейся частоты импульсов напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года №642.
2. Федотьев Н.П. Прикладная электрохимия. - Химия, 1962. - 642 с.
3. Дувинг В.Г., Казаринов И.А., Бурашникова М.М. Устройство для заряда сульфатированного свинцово-кислотного аккумулятора импульсным асимметричным током / Журнал: Электрохимическая энергетика. - 2012. Т. 12, № 1. С. 21-24.
4. Для чего нужна десульфатация аккумулятора и как её проводить? – Электронный ресурс: <http://akbinfo.ru/ustrojstvo/desulfatacija-akkumuljatora.html>
5. Электронное восстановление аккумулятора. – Электронный ресурс: <https://sdelaysam-svoimirukami.ru/4038-elektronnoe-vosstanovlenie-akkumulyatora.html>

СТРОИТЕЛЬСТВО ЭКОЛОГИЧНЫХ ГОРОДОВ

А.Е. Круковец

студентка ИГЭСс 4-16, krukovec97@mail.ru

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

Аннотация

Предмет исследования: Какое строительство следует считать экологичным? Какие причины указывают на необходимость экологизации строительства? В статье рассматриваются вопросы применения в строительстве экологичных («зеленых») технологий, изучается существующая нормативно-правовая база РФ, позволяющая пользоваться принципами экологического строительства. Доказывается необходимость применения принципов экологического строительства при возведении городов. Дается ответ на вопрос способно ли экологическое строительство решить экологические проблемы с окружающей средой. Рассматривается возможность строительства новых экологичных городов, ресурсами для которых являются отходы.

Цель работы: указать на необходимость экологического строительства новых городов с помощью технологий, позволяющих использовать отходы при строительстве. Выделить преимущества данного строительства и доказать, что это не просто прерогатива будущего, а необходимость сегодняшнего дня.

Материалы и методы: В исследовании использован метод изучения и обобщения информации, а также учтен опыт предыдущего строительства «экологичных городов» и применяемые при этом технологии.

Результаты: Экологическое строительство городов имеет большую практическую значимость. За счет реализации программы экологического строительства возможно достижение 10 из 17 целей устойчивого развития, решение общих экологических проблем.

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность человека преимущественно носит разрушающий характер по отношению к окружающей среде, а следовательно, и самому себе-биосфера естественный фактор его существования. Происходит регресс и возникает угроза гибели цивилизации. Выбросы CO₂, гигантские пластиковые острова в океанах – это лишь частные проблемы глобальных (изменения климата, загрязнения биосферы и т.д.). К основным причинам возникновения таких проблем относится недостаточный уровень внедрения экологичных, энерго- и ресурсосберегающих технологий, рост гигантских мегаполисов из-за высокого уровня урбанизации и перенаселения планеты, небрежное отношение к природе (спуск химических стоков в реки, вырубка лесов, создание искусственных водоемов, скопление отходов и т.д.).

Экологическое строительство-важная составляющая устойчивого строительства. Результаты исследований глобального потепления указывают на то, что одним из источников загрязнения окружающей среды являются здания. В совокупности все здания потребляют 40% первичной энергии, 67% электричества, 40% сырья, 14% запасов пресной воды, производят 50% существующих твердых отходов и 35% выбросов CO₂.

Существующие глобальные экологические проблемы диктуют необходимость опережающего развития определенных производственных отраслей. Ежедневно увеличивается объем производимых человеком отходов, что также увеличивает нагрузку на окружающую

среду. Возникает потребность в качественном подходе к городскому экологическому планированию и проектированию, способных решить мировые экологические проблемы.

В ближайшие несколько десятилетий необходимо сформировать экологически устойчивое общество, чтобы не допустить глобальной экологической катастрофы. Для всех стран мира на 2016-2030 годы приняты 17 целей устойчивого развития (ЦУР). [1] Цели предполагают изменения в каждом секторе социальной, экологической и экономической сфер. Напрямую (ЦУР 6, 7, 9, 11, 12) и косвенно (ЦУР 3, 8, 13, 14,15) - здания оказывают непосредственное влияние на самочувствие и комфорт находящихся в них людей, - цели указывают на необходимость экологического строительства. Также достижение ЦУР (3,6,12,13,14,15) зависит от грамотного обращения с потоками отходов. Так как затрагиваются одни и те же цели, можно предположить, что при объединении способов их достижения, а именно реализация программы экологического строительства с применением при этом самых последних технологий переработки и использования в строительстве отходов способна усилить положительный эффект от результата.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Принятые «Цели устойчивого развития ООН» [1] и «Стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на период до 2030г» [2] регламентируют основные направления деятельности стран до 2030г для их достижения. «План развития европейского строительства» (ЕСТР) [3] до 2030 года формулирует основные тенденции мирового строительства. Проанализированы первые национальные «Зеленые стандарты», утвержденные Приказами Росстандарта 15 января 2019 года [4-8]. Возможность использования отходов в качестве сырья при строительстве, показана в [9-10]. Глобальные проблемы с окружающей средой, особенности городов, максимально соответствующих понятию экологичный, существующие экологические технологии строительства, реализующие комплексный подход к окружающей среде описаны в [11]. Особое внимание уделено трудам [12-14], являющимися основными на по проблематике экологического строительства в РФ. Рассмотрены еще нереализованные проекты экологичных городов и технологии строительства единичных зданий. [15-16]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование основано на анализе существующих технологий, способов и последних разработок в области экологического строительства, изучении существующих «зеленых» стандартов в РФ. Рассматривается существующий опыт строительства, показывающий, возможность реализации проектов экологических городов с новыми способами строительства.

Рассмотрим действующие стандарты. Вступившие в РФ в силу 1 февраля 2019 года «экологические стандарты» [4-8] дают определение основным терминам, с вязанным с зеленым строительством, указывают на бережное использование ресурсов, энергоэффективность, создание экологической безопасности и комфортных условий среды жизнедеятельности. Регламентации «зелёных» технологий до этого в РФ не существовало.

Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года определяет уровень безопасности и качество строительного производства.

Зачастую нетрадиционные и даже на первый взгляд удивительные технологии подвергаются всеобщей критике. Нежелание менять устоявшиеся привычки традиционного, а главное налаженного строительства приводят к застою технологического прогресса.

Большую ценность представляет собой опыт зарубежных стран по применению простых в использовании, нересурсозатратных технологий. Архитектор Винсент Каллебот (Бельгия) разработал проект «экологически чистого» города с высоким уровнем комфорта для проживания «Aequoга». Проект решает экологические проблемы перенаселения планеты за счет переселения части жителей в океан (комплекс вмещает 20 000 жителей). Проект предполагает печать структур города из композитного материала, переработанного из пла-

стиковых отходов вод мирового океана. на 3D-принтере. Таким образом, одновременно с этим решается проблема пластиковых островов в океане. (Рис. 1а) [15]

Китайская компания WinSun Decoration Design Engineering Co представила 10 зданий, практически полностью напечатанных. Размеры 3D принтера: длина 150м, ширина 10м, высота 6м. Состав материала для печати запатентован и позволяет вторично использовать строительные отходы так как включает в себя бетон, стеклопластик, песок и укрепляющее средство. Несущие конструкции, выполненные из такого материала, имеют высокие изоляционные свойства и хорошую сейсмостойкость за счет своей гибкости. По сравнению с традиционными способами строительства трудозатраты сократились на 80%, а следовательно, и уменьшился травматизм. Расход материалов сократился в 2 раза. [16] (Рис. 1б)

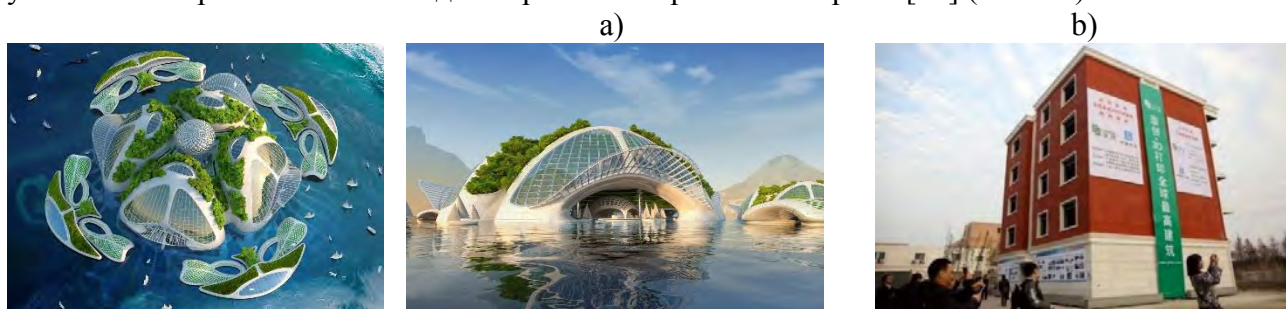


Рис. 1. Опыт зарубежных стран

- а) Проект экологически чистого города «Аеқиогеа» из пластиковых отходов
- б) Проект дома напечатанного на 3D принтере из отходов строительства

На основании анализа опыта существующего строительства, из ресурсов [9-16], проводим оценку соответствия разных технологий среды жизнедеятельности новым «зеленым» стандартам РФ по принятым критериям.[4-8] Для наглядности при сравнении различных технологий строительства используем градуированную по цвету шкалу оценки. Переходные цвета от ярко-рыжего (несоответствие критерию) к ярко-зеленому(соответствие) говорят об увеличении соответствия данной технологии «зеленым» стандартам- то есть степени экологичности технологии строительства. Белый цвет означает отсутствие данных исследований из-за новизны технологии.

Таблица 1. Оценка соответствия среды жизнедеятельности зеленым стандартам

	УПРАВЛЕНИЕ	КОМФОРТ	ЭНЕРГОЭФ-ТЬ	ТРАНСПОРТ	ВОДА	ВОЗДУХ	МАТЕРИАЛЫ	ОТХОДЫ	ЗЕМЛЕПОЛЬЗ-ИЕ	БЕЗОПАС-НОСТЬ	ИННОВАЦИИ
Существующие города (неэкологичные)	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Строящиеся города без принципов экологического строительства	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange
Строительство городов по экологическим принципам и технологиям	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green
Экологичные города "напечатанные на 3D принтере" из отходов	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green	Dark Green
Шкала оценки	Dark Green	Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Orange	Light Green	Light Green	Light Green	Dark Green	Dark Green

Таким образом, наглядно показаны преимущества применения экологического строительства по сравнению с традиционным строительством. (табл.1) Основные методы, используемые для реализации технологии экологического строительства представлены на рис.2. Принципы, при которых при новом строительстве можно использовать отходы для глобаль-

ного улучшения состояния окружающей среды выделены цветом (ярко зеленый-очевидные, светло-зеленый неочевидные). Это показывает связь и необходимость объединения принципов экологического строительства с новыми технологиями для решения экологических проблем.



Рис. 2. Методы, используемые для реализации технологии экологического строительства

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день зеленое строительство является приоритетным в развитии отрасли. Принципы и методы зеленого строительства позволяют минимизировать воздействие на окружающую среду, улучшают показатели экологической безопасности, снижают расход ресурсов и вредных выбросов, увеличивают энергоэффективность объекта.

Полностью устойчивым город становится при достижении экологической, экономической и социальной составляющих. На рис.3 показано какими способами достигается каждая из них. Видно, что при использовании в строительстве отходов также реализуются все принципы экологически устойчивого города. (отмечены зелёным цветом).

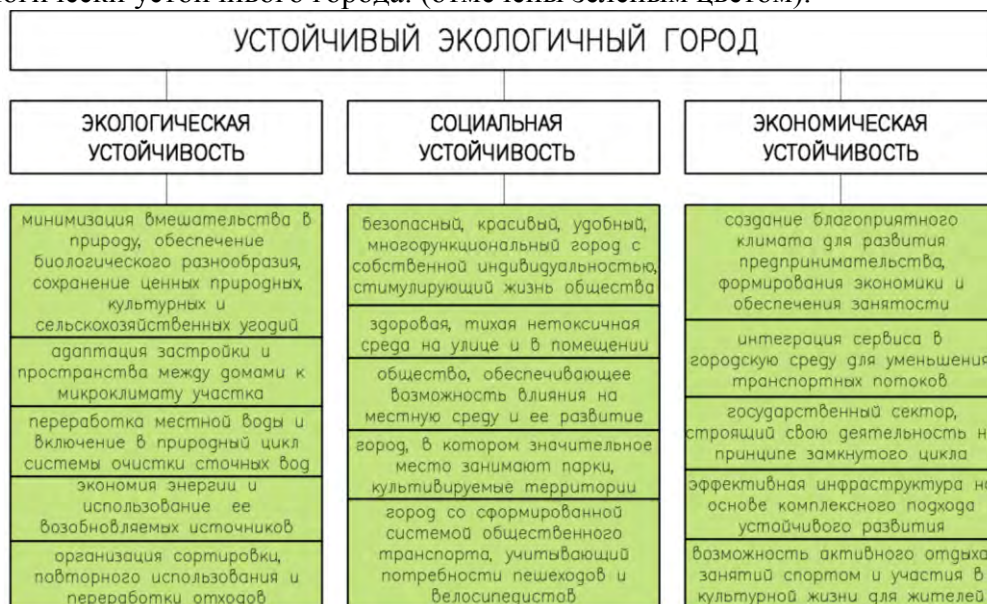


Рис. 3. Принципы устойчивого экологического города и соответствие данным принципам технологий строительства городов из отходов

«Зеленое строительство» в разы эффективнее традиционного и в совокупности с новыми технологиями строительства может рассматриваться как способ достижения ЦУР (3,6, 7, 8, 9, 11, 12, 13,14,15) и решение общих экологических проблем. Существующая нормативно-правовая база РФ позволяет реализовывать такое строительство.

ВЫВОДЫ

Практическая значимость строительства экологических городов заключается в его положительном эффекте на окружающую среду. Темпы развития общества диктуют необходимость наращивания скоростей экологического строительства и использования при этом новых нетрадиционных технологий. Необходимо строительство экологических городов, которое обеспечивает бережный подход к окружающей среде, оправдывает трудозатраты при требуемом соотношении цена/качество и способствует экологическому устойчивому становлению общества, необходимого для сохранения окружающей среды. Использование отходов при строительстве увеличивает степень рационального использования ресурсов.

За счет объединения концепций строительного процесса новых, при этом экологических городов и одновременной переработки при этом отходов решаются сопутствующие экологические проблемы, что и указывает на научную значимость. Такой подход экономически и экологически эффективен, имеет большую область для дальнейших научных исследований, а главное учитывает приоритетные направления развития, обозначенные в ЦУР ООН и «Стратегии инновационного развития».

ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1>
2. Стратегии инновационного развития строительной отрасли России на период до 2030 г.: проект документа // Минстрой России. Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/11870/>.
3. A vision for sustainable and competitive sector by 2030 // European Construction Technology Platform (ESTR). Режим доступа: www.ectp.org.
4. ПНСТ 349-2019 «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности и «зеленая» инновационная продукция. Термины и определения
5. ПНСТ 350-2019 «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Классификация
6. ПНСТ 351-2019 «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Критерии отнесения
7. ПНСТ 352-2019 «Зеленые» стандарты. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям «зеленых» стандартов. Общие положения
8. ПНСТ 329-2018 «Зеленые» стандарты. «Зеленая» продукция и «зеленые» технологии. Оценка соответствия по требованиям «зеленых» стандартов. Общие положения
9. Круковец А.Е., Ларионова К.О. Применение отходов в строительстве // В сборнике: Строительство-формирование среды жизнедеятельности XXI Международная научная конференция: сборник материалов семинара «Молодежные инновации». 2018. С. 345-347.
10. Круковец А.Е., Использование отходов в строительстве // В сборнике: ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ. 2018. С. 1432-1434.
11. Бокалдерс В., Мария Б. Экологические аспекты строительных технологий. Проблемы и решения- Москва, Издательство АСВ, 2014. - 480с.
12. Теличенко В.И. «Зеленые» технологии среды жизнедеятельности: понятия, термины, стандарты // Вестник МГСУ. 2017 Т. 12 Вып. 4 (103). С. 364–372. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.4.364-372
13. Теличенко В.И., Ройтман В.М., Бенуж А.А. Комплексная безопасность в строительстве. М. : НИУ МГСУ, 2015 144 с.
14. Теличенко В.И. От принципов устойчивого развития к «зеленым» технологиям // Вестник МГСУ. 2016 № 11 С. 5–6.
15. Vincent Callebaut Architecte LILYPAD [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://vincent.callebaut.org/page1-img-lilypad.html>
16. Company Profile WINSUN [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.winsun3d.com/En/Product/prolist/id/1>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ IFC ФОРМАТА В РЕАЛИЗАЦИИ BIM ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ПРОГРАММНЫХ ОБЕСПЕЧЕНИЙ

В.С. Ларин

студент 4 курса ИЭУИС, larinvladislav18@gmail.com

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

Аннотация

Тема статьи представляет интерес в связи с тем, что компьютерное моделирование в настоящее время охватывает проектирование и строительство как типовых зданий, так и уникальных сооружений, а также инженерных сетей и многого другого. Именно поэтому на рынке появляется больше и больше вариаций программ, которые почти всегда создаются для решения узконаправленных задач. Впоследствии сбор полученных данных в один итоговый проект является одной из основных проблем в BIM-моделировании. В приведённой статье показана связка из нескольких BIM-программ, которые использовались для реализации проекта. Взаимосвязь данных решений была бы невозможна без использования современного подхода передачи данных с помощью формата IFC, что позволило импортировать проект в другие комплексы с изначально несовместимыми форматами файлов. В будущем это позволит современным конструкторам и архитекторам в области BIM [1-2] не делать упор на знания нескольких программных комплексов, а достичь совершенства работы в одном BIM-решении и впоследствии при помощи бесшовной и безошибочной передачи данных реализовывать проект в совершенно разных модулях.

ВВЕДЕНИЕ

BIM-моделирование в нашей стране развито не так широко, как в странах Европы и Америки, но уже на момент 2019 года, появляется гораздо больше компаний, которые отмечают в своих запросах по поиску персонала о необходимом знании и владении теми или иными продуктами в области BIM-моделирования. Из-за огромного спектра задач по созданию проекта и разнообразия программного обеспечения в области проектирования и расчётов, зачастую работодатель не может остановиться на каком-то одном решении, и всё чаще мы видим в объявлениях то, что современных работников, который связал жизнь с BIM, должен знать уйму решений мировых производителей.

Все вышеперечисленные факторы наталкивают на мысль о том, что только человек, владеющий в совершенстве всеми программными комплексами, может устроиться на высокооплачиваемую должность. Знать совершенно различные решения от множества производителей попросту невозможно. Это понимают, и мировые лидеры при создании программных обеспечений.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Недавно BIM и связанные с данной тематикой ресурсы были не так распространены во многих странах, но уже сейчас на примере статьи М.Хамма-Одамы можно заметить, что данная отрасль проектирования добралась и до таких стран как Нигерия. Это означает, что в ближайшие годы современное компьютерное моделирование будет использоваться повсеместно, а специалисты в данной области станут ещё более востребованными.

Ещё одним доказательством популяризации BIM свидетельствует статья Жарикова И.С. В статье автор описывает как применяется современное программное обеспечение в об-

ласти экспертизы строительного объекта, тем самым сводя к минимуму количество коллизий в итоговом проекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Таким образом, в Великобритании уже около десяти лет обсуждается тема «Open BIM» решения. Эта задача предполагает объединить в едином формате всевозможные проекты, спецификации, расчёты и результаты анализа из всевозможных программ так или иначе связанных с BIM-проектированием. Это означает, что вскоре никому не придётся изучать и переучиваться огромному количеству программ, представленных на рынке, необходимо будет знать в совершенстве узконаправленные и специализированные для работы программные обеспечения, а затем переводить результаты работы в универсальный формат для передачи в другие решения САПР.

Так ли эта идея нова как это представляют коллеги из Великобритании? Ответ – нет. Кто, так или иначе, работает с различными решениями от Autodesk или Graphisoft известен формат проекта IFC.

IFC, или же Industry Foundation Classes, - это формат данных с открытой спецификацией, разработанный альянсом buildingSMART. Данный формат предназначен непосредственно для использования в проектировании информационных моделей зданий и сооружений. Первые версии формата разработаны ещё в 1995 году американскими и европейскими архитекторами, инженерами, и конечно же с лидерами в разработке программного обеспечения в отрасли информационного проектирования. А компания Graphisoft в своём продукте ArchiCAD стала первой компанией, которая предоставила возможность экспортировать и импортировать проекты в формате IFC.

На официальном сайте openbim [3] описаны версии стандарта IFC, с помощью которого уже сейчас можно добиться бесшовного взаимодействия всех BIM – решений.

Так, всё началось с IFC1.0 – IFC2x, выпущенных в период с 1995 по 2003 год и являвшихся первыми разработками. Информации об этих версиях мало, так как данные форматы сильно устарели. На тот момент IFC был применим для передачи данных между версиями ArchiCAD, а о взаимодействии абсолютно разных решений от иных производителей речи пока и не шло. IFC2x3-IFC2x3TC1, выпущенные уже в период с 2006 по 2007 года внесли настоящий вклад в развитие идеи Open BIM и уже предполагали передачу проекта из одного программного обеспечения в совершенно другое, что позволяло продолжать работу над проектом, используя совершенно разные по сфере деятельности и сфере реализации задач программные обеспечения.

Но данные форматы были ещё далеки от идеала и зачастую пользователи сталкивались с ошибками, например, неверным отображением некоторых объектов при экспорте и импорте или же вовсе с утратой некоторых элементов, но всё же это была настоящая революция и достижение в идее связи всех BIM-решений одним форматом. Так, в каждом BIM-решении от второй версии формата до самой современной предполагается экспорт в формате IFC, это можно увидеть в Revit, AutoCAD, ArchiCAD, Tekla Structure, Civil 3D и так далее. На данный момент самый современный IFC формат – это IFC4 Add2, выпущенный в 2016 году и можно сказать, что реализация задачи Open BIM во многом решена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной статье автором рассмотрен экспорт проекта из Autodesk Revit 2017 в формате IFC4 в решение Graphisoft ArchiCAD 22 для последующей реализации рендера в Cinema 4D (с использованием V-Ray) и в 3dsMax (с использованием CoronaRender). Данная четверка программ была выбрана потому, что по парам эти программные комплексы взаимодействуют прекрасно, нет никаких ошибок, и экспорт из Revit в 3dsMax, как и из ArchiCAD в Cinema4D происходит моментально, поэтому пользователь может сразу приступить к рендеру. Но если изначально проект был выполнен только в Revit, а впоследствии файл проекта был передан

другому специалисту, который использует только ArchiCAD и Cinema4d, то необходимо использовать IFC. Всё дело в том, что Revit и 3dsMax - это решения от Autodesk. Данная компания известна тем, что их продукты с лёгкостью взаимодействуют между собой, потому экспортировать проект из Revit в 3dsMax в формате .fbx не составило бы никаких проблем, в то же время программы Autodesk проблемно взаимодействуют с продуктами от других производителей. Также и проект ArchiCAD легко переносится в Cinema4D, но очень тяжело импортировать тот же проект в 3dsMax, в силу описанных выше особенностей проектирования в ArchiCAD и Revit, поэтому очень часто многие строительные конструкции могут восприниматься программой, принимающей проект в формате IFC, просто как 3D объекты без характерных свойств, информации о материалах и тому подобного. На рис.1 продемонстрирована связь всех программ от Autodesk, Graphisoft и Maxon [4] (создателей Cinema4D) при помощи IFC4.

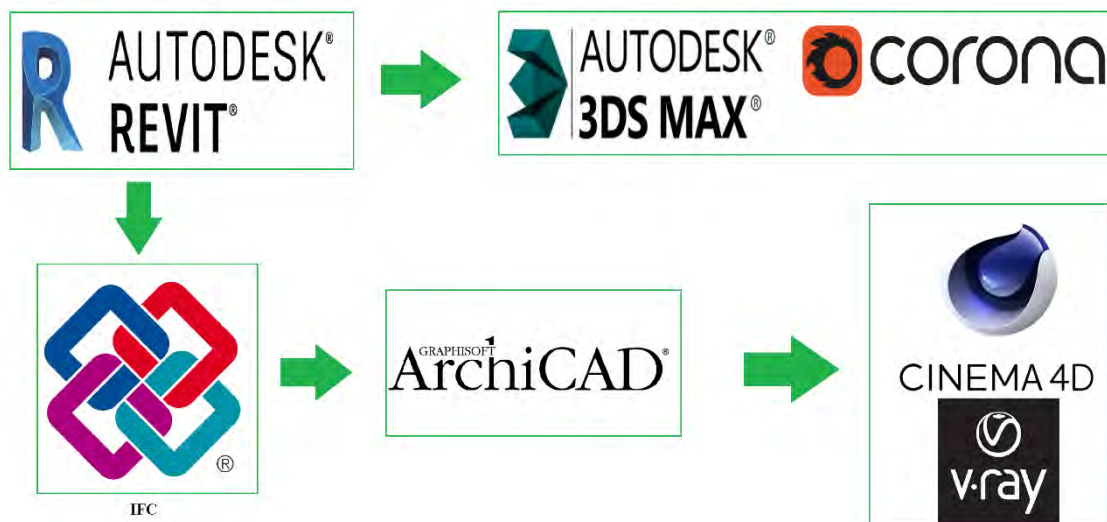


Рис. 1. Взаимодействие всех выбранных ПО

Изначальный проект в Revit 2017 необходимо сохранить в формате IFC4 и экспортировать в ArchiCAD 22. Экспорт проекта осуществляется в главном меню программы, подменю «Экспорт». При выборе формата необходимо указать IFC и выбрать IFC4 Design Transfer View.

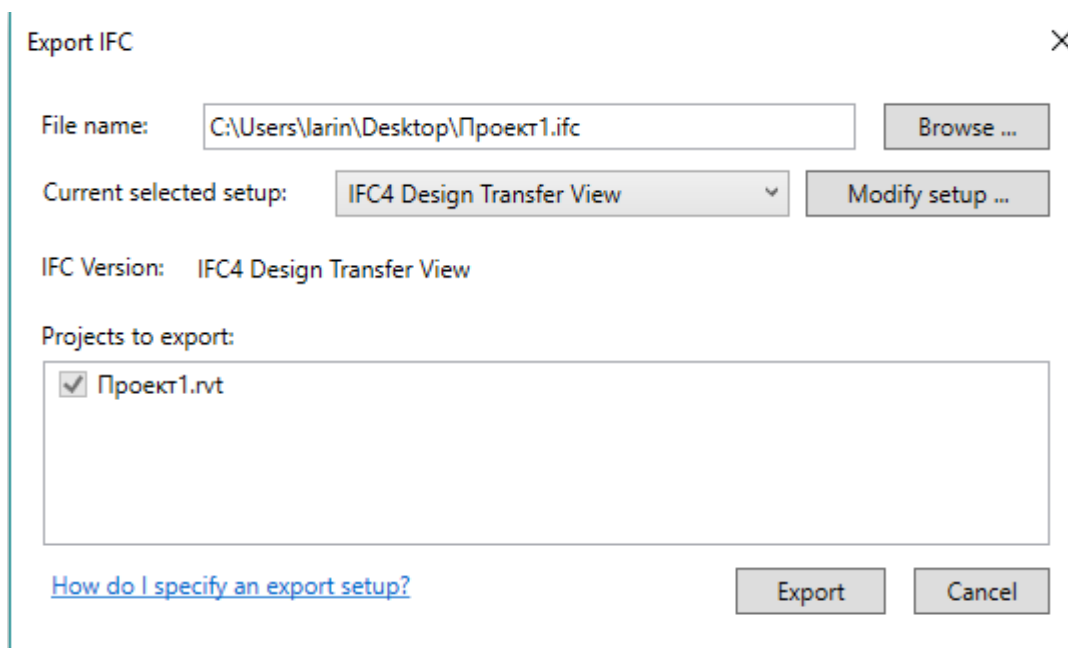


Рис. 2. Экспорт проекта в формате IFC4

Таким образом исходный проект переносится в ArchiCAD 22. Все объекты сохраняют свою природу и изначальные параметры без потерь данных, то есть если в проекте Revit заложено перекрытие с толщиной 300 мм, то и в ArchiCAD данный объект определяется как перекрытие с изначальными параметрами.

В результате, проект из ArchiCAD сразу готов к экспорту в Cinema 4D для дальнейшего рендера с использованием V-Ray Render.

Результаты можно наблюдать на рис. 3 и рис. 4.

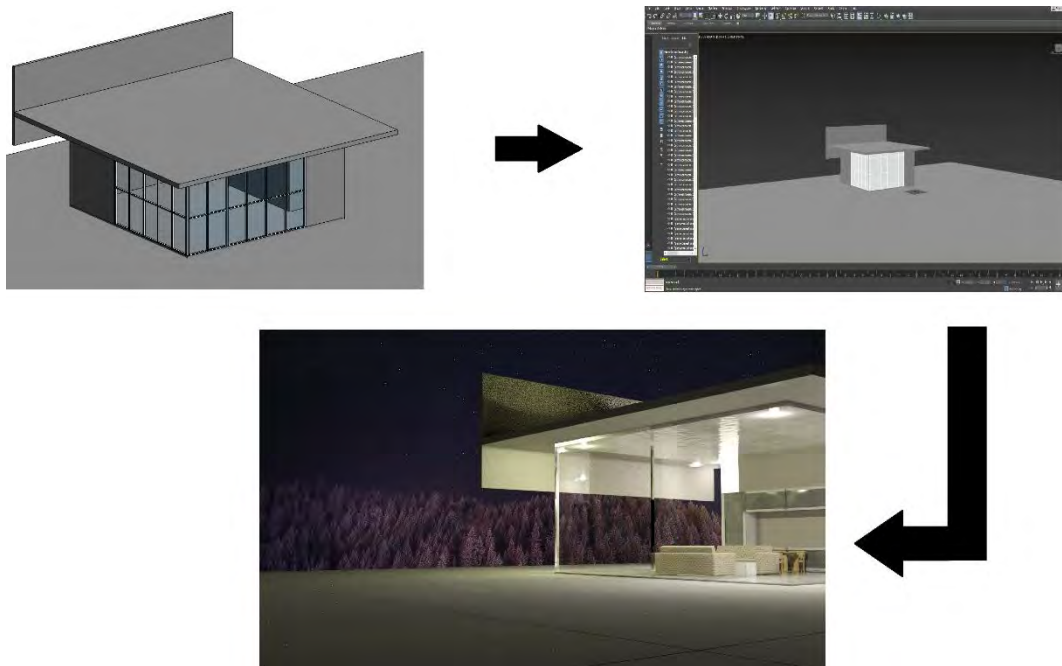


Рис. 3. Результат импорта из Revit сразу в 3dsMax для рендера в Corona

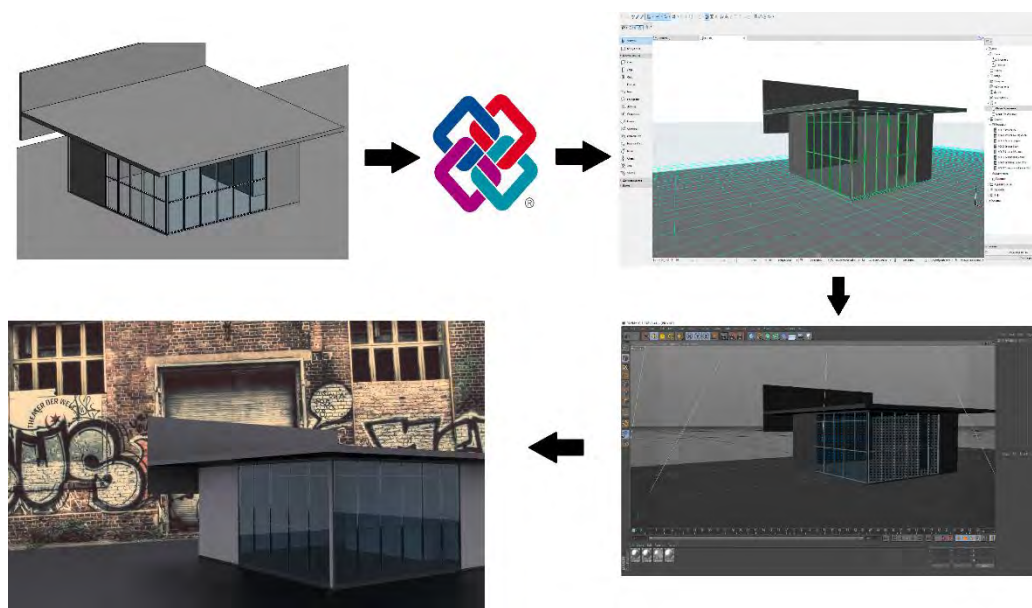


Рис. 4. Результат экспорта из Revit в формате IFC4 в ArchiCAD с последующим рендером в Cinema4D

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сказать, что формат IFC реализует взаимодействие программных обеспечений различных производителей, и количество ошибок в виде потерь данных или не отображения каких-либо элементов, сильно сокращается, хотя данные погрешности не исключаются в проектах с очень высокой сложностью геометрии. Это позволяет специалистам в реальном времени реализовывать единый проект в разных программных продуктах, а в скором будущем данная концепция будет доведена до идеала, что позволит работать там, где удобно каждому.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hamta-adama M.*, A Review on Building Information Moddeling in Nigeria and Its Potentials // T.Koider Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering, 12, 11 (2018).
2. *Жариков И.С., Давиденко П.В.*, Эффективное использование BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз // Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Н. Шухова. 2018.№1. С.42-48
3. Сайт OpenBim [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://openbim.ru> Дата обращения: 17.02.2019
4. Сайт Maxon [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.maxon.net/ru/produkty/cinema-4d/obzor/> Дата обращения: 17.02.2019

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

А.А. Морозов

аспирант, *moralex1993@mail.ru*

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

Аннотация

В данной работе исследовалась математическая модель воздушного режима жилого помещения (спальни). Целью работы являлось моделирование перемещения воздушных потоков в жилом помещении под воздействием конвекции нагретых поверхностей радиатора и инфильтрации через оконные проёмы. В настоящее время получило широкое развитие математическое моделирование аэродинамических процессов. Данный вид исследования позволяет производить эксперименты без физического оснащения и оборудования, являясь в ту же очередь очень гибким инструментом. Математическое моделирование аэродинамических процессов основано на уравнениях Навье-Стокса, неразрывности, энергии, уравнении Пуассона и модели турбулентности. На данный момент в мире существует ряд универсальных коммерческих программных продуктов для решения задач вычислительной гидродинамики. Среди ведущих зарубежных коммерческих пакетов можно выделить такие, как «ANSYS FLUENT» и «ANSYS CFX» корпорации ANSYS Inc. С помощью данного программного комплекса была построена исследуемая модель перемещения воздуха в помещении. В ходе анализа рассматриваемой модели выявлено, что естественная вентиляция несущественно влияет на циркуляцию воздуха в помещении, а также то, что наличие инфильтрации наружного воздуха усиливает циркуляцию воздуха в области отдыха(сна) человека, что приводит к большому воздействию аллергенов, находящихся в воздушной пыли, на здоровье человека.

В последнее время математическое моделирование процессов газовой динамики, как инструмент решения научно-технических задач, получило широкое развитие. Нового, более высокого уровня достигли численные методы, лежащие в основе математического моделирования. [1]

Воздушный режим помещения гражданского здания включает в себя:

- конвективные струи воздуха, восходящие от нагретых источников и нисходящие от холодных поверхностей. Конвективная воздушная струя - турбулентный вертикальный поток воздуха, возникающий в результате его теплообмена с неизотермической поверхностью. Конвективная воздушная струя в помещении возникает на поверхности нагретого оборудования (сушилки, печи, горячие ванны и прочего) и поверхности строительных ограждений в первом случае возникают восходящие компактные конвективные воздушные струи, а у поверхностей наружных ограждений в холодный период года — ниспадающие плоские (пристенные). Панельные отопительные приборы создают интенсивный восходящий поток, локализующийся в пристенной области и активно взаимодействующий с нисходящим потоком воздуха вдоль ограждения. Такое взаимодействие приводит к формированию вихревой зоны, захватывающей примерно 30 % площади помещения. [2]

- струи инфильтрующегося и эксфильтрующегося воздуха.

Инфильтрация и эксфильтрация наружного воздуха через ограждения также вызывает определенную подвижность воздуха в помещении. Ограждающие конструкции и инженерное оборудование формируют внутреннюю среду жилых и общественных зданий. При этом

ведущая роль при формировании микроклимата гражданских зданий отводится воздухопроницаемости ограждающих конструкций [3];

- струи приточного и вытяжного воздуха системы вентиляции. Механическая вентиляция сама по себе влияет на воздушный режим помещений, но также стоит отметить присущие ей образования застойных зон, характеризующихся большой концентрацией пыли. [4]

Обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещениях различного назначения является важной и актуальной задачей. От качества решения данной задачи зависят самочувствие и работоспособность людей и (или) качество производимой продукции.

На распределение параметров микроклимата в объеме отапливаемых помещений влияет множество факторов: температурные параметры окружающей среды, геометрические размеры помещений и теплотехнические характеристики их ограждений, наличие препятствий для движения воздуха в виде перегородок, мебели, оборудования и т. п.; тип, мощность и расположение отопительных приборов; параметры системы вентиляции; наличие внутренних стоков и источников теплоты и т. д. Большое количество параметров, оказывающих влияние на формирование микроклимата, определяет сложность и системность задачи, а также многообразие путей ее решения.

Одно из основных условий решения этой проблемы – изучение и системный анализ процессов переноса в отапливаемом помещении, рассматриваемом как комплекс, состоящий из множества активных и пассивных элементов: отопительных приборов, ограждений, воздушной среды помещения, человека и окружающих его предметов, средств производства и т. п. [5]

Для описания процессов распределения скоростей, температур, других параметров в потоке несжимаемого вязкого газа в трехмерной постановке составлена математическая модель, включающая: [6]

1. Уравнение Навье – Стокса для несжимаемой жидкости в проекциях на оси x, y, z соответственно:

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + (V * \nabla)V &= G - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \nabla^2 V, \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right), \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right), \\ \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right), \end{aligned}$$

где V – вектор скорости движения воздуха с проекциями u, v, w на оси декартовой системы координат x, y, z соответственно; G – вектор гравитационных сил; ρ – плотность воздуха; p – давление воздуха; ν – коэффициент кинематической вязкости; t – время; g – ускорение свободного падения;

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} - \text{оператор Набла};$$

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \text{оператор Лапласа}.$$

2. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$\nabla * V = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

3. Уравнение энергии для несжимаемой жидкости:

$$p c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + V * \nabla T \right) = \lambda \nabla^2 T + \mu \left[2 \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right) + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]$$

где c_p – изобарная теплоемкость воздуха; T – температура воздуха; λ – коэффициент теплопроводности; μ – коэффициент динамической вязкости.

4. Уравнение Пуассона для давления, выведенное из уравнений движения и неразрывности

$$\frac{1}{p} \nabla^2 p = - \left(\frac{\partial d}{\partial t} + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w \frac{\partial d}{\partial z} \right) - d^2 - \frac{\mu}{p} \nabla^2 d + 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} * \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial u}{\partial x} * \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial y} * \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \left(\frac{\partial v}{\partial x} * \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} * \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} * \frac{\partial v}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial T}{\partial y} * \frac{g}{T_0}$$

где $d = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$ – дивергенция вектора скорости V , учитываемая в уравнении для давления по рекомендации; T_0 – начальная температура воздуха в помещении.

Уравнения k - ε модели:

$$\partial_i k + \bar{u}_j \partial_j k = P - \varepsilon + \partial_j \left(\left(v + \frac{v_T}{\sigma_k} \right) \partial_j k \right)$$

$$\partial_i \varepsilon + \bar{u}_j \partial_j \varepsilon = \frac{C_{1\varepsilon}' P - C_{2\varepsilon}' \varepsilon}{T} + \partial_j \left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \partial_j \varepsilon \right)$$

Граничные условия на твердых границах определяются условиями прилипания и условиями проскальзывания воздуха, задаваемыми для вектора скорости на твердых границах. Граничные условия на свободной границе определяются значениями давления, значениями скорости воздуха по нормали к границе или под углом к нормали и условиями вытекания воздуха с нулевым градиентом давления. [7]

На данный момент в мире существует ряд универсальных коммерческих программных продуктов для решения задач вычислительной гидродинамики. Среди ведущих зарубежных коммерческих пакетов можно выделить такие, как «ANSYS FLUENT» и «ANSYS CFX» корпорации ANSYS Inc, «STAR-CD/STAR-CCM+» компании CD-adapco Group, позволяющие проводить моделирование широкого класса физических процессов в научных и инженерных областях. Существуют и отечественные универсальные коммерческие пакеты: Flow Vision компании ТЕСИС, Gas Dynamics Tool компании GDT Software Group. [8]

Программный модуль ANSYS FLUENT имеет широкий спектр возможностей моделирования течений жидкостей и газов для промышленных задач с учетом турбулентности, теплообмена, химических реакций. К примерам применения FLUENT можно отнести задачи обтекания крыла, горение в печах, внешнее обтекание нефтедобывающих платформ, течение в кровеносной системе, конвективное охлаждение сборки полупроводника, вентиляция в помещениях, моделирование промышленных стоков. Специализированные модели горения, аэрокустики, вращающихся/неподвижных расчетных областей, многофазных течений серьезно расширяют области применения базового продукта.

Численное моделирование, как один из наиболее эффективных методов исследования сложных физических процессов, находит всё более широкое применение для исследования вентиляции помещений. Достоинства численного моделирования особенно значительны, когда проведение реального эксперимента требует большого количества замеров, которые в свою очередь вносят изменения в исследуемый процесс. [9]

Формируемые в процессе конвекции температурное и скоростное поля воздушной среды можно найти при решении системы дифференциальных уравнений, состоящей из уравнения Навье-Стокса, уравнения неразрывности и уравнения переноса теплоты. [10]

В качестве инструмента моделирования был использован ANSYS Fluent. Была задана геометрия жилой комнаты со спальным местом. Размер помещения:

$A \times B \times H = 3 \times 4 \times 3$ м. Размер оконного проёма: $A \times B = 2 \times 1$ м.

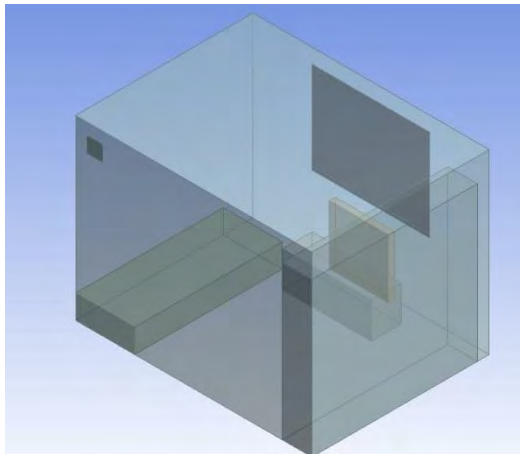


Рис. 1. Геометрическая модель помещения

Далее была задана расчётная сетка. Причём в области около окна и радиатора сетка была проработана более детально, как показано на Рис.2. Размеры элементов сетки:

Объём помещения: 0.1м. Оконный проём, радиатор, вентиляционные проёмы: 0.01м

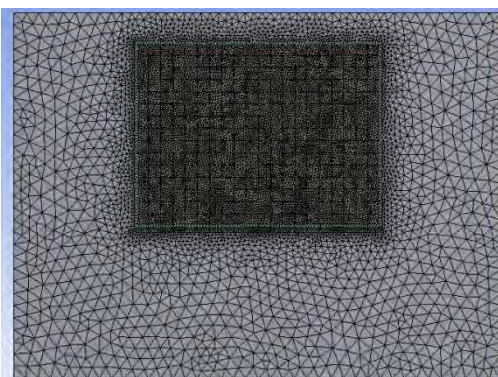


Рис. 2. Расчётная сеточная модель

Были заданы граничные условия: Внутренних поверхности помещения: 20°C .

Температура внутренней поверхности наружной стены: 16°C .

Температура поверхности окна: -10°C .

Температура поверхностей радиатора: $90/70^{\circ}\text{C}$

Расход инфильтрующегося воздуха: $0,012$ кг/с

Рассматривались два случая: с присутствием и отсутствием инфильтрации воздуха через оконный проём. Также была задана k-ε модель турбулентности. Расчёт производился до 300 итерации. В этом моменте рассматриваемые значения векторов скоростей выходили практически на линию const.

Результаты моделирования представлены на Рис. 3, 4 и 5. На изображениях наглядно представлено конвективное перемещение воздуха в помещении от воздействия нагретых поверхностей радиатора. Стоит уделить внимание важному моменту: на Рис.4 и 5 в зоне спального места наблюдается застойная вихревая зона с перемещением воздушных масс вдоль

спального места. В данном случае вместе с воздушными массами перемещается и пыль вместе с содержащимися в ней вредными для человека веществами. Длительное пребывание человека в этой зоне может негативно влиять на здоровье и самочувствие человека, ввиду циркуляции пылевых частиц, содержащие аллергены и иные вредные вещества. Это подтверждается тем, что при борьбе с пылевыми аллергенами в зарубежных странах существует практика организации сильно завышенного воздухообмена. Важно отметить, что при наличии естественной вентиляции (Рис. 4) вихревая застойная зона расположена ниже и гораздо ближе к зоне дыхания спящего человека, чем при отсутствии инфильтрации. Таким образом человек находится под более сильным воздействием пылевых аллергенов. В данном случае исправить ситуацию способно лишь увеличение воздухообмена.

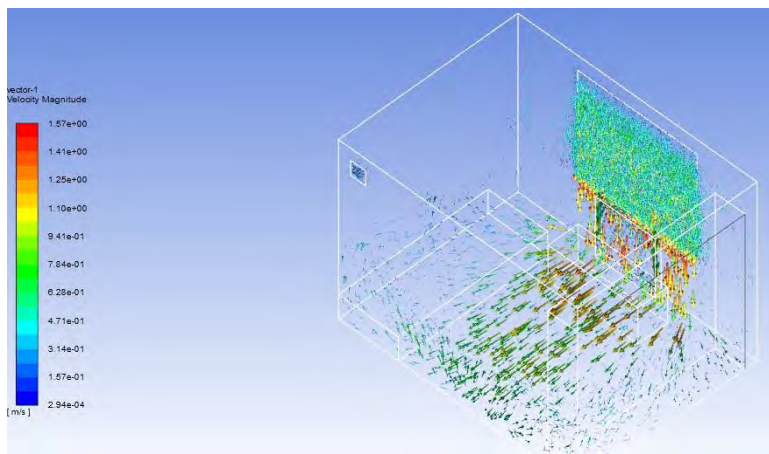


Рис. 3. Векторы скорости движения конвективных потоков воздуха в объёме помещения в присутствии инфильтрации

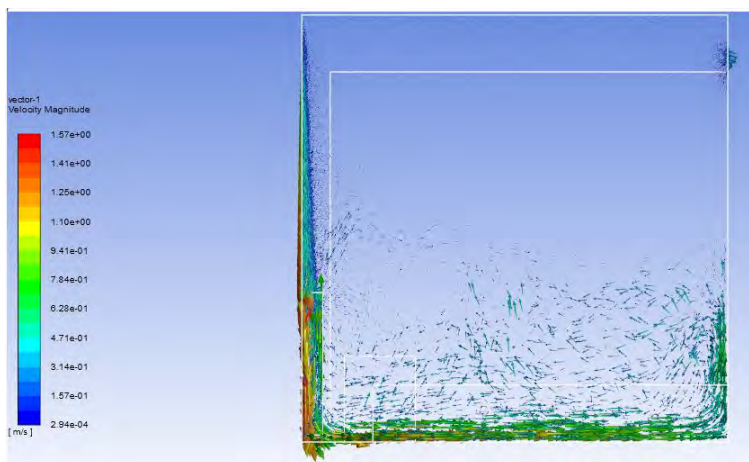


Рис. 4. Векторы скорости движения конвективных потоков воздуха в плоскости X-Y в присутствии инфильтрации через оконный проём

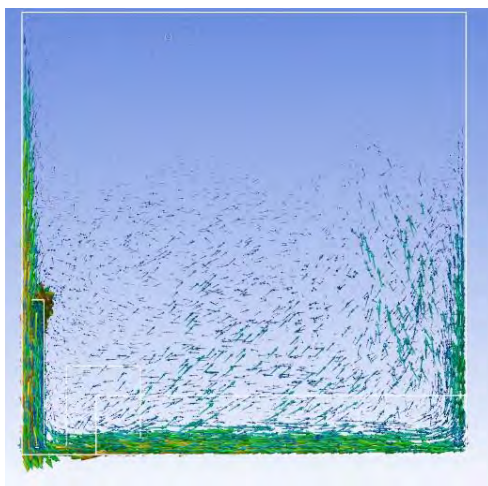


Рис.5. Векторы скорости движения конвективных потоков воздуха в плоскости X-Y при отсутствии инфильтрации через оконный проём

На изображениях наглядно представлено конвективное перемещение воздуха в помещении от воздействия нагретых поверхностей радиатора. Стоит уделить внимание важному моменту: на Рис.4 и 5 в зоне спального места наблюдается застойная вихревая зона с перемещением воздушных масс вдоль спального места. В данном случае вместе с воздушными массами перемещается и пыль вместе с содержащимися в ней вредными для человека веществами. Длительное пребывание человека в этой зоне может негативно влиять на здоровье и самочувствие человека, ввиду циркуляции пылевых частиц, содержащие аллергены и иные вредные вещества. Это подтверждается тем, что при борьбе с пылевыми аллергенами в зарубежных странах существует практика организации сильно завышенного воздухообмена, так как нормируемый воздухообмен не позволяет удалять пылевые частицы из помещения в достаточной мере. Важно отметить, что при наличии естественной вентиляции (Рис. 4) вихревая застойная зона расположена ниже и гораздо ближе к зоне дыхания спящего человека, чем при отсутствии инфильтрации. Таким образом человек находится под более сильным воздействием пылевых аллергенов. В данном случае исправить ситуацию способно лишь увеличение воздухообмена. Это обосновывает необходимость разработки принципиально новой системы вентиляции жилых помещений в целях снижения концентрации аллергенов, содержащихся в домашней пыли.

Таким образом была сформулирована математическая модель перемещения воздушных масс, в среде ANSYS Fluent была построена модель перемещения воздуха в жилом помещении. Проведенное моделирование продемонстрировало циркуляцию воздуха в помещении ввиду наличия конвективных потоков от радиатора. Исследование показало, что естественная вентиляция несущественно влияет на циркуляцию воздуха. В рассматриваемом помещении в обоих случаях существуют застойные вихревые зоны в области спального места и случае организации естественного воздухообмена вихревая зона ещё сильнее сконцентрирована в зоне дыхания человека, располагающегося на спальном месте, что ведёт к необходимости увеличения воздухообмена в помещении, относительно нормативного.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Склярков К.А.* Моделирование взаимодействия вентиляционных потоков с конвективными потоками от источников теплоты: диссертация канд. технических наук. ГОУВПК Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Воронеж, 2008.
2. *Яковлев П.В.* Влияние отопительных приборов на параметры микроклимата помещений // Вестник АГТУ. 2009. №1. С.19-23
3. *Шалагин И.Ю.* Аспекты теплотехнического расчета легких ограждающих конструкций// Инженерный вестник Дона, 2015, №2 (ч.2) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y20элект15/2994 (дата обращения 16.03.2019).

4. *Морозов А.А.* Движение пыли в жилом помещении// Сборник докладов внутривузовской научно-технической конференции «Дни студенческой науки». Институт инженерно-экологического строительства и механизации.2018. С. 241-245.
5. *Дячек П. И., Захаревич А. Э.* Моделирование микроклимата отапливаемых помещений // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2009. №2. С.34-37
6. *Воронков Д.С.* Математический аппарат и алгоритм выполнения расчетов систем обеспечения теплового режима помещений воздушно-отопительными агрегатами с использованием программного комплекса “Jocairheat”//Современные проблемы науки и образования. – 2013 – № 6 С.1-11
7. *Кузнецов С.Н.* Организация эффективного воздухообмена в производственных помещениях// Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2016. №4(44). С.30-37
8. *Платонов Д.В., Минаков А.В., Дектерев А.А., Харламов Е.Б.* Сравнительный анализ CFD-пакетов SigmaFlow и ANSYS Fluent на примере решения ламинарных тестовых задач // Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2013. №1 (21). С.84-94
9. *Склярков К.А., Колодяжный С.А., Потапова С.О.* Распределение вентиляционных воздушных потоков в помещении от источника теплоты // Вестник МГСУ. 2011. №7. С.553-557
10. *Захаревич А.Э.* Особенности формирования микроклимата в многосветных пространствах // Вестник МГСУ. 2011. №7. С.147-153

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОИСК УЧАСТКА ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГЕОДАННЫХ

К.А. Мочкин¹, М.А. Уткин²

¹ студент 3 курса 3 группы ИЭУИС, k.mochkin@yandex.ru

² студент 3 курса 3 группы ИЭУИС, mak.utkin98@yandex.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация

В данной статье предложена система поиска земельных участков по заданным параметрам, от которых во многом зависит качество организации строительства и эксплуатации объекта.

Поиск всей необходимой информации является длительным и утомительным процессом, который требует высокой внимательности и точности. Задача данного исследования - создать прототип системы, которая автоматизирует процесс поиска сведений об условиях строительства. Происходить это будет путем взаимодействия с такой технологией как ГИС. В рамках статьи описаны основные этапы создания, функции и преимущества данной системы.

Использование созданного прототипа актуально для незастроенных земельных участков, в большей степени эффективно для малых, средних и крупных городов, менее эффективно для мегаполисов, объекты которых находятся в условиях плотной застройки.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие IT-индустрии не стоит на месте. День за днем появляются все новые технологии, которые активно интегрируются в различные сферы, в том числе и строительную. В соответствии с поручением Президента Правительству в целях модернизации строительной отрасли на законодательном уровне необходимо стимулировать разработки и использовать отечественное программное обеспечение для внедрения технологий информационного моделирования в строительство [1].

В рамках данной статьи объектом исследования будет геоинформационная система (ГИС). Данная технология является результатом взаимодействия информатики и географии. Ее ключевой особенностью является пространственная привязка данных.

Геоинформационная система на сегодняшний день может позволить решить большое количество разнородных задач в различных областях, в том числе и повседневной жизни. Простейшим примером могут послужить такие системы как Яндекс.Карта и Google Maps, которые содержат всю необходимую информацию о каждом объекте и имеет набор инструментов для работы с ней.

Однако, несмотря на очевидную пользу системы, в строительстве она не получила широкого практического применения, так как не обеспечивает потребность в узконаправленной строительной информации. Поэтому основной задачей данного исследования является описание основных этапов разработки ПО для анализа и обработки геоданных, что, в свою очередь, направлено на автоматизацию поиска исходных данных для строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Существует большое количество исследований и статей, связанных с применением ГИС-технологий в строительстве. В статье Радченко Л.К и Ярошунас А.М. [2] перечислен комплекс задач в строительной отрасли, решаемых с помощью ГИС. Одна из которых - выбор участка под застройку с учетом всех необходимых параметров. Именно для решения

этой проблемы будет предложено в рамках нашей статьи.

Ко всему прочему, авторы статьи акцентируют внимание на том, что геоинформационную систему не должны рассматривать только как отдельный инструмент для учета расположения объектов на карте. ГИС должна стать одним из главнейших звеньев общей системы строительства, с помощью которой возможно размещение, согласование и анализ огромного объема данных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Автоматизированная система поиска участка под строительство на основе технологии ГИС (геоинформационные системы) осуществляет следующий функционал, который обеспечивается указанными методами.

1. Теоретический анализ геоинформационных систем.

Геоинформационная система - это система, которая направлена на анализ, сбор и управление данными с помощью специальных функций. ГИС может содержать в себе множество различных типов данных. Каждый тип хранится на своем тематическом слое, при наложении которых друг на друга данные объединяются, в результате чего в одной точке хранится информация с каждого слоя. Идентификация объекта происходит с помощью координат.

2. Анализ в сети Internet для оценки существующей ситуации на рынке строительного программного обеспечения, в результате которого было найдено два способа решения поставленной задачи.

1) Обратиться в специализированные агентства, которые в короткие сроки соберут всю необходимую информацию. При этом данная услуга требует определенных финансовых вложений.

2) Для синтеза всей необходимой информации необходимо найти и изучить множество разных карт. Недостаток этого способа - значительные временные затраты.

3. Анализ различных географических карт с целью получения единой базы данных.

Исходные данные, используемые для обработки, были взяты из различных картографических источников:

- публичная кадастровая карта;
- карта абсолютных отметок;
- карта сейсмичности;
- почвенная карта;
- гидрогеологическая карта;
- и другие.

Для эффективного использования этих карт было произведено их объединение с помощью специализированных программ ГИС: Демо-версии «Spatial Manager Desktop» и «Панорама 12» [3].

4. Разработка поисково-информационной системы.

Создание прототипа осуществлялось с помощью фреймворка Qt на языке объектно-ориентированного программирования C++. Применяемая программа имеет визуальную среду построения графического интерфейса и содержит все необходимые функции для решения задачи [4].

Основными структурными частями разрабатываемой системы являются:

- хранилище данных (исходные данные);
- программный модуль сбора и ввода данных;
- аналитическая подсистема;
- средства визуализации;
- модуль защиты данных;
- подсистема прогнозирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Реализация прототипа состояла из двух основных этапов - сбор информации для формирования базы данных и написание самой информационно-поисковой системы [5]. В результате были выделены следующие параметры:

- кадастровый номер;
- уровень подземных вод;
- координаты участка;
- состав грунта;
- площадь и тип участка;
- сейсмическая активность;
- абсолютная высота.

Данные параметры позволяют проектной организации выбрать основные проектные решения для осуществления расчета стоимости объекта по укрупненным показателям. Интерфейс системы состоит из двух основных областей. Одна из которых представляет собой модуль для ввода и считывания данных вводимых пользователем. Вторая же является визуальным представлением обработанных данных. Аналитическая подсистема позволяет получать необходимые результаты с помощью алгоритмов обработки исходных данных (Рис.1).

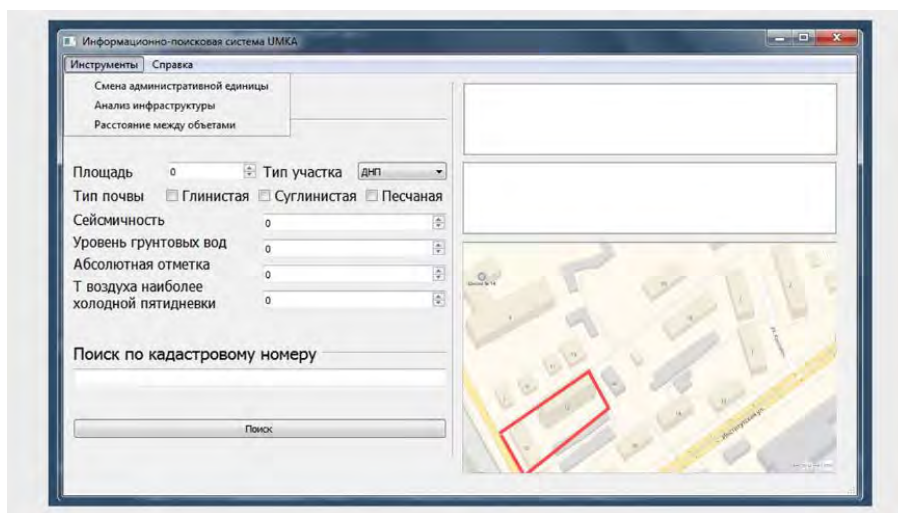


Рис. 1. Интерфейс прототипа

На приведённой ниже схеме представлена модель «черный ящик», которая используется в решении задачи. Пользователю нет необходимости знать принцип работы алгоритма или напрямую взаимодействовать со всеми данными. Достаточно ввести нужные параметры и на выходе получить готовый результат (Рис.2).

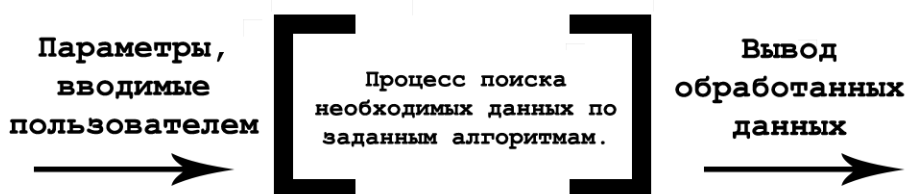


Рис. 2. Схема «Модель автоматизированной системы»

Пример реализации алгоритма поиска по параметрам в виде программного кода (Рис. 3) заключается в построчном сравнении исходных данных и введенных. Если обнаруживаются

совпадение, то кадастровый номер подобранного участка отражается в объекте «listWidget» в виде списка.

```
for(i=0 ; i<csvModel->rowCount(); i++)
{
    for(j=0; j<csvModel->columnCount(); j++)
    {
        QModelIndex index = csvModel->index(i, j);
        QString findedStr = index.data(Qt::DisplayRole).toString();
        popp.append(findedStr);
        if(record.at(k)== "NUM" || record.at(k)== "CORD")
        {
            index = csvModel->index(i++, j);
            findedStr = index.data(Qt::DisplayRole).toString();
            k++;
        }
        else
        {
            if(findedStr != record.at(k))
            {
                popp.clear();
                break;
            }
            else
            {
                if(k==stop)
                break;
                else
                {
                    k++;
                }
            }
        }
        ui->listWidget->addItem(popp.at(0));
    }
}
```

Рис. 3. Фрагмент кода алгоритма поиска участков по параметрам

В предложенной программе реализованы две основные функции:

- поиск участков по параметрам;
- поиск параметров по кадастровому номеру участка.

Каждая из них позволяет получить требуемую информацию об участке или же узнать сам участок по параметрам.

Важно отметить, что система может быть адаптирована под любые требования заказчика, так как основной алгоритм остается прежним. В процессе анализа необходимых исходных данных для проектирования выявлен ряд функций, которые целесообразно включить в систему.

1. Возможность ограничения радиуса поиска по административным единицам страны, областям и районам.

2. Анализ близлежащей инфраструктуры с заданным расчетным радиусом поиска (социальной - торговые центры, детские сады, школы, больницы, парки; технологической – точки подключения к инженерным сетям).

3. Построение транспортных путей (логистическое обеспечение строительной площадки).

4. Анализ участков под строительство сооружений различного назначения (промышленное, общественное, жилое, спортивное).

5. Оценка состояния экологии (включение в базу данных площадки информации об экологических показателях).

6. Учет климатических факторов (среднегодовые показатели влажности, скорости ветра, температуры, осадков, снеговая нагрузка и тому подобного.).

7. Мониторинг и прогнозирование изменения состояния земель на основе методов машинного обучения.

ВЫВОД

Таким образом, предлагаемое программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс поиска информации, прогнозирования и анализа данных, предоставляя для этого

специальные инструменты. Программа имеет удобный и в тоже время многофункциональный интерфейс.

Кроме того, симбиоз технологий BIM и ГИС позволит при моделировании здания не только получить всю необходимую информацию о земельном участке. Это позволит дать проектировщику полезные рекомендации для проектирования здания, что впоследствии может помочь избежать ошибок в проекте. Для заказчиков данная технологии также полезна с точки зрения оценки предполагаемых инвестиций в проект.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность своему научному руководителю Кузиной Ольге Николаевне за ценные советы при планировании исследования и помощь в редактировании статьи. Также выражается благодарность Макише Елене Владиславовне за рекомендации по оформлению статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/57425> Дата обращения: 17.03.2019
2. *Радченко Л.К., Ярошунас А.М.* Применение гис-технологий при капитальном строительстве объектов, «Сборник статей по материалам международного научного конгресса "Интерэкспо Гео-Сибирь"» 2017. С. 96-98 Дата обращения: 17.03.2019
3. Программы для ГИС: современное программное обеспечение для GIS. Режим доступа: <https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-gis-sovremennoe--programmnoe-obespechenie-dlya-gis> Дата обращения: 17.03.2019
4. Концепция информационной системы создаваемой на основе типового программно-технологического обеспечения региональной системы мониторинга хода реализации приоритетных национальных проектов и социально-экономического развития на территории субъекта Российской Федерации (региональный сегмент ГАС "Управление") Режим доступа: <http://rkomi.ru/services/elgov/upravlen/> Дата обращения: 17.03.2019
5. [Проектирование, разработка, сопровождение] Режим доступа: <https://pnproject.ru/stati/iskhodnyedannye-dlya-proektirovaniya> Дата обращения: 17.03.2019

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАДЗЕМНЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ ПАРКОВОК В СОСТАВЕ ОБЪЕМА ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

А.А. Муратова¹, И.Б. Мельникова²

¹ студентка 5 курса 28 группы ИСА, donasalieri@gmail.com

² науч. руководитель, доц. канд. архитектуры, irinport@gmail.com

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация

Предметом исследования является демонстрация возможности размещения закрытых надземных паркингов в составе объема жилого здания. Целью исследования является решение проблемы загруженности придомовой территории автомобилями. Поскольку до настоящего момента в России не было построено ни одного здания подобного типа, была собрана и проанализирована информация по зарубежному опыту, единичным пилотным проектам в городе Москве. Так же были учтены исследования, проведенные на базе института ЦНИИПромзданий, которые были направлены на внесение поправок в нормативные документы. Результаты исследования демонстрируют широкие возможности применения закрытых надземных парковок в крупных городах с плотной застройкой, которые могут значительно улучшить качество городской среды, освободить пространство под рекреационные зоны, зеленые насаждения, и положительно скажется на экологии.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема размещения автомобилей внутри территории города обостряется по мере развития и уплотнения городов. В связи с недостатком машино-мест и все большего увеличения цены застраиваемой территории, необходимо новое решение размещения автомобилей. Размещение в первых этажах жилых зданий закрытых подземных парковок может стать таким решением.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

По причине того, что ранее такое строительство было недоступно, каких-либо нормативных документов по внедрению паркинга в надземное пространство жилого дома нет. Многие архитекторы и градостроители осознают необходимость их введения, основываясь на анализе существующего положения [1-3], поскольку в настоящий момент действующие СП не разрешают строительство многоуровневых парковок в составе объема жилого здания [4-5].

На сегодняшний день вопросом внесения поправок, разрешающих и нормирующих строительство таких зданий, занимается институт ЦНИИПромзданий, находящийся в городе Москва. Это достаточно сложная работа, поскольку необходимо учитывать требования, предъявляемые не только к паркингу, но и жилым этажам, находящимся непосредственно над ним.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время при массовом строительстве жилья, проектировщики отказываются от устройства подземных паркингов, поскольку это достаточно дорого, особенно если учитывать, что состав грунтов в крупных мегаполисах России сложен для серьезных подземных работ [3]. Это приводит к тому, что проезжая часть большинства улиц в центральной части городов используется для движения только на 30 – 50 %, а это в свою очередь приводит к

соответствующему снижению пропускной способности улично-дорожной сети [1,4], нехватке свободного пространства, высокому риску возникновения аварийных ситуаций и ухудшению экологической обстановки всего микрорайона (Рис.1).

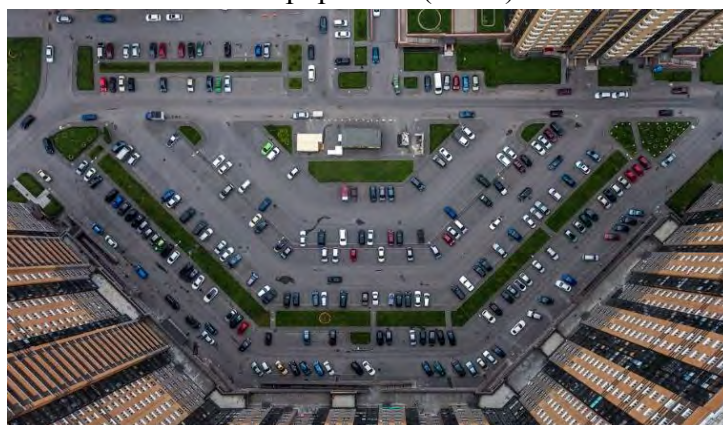


Рис. 1. Двор жилого дома в районе Парнас, Санкт Петербург

Важно отметить - возведение подобных зданий возможно без существенного заглубления несущих конструкций, что играет значительную роль при неблагоприятных грунтах, находя отражение в итоговой стоимости постройки.

Зарубежный опыт показывает, что интегрирование парковок в объем здания не только возможно, но и широко распространено в строительстве зданий различного назначения [6-7]. Преимущественно речь идет о высотной застройке, где над пространством паркинга могут быть размещены не только офисные, рекреационные пространства, но и непосредственно жилые квартиры (Рис. 2,3).

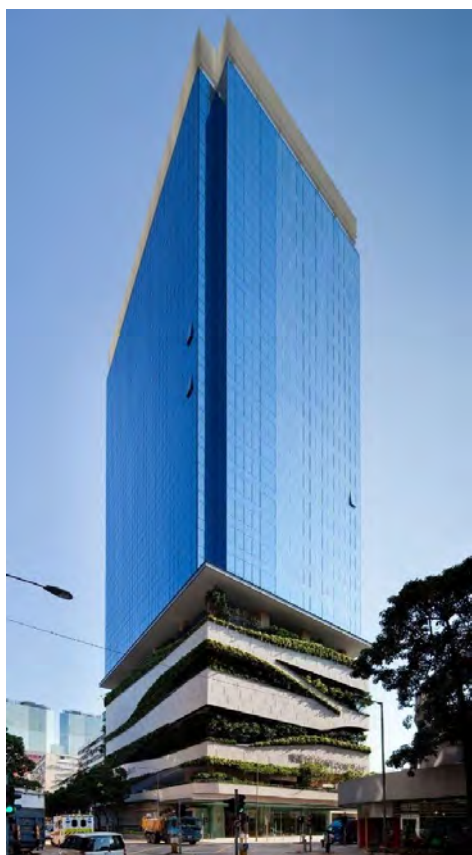


Рис. 2. 18 Kowloon East, здание в Гонконге



Рис. 3. Жилой комплекс «Марина-сити», Чикаго, США

Главными проблемами, с которыми можно столкнуться при проектировании паркингов в составе объема здания, являются:

1. Выброс вредных веществ в момент пуска двигателя и его прогрева;
2. Шумовое загрязнение;
3. Противопожарная безопасность.

При устройстве надземной парковки под объемом здания, она должна быть в закрытых конструкциях. Если сделать ее открытой, то решение вопроса выхлопных газов потребует либо создания принудительной системы вентиляции жилых этажей, с отсутствием воздухообмена через окна, либо дорогостоящей системы пожаротушения и дымоудаления в этажах, где будет расположен паркинг.

Помимо существующей необходимости в создании большого количества парковочных мест, есть потребность в оптимизации их плотности (Рис.4). Рампы и пандусы занимают слишком много места, поэтому рекомендуется перейти на более современную технологическую автоматизированную систему размещения автомобилей, которая имеет ряд преимуществ (Рис.5)[2]:

- Высокая плотность хранения автомобилей. В целях высокоэффективного использования пространства высота каждого уровня составляет около 1,7 м. Вместимость такого паркинга варьируется от 10 до нескольких тысяч автомобилей. Осуществляется прием или выдача двух автомобилей одновременно.
- Минимизация выброса вредных веществ, поскольку автомобили поступают на хранение с уже не работающим двигателем.
- Низкая стоимость амортизации, долговечность системы.
- Экономическое преимущество: возведение и обслуживание надземного паркинга такого типа обойдется на 50% дешевле, чем строительство классического подземного паркинга такого же объема.
- Удобство пользования. Согласно опыту мировой практики, подача машины занимает считанные минуты, не смотря на внушительные объемы хранилища.
- Сохранность автомобилей. Автоматизированная система оборудована всеми необходимыми датчиками для аккуратной транспортировки и хранения автомобилей, а отсутствие людей в зоне хранения исключает проявления вандализма.
- Данная система обеспечивает низкий коэффициент шума и вибраций, что значительно расширяет область ее применения.

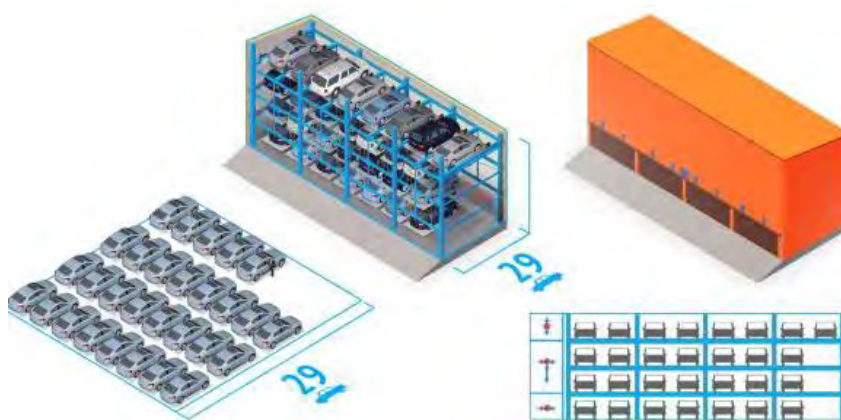


Рис. 4. Пример занимаемой площади при хранении автомобилей в одном уровне и с помощью автоматизированных парковочных систем (АПС)



Рис. 5. Пример организации системы хранения механизированного паркинга

Не смотря на перечисленные преимущества автоматизированных парковок, они должны быть отделены от жилых этажей техническим этажом [5]. Технический этаж может иметь меньшую, по сравнению с жилыми этажами, высоту и служит для расположения всех инженерных коммуникаций как паркинга, так и самого жилого дома (Рис.6).

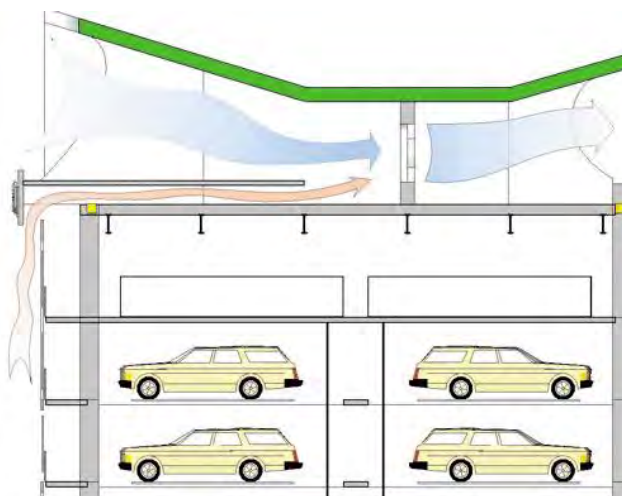


Рис. 6. Пример решения вентиляции технического этажа паркинга

ВЫВОДЫ

Таким образом, создание паркингов непосредственно под жилым зданием не только возможно, но и может быть рекомендовано для решения ряда проблем, связанных с размещением автомобилей. Такой надземный паркинг в составе жилого дома может быть эстетически «обыгран» и улучшать внешние характеристики пространственной среды жилого образования.

Освобождая пространство дворов и улиц от машин, мы приближаемся к созданию благоприятной городской среды, увеличиваем пространства для создания рекреационных жилых зон, и, что немаловажно, создаем это с меньшими затратами, чем это происходит в настоящий момент.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Науменко Е.Ю.* Организация парковочного пространства в общей системе дорожного движения в городах: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. // Е.Ю. Науменко. – Волгоград., 2012
2. *Ягузинская И.Ю., Тупушова И.О.* Современные автоматизированные системы парковки автомобилей // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015
3. *Быковская Н.Е.* Инновации в строительстве глазами молодых специалистов//Анализ применения различных видов паркинга-2014.
4. СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* (с Поправкой)
5. СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей.» Актуализированная редакция СНиП 21-02-99* (с Изменением N 1)
6. *Zheng N., Geroliminis N.* // Modeling and optimization of multimodal urban networks with limited parking and dynamic pricing. Transportation Research Part B: Methodological. 2016
7. *Xiong Lu* // Innovative design of parking guidance in intelligent parking lot. Innovation and Sustainability of Modern Railway. 2014.

УДАЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В МЕМБРАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

Е.В. Носорев¹, Н.А. Макиша²

¹ студент кафедры ВиВ, znosorev@yandex.ru

² канд. техн. наук, доц. кафедры ВиВ, директор НОЦ "ВиВ", makishana@mgsu.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Статья посвящена проблеме удаления биогенных элементов из сточных вод в мембранных биореакторах (МБР).

Предмет исследования: водные ресурсы, используемые для бытовых нужд человека.

Цель: сохранение природных водных ресурсов путём удаления из сбрасываемых сточных вод биогенных элементов при помощи МБР.

Материалы и методы: в процессе исследования использовались статистические данные по видам биогенных элементов, содержащихся в сточной воде. Рассматриваются существующие методы, обеспечивающие удаление биогенных элементов из сбрасываемых сточных вод.

Результаты: Из рассмотренных методов выявлен наиболее эффективный метод - очистка сточных вод при помощи МБР, который позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

Выводы: Проанализированы различные методы удаления загрязнений из сточных вод. Установлено, что самым эффективным методом является использование МБР на очистных сооружениях. Выявлено, что их использование ведёт к повышению эффективности удаления загрязнений. Рекомендовано для улучшения экологического состояния воды и водных ресурсов применять очистку сточных вод с помощью мембранного биореактора.

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в водных ресурсах во всём мире из года в год только увеличивается. Это приводит к тому, что люди всё чаще начинают задумываться о более рациональном использовании воды, а так о новых технологических процессах в области водоподготовки очистки сточных вод. В большинстве стран содержание азота и фосфора в очищенных сточных водах, покидающих очистные сооружения, строго регулируется. Это позволяет снизить вредное воздействие от выброса азота и фосфора вместе с водой. Ко вредным воздействиям от выброса азота относят: стимуляция азотом роста водорослей и растений в поверхностных водах, снижение уровня растворённого в воде кислорода, вызванное процессами нитрификации, токсичность аммония (азота аммонийного, аммиака), проблемы с экологией водоёмов, а также сложность повторного использования загрязнённой азотом сточной воды. Фосфор, так же как и азот, значительно способствует увеличению роста водорослей и растений в водоёме.

Аэробные гетеротрофные микроорганизмы, выращенные в мембранном биореакторе, могут удалять лишь малую часть азота, который содержится в сточных водах, при этом около 60% азота минерализуется.

Вследствие вышесказанного возникает необходимость в удалении минерализованного азота, например, аммиака, используя необходимые для этого процессы. Очень часто процесс удаления азота включен непосредственно в мембранные биореакторы с целью уменьшения вредных воздействий от выброса азота.

Биологическое удаление питательных веществ является более предпочтительным вариантом, чем варианты с физическим или химическим удалением азота, таких как, например, удаление аммиака или ионный обмен, в силу меньших эксплуатационных затрат. Методы биологической очистки, в основе которых лежат процессы нитрификации и денитрификации, широко используются для удаления азотных загрязнений из сточных вод. Для удаления фосфора применяют метод усиленного биологического удаления фосфора. [1]

Целью данных исследований является, используя основы микробиологии, предложить и обосновать эффективный механизм удаления азота и фосфора из сточных вод.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Проблемой сбережения водных ресурсов и сохранения чистоты воды, а также проблемой уменьшения вредного воздействия от сброса очищенных сточных вод на водоём, занимают лучшие научные школы во всём мире [1-7]. В исследовании данного вопроса были найдены статьи как российских учёных, так и книги зарубежных учёных. Основное исследование опирается на работы зарубежных исследований, посвящённые МБР, в частности: Hee-Deung P., In-Soung C., Kwang-Jin L. Principles of Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment. – 2015 [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе исследования использовались статистические данные по видам биогенных элементов, содержащихся в сточной воде. Также исследовались методы очистки этих загрязнений традиционным способом и с помощью МБР.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Традиционные биологические очистные сооружения имеют целый ряд недостатков. Большие объёмы аэротенков и вторичных отстойников требуют довольно больших площадей и капитальных затрат. Степень очистки обычно недостаточна и не удовлетворяет допустимым нормативным значениям сброса сточной воды в водоёмы. Этот недостаток требует постройки станций доочистки, что ведёт к дальнейшему раздуванию объекта и капитальных затрат.

Однако использование МБР позволяет сохранить преимущества биологических и мембранных процессов, при этом исключая их недостатки.

МБР основан на комбинации биологической очистки перед мембранным модулем и фильтрации через мембранный модуль. Малый размер мембран (0,01-0,1 мкм) является физической преградой для проникновения через мембрану организмов активного ила, что позволяет полностью отделить активный ил от сточной воды и достичь очень высокого уровня удаления взвешенных веществ, биогенных элементов и микроорганизмов [2].

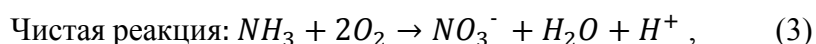
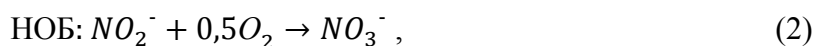
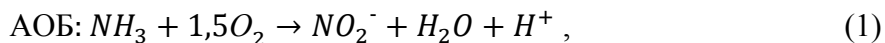
Используя МБР, дозу ила можно увеличить в два-три раза, что увеличивает окислительную мощность биореактора, а также позволяет избавиться от вторичных отстойников и фильтров доочистки. Такие меры позволяют сократить площадь застройки и увеличить производительность очистных сооружений. Кроме того, колебания нагрузки на ил, присущие традиционным сооружениям "аэротенк - вторичный отстойник", служат причиной нарушения процессов очистки (в частности нитрификации и денитрификации). В мембранных биореакторах количество активного ила значительно выше, вследствие чего они крайне устойчивы к изменениям концентраций органических соединений, взвешенных веществ, соединений азота и т.п. [3, 4].

Рассмотрим процессы нитрификации, денитрификации и удаления фосфора более подробно:

Нитрификация - биохимический процесс, который заключается в окислении аммиака (NH_3) до нитратов (NO_3^-) через нитриты (NO_2^-). Этот процесс выполняется двумя группами хемолитоавтотрофных бактерий - аммоний-оксилирующими бактериями (АОБ) и нитрит-

окисляющими бактериями (НОБ). АОБ окисляют аммиак до нитритов, а затем НОБ окисляют нитриты до нитратов. *Nitrosomonas* и *Nitrosospira* - два наиболее часто встречаемых вида АОБ в МБР, а *Nitrospira* и *Nitrobacter* - два наиболее часто встречаемых вида НОБ. Помимо этих двух групп встречаются и аммоний-окисляющие археи (АОА), которые живут в активном иле, но они не вносят особо большого вклада в среде активного ила.

Рассмотрим химические уравнения окисления аммиака и нитритов без учёта сопутствующего роста биомассы:



Нитрифицирующие бактерии (АОБ и НОБ) - строго аэробные бактерии, и используют кислород как конечный акцептор электронов. Как видно из уравнения (3), нитрификация поглощает около 4.57 г O₂ на окисление. 1 г NH₃-N (2 · 32 г O₂)/14 г NH₃-N = 4,57).

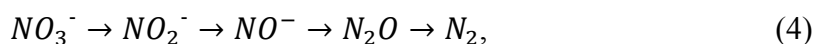
Рост активности нитрифицирующих бактерий зависит от нескольких факторов, таких как: от количества первичных доноров электронов (например, аммиака или нитритов), от концентрации растворённого в воде кислорода, кислотности среды pH, температуры и наличия в воде токсичных субстанций.

В целом, рекомендуется поддерживать уровень растворённого кислорода в биореакторе на уровне более 2 мг/л для оптимальных условий нитрификации. На практике же система аэрации проектируется и эксплуатируется таким образом, чтобы поддерживать уровень растворённого кислорода необходимый для нитрифицирующей зоны биореакторов.

Другим фактором, влияющим на активность бактерий является кислотность среды pH. Наибольшей активности процесс нитрификации достигает при показателях pH в районе от 7,5 до 8. Во время нитрификации уровень pH обычно немного снижается за счёт выработки ионов водорода. Активность процесса нитрификации падает до уровня ниже 50%, если значение pH составляет 5 и менее.

2) Нитрифицирующие бактерии в аэробных зонах выделяют нитраты как продукт конечно реакции. В подавляющем большинстве случаев нитраты необходимо удалить, чтобы удовлетворить условиям сброса очищенных сточных вод на очистных сооружениях, которые регулируются общим уровнем азота. С помощью денитрификации нитриты преобразуют в газообразный азот (N₂), который сбрасывают в атмосферу для удаления его из системы.

Денитрификация - микробиологический процесс преобразования нитратов (NO₃⁻) в газообразный азот (N₂) путём последовательного разложения до нитритов (NO₂⁻), оксида азота (II) (NO) и оксида азота (I) (N₂O) следующим образом:



Денитрификация проходит при помощи филогенетически разнообразных микроорганизмов в биореакторах с нехваткой кислорода (т.н. аноксидные зоны). У большинства денитрифицирующих бактерий присутствуют аэробные способы выработки энергии. Они склонны к использованию кислорода как конечного акцептора электронов вместо нитратов, т.к. в таком случае выделяется больше свободной энергии. Вследствие вышесказанного, жизненно необходимым является минимализация концентрации кислорода в аноксидных зонах для достижения оптимальных условий для денитрификации.

Денитрифицирующие бактерии являются гетеротрофами, а значит они используют органические вещества для синтеза клеток. Органические вещества в большинстве своём поступают со сточными водами. Однако иногда в поступающих сточных водах количества органики может не хватить для денитрификации. В таком случае, органические вещества, например, метанол, этанол, уксусная кислота и другие, добавляется в аноксидную зону из внешних источников, чтобы процесс денитрификации протекал оптимально.

3) Как показано на Рис. 1, процесс биологического удаления питательных веществ обычно состоит из денитрификационной зоны (аноксидная зона) и нитрифицирующей зоны

(аэробная зона). На практике, анакисдные зоны ставят перед аэробными зонами, чтобы утилизировать органические вещества (например, первичные доноры электронов), которые поступают со сточными водами (преданокисдная денитрификация). Однако, в данной конфигурации нитраты (конечные акцепторы электронов) должны поставляться в анакисдную зону с использованием рециркулирующей жидкой смеси, содержащей нитраты из аэробной зоны.

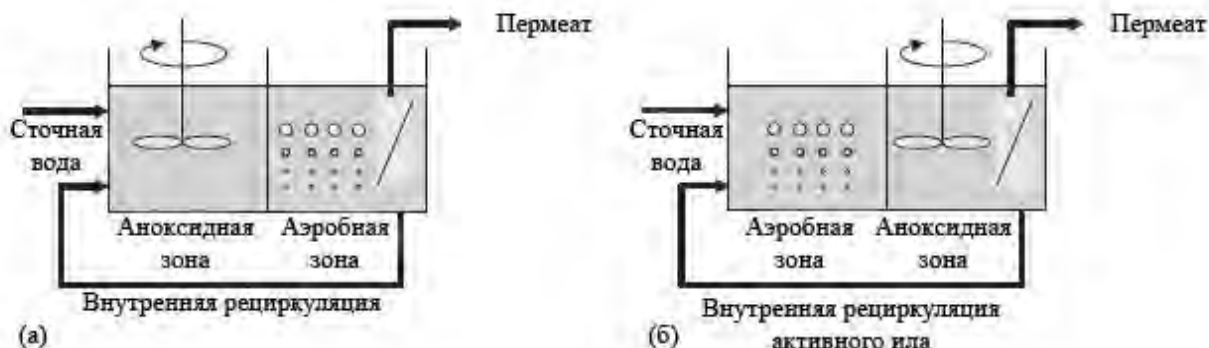


Рис. 1. (а) Преданокисдная и (б) постанокисдная конфигурации

Другой возможной конфигурацией процесса биологического удаления питательных веществ является постанокисдная денитрификация, в которой аэробная зона находится перед анакисдной зоной. В этом случае большая часть органических веществ, находящихся в поступающей сточной воде, утилизируется аэробными гетеротрофными микроорганизмами в аэробной зоне, а процесс денитрификации происходит в основном за счёт органических веществ, полученных из эндогенных процессов разложения. Постанокисдная денитрификация менее эффективна, чем преданокисдная денитрификация, т.к. в анакисдную зону поступает меньше органических веществ. Кроме этого, постанокисдная денитрификация может потребовать добавления внешнего источника углерода в анакисдную зону, чтобы увеличить эффективность процесса денитрификации.

В преданокисдной денитрификации, обогащённая азотом жидкая смесь рециркулирует из аэробной зоны в анакисдную, чтобы предоставить нитраты для процесса денитрификации. Скорость рециркуляции жидкой смеси из аэробной зоны в анакисдную определяет эффективность удаления азота. Большая эффективность удаления азота достигается при большей скорости рециркуляции жидкой смеси, потому что чаще происходит процесс денитрификации в анакисдной зоне.

Эффективность удаления азота в анакисдно-аэробном МБР представлена как функция, зависящая от расхода рециркулирующей жидкой смеси на Рис.2. В данном примере видно, что отношение рециркуляционного расхода к поступающему расходу должно быть больше 2, чтобы достичь эффективности удаления азота в 80% и выше [1, 5].

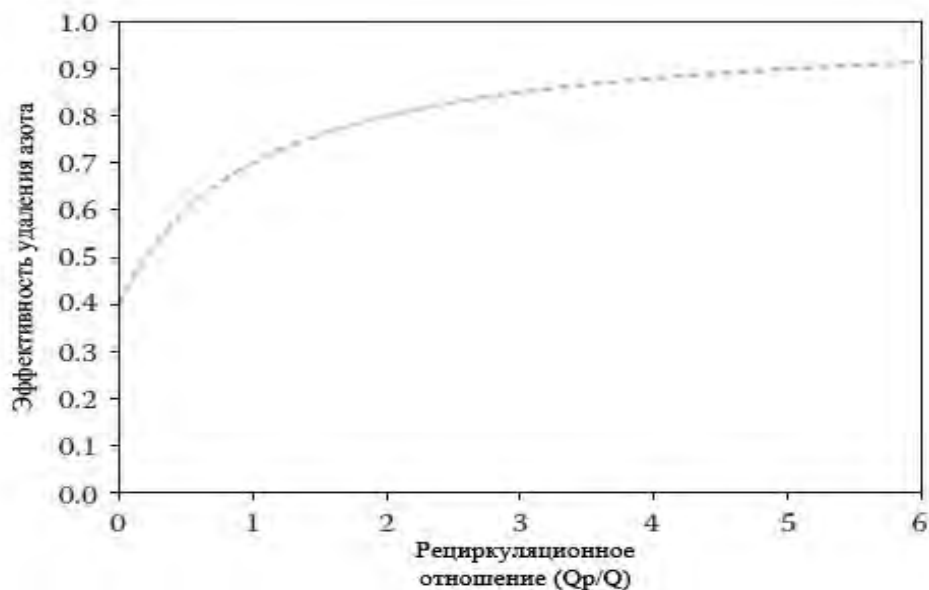


Рис. 2. Зависимость эффективности удаления азота от рециркуляционного отношения

Фосфор - макроэлемент, который ограничивает рост водных фототрофов, когда он присутствует в водоёме в малых концентрациях. Как и азот, фосфор необходимо удалять из сбрасываемых сточных вод, чтобы снизить риск эвтрофикации водоёмов. Количество фосфора зависит от количества удаляемых органических веществ и возраста активного ила. Однако обеспечить уровень фосфора в пределах 1 мг/л в сбрасываемых сточных водах без применения биологической или химической очистки возможным не представляется.

Метод усиленного биологического удаления фосфора предполагает использование специальных групп бактерий, которые могут аккумулировать в своих клетках фосфор. Данный метод работает, когда увеличивается количество фосфор-аккумулирующих организмов (ФАО) в биореакторе. Количество ФАО можно увеличить путём изменения аэробных и анаэробных условий. Сложные органические вещества путём преобразований превращаются в полигидроксibuтират (ПГБ). Затем ПГБ с помощью кислорода окисляется до полифосфата, который во время синтеза в анаэробных условиях поглощает большее количество фосфора, чем количество фосфора, уходящее в основную массу.

Химический метод заключается в добавлении солей многовалентных катионов в качестве осадителя, что в свою очередь означает, что фосфор, содержащийся в поступающей сточной воде, превратится во взвешенные вещества. На практике чаще всего используют алюминий (Al(III)), железо (Fe(III)) или кальций (Ca(II)) в качестве осадителей.

Подбор доз происходит опытным путём с помощью т.н. "джар-тестов" или опытов в склянке, проводимых при различных концентрациях осадителей, кислотности среды и жёсткости. Добавление солей кальция ведёт к увеличению необходимой кислотности, поэтому его лучше применять после биологической очистки. Добавление солей алюминия и железа может повлиять на загрязняемость пор МБР. В умеренных концентрациях, они приводят к увеличению среднего размера частиц, что значительно снижает количество элементов, способных засорить поры мембран. Однако, слишком большая концентрация приводит к образованию отложений на поверхности мембраны [1].

ВЫВОДЫ

Проанализировав методы удаления биогенных элементов, можно говорить о высокой эффективности применения МБР в очистке сточных вод.

Установлено, что применение МБР позволяет снизить капитальные затраты и уменьшить площадь, занимаемую очистными сооружениями. Несмотря на то, что сами по себе МБР всё ещё довольно дороги, их эффективность, компактность и высокая надёжность при-

влекают всё больше внимания, и МБР распространяются всё больше. Наибольший интерес на данный момент МБР представляет для промышленных предприятий, а не для городских очистных сооружений. [6] А в странах СНГ применение МБР затрудняется недостаточной осведомлённостью проектных организаций и отсутствием компетентных служб эксплуатации, которые могли бы МБР обслуживать [7].

Рекомендуется для улучшения экологических условий водоёмов и увеличения чистоты воды применять метод удаления биогенных элементов с помощью мембранных биореакторов, т.к. при данном методе сбрасываемая сточная вода лучше удовлетворяет условиям сброса сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hee-Deung P., In-Soung C., Kwang-Jin L.* Principles of Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment. - 2015.
2. *Смирновская А.М., Макиша Н.А.* Применение мембранных биореакторов для очистки сточных вод // Научное обозрение. – 2016. – №18. – С. 171-175.
3. *Степанов С.В., Степанов А.С., Сташок Ю.Е., Блинкова Л.А.* Модульные мембранные биореакторы. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №8. – С. 51-55.
4. *Степанов С.В., Стрелков А.К., Сташок Ю.Е., Баумгартен С., Шерень Й., Харьковина О.В.* Очистка сточных вод Сызранского НПЗ в мембранном биореакторе. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №3.
5. *Швецов В.Н., Морозова К.М.* Расчёт сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов. // Сборник докладов научно-технической конференции к 100-летию журнала ВСТ. – М. 2013.
6. *Le-Clech P., Chen V., Fane T.* Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment // Journal of Membrane Science. – 2006. – V. 284. – Issues 1–2. – Pp. 17-53.
7. *Видякин М.Н., Гарипова С.А.* Особенности внедрения мембранных биореакторов для обработки сточных вод // Экология производства. – 2014. – № 11. – С. 62-68.

МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ УТЕЧЕК ГАЗА В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ, НЕ ФИКСИРУЕМЫХ ДОМОВЫМИ ПРИБОРАМИ УЧЕТА

А.С. Овсиенко¹, О.А. Гнездилова²

¹студент, vealdes@inbox.ru

²канд. техн. наук, доц., GnezdilovaOA@mgsu.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

В статье решается задача по улучшению точности измерения газовых потоков газовых системах и контролю утечек газа, не фиксируемых домовыми приборами учета.

Предмет исследования: система газоснабжения и ее элементы.

Цель: минимизация потерь газа в системах его распределения и подачи, а также обеспечение безопасности ее пользователей.

Материалы и методы: Для определения потерь газа, предлагается учет реального технического состояния газопроводов. Выделяется необходимость перехода на персонифицированный анализ загрузки сетей газораспределения. Рассматривается вопрос внедрения систем телемеханики. Строится корреляционное поле изменения надежности элементов системы от периода их наработки, основанное на оценке показателей надежности

Результаты: разработан алгоритм мониторинга герметичности инженерных газовых систем.

Выводы: Выполнен аналитический обзор работ ведущих ученых в области теории газоснабжения. Установлена актуальность вопроса контроля и предотвращения утечек газа. Обосновано, что для бытовых газовых систем, наибольшую опасность представляют утечки газа, которые тяжело контролировать аппаратно из-за погрешностей учета. Разработана математическая модель оценки параметрической погрешности средств измерения параметра расхода газа в системе.

ВВЕДЕНИЕ

Надежность систем энергетики, к числу которых относится система газоснабжения, представляет собой комплексный показатель и определяется совокупностью частных показателей. Основным из них применительно к системам распределения природного газа, является учёт расхода энергоносителя.

Нормативно требуется в газораспределительных организациях (ГРО), осуществляющих регулируемый вид деятельности, проводить обязательные энергетические обследования в отношении технологического процесса: транспортировки газа по трубопроводам, технического обслуживания и эксплуатации сетей газораспределения [1-2]. Практическими целями энергетического обследования является получение достоверной информации об использовании топливно-энергетических ресурсов и разработка мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности. С целью реализации заявленной цели разработан комплект нормативно-технических и методических документов, отражающих специфику производственной деятельности в данной сфере [3-5].

Для газораспределительных организаций установлены целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности, достижение которых должно быть обеспечено в ходе реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности ГРО.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Множество авторов занимается решением задач статического оценивания функционирования инженерных газовых систем и их составляющих [1-11]. Российские и зарубежные ученые образуют богатую базу для исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Принято считать, что каким бы не было техническое состояние сетей газораспределения, величина потерь газа неизменна и зависит от геометрического объема сетей, давления газа и коэффициента негерметичности. Нормированного значения данного показателя нет. В работе предлагается учет реального технического состояния газопроводов для вычисления целевого показателя.

Для повышения эффективности уже недостаточно существующей схемы анализа, позволяющей оценить загруженность и ресурсообеспечение газопроводов каждой категории давления всей сети газораспределения в целом, т. к. получают обобщенные показатели, указывающие на наличие или отсутствие проблемы в конкретной сети. Назрела объективная потребность в переходе на персонифицированный анализ загрузки сети газораспределения, с объектной детализацией, выработки алгоритма анализа загрузки сетей с учетом имущественной принадлежности для формирования прогнозных инвестиционных программ.

Следующим шагом аналитических исследований стала оценка уровня импортозамещаемости оборудования и комплектующих. Выявлено узкое место, которым является оснащение пунктов редуцирования газа, в частности регулятор давления газа по своим характеристикам, качеству изготовления и надежности функционирования, а также связанные с этим периодичность обслуживания отечественного производства значительно уступают итальянским и немецким производителям.

Дополнительно рассмотрен вопрос внедрения систем телемеханики (СТМ). Внедрение данных систем позволяет корректировать периодичность обслуживания, сокращать периодичность проведения регламентных работ, что нормативно ещё не регламентировано.

Конструктивно все элементы инженерных систем имеют различные виды соединений, технические требования к которым предусматривают их полную герметичность на всем периоде эксплуатации.

В практике зачастую герметичность нарушается и происходит утечка газа в окружающее пространство. Такие утечки и сопутствующие факторы приводят к возникновению опасных ситуаций, отравлению людей газом, пожару и взрывам.

Элементные составляющие газораспределительных инженерных систем, по своим качественным и функциональным характеристикам должны иметь высокий уровень надежности на всем эксплуатационном периоде.

Информация об уровне надежности и интенсивности параметрического изменения за ресурсный период для значительной части элементов инженерных систем в технических характеристиках, представляемых производителем, не дается. Эксплуатационная документация содержит инструктивные требования для нормальных условий эксплуатации и периодичность сервисных воздействий поддержания работоспособности.

Для устранения выявленных недочетов по типовым методикам выполняется оценка показателей надежности, по которой строится корреляционное поле изменения надежности элементов системы от периода их наработки [5-6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В теории риска предлагаются расчетные формулы оценки уровня опасности, путем составления сценариев возможных событий, что в свою очередь позволяет создать перечень мероприятий по недопущению опасных ситуаций.

Для инженерных систем использования газа в бытовых целях, где низкое давление потока, установить утечки достаточно сложно из-за большой рассредоточенности точек уязви-

мости, также наибольшую опасность представляют вялотекущие утечки газа, которые трудно фиксируются аппаратными средствами из-за наличия погрешностей учета.

Установлено, в инженерных системах имеются точки уязвимости по показателю утечки газа. Общепринято считать, что площадь сечения, через которую осуществляется утечка газа не превышает 1% площади поперечного сечения трубопровода.

Предлагается провести ранжирование по установлению уровня опасности и вероятности возникновения течи газа, введя коэффициент уязвимости и значение неопределенности точки по величине погрешности, используя данные производителей инженерного газоснабжающего и передающего оборудования.

В работе Сазонова С.А. [8] предложена математическая модель расчета величин утечек в отдельном узле системы газоснабжения. Задача формализована для обнаружения естественной ординатной утечки и предложено использовать инженерную методику для водных сетей, которая после адаптации к системам газоснабжения преобразована в выражение

$$S(t) = \mu\omega\sqrt{P - P_{bar}}$$

где μ - коэффициент расхода принят 0,6;

ω - площадь отверстия сечения;

P - давление в аварийном сечении;

P_{bar} - барометрическое давление у источника питания.

Учитывая математическую неопределенность данного показателя его можно рассматривать через функцию некоррелированных гауссовых шумов $\xi(t)$ с дисперсией σ^2 обусловленной погрешностью аппаратного средства приема сигнала. Логично заключить, что уровень неопределенности может быть снижен путем разработки или же усовершенствованием программных комплексов, на базе уточнения алгоритмов решения задачи мониторинга герметичности инженерных газовых систем.

Для применения методики мониторинга герметичности инженерных газовых систем требуется дать обоснование выбора способа оценки погрешности результатов [3-5].

При разработке алгоритма мониторинга герметичности инженерных газовых систем требуется задаться характеристикой приемного устройства, для обеспечения оптимального преобразования сигнала X_n . Для чего принимается допущение, что в каждой ситуации определена плотность вероятности наблюдаемых сигналов $P_i(X_n | \alpha_i)$, с точностью до параметров обстановки, представляемых вектором α_i . Величины $P_i(X_n | \alpha_i)$ представляют набор минимально-достаточных статистик при производных коэффициентах потерь и принятых значений вероятностей.

В качестве примера задан характер вероятностных изменений, рассчитываемый по закону распределения с вариативной величиной коэффициента Вейбулла. На графике представлены результаты статистической обработки данных (рис.1), включающих часовую характеристику наработки элементов системы газораспределения, во временном периоде – 15 лет (131400ч непрерывной работы) и вероятностные показатели надежности при различных значениях коэффициента Вейбулла для установления остаточного ресурса и опережающего учета риск-отказа в системе [9-10].

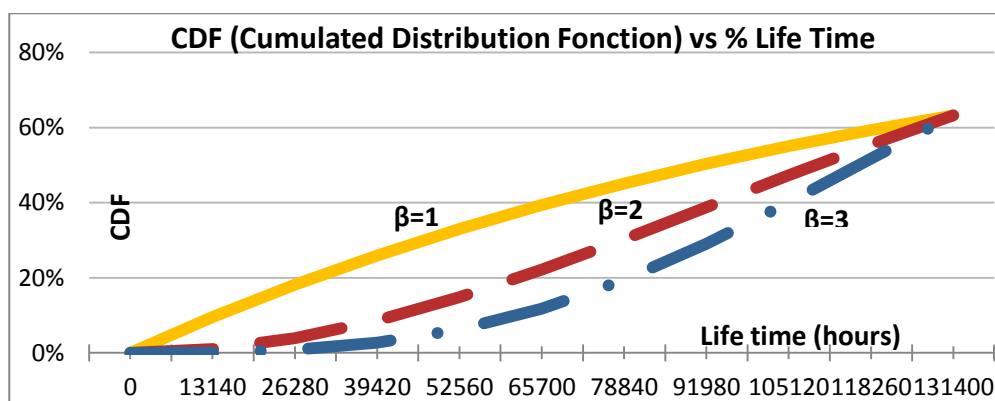


Рис. 1. Корреляционное поле изменения надежности элементов системы от периода их наработки с учетом различных значений коэффициента Вейбулла

Следует отметить, что рассматривается двухвариантная, безальтернативная гипотеза, представляющая крайние события: инженерная газовая система герметична и имеется утечка. Обоснованием этого является факторная опасность наличия события – имеется утечка и дальнейшая задача исключение негативных последствий, начиная с неприятных ощущений в форме постороннего запаха, заканчивая взрывом с катастрофическими последствиями для человека, сооружений и окружающей среды [9-11].

ВЫВОДЫ

Установлено, что вопрос контроля и предотвращения утечек газа остается актуальным и в настоящее время.

Обосновано, что для инженерных систем использования газа в бытовых целях, установить утечки достаточно сложно из-за большой рассредоточенности точек уязвимости.

Разработана математическая модель оценки параметрической погрешности средств измерения параметра расхода газа в системе.

Предложена методика мониторинга герметичности инженерных газовых систем с обоснованием выбора способа оценки погрешности результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Aboubacar M., Aguayo J.P., Phillips P.M., Phillips T.N., Tamaddon H.R., B.A. Snigerev, Webster M.F.* Modelling pom-pom type models with high-order finite volume schemes// J. Non-Newtonian Fluid Mech., 2005, Vol. 126. P. 207-220.
2. Демчук В.Ю., Доронин М.С. Газораспределительные системы: возможности повышения энергетической эффективности НИЦ ОАО «Гипрониигаз»// Инженерные системы 2015.- №2 , 2015г.
3. Дрейзин В.Э. Испытательный расходомерный комплекс для расходомеров-счетчиков газа / В.Э. Дрейзин, П.С. Борзенков// Известия Юго-Зап.гос.универ. 2015. с.42-50
4. Мелькумов В.Н. Повышение надежности внутридомового газового оборудования /В.Н. Мелькумов, Г.А. Кузнецов, М.Я. Панов// Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. №4(28). 2012. С. 32-40
5. Пат. 2251081 Российская Федерация, МПК7 G 01 F 1/32, 15/12. Счётчик-расходомер [Текст] / Кобелев Н.С., Гнездилова О.А., Захаров И.С.; заявитель и патентообладатель КурскГТУ.- № 2003112072/28; заявл. 24.04.2003.; опубл. 27.04.2005, Бюл. № 12 (II ч.).
6. Гнездилова О.А. Основы моделирования процесса управления городских систем газоснабжения среднего и высокого давления [Текст] / О.А. Гнездилова, Н.С. Кобелев// Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура - №10, 2009.
7. Гнездилова О.А. Моделирование распределения скоростей и давлений в потоке вихря счётчика-расходомера системы отопления [Текст] / О.А. Гнездилова, Н.С. Кобелев, С.М. Алейников// Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура - № 1(13), 2009
8. Сазонова С.А. Разработка алгоритма диагностики утечек с неизвестной амплитудой при учете помех от стохастичности потребления в системе газоснабжения / С.А. Сазонова

//Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2018.
№ 4 (14). С. 16-23.

9. *Kapyrin P.D. and Sevryugina N. S.* 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. **451** 012192

10. *Kapyrin P.D. and Sevryugina N. S.* 2018 IOP Publishing Ltd **365** 042018

11. *Yang H., Ge C., Ye H., Wang G.* Leak detection based on duffing oscillators for gas pipelines // J. Gaojishu Tongxin 2010. 6(20). С. 628-631

АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ ЖИЛЬЯ В МОСКВЕ, ДРУГИХ ГОРОДАХ РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Е. А. Перфилова

студентка, katerina.perfilowa@yandex.ru

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

Аннотация

Рост аварийного и ветхого жилья в городе Москве, опережающего темпы строительства новых домов, а так же воспроизводство пребывающего населения привели к спешной необходимости обновления жилищного фонда. Назревшую проблему было решено ликвидировать с помощью запуска Программы реновации жилья в Москве, которая была направлена на расселение и снос ветхого и аварийного малоэтажного жилого фонда, построенного в 1957-1968 годах для строительства на освобожденной территории современного, комфортного и безопасного жилья.

Целью работы является рассмотрение задач, которые необходимо решить при реализации Программы реновации жилья в Москве к настоящему времени, их запланированных путей решения, а также вероятность проведения подобной программы в других городах России.

К решаемым в рамках реализации Программы реновации жилья задачам относятся не только градостроительные, но и социальные, финансово-экономические и технические вопросы. Большинство из них касается уязвимости законодательной базы, в том числе, установленного по ним определения слова «реновация». По этой же причине, а также в виду особенностей распределения регионального бюджета остаётся не востребована подобная Программа в других городах России. В дополнение, на примере реализации программ реновации жилья в различных странах убедимся, что под «реновацией» возможен не только снос, но и проведение реконструкции и капитального ремонта для ликвидации изношенного фонда или же невостребованных территорий иного функционального назначения.

Рассмотренные законодательные акты и имеющиеся публикации выявили ряд трудностей в реализации Программы реновации, которые решаются с учетом зарубежного опыта, использования новых технологий строительства и совершенствования законодательства. Полученные обобщенные данные свидетельствуют о необходимости пересмотра действующих планов реализации и акцентирования внимания на приведённых проблемах.

Учет обозначенных аспектов осуществления Программы реновации позволит успешно провести ее реализацию.

ВВЕДЕНИЕ

Москва – активно развивающийся по многим направлениям мегаполис и развитие такого города требует, как увеличения объемов нового жилья, так и исключение ветхого, аварийного или поддержания в работоспособном состоянии всех инженерных конструкций и систем имеющегося эксплуатируемого жилищного фонда. Кроме того, растущие с развитием прогресса запросы населения диктуют новые потребности, к примеру, обновленные стандарты комфортности и безопасности жилья. При этом имеющийся быстроустаревающий жилищный фонд не в состоянии их поддерживать.

Создавшаяся градостроительная проблема растущего изношенного жилья для мегаполиса стала основой для принятия в 2017 году Постановления Правительства Москвы от 01.08.2017 N497 «О программе реновации жилищного фонда в городе Москве».

В 2018 году в рамках утвержденного Постановления о реновации было запланирован ввод свыше 3,4 млн м² жилья, из них выдано 19 разрешений на строительство жилых домов общей площадью 467 тысяч м² на 5138 квартир. К началу 2019 года число вошедших в Программу домов продолжает увеличиваться, и по данным Комитета государственного строительного надзора города Москвы, количество разрешений на строительство домов для Программы реновации к концу года может вырасти в десятки раз. Регламент утверждаемого законопроекта обязывает выполнять строительство объектов с применением современных и эффективных материалов, которые обеспечивают повышенную надежность конструкциям [1,2,3]. Так, введением Программы устанавливаются новые общеприменимые стандарты в части конструктивно-планировочных решений, выбора инженерных систем, механизмов, отделки и благоустройства придомовых территорий.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одной из предпосылок введения законодательства о реновации была реализация в середине 1990-х годов ФЦП «Жилище» [4], в рамках которой было принято решение о создании Программы реновации жилищного фонда для молодых семей, в первую очередь, многодетных. За 2011-2014 годы в рамках этой Подпрограммы «Обеспечение жильем молодых семей», при помощи увеличения бюджета финансирования программы улучшили жилищные условия 108,5 тыс. молодых семей. Общий объем привлеченных средств бюджетов субъектов Российской Федерации составил 39,02 млрд. рублей, размер привлеченных средств внебюджетных источников - 130,06 млрд. рублей [5]. Кроме того, еще к 2012 году был выполнен этап переселения людей из ветхого и непригодного для проживания жилья. Вследствие такого результата в 2015 году было принято решение о продлении действия ФЦП «Жилище» до 2020 года [6], но все же к началу 2017 Программа призналась провальной. Повысить качество жилищного фонда и реализовать продолжение расселения ветхого жилья было запланировано Постановлением Правительства Москвы от 01.08.2017 N 497.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Действующей Программой реновации учитываются ошибки прошлого, а также опыт раннее успешных российских и зарубежных проектов, однако, к настоящему времени, не удается достичь ее максимальной реализации. Это связано с некоторыми проблемами, которые основываются на решении приведенных ниже трудностей.

На сегодняшний день остается актуальной проблема совершенствования законодательства в области реновации. По данным Экспертного совета при Правительстве Москвы [7], кроме ввода в действие Федерального закона «О реновации», необходимы так называемые «законы-спутники», внесение изменений в Градостроительный кодекс РФ, в КОАП РФ, в Налоговый кодекс и другие документы. Поскольку строится жилье для переселения, необходимы также договоренности о каких-либо льготах застройщикам и инвесторам, утвержденные в том или ином виде на федеральном уровне. Некоторые дополнительные трудности возникают при взаимодействии властей при переселении жильцов – не собственников квартир, а проживающих в них по найму в домах, принадлежащих городу.

Закон «О реновации» в настоящее время, к 2019 году, проходит стадию слушаний, само понятие «реновация» законодательством не определено. Как уточнил А. Кузьмин (Президент РААСН, гендиректор АО "НИЦ "Строительство", ранее главный архитектор Москвы) [8], существует только определение слова «реновация» в толковых словарях, хотя в законодательных актах и нормативных документах «реновация» используется, как термин. По мнению А. Кузьмина, реновация жилья, хотя и означает обновление, переделку, но в Москве под ней подразумевают именно снос старых панельных жилых домов определенных серий в чер-

те города и строительство на московской земле новых многоэтажных и высотных жилых домов в соответствии с новыми стандартами.

Обращаясь к опыту зарубежных стран, также столкнувшихся с проблемой устаревания значительной части своего жилого фонда после эпохи быстрого строения по типовым проектам, определение слова «реновация» имеет разное понятие, как и сама методика по устранению ветхих строений. В Восточной Германии реновация в последние годы происходит путем изменения этажности, площади, планировки или отделки фасада с устройством балкона (рис. 1). Снос и строительство на близлежащих территориях новых домов, как это запланировано в России, практикуется таких странах как Япония и Китай. Во Франции же, под «реновацией» имеется ввиду переобустройство обширных промышленных территорий с изменением назначения этих функциональных зон и приспособлением их под жилую застройку, в том числе, для строительства жилья для среднего класса, как это произошло с территорией районов «Lion Confluence» и «Paris Rive Gauche» (рис. 2) [9]. Подобная идея позволит обеспечить эффективное планирование зон территорий жилых домов с интеграцией рабочей и учебной деятельности в жизнь района для будущего развития, а также рационально использовать условия рельефа с созданием полезных рекреационных зон.



Рис. 1. Реновация жилья в Германии

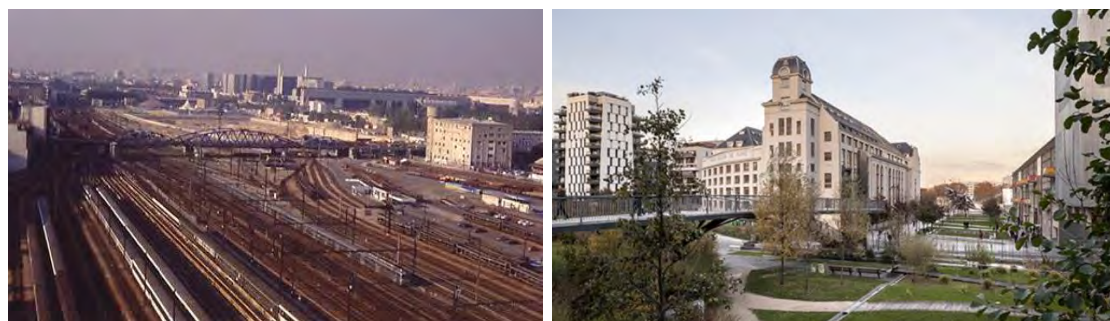


Рис. 2. Железнодорожные пути на территории РивГош до реновации (1991 год) и новый участок квартала Masséna nord в качестве центра высшего образования для студентов района (2018 год)

Трудности строительства нового жилья взамен ветхого и аварийного заключались также в решении технических проблем в области ремонтно-строительного производства. По нормативным документам, регулирующим подготовительный этап строительства [10], до начала основных строительных работ необходимо выполнить перекладку существующих или прокладку новых сетей инженерно-технического обеспечения в зависимости от расчетных энергетических нагрузок. Рост этажности строений, увеличение площадей помещений и количества проживающих лиц в новых домах реновации изменяют количественные показатели ресурсов старых инженерных коммуникаций, таким образом, для строительства жилых зданий возможно лишь использование новых трубопроводов с требуемыми расчетными характеристиками. Однако их размещение до главных действующих уличных магистралей в большинстве случаев выходит из зоны, где ведутся основные строительные рабо-

ты. Это может повлиять на объекты соседних земельных участков и потребовать дополнительных физических и материальных ресурсов. В положении Москвы, где территории города имеют достаточно высокую плотность размещения застройки и объектов историко-культурной значимости, в большинстве случаев осложняется нахождение площадки под новое строительство «в том же районе» [11], в котором расположен сносимый дом. Несоблюдение утверждённых правил может вызывать диссонанс среди переезжающих жителей.

В отличие от остальных городов, реновация в Москве необходима по причине постоянно растущего на протяжении последних десятилетий количества населения. Москва так же является центром страны во многих отраслях народного хозяйства и выполняет различные координирующие, контролирующие и другие функции во всех направлениях деятельности. Этого не наблюдается в других мегаполисах России, крупных, средних и малых городах, которые могут существовать в имеющихся, прежних своих границах без особого роста количества населения. Целью реновации в них является только обновление городской застройки для уменьшения процента ветхого жилья.

Проблема принятия программы реновации в других регионах также связана с вопросами финансирования. Если в Москве до 86 % идет софинансирование инвесторов, в том числе, из бюджета московского региона, то в других российских городах на софинансирование не всегда удастся выделить такие большие суммы из региональных бюджетов. Кроме того, стоимость возведения новых домов для городов России в целом ниже, чем для строительства аналогичных в Москве из-за высокой кадастровой стоимости. Это напрямую сказывается на интересах инвестора. При условии «равнозначного жилья» может пострадать качество материалов и работ при строительстве, либо могут потребоваться дополнительные вложения для соблюдения условий равнозначности. Отсюда возникает неопределенность источника этого дополнительного софинансирования и, соответственно, дополнительные трудности в принятии законодательных актов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Принятое Постановление «О Программе реновации» помогает и продолжает ликвидировать изношенный жилищный фонд на территории города Москвы, определяя при этом современные стандарты качества российского жилья. Однако реализация Программы связана с возникновением трудностей в ряде серьезных нюансов. Рассмотренная часть этих различий показала недостаточную проработанность действующей законодательной базы и вытекающие из нее проблемы в будущем.

Полученный анализ указывает на потребность в переоценке некоторых направлений деятельности Программы реновации жилищного фонда, и необходимости первоочередного решения приведенных проблем.

ВЫВОДЫ

Для достижения максимально положительного результата при реализации российской Программы реновации жилья необходимо внесение корректировок по различным вопросам в имеющуюся законодательную базу, а также внедрение новых технологий при возведении зданий и проектирование их комплексов с учетом перспектив. Для регионов России необходимо, прежде всего, урегулировать действующую систему ремонтов во избежание появления ветхого и аварийного жилья раньше планируемого эксплуатационного срока, и рассмотреть возможности повышения инвестиционной привлекательности каждого города.

Устранение проблем в обозначенных аспектах реализации Программы реновации жилья поможет успешно осуществить государственный проект и распространить Программу в другие регионы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Король Е.А., Остякова А.В., Перфилова Е.А.* Анализ эксплуатационных характеристик обновленного в результате реновации жилого фонда // XXI Международная научная конференция «Строительство-формирование среды жизнедеятельности», 25-27 апреля 2018 г.: сборник материалов семинара «Молодежные инновации» С. 357-359
2. *Korol E., Ostiakova A., Perfilowa E.* The operational characteristics of the housing stock as a result of renovation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 365(6)
3. *Остякова А.В., Перфилова Е.А.* Эксплуатационные параметры обновленного в результате реновации жилого фонда // Управление городским хозяйством и модернизация жилищно-коммунальной инфраструктуры: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции (г. Москва, 25–26 октября 2018 г.)
4. О Федеральной целевой программе «Жилище» на 2015-2020 годы: Постановление Правительства РФ № 1050 от 17.12.2010 г., в ред. ПП-575 от 14.07.2011, ПП-771 от 12.09.2011, ПП-825 от 06.10.2011 и др., последнее изменение ПП-466 от 26.05.2016
5. О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации № 1050 от 17.12.2010: Постановление Правительства РФ № 889 от 25.08.2015 г.
6. О Федеральной целевой программе «Жилище» на 2015-2020 годы: Постановление Правительства РФ № 1050 от 17.12.2010 г., в ред. ПП-575 от 14.07.2011, ПП-771 от 12.09.2011, ПП-825 от 06.10.2011 и др., последнее изменение ПП-466 от 26.05.2016
7. Программный доклад Г.П. Хованской: развитие федерального законодательства: комплексный подход к процессам реновации и управления объектами жилищной недвижимости, коммунальной и социальной инфраструктуры с учетом их жизненного цикла // IX Всероссийская научно-практическая конференция “Управление городским хозяйством и модернизация жилищно-коммунальной инфраструктуры” 25-26 октября 2018, Москва.
8. Интервью А.В Кузьмина. Международный форум и выставка 5-7 декабря 2018, Екатеринбург. Источник: <https://tass.ru/novosti-partnerov/5885390>, свободный (дата обращения: 14.02.2018).
9. Пари Рив-Гош: о характере преобразования. Источник: <http://clipso-union.com.ua/materials/dizajn-i-interer/proekt-international-19/pari-riv-gosh-o-kharaktere-preobrazovanij.html>, свободный (дата обращения: 14.02.2018).
10. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1).
11. Федеральный закон от 1 июля 2017 г. № 141-ФЗ “О внесении изменений в Закон Российской Федерации «О статусе столицы Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления особенностей регулирования отдельных правоотношений в целях реновации жилищного фонда в субъекте Российской Федерации - городе федерального значения Москве”, статья 7.3.

ВОЗМОЖНОСТИ ДРОНОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ ЗДАНИЯ

А. Степанова

студентка 3 курса ИСТАС, stepanovaanastasia907@gmail.com

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

Аннотация

Современный мир не может существовать без техники, как не может существовать и строительная площадка. Без механизмов невозможно организовать сам процесс строительства. При этом постоянно появляются все новые и новые технологические средства. А что, если взглянуть на что-то уже знакомое под другим углом, спроецировать возможности одной только идеи на строительный мир и тем самым изменить его раз и навсегда? В данной статье рассмотрены возможности беспилотных летательных аппаратов для применения на строительной площадке. Они уже нашли широкое применение в таких областях, как сельское хозяйство и логистика. В результате исследования автор сделал вывод о том, что образ детской игрушки может стать чрезвычайно полезным на стройке для составления карт, контроля хода строительства, обеспечения безопасности рабочих и выявления дефектов.

ВВЕДЕНИЕ

С технологической точки зрения дроны представляют собой непилотируемые летающие устройства, обладающие сравнительно небольшими габаритами. Более официальное их название – беспилотные летательные аппараты (БПЛА), реже используют термин беспилотные авиасистемы (БАС). По сути, всё это одно - плавающие по воздуху роботы.

Первоначально мультикоптеры воспринимались скорее, как игрушки для детей, чем что-то способное упростить жизнь людей на производстве. Сейчас беспилотные летательные аппараты стремительно начали вторжение в разные области человеческой деятельности:

- инфраструктуру;
- строительство;
- логистику;
- энергетику;
- сельское хозяйство.

То, что изначально использовалось только для развлекательной видео- и фотосъемки, нашло применение во многих отраслях. В данной статье будет рассмотрена только одна из этих сфер – строительство. Оно требует такой внимательности, что человеку не под силу разобраться со всеми появляющимися в процессе проблемами без техники. Технологические новинки, в свою очередь, появляются постоянно. То, что раньше считалось фантазией, сегодня становится явью. Всё время что-то создаётся и что-то улучшается. Съёмка с земли постепенно уходит в прошлое, так некоторое время назад для панорамного фото- и видеонаблюдения строительных процессов начали использовать удобных радиуправляемых авиароботов – дронов. О них и пойдет речь в этой статье.

Таким образом, задача данной статьи - показать возможности авиа-роботов в строительной сфере, а также сделать предположения по поводу их развития в этой области.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучением принципов робототехники занимаются российские молодые ученые: Дружинина А.А. из Южно-Уральского государственного университета; изучением применения

беспилотников при картографии в строительстве занимаются Филатова А.В., Митрофанов И.С., Портнов И.Д. из Самарского государственного технического университета, г. Самара.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования была установлена следующая последовательность действий:

1. Постановка проблемы.
2. Выдвижение гипотезы.
3. Выбор методов исследования.
4. Сбор необходимой информации.
5. Проведение исследования и анализ результатов.
6. Вывод и перспективы развития.

В процессе работы авторами были использованы следующие методы:

1. Анализ: для определения свойств и функций беспилотников, установления связи собранных данных с информационными моделями.
2. Мысленное моделирование и проверка некоторых функций уже имеющихся платформ.
3. Индукция.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

В результате исследования автором были выявлены следующие возможные направления применения дронов на строительной площадке:

- 1) топографическая съёмка земельных участков;
- 2) эффектная визуализация идей и маркетинг реализованных проектов;
- 3) мониторинг всех этапов строительства;
- 4) установление взаимосвязи данных, снятых беспилотниками, с BIM-моделью;
- 5) дроны в качестве рабочей силы на технологических этапах;
- 6) повышение безопасности строительной среды;
- 7) обследование конструкций зданий и комплексов на предмет выявления дефектов и несоответствий.

Далее каждая из указанных функций будет рассмотрена более подробно.

1. Топографическая съёмка земельных участков.

Раньше, чтобы исследовать территорию и составить карту вертикального профиля, проводили полевые исследования, или же производили съёмку территории с вертолётa. Первый вариант предполагал долгую и кропотливую работу, которая не могла дать максимально точных результатов, второй имел высокую стоимость. Сейчас для исследования земельных участков, в том числе и малоизвестных зон на труднодоступных территориях, начинают применять дроны. Продолжительность процесса исследования местности уменьшается, и расходы на него снижаются в несколько раз.

2. Эффектная визуализация идей и маркетинг реализованных проектов.

С помощью БПЛА проводится виртуальная демонстрация строительных объектов, связывающая строительную площадку на текущий момент с самим зданием. Обратим внимание на то, что с помощью съёмки, осуществляемой дронами, можно оценить объект в целом, показать все здания, если это комплекс объектов, системы автомобильных и транспортных магистралей. Полученные широкоэкранные изображения и видеоматериалы позволяют удаленно представлять объект в реальных размерах даже до начала строительства, чтобы клиент мог увидеть фактическую реализацию проекта. Данные изображения обрабатываются с помощью компьютерных программ, а на выходе производственные организации получают потрясающие панорамы уже готовых объектов недвижимости. Особенность в том, что любой объект может быть буквально показан с самой выгодной стороны. Эффект присутствия становится одним из факторов при принятии окончательного решения о покупке недвижимости.

3. Мониторинг всех этапов строительства.

Использование БПЛА позволяет дистанционно контролировать процесс строительства на всех этапах реализации проекта. Находясь в своем кабинете, генеральный директор проекта имеет возможность отслеживать ход строительных работ и наглядно видеть все изменения в режиме реального времени. Дроны дают возможность создавать качественные планы и контролировать процесс строительства по ним. Устройства буквально висят на нужной высоте в заданных GPS-координатах, собирая информацию, которая помогает постепенно отслеживать все процессы строительства: возведение зданий, проводку инженерных сетей и создание ландшафтного дизайна. Некоторые модели дронов могут находиться в воздухе 24 часа. [1]

«Плюсы» использования БПЛА для мониторинга площадки:

- полный охват территории;
- подробные и детальные изображения;
- составление карт в масштабе 1: 2000;
- дроны дешевле пилотируемых устройств;
- вся информация достоверна.

Контроль осуществляется путем сравнения разновременных снимков, созданных дронами. Стереоскопическая съемка даёт возможность оценить объемы проделанной работы: глубину траншей, объем грунта и других материалов. На основе полученных результатов объем выполненных работ сравнивается с запланированным объемом. Дальнейший анализ позволяет делать конкретные выводы. Brasfield & Gorrie - компания, специализирующаяся на строительстве, использует технологию БПЛА для создания 3D-моделей комплексов, которые они строят. [2]

4. Взаимосвязь данных, снятых бесполотниками, с BIM-моделью.

По данным инвестиционного банка Goldman Sachs, вскоре большинство БПЛА будут использоваться преимущественно в строительной отрасли. Анализ данных пользователей системы DroneDeploy уже сейчас подтверждает эту информацию в отчете «Использование дронов в промышленности и торговле». Информация, собранная дронами, может быть использована для создания BIM-модели, её дополнения. Autodesk уже внедрила возможность использовать видео в одном из своих программных продуктов - Skycatch.[3]

Современные дроны способны охватить огромную территорию, продемонстрировав строительный процесс с высокой детализацией на 3D-модели в режиме онлайн. Это займет гораздо меньше времени, чем все предыдущие способы демонстрации площадки и самого объекта. Модель Dronebase Drone Phantom 3 Pro с использованием приложения DroneDeploy позволила собирать материал с площади 240000 м² менее чем за час. К сожалению, пока многие строительные компании используют технологию БПЛА.

При выполнении анализа полученные снимки по соответствующим точкам GPS накладываются друг на друга для совпадения картинок. Далее облачная платформа DroneDeploy обрабатывает снимки и на выходе предоставляет 3D-модель, ортомаозаичную карту и карту вертикального и профиля. Карты из DroneDeploy переводятся в тот же формат, что и исходные плановые чертежи, через DroneDeploy's Premier plan отслеживается совпадение по географическим координатам. 3D-модель сначала переводится в точечное множество, а затем экспортируется в необходимую координатную систему через четырехзначный код EPSG в приложении DroneDeploy или использование стороннего ПО.

После выравнивания моделей и их сравнения выдается тепловая карта вертикального профиля. Она показывает результаты выполненных работ и сравнивает их с планом. Зеленая зона показывает места, где работы ведутся по плану, синяя – где строительство отстаёт от плана, розовая – где работы выполняются с опережением плана.

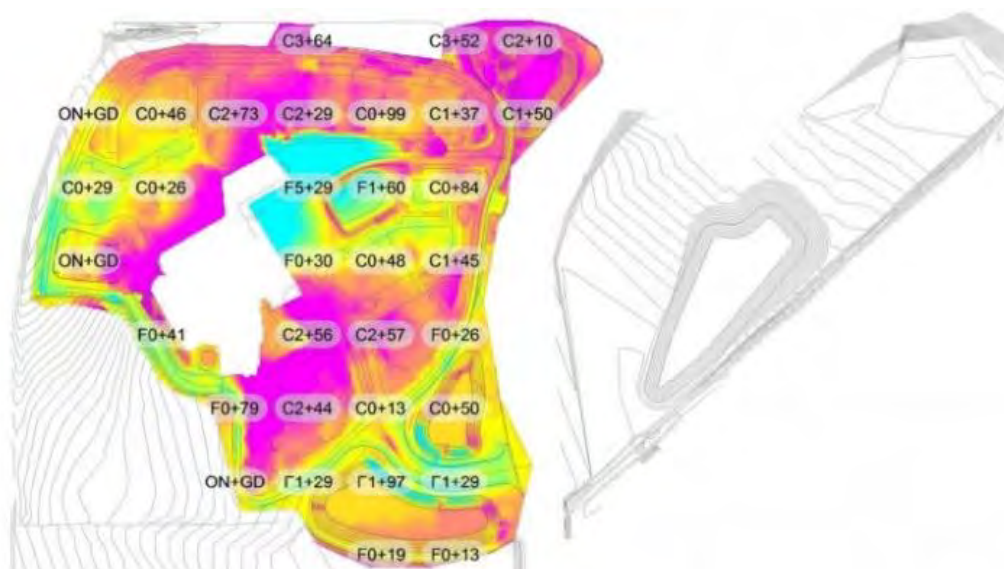


Рис. 1. Тепловая карта

Полученные результаты дают представление о том, что уже было выполнено субподрядчиком. После анализа данных этой карты был сделан вывод о необходимости внесения дополнительных объемов грунта для достижения запланированных показателей по земляным работам.

Также использование дронов позволяет быстро оценить результаты работы. Раньше требовалось бы использовать автоматизированные тахеометры для составления решеток точек высоты, а потом сделать более 1000 снимков, чтобы избежать ошибок, это заняло бы несколько недель. Дроны собирают намного больше необходимой информации, при этом строить вертикальный профиль площадки получается минимум в три раза быстрее, чем вручную, а строительные работы не выбиваются из графика. Это огромная экономия времени и ресурсов, позволяющая увеличить коэффициент окупаемости.

5. Дроны в качестве рабочей силы на технологических этапах.

БПЛА среднего размера в настоящее время способны выдерживать нагрузки до 25-30 кг. Конструктивные элементы к месту установки могут доставлять несколько дронов одновременно, повышая размер полезной массы, которую они должны перенести. Они могут перемещать материалы или необходимое оборудование на высотные здания, снижая затраты строительных компаний. Стеклопанельное покрытие высотных комплексов требует правильного и регулярного ухода - периодической очистки. Наем профессиональных альпинистов для этой цели очень дорого обходится, поэтому использование БПЛА в качестве поставщиков роботов-уборщиков может сэкономить внушительную сумму для владельцев высоток несколько раз в год. Задавая координаты, вы можете запрограммировать действия дронов, это позволит использовать их для работы на технологических этапах строительства. Уже был реализован проект, в Японии, где беспилотники использовались в качестве быстрой рабочей силы, почти полностью заменяя людей. Кроме того, использование «силы» дронов в строительной сфере снизит риски возникновения несчастных случаев: травм и падений рабочих с большой высоты. [4] Из этого плавно вытекает следующий пункт.

6. Повышение безопасности строительной среды.

Использование БПЛА поможет решить проблему отсутствия безопасности для рабочих на стройках высотных зданий и в местах, куда человек не может добраться без специального оборудования. По данным Роструда, в последнем (2018) году произошло почти четыре тысячи несчастных случаев на производстве, из которых 1017 закончились смертельным исходом. Лидирующие позиции этой статистики, почти треть, приходятся на падения с высоты, а несчастные случаи такого рода по большей части происходят на строительных площадках. Если дроны не заменят людей, как рабочих, то они могут ловить тех, кто летит вниз с высоты: 4 (или больше) мощных устройства, прочно удерживающие плотное полотно, на которое

приземляется человек, могут заменить спасателей. Также существенной является угроза со стороны заражённых территорий. Там, где людям находиться опасно для здоровья, справятся роботы – дроны.

7. Обследование конструкций зданий и комплексов на предмет выявления дефектов и несоответствий.

Любое здание можно сравнить с организмом, а для организма лучше предупредить болячку, чем потом лечить последствия. Строительные комплексы требуют постоянного мониторинга изнутри и снаружи. Используя БПЛА, можно быстро и очень основательно собрать весь необходимый материал о конструкциях и их текущем состоянии. Также беспилотники применимы при обнаружении повреждений в остеклении высотных объектов. Дрон быстро проводит исследование поверхностей большой площади, а также покрытий, расположенных в труднодоступных местах зданий. Тепловизионная камера, которой оснащают дрона, позволяет определять тепловые потери стеклянного покрытия, стен и мест соединения конструктивных элементов.

ВЫВОДЫ

Тенденции развития использования беспилотников в строительстве могут привести и другие очень полезные функции. Если сейчас беспилотники могут дополнять модель, обнаруживать коллизии при наложении чертежей и снимков, то в будущем они могли бы на основе данных BIM-модели высчитывать координаты и посредством специализированного модуля в том же Revit, выполнять какие-то действия автономно (без контроля людей вообще). [5] Человек составляет техническое задание в виде чертежей, а программа дрона их читает и делает то, что там зашифровано. Предполагается, что в будущем программисты создадут такие утилиты.

Таким образом, вполне вероятно, что в будущем роботы-дроны смогут частично заменить людей в строительной отрасли. Со временем БПЛА станут еще активнее применяться на производстве, а процесс анализа усовершенствуется и будет происходить еще быстрее. А это, как следствие, повысит эффективность выполнения строительных работ, повысит финансовые показатели проектов, сократит сроки выполнения работ и значительно облегчит жизнь инженерам. В конце концов, роботы не только заменят людей на стройках, но и откроют новые горизонты для строителей. Вполне возможно, что совсем скоро делать будут машины, а нам останется лишь проверять на корректность результаты их работы. Будущее строительства остается за БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дроны на стройке: как контролировать ход работы? // integral-russia.ru Режим доступа: <http://integral-russia.ru/2017/10/27/drony-na-strojke-kak-kontrolirovat-hod-raboty/>. Дата обращения: 15.03.19.
2. Дроны в строительстве – новые технологии и возможности // sovzond.ru Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/news/bpla/4959/>. Дата обращения: 16.03.19.
3. Строительство при помощи дронов // dronomania.ru Режим доступа: <https://dronomania.ru/professionalnye/drony-v-kontrole-xoda-stroitelstva-obektov.html>. Дата обращения: 16.03.19.
4. Соединив дроны с облачными технологиями, основатели TraceAir создали новый сервис контроля строительных работ // www.forbes.ru Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/326941-soediniv-drony-s-oblachnymi-tekhnologiyami-osnovateli-traceair-sozdali-novyi-serv>. Дата обращения: 16.03.19.
5. Дронам видней: Как создавался российский стартап, использующий беспилотники // www.rbc.ru Режим доступа: <https://www.rbc.ru/newspaper/2017/04/25/58f8876e9a79477530a8e758>. Дата обращения: 16.03.19.

ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ ВЫСОТНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ

Ф.Б. Фрумкин

студент, filipp.frumkin@mail.ru

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

Аннотация

В статье рассматриваются градостроительные и социально-психологические проблемы, связанные с формированием высотной жилой застройки новых микрорайонов и проводится исследование на тему адаптации горожан к высокоэтажной городской среде.

Предмет исследования: воздействие гомогенной городской среды, сформированной высотной застройкой, на социально-психологическую климат города.

Цели: выявить проблемы, связанные с проживанием в антигуманной городской среде, сформированной высотной застройкой.

Материалы и методы: анализ литературы по заданной тематике, анонимный соцопрос.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Данное исследование показало, что социальная среда, формирующаяся в районах с высотной застройкой, действительно не способствует образованию новых связей между соседями. Однако, не смотря на все недостатки такой среды, большинство опрошенных (78%), заявили, что не захотели бы переезжать в дома более низкой этажности, даже если бы у них была такая возможность. Более того, для 77% участников опроса их жилая среда представляется им комфортной. Так же исследования показали, что большинству жителей (70%) потребовалось определенное время, в среднем около года, чтобы привыкнуть к новым условиям среды.

ВЫВОД

Несмотря на губительное влияние рассматриваемого типа застройки на образование социальных связей между жильцами, горожане адаптировались к такой среде. И последствия такой адаптации, как с точки зрения отдельного человека, так и социума в целом, очень не однозначны. Эта тема требует дальнейших исследований.

Город постоянно растет. Его население увеличивается в основном за счет механического прироста – внешней и внутренней миграции. Это естественный процесс. И чем крупнее город, чем успешнее его экономика, тем стремительней растет его население. С точки зрения последствий, этот процесс не однозначен. С одной стороны, центр миграции может извлечь из этого выгоду, потому что каждый новопривыкший мигрант обладает определенным социальным и культурным капиталом, реализация которого пойдет на пользу городу. С другой стороны, коренное население часто недовольно притоком мигрантов, являющихся носителями другой культуры и принадлежащих к иному социальному классу, что создает некую напряженность в обществе и провоцирует конфликты.

Однако самая большая проблема, связанная с миграцией в частности и с приростом населения в целом – это то, как эффективно разместить новых городских жителей, чтобы качество природной и урбанистической среды при этом не пострадало. Рассмотрим этот вопрос подробнее. Для этого мною было проведено исследование, в котором я попросил несколько человек примерно расписать по часам свой распорядок дня.

Это небольшое исследование показало, что основной сценарий в будний день – это сон, путь на работу, работа, и путь домой. У большинства опрошенных на это уходит в общей сложности около 20 часов в сутки. При этом на дорогу тратится 3–4 часа в день, что конечно является большой проблемой, ведь это время можно потратить с куда большей пользой.

Из всего этого можно сделать вывод, что из всех потребностей современного горожанина первостепенными являются две – потребность в комфортном жилье и развитой и эффективной транспортной инфраструктуре. Проще говоря, для того, чтобы гармонично разместить новое население в городе, нужно обеспечить его достаточной площадью жилой застройки и хорошо развитой сетью транспорта. Соответствующая социальная и коммерческая инфраструктура, благоустроенные рекреационные, общественные и спортивные зоны несомненно необходимы для создания комфортной среды, но именно вопросы жилья и транспорта представляются мне первостепенными.

Итак, для того чтобы комфортно разместить новое население в городе, требуется увеличить площадь жилой застройки. Есть два пути решения этой проблемы.

Первый – экстенсивный, или развитие “вширь”. Это означает строительство жилья малой и средней этажности с активным освоением новых территорий. Типичный пример – североамериканский пригород.

У этого пути есть определенные преимущества. Малоэтажная застройка не кажется жителям давящей, соблюдается “человеческий масштаб”. Большие объемы частных и общественных пространств, благоприятная экологическая обстановка, отличные возможности организации рекреационных зон из-за близости к природным территориям.

Однако существует ряд проблем, из-за которых этот путь развития практически невозможен в нашей стране. Рассмотрим их подробнее.

1) Экономика строительства. Застройщику попросту не выгодно строить малоэтажное жилье. Земля стоит дорого, и бизнес всегда пытается извлечь из нее максимум прибыли. А чем выше дом, тем больше полезная жилая площадь и тем больше квартир можно продать.

2) Чрезмерное растягивание транспортных путей. Как следствие, для жизни в таких районах необходим автомобиль. На пешеходное движение они вовсе не рассчитаны. В некоторых пригородных районах в США даже отсутствует тротуар. И поэтому жители вынуждены тратить нерационально много своего времени чтобы добраться до работы или объектов досуга.

3) Низкая доступность общественного транспорта.

4) Низкая плотность социальной и коммерческой инфраструктуры.

5) Высокая стоимость строительства и содержания дома и прилегающей территории, что делает такой тип жилища недоступным для большей части населения нашей страны.

Другой путь – интенсивный, или рост “ввысь”. На практике это означает строительство домов повышенной этажности, многоэтажных и высотных. Для решения вопросов размещения населения этот путь несравнимо более популярен. И на то есть несколько причин.

1) Экономическая выгода. Как уже сказано выше, чем больше этажей, тем больше полезной жилой площади. Для застройщика это означает дополнительную прибыль. С другой стороны, чем больше объемы строительства, тем ниже его стоимость. В конечном счете это должно привести к снижению стоимости квартир в многоэтажных домах, и сделать их более доступными для покупателей.

2) Возможность организации эффективной и доступной сети общественного транспорта.

3) Более плотная социальная и коммерческая инфраструктура

Как видно из вышесказанного, у этого пути развития есть серьезные преимущества. Однако со строительством подобных районов связано и множество проблем, причем их количество возрастает прямо пропорционально этажности. Рассмотрим их подробнее.

1) Нагрузка на транспортную сеть. В каждом высотном ЖК живет несколько тысяч человек. Несколько тысяч человек, которым ежедневно нужно перемещаться в центр города, к

местам работы и досуга. Это создает серьезную нагрузку на транспортную сеть, приводит к пробкам, ухудшает экологическую обстановку. Особенно это актуально для высотных ЖК, расположенных на окраинах городов.

2) Недостаточно плотная застройка. Современные строительные нормы не позволяют создать достаточно плотную застройку и дорожно-уличную сеть. В результате между домами образуются огромные пространства “ничейной”, не благоустроенной земли. Со временем они зарастают дикой растительностью, превращаются в пустыри и свалки, находящиеся прямо в центре жилой застройки. Создать комфортную городскую среду в таких условиях почти невозможно.

3) Существует целый кластер проблем, связанных с психологическим комфортом проживания в высотных жилых комплексах. Исследования показывают, что проживание в таких домах вызывает постоянный стресс. Высотная застройка кажется давящей, а длинные ряды одинаковых высотных зданий формируют “агрессивное поле”, пагубно влияющее на психическое состояние людей и даже провоцирующее их на совершение преступлений. Если говорить о цифрах, то согласно данным нью-йоркской полиции, число преступлений в небоскребах увеличивается почти пропорционально их высоте. Если в трёхэтажных домах совершается 8,8 преступления на тысячу жителей, то в шестнадцатиэтажных – до 20,2. Также жители высотных домов гораздо чаще страдают всевозможными нарушениями психики, например тревожным неврозом и аффективным расстройством. [1]

4) Социальные связи между жильцами в высотных домах деградируют. Это обусловлено множеством причин. Во-первых – это слишком большое население современных ЖК. В высотных домах проживают сотни людей с разными интересами, уровнем дохода и образом жизни. Жители слабо знакомы и редко взаимодействуют друг с другом. Образование новых социальных связей в таких условиях сильно затруднено. Во-вторых, сама планировка высотных домов не предполагает социальных контактов. В домах средней этажности есть три традиционных “места встреч” – это лестничная площадка, подъезд и двор. Для высотных ЖК это уже не актуально. Двор в большинстве таких комплексов превращен в парковку, подъезд выполняет только транзитную функцию. Лестничные площадки тоже теряют свое значение в качестве общественных пространств. Главным образом потому, что в высотных домах большая часть жителей пользуется лифтом. Да и сами лестницы по пожарным требованиям делаются незадымляемыми, что делает их значительно менее удобными для общения между жильцами. Таким образом, у жителей современного высотного ЖК просто нет мест социального контакта, а значит новым связям между ними просто негде образовываться. [3]

В последние годы вопрос о том, какой должна быть этажность жилых домов в комфортной городской среде становится все актуальнее. Ежегодно проводится множество исследований, цель которых – найти идеальную высотность, удобную для жителей и одновременно выгодную для застройщика. Одна из интереснейших работ на эту тему – это исследование института “Стрелка”, в результате которого специалисты составили брошюру “Принципы формирования жилой среды”. Одно из важнейших предложений, опубликованных в этой работе – это ограничение этажности застройки на уровне девяти этажей. Выше должны быть только доминанты. По мнению исследователей, создание комфортной среды возможно только при соблюдении “человеческого масштаба” застройки. Хочется верить, что со временем эти принципы станут главенствующими при строительстве новых кварталов. [2]

Однако, даже если ограничение высотности новых кварталов станет реальностью, проблемы, связанные с высотными ЖК никуда не исчезнут. Эти комплексы уже построены и заселены, а срок их эксплуатации истечет еще очень не скоро. Означает ли это, что тысячи людей будут вынуждены долгие годы страдать, проживая в агрессивной, почти непригодной для жизни среде? На этот вопрос нельзя дать однозначного ответа. Главным образом потому, что человеку свойственно не только менять среду для своих нужд, но и приспосабливаться, если изменить обстоятельства выше его сил. И поэтому можно предположить, что жители высотных домов со временем приспособились к своим новым условиям жизни. И среда, ка-

завшаяся им до этого неудобной, а то и вовсе непригодной, теперь представляется им менее агрессивной. Чтобы подтвердить это предположение, мною было проведено два исследования: социологический опрос и глубинное интервью.

Ниже приведена анкета соцопроса:

1. Как давно вы проживаете в высотном ЖК/ доме повышенной этажности?
2. На каком этаже находится ваша квартира?
3. Сколько часов в сутки вы проводите в своей квартире?
4. Сколько времени ежедневно вы тратите на дорогу на работу/учебу?
5. Скольких из ваших соседей вы знаете по имени?
6. Насколько близко вы общаетесь с соседями?
7. Каким образом вы взаимодействуете с остальными жильцами вашего дома?
8. Если бы у вас была возможность, захотели бы вы переехать выше/ниже, в более высокий дом/в средне/малоэтажный дом?
9. Кажется ли вам ваше жилье комфортным?
10. Если да, то было ли оно для вас комфортным изначально, или потребовалось какое-то время чтобы привыкнуть к новым условиям?
11. Есть ли у вас опыт проживания в средне/малоэтажном доме?
12. Если да, то какие условия вам кажутся более комфортными?

Этот соцопрос дал весьма интересные результаты. Так например 66 % опрошенных ежедневно проводят в своих квартирах 10 часов и менее – это время сна и сборов на работу/учебу. Это означает, что жилище воспринимается горожанами как место ночевки. Свой досуг они так же предпочитают проводить вне дома. Так же оказалось, что 11% опрошенных работают на дому, и поэтому проводят в своих квартирах 18-22 часа в сутки. Из-за специфики своей работы, эти люди значительно реже пользуются транспортом, поэтому чем больше таких жильцов в доме, тем меньше нагрузка на инфраструктуру. Так же опрос показал, что традиционные общественные пространства дома в высотных ЖК пользуются сравнительно небольшой популярностью. И 54 % опрошенных в основном общаются со своими соседями в интернете и группах ЖК в соцсетях. При этом частота и активность социальных контактов довольно невысока. Так 55% опрошенных знакомы лично лишь с 4-8 из своих соседей, только 11 % заявили, что знают “почти всех”. Так же 66% опрошенных общаются со своими соседями крайне редко, в основном для соблюдения правил приличия.

Эта часть опроса показала, что социальная среда высотных домов действительно не способствует образованию новых связей между соседями. Однако, не смотря на все недостатки такой среды, отвечая на следующий вопрос, большинство опрошенных (78%), заявили, что не захотели бы переезжать в дома более низкой этажности, даже если бы у них была такая возможность. Более того, для 77% участников опроса их жилая среда представляется им комфортной. Так же исследования показали, что большинству жителей (70%) потребовалось определенное время, в среднем около года, чтобы привыкнуть к новым условиям среды.

Из всего этого можно сделать вывод, что адаптация жителей к прежде казавшейся некомфортной жилой среде высокоэтажных домов не просто возможна, но и действительно происходит. В результате этого основным местом “встреч” между соседями становятся соцсети, что позволяет жильцам сохранять связи между собой даже в условиях деградации традиционных мест социального контакта, таких как ныне превращенный в парковку двор, и потерявшие свою актуальность лестничная площадка и подъезд. Меняется так же и социальное поведение людей. Так как значительная часть жильцов использует свои квартиры только как место ночевки, большая часть их жизни протекает вне дома. А значит, основными точками социального контакта для них становится работа и те места, где они проводят досуг: парки, кафе, торговые центры и центральные улицы городов. С одной стороны это приводит к расширению географии социальных связей, с другой – к их ослаблению из-за того, что контакты становятся более редкими. Прослеживается еще одна тенденция, которая, пролежно возможно, так же является одним из видов адаптации к новой городской среде. А именно то, что

с каждым годом все больше людей выбирают работать на дому. В некотором смысле это можно считать последствием перегруженности транспортной инфраструктуры. Когда дорога на работу настолько затруднена, что человек рискует провести значительную часть своей жизни в пробках, он в конце концов начинает искать альтернативные пути. Работа на дому, в качестве фрилансера или просто “удаленного менеджера” – одна из таких альтернатив. С точки зрения социальных связей последствия печальны. Их частота и близость уменьшаются, и основным местом контакта вместо общественных пространств становится интернет.

Как видно из вышесказанного, адаптация к высотной жилой среде может принимать самые разнообразные формы. И последствия такой адаптации, как с точки зрения отдельного человека, так и социума в целом, очень не однозначны. Эта тема требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вагин В.В.* Городская социология [Электронный ресурс]: URL: <http://uchebnikonline.net/book/164-gorodskaya-sociologiya-uchebnoe-posobie-vagin-vv.html> (дата обращения: 10.04.2018).
2. *Глазычев В.* Урбанистика. Часть 1 / *В. Глазычев.* — М.: Европа, 2008.
3. *Новиков А., Гатов В., Куренной В., Ревзин Г., Юдин Г., Шульман Е., Кронгауз М., Фаликман М., Алексеевский М., Шибанов О., Григорян Ю.* Горожанин. Что мы знаем о жителе большого города // *А. Новиков, В. Гатов, В. Куренной, Г. Ревзин, Г. Юдин, Е. Шульман, М. Кронгауз, М. Фаликман, М. Алексеевский, О. Шибанов, Ю. Григорян* — М.: Strelka Press, 2017.
4. Принципы формирования жилой среды. Дом. Квартал. Район. [Электронный ресурс]: URL: <http://docplayer.ru/26399437-Principy-formirovaniya-zhiloy-sredy-rayon-kvartal-dom.html> (дата обращения: 10.04.2018).

МЕТОД АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПУТЁМ ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТОВ

Н.Р. Щекатурова

студентка, *schekatyrova@yandex.ru*

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

Аннотация

Предмет исследования: исследование направлено на анализ методов архитектурного формообразования и возможностей применения компьютерных программ для его осуществления.

Цели: исследование ставит целью изучение подходов к архитектурному формообразованию и выявление возможностей использования преимуществ компьютерных программ; кроме того производится поиск практических методов, применимых в виртуальной среде, позволяющих качественно повлиять на процесс проектирования, повысить скорость и продуктивность работы.

Материалы и методы: исследование базируется на анализе теоретических осмыслении сущности понятия формообразования в архитектуре и на практическом опыте применения программ для создания BIM-модели на ранних этапах проектирования.

Результаты: в результате исследования составлен рекомендуемый алгоритм, описывающий поэтапный процесс проектирования объекта на стадии архитектурного поиска; установлены возможность и способ применения расчетов для создания концептуальной информационной модели здания в виртуальной среде, степень оптимальной аппроксимации данной модели, а так же данные, которые на данном этапе возможно из неё получить.

Выводы: в результате исследования выявлен один из возможных практических подходов к архитектурному формообразованию, преимуществом данного подхода являются гибкость, лёгкость контроля ошибок, и, так же, скорость работы; подход предлагается к непосредственному применению и дальнейшему совершенствованию.

ВВЕДЕНИЕ

Архитектурное формообразование является одной из основных составляющих процесса архитектурного проектирование. Вместе с тем, это — творческий процесс, успешно реализовывать который можно различными путями. В данной статье предлагается комплексный подход, основанный на применении компьютерных технологий.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Разберём сущность понятия архитектурного формообразования.

Сомов Г.Ю., раскрывая понятие архитектурного формообразования, определяет его как результат динамического взаимодействия структур. Причем на материальном уровне образование этой структуры происходит с помощью взаимодействия либо пространств, либо конструктивных элементов.[1]

Волынсков В.Э. Выделяет следующие методы архитектурного формообразования с использованием компьютерных программ [2]:

- 1) Геометрические - связанный с оперированием геометрическими примитивами.
- 2) Параметрические - способные описать объект сложной, но статической формы на осно-

ве NURBS- и MESH-сеток. Проектировщик задаёт некие правила для геометрии и может качественно и количественно отследить результат при изменении параметров.

- 3) Алгоритмические - создание любых типов геометрических объектов путем высокоуровневого программирования. Отдельно можно выделить алгоритмы, написанные для поиска решения какой-либо задачи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выделенные Волынским методы могут использоваться совместно. Однако, написание алгоритмов требует на сегодняшний день индивидуального подхода и заранее сформулированной концепции проекта. С другой стороны как универсальный способ упрощения процесса проектирования можно использовать параметрико-геометрический метод по приведённой классификации.

При проектировании с использованием BIM-программ предлагается следующий подход.

После утверждения общей концепции типологии здания, составляется список функциональных блоков здания и входящих в них помещений. Для этого может быть использовано три типа источников информации для определения точного перечня и габаритов этих помещений:

- 1) Обязательные требования к составу и площадям, рекомендательные сведения из строительных норм и правил, пособий;
- 2) Проекты-аналоги из открытых источников;
- 3) Предварительные чертежи помещений с расстановкой оборудования на основе специфических требований и рекомендаций так же из строительных норм и правил, пособий.

При проектировании с использованием любых чертежных программ п.3. становится более оправданным и полезным, так как в таком случае доступно выполнение чертежей несравнимо более высокой точности относительно ручных, таким образом при внесении исправлений и изменений накопление ошибок незначительно. А готовые чертежи помещений могут копироваться в итоговую проекцию с необходимыми правками, что значительно ускоряет этап перехода от черновых чертежей к чистовым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе собранной информации составляется электронная таблица, куда заносятся данные о необходимой мощности помещений, их количестве, расчетных коэффициентах площади либо константном её значении, специфических требованиях к отдельным помещениям. Здесь же может быть рассчитана необходимая площадь вспомогательных помещений, ориентировочная площадь коммуникаций (коридоров, галерей, лестниц; по опыту проектирования можно принять $0,3 \cdot S_{\text{помещений}}$). Заданный автоматический расчет общей площади и площади застройки с учетом предполагаемой этажности позволяет быстро вносить необходимо возникающие в процессе проектирования правки и отслеживать итоговый результат.

Для автоматического переноса данных в программу по BIM-проектированию таблица приводится к единообразной форме (предлагается для каждого пункта таблицы получить данные о предварительных габаритных размерах при допущении, что пространство имеет форму прямоугольной призмы)

Параллельно создается 3D-модель окружающей ситуации и участка строительства. В простом варианте она может содержать информацию только о геометрии, ориентации по сторонам света и географическом положении.

Для использования данных о габаритах здания внутри программы могут быть созданы параметрические блоки. Они могут иметь форму прямоугольных призм, при формировании которых можно решать прямою либо обратную задачу.

- 1) Размеры a , b , H (длина, ширина, высота) определяются основными исходными параметрами S , n (общая площадь, количество этажей). Соотношение параметров a , b задаётся по

умолчанию на основе золотого сечения с округлением в большую сторону с учетом строительного модуля.

2) Общая площадь S определяется задаваемыми исходными параметрами a, b, n ; отслеживается её значение. Либо исходными данными станут площадь и один из габаритов блока. Второй габарит будет вычисляться и округляться в большую сторону с учетом принятого строительного модуля.

Высота этажа является дополнительным параметром, могут быть введены и любые дополнительные параметры в зависимости от предполагаемых трудозатрат на их программирование и перспективы использования в будущем.

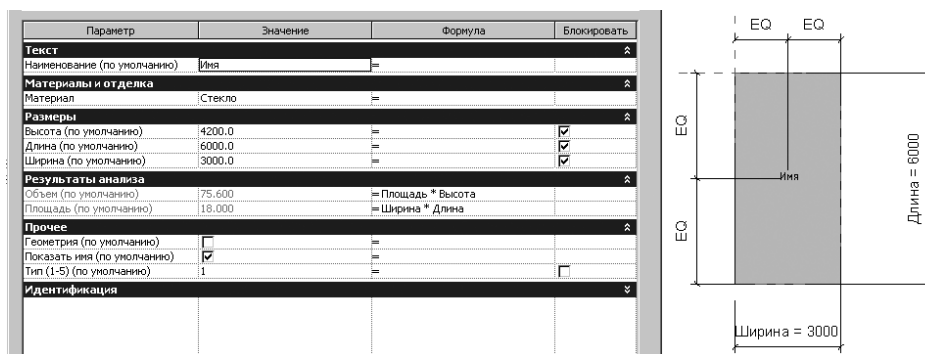


Рис. 1. Параметрический блок

В зависимости от целей и условий описанные параметрические объекты, отображающие отдельные помещения здания либо его укрупненные функциональные блоки, в виртуальной среде можно разместить вручную, либо создать в программе Revit автоматически на основе данных таблицы Excel используя скрипт Dynamo, либо разместить в другой программе другим известным проектировщику методом.

Используя данные из таблицы и параметрические блоки можно собрать "габаритную" схему здания, произвести художественный поиск его положения на участке, рассмотреть варианты с использованием компактного, расчлененного плана, павильонной схемы, протяжённого здания и т.д. оценить, пропорциональные соотношений объёмов его функциональных блоков, линейных размеров здания и участка строительства.

У данного подхода есть ряд преимуществ:

- 1) Скорость получения различных вариантов
- 2) Возможность сразу увидеть каждый из них в объеме
- 3) Возможность оценить пропорциональное соотношение пространств в среде, снижая вероятность ошибки в геометрических размерах.

Таким образом описываемый процесс схож с макетированием, однако происходит быстрее и имеет более высокую точность.

Можно так же быстро оценить инсоляцию для выбранной схемы с учетом затенения от корпусов проектируемого здания и от окружающей застройки. Программа предоставляет возможность построить динамические тени с учетом географического положения объекта для любого время суток и любой даты при необходимости. Это позволяет отследить опасные моменты без дополнительных расчетов.

При проектировании на значительном рельефе корпуса здания выставляются в модели визуально, а перепады уровней измеряются.

Можно использовать полученную трёхмерную габаритную схему как элемент визуальных исходных данных для разработки концепции путем эскизирования. Либо же продолжить работать в программной среде используя привычный для конкретного пользователя инструментарий.

После проведённого архитектурного поиска в этой же информационной модели можно приступить к проработке плана. Так для прямоугольных помещений можно так же использо-

вать параметрические блоки, компоновка из них объём и корректируя в процессе работы состав и габариты помещений. Таким образом можно одновременно формировать план по точным размерам и отслеживать крупную пластику фасада, не затрачивая время на детальное моделирование. Для пространств более сложной формы можно подобрать оптимальный метод аппроксимации.

Далее определяется расположение коммуникаций и путей эвакуации.

После создания схемы плана можно отследить формирующуюся сетку осей и разместить несущие конструкции. Положение несущих конструкции, лестничных клеток, лифтовых блоков а так же блоков инженерных коммуникаций задается и отображается на планах всех этажей, является структурой, к которой привязывается наполнение.

Для типовых узлов и конструкций (санузлов, лестничных и лифтовых блоков, объектов балконов и т.п.) целесообразно пользоваться соответствующим инструментарием программы для создания групп объектов. Таким образом решается задача быстрого внесения правок в однотипные объекты. Кроме того это отражает идею использования повторяющихся элементов для экономической эффективности, позволяет отследить неточности (например при решении торцевых элементов).

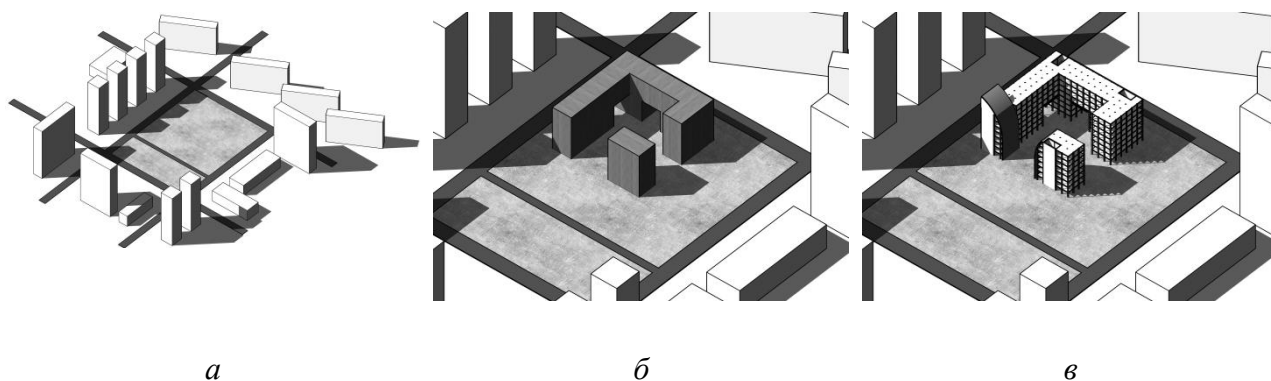


Рис. 2. Схема поэтапного проектирования:

- а) Модель среды
- б) Концептуальная модель
- в) Моделирование несущих конструкций

ВЫВОДЫ

Из вышесказанного следует, что использование BIM-программ возможно на самых ранних этапах проектирования и позволяет проводить творческий поиск одновременно с некоторыми расчетами. И в дальнейшем в той же программной среде можно переходить к последующим этапам проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сомов Г.Ю. 1990 Проблемы теории архитектурной формы. В Кн.: Форма в архитектуре: Проблемы теории и методологии, Раппапорт А. Г, Сомов Г. Ю. Москва: Стройиздат, Часть 2, с. 164-335
2. Волынсков В.Э., Информационно-технологические методы проектирования в архитектурном формообразовании, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры Москва — 2012 г., с. 13-20

Секция 2. MODERN BUILDING MATERIALS

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕРНОГО ЦВЕТА В АРХИТЕКТУРЕ

Е.В. Бовкун

студентка 5 курса 27 группы ИСА, elizabovkun@gmail.com
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: черный цвет в архитектуре, как ключевой фактор в формировании художественного и архитектурного образа, определяющий наше восприятие, а также общее ощущение архитектуры.

Цель: исследование черного цвета в архитектуре.

Материалы и методы: анализ международного опыта, сравнение статей и проектов, посвященных черному цвету, анализ влияния цвета на человека.

Вывод: черный в архитектуре решает определенные задачи жизни.

ВВЕДЕНИЕ

Мы редко встречаем черные здания, нам редко приходит мысль спроектировать черный дом, часто это кажется неуместным. Но для определенных зданий черный цвет – лучшее решение. Я рассмотрела несколько таких примеров.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В своем исследовании я использовала, в основном, статьи архитектурных сайтов и популярных журналов. Информацию про альтернативные источники энергии в строительстве брала из журнала своего университета «Вестник МГСУ». Проект «Архитектурные излишества» помог узнать последние новости, которые произошли в Москве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для написания статьи я анализировала черные здания и окружающую среду, в которой они находятся; международный опыт; сравнивала другие более популярные статьи и проекты, посвященные черному цвету; анализировала влияние черного цвета на человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Черный как камуфляж. Он помогает слиться зданию с природой. Например, архитектор фермерского дома в Австралии устанавливает тесную связь с окружающим ландшафтом с помощью облицовки фасада черным деревом^[1]. Черный цвет не забирает все внимание на себя, он растворяет дом в среде и отсылает именно к сельскому характеру. В очертаниях тот же плавный ритм и рельеф, а окна от потолка до пола связывают внутреннее и внешнее пространство. Дом получается в контексте окружающей среды (Рис.1).



Рис. 1. Red Hill Farm House / Carr + Jackson Clements Burrows Architects

Еще один пример здания в контексте окружающей среды это фармацевтическая фабрика в Испании. На территории находилась старая церковь, ее окружали зеленые пастбища, а фармацевтическую фабрику сделали похожей на окружающие горы, она тоже повторяет ритм и рельеф. А черный цвет корпусов не забирает внимание у исторического здания (Рис.2).

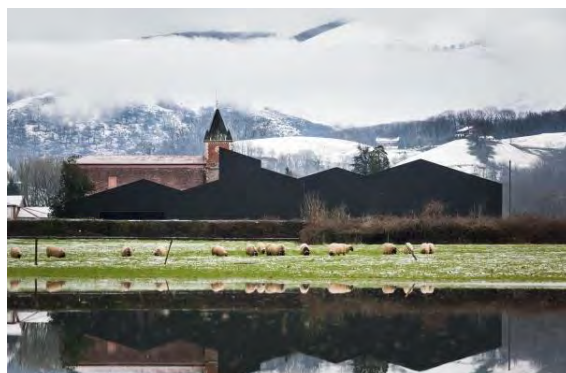


Рис. 2. Lozy's Pharmaceuticals Factory / Vaillou + Irigaray Architects

Черный как элемент энергосбережения. Так как черный цвет поглощает свет в видимом диапазоне, то это свойство можно использовать в создании альтернативных источников энергии, которые преобразуют энергию солнечного излучения в теплоту. Существует пассивная система, представляющая собой массивную темную стену, огражденную снаружи на некотором расстоянии стеклом – стена Тромба. Эта стена может быть покрыта селективно-поглощающей фольгой или покрашена в черный цвет для быстрого нагрева воздуха. Такая система используется в Солнечных домах. Система солнечного отопления состоит из выходящего на юг двусветного атриума, двух неветилируемых стен Тромба и больших окон выходящих на юго-восток и юго-запад. Тепло от солнечного излучения аккумулируется в бетонном полу и перекрытии, при низких температурах окна закрываются. В этом примере на цветовое решение фасада повлияют элементы энергосбережения, черные окна (Рис.3).

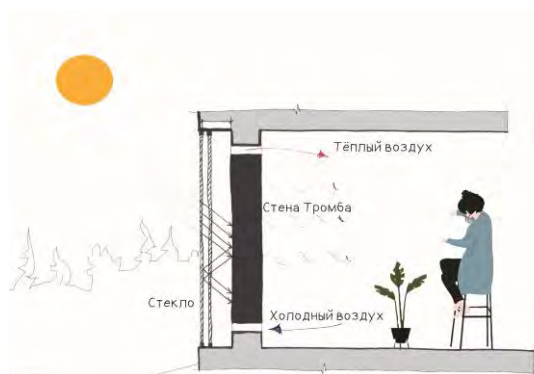


Рис. 3. Устройство стены Тромба (слева). Солнечный дом (справа)

Но в случае, когда необходимо привлечь внимание, черный используется, как акцент. В ноябре 2018 года по форумам и телеграм-каналам разлетелась фотография черного дома в Котельниках. Кого-то привлек непривычный для России цвет фасада, другие назвали вид мрачным. Позже выяснилось, что это часть акции местных жителей по привлечению внимания к возможному сносу здания^[3]. В этом случае черный как реклама, как острый вопрос. Дом запомнился, неважно вызвал он положительные или отрицательные эмоции, он привлек внимание к проблеме (Рис.4).



Рис. 4. Дом в Котельниках. Фото проекта «Архитектурные излишества»

Черный – как средство рекламы. На зимних Олимпийских играх в Южной Корее представили самое темное здание в мире. Стены павильона покрыты веществом Vantablack VВх2 — суперчерным материалом, который поглощает 99,965% света. Павильон был создан по заказу Hyundai Motors британским архитектором Асифом Ханом^[4]. Его задача привлечь внимание к новому водородному топливу элемента Hyundai Nexh. Здесь черный, как что-то космическое и совершенное, цвет помогает художественно раскрыть это изобретение (Рис.5).

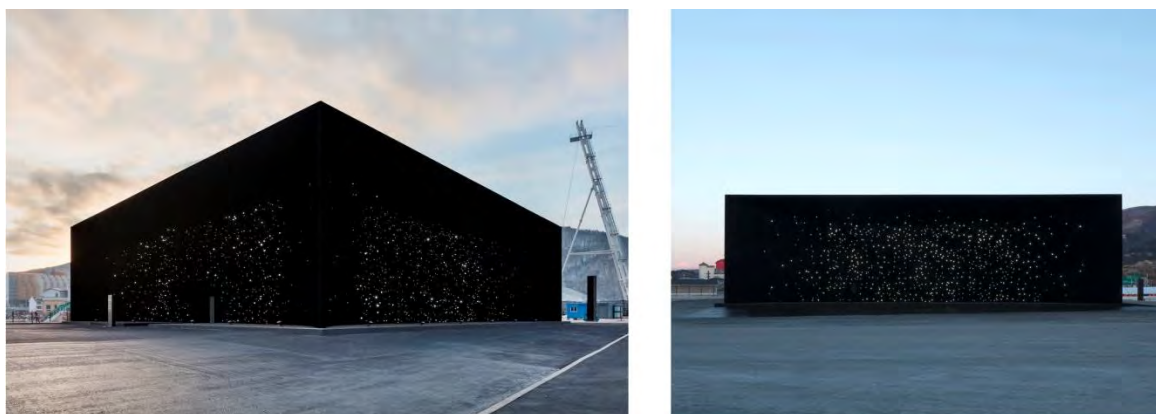


Рис. 5. Hyundai Pavilion

Черный, как символ ассоциируется не только с открытиями и космосом, но и в европейской культуре со смертью. Здания, посвященные трагедиям, обычно яркие и шокирующие, они не оставляют равнодушными, и черный в данном случае становится еще одним способом привлечь внимание. Именно его использовал Петер Айзенман в проекте мемориала памяти погибших евреев Европы. Он представляет собой огромное поле из 2 711 темно-серых бетонных плит^[5]. Посетитель может чувствовать себя потерянным среди этих плит, удаленным и изолированным от остальной части мира. Зрителю представляется свобода трактовки памятника. В этом можно видеть безымянные надгробья, места изгнания, а может быть, переход от жизни к смерти (Рис.6).



Рис. 6. Hyundai Pavilion

ВЫВОД

Черный в архитектуре может многое. Умелое использование этого цвета решает определенные задачи жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новости архитектуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com>.
2. *Брызгалин В.В.* Использование пассивных систем солнечного отопления как элемента пассивного дома [Текст] / В. В. Брызгалин, А. К. Соловьев // Вестник МГСУ. Т 13— 2018.— № 4. - С. 472–481.
3. *Сапрыкин М.* Протест, который скрывается за чёрным домом в котельниках [Электронный ресурс] / М. Сапрыкин // Институт «Стрелка» – Режим доступа: <http://www.strelkamag.com>.
4. *Фомина Е.* В Южной Корее появилось самое черное здание на планете [Электронный ресурс] / Е. Фомина // РБК – Режим доступа: <http://www.style.rbc.ru>.
5. Архитектура России и мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archi.ru>.

ЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛ И ШЛАКОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (ТЭС)

Д.Ю. Букина

аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов,
Dbukina45@gmail.com

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Аннотация

Приведены результаты сравнительного исследования зависимости активности щелочных вяжущих от вида золошлакового отхода ТЭС, концентрации раствора щелочи и условий твердения (нормальные, пропаривание и автоклавирование). Показано, что основным фактором структурообразования щелочных гидроалюмосиликатов вяжущих является степень аморфизации глинозема золы и шлака ТЭС. Зола-унос и молотый шлак, затворенные раствором щелочи образуют гидравлическую связку. Установлено, что при твердении в нормальных условиях активность вяжущих незначительная и составляет 2,5...12 МПа. При тепловлажностной обработке, особенно автоклавной, она существенно возрастает. Активность щелочных вяжущих на основе шлаков ТЭС в 1,5...2 раза превышают активность аналогичных составов на золе-унос. Основным определяющим фактором этого отличия является полная аморфизация глинозема в шлаке и присутствие его в составе малорастворимого в растворе щелочи кристаллического муллита золы-унос. На основе разработанных вяжущих можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 100...200 и 300...400.

Предмет исследования: технология изготовления бетонных и железобетонных конструкций с потенциальным расходом золошлаковых отходов до 98...98,5% по массе, что существенно увеличит уровень их утилизации, снизит себестоимость бетонов на 20...40%.

Актуальность темы. Одним из основных отходов промышленности Донбасса являются золошлаковые отходы ТЭС. Только на шести ТЭС Донецкой области при работе на полную мощность ежегодно образуется около шести млн. тонн отходов. Максимальный уровень их утилизации в конце 80-х годов 20 века не превышал 4-5%. Отвалы золошлаковых материалов занимают большие площади, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей. Они являются источником загрязнения окружающей среды, представляют опасность для здоровья населения и угрозу растительному и животному миру близлежащих районов.

ВВЕДЕНИЕ

Основная инновационная идея и ее новизна. Новым направлением широкого применения зол и шлаков ТЭС может стать производство бетонов на основе щелочных вяжущих (аналоги шлакощелочных). Теоретические основы этих цементов разработаны в 60...80 годы прошлого века Глуховским В.Д. [1]. Щелочные цементы и бетоны подробно изучены в работах Кривенко П.В. [2], Руновой Р.Ф. [3], Горлова Ю.П [4], Пушкаревой Е.К. [5], Ефремова А.Н. [6], Palomo A. [7], Van Deventer J.S.J. [8], Davidovits J. [9], Rowles V. [10] и др. Структурообразующими соединениями этих вяжущих являются щелочные гидроалюмосиликаты – аналоги природных цеолитов. Их синтез происходит при взаимодействии раствора щелочного компонента (ЩК) с дисперсными стеклообразными алюмосиликатами. В указанных работах

в качестве алюмосиликатного компонента использовались, в основном, метакаолин и зола-унос ТЭС. Однако метакаолин получают обжигом при 650-750°C. Вследствие разрыхления частиц метакаолин характеризуется примерно вдвое большей нормальной плотностью, что существенно снижает прочность камня на его основе [6]. На золе-унос получают вяжущие также невысокой активности [1...3, 5, 6].

Зола-унос по структуре существенно отличается от шлака ТЭС. В золе-унос до 50% материала закристаллизовано, шлак жидкого удаления на 100% остеклован (Волженский А.В. [11]). Это должно быть решающим фактором большей растворимости глинозема шлака в щелочных растворах, т.е. большей активности щелочных цементов.

Ранее в исследованиях щелочных вяжущих на фактор различной степени аморфизации оксида алюминия в золе-унос и шлаке ТЭС внимание не акцентировалось. Так, в украинском госстандарте ДСТУ Б В.2.7-181:2009 «Цементи лужні. Технічні умови» (Цементы щелочные. Технические условия) не предусмотрено применение шлака ТЭС, а золу-унос допускается применять в композициях с портландцементом или доменным граншлаком. Нормативных документов на щелочные вяжущие в России нет.

Цель – получение щелочных вяжущих и бетонов на основе золошлаковых отходов ТЭС путем установления закономерностей влияния их вида (зола, шлак) и расхода щелочного компонента на процессы синтеза прочности при различных условиях твердения.

Задачи исследований:

- исследовать влияние концентрации раствора ЩК и условий твердения на активность вяжущих на основе дисперсных золы-унос и молотого шлака;
- установить зависимость прочности бетонов от расхода щелочных золошлаковых цементов, подвижности бетонной смеси и условий твердения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях использовались зола и шлак Старобешевской ТЭС (Донецкая обл.). Шлак помоли в шаровой лабораторной мельнице до остатка на сите 0,08 мм 10...12%. Зола-унос пропускались через сито 0,08 мм и к ней добавляли 10% фракции 0,08...0,16 мм.

Испытание прочности камня вяжущих производилось на образцах кубах с ребром 2 см, заформованных из теста нормальной плотности. Кроме особо, оговоренных случаев затворение смесей производилось раствором ЩК – гидроксида натрия технического плотностью 1,25 г/см³.

Для исследования бетонов формовались образцы-кубы с ребром 7 см. В качестве крупного заполнителя использовали щебни фракции 2,5...10 мм, в качестве мелкого заполнителя – пески кварцевый и шлаковый фракции 0,16...2,5 мм с модулем крупности соответственно 2,5 и 2,6. Шлак ТЭС практически не содержит зерна крупнее 10 мм. В этой связи гранитный щебень тоже имел максимальную крупность 10 мм для сопоставимости

Нормальное твердение образцов происходило над водой, в эксикаторе. Тепловлажностное твердение осуществляли после 16...20 часов выдержки в формах с изолированной верхней поверхностью по режиму 2,5 + 6 + 3...4 часа. Изотермический прогрев при пропаривании производился при температуре 95°C, при автоклавировании – 173°C и давлении 0,8 МПа (кроме отдельных исследований).

Испытание смесей и затвердевших вяжущих и бетонов производилось по стандартным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рентгенограммы шлака и золы Старобешевской ТЭС, снятые на установке УРС-50 ИМ и показанные на рис. 1, указывают на то, что шлак практически полностью аморфизирован. В золе присутствует значительное количество кристаллических фаз. Причем глинозем в ней находится в виде кристаллического муллита, плохо растворимого в щелочных водных растворах (межплоскостные расстояния 0,335, 0,220, 0,341, 0,256 нм).

Результаты сравнительного исследования зависимости активности вяжущих от вида отхода и концентрации раствора ЦК показали, что при твердении в течение 28 суток в нормальных условиях активность вяжущих низкая: на золе – 2...2,5, на шлаке – 9...12 МПа (рис. 2А). Однако они свидетельствуют о том, что активность вяжущих на основе шлака существенно превышает активность соответствующих композиций на золе, с увеличением концентрации раствора ЦК прочность образцов из обеих композиций, особенно шлаковых, заметно возрастает.

При пропаривании с увеличением плотности раствора ЦК с 1,15 до 1,25 г/см³ активность вяжущих существенно возрастает (рис. 2Б), особенно шлаковых. При приемлемой, с экономической точки зрения, плотности раствора ЦК – 1,25 г/см³ прочность камня вяжущих на шлаке в 3...3,5 раза выше, чем вяжущих на зольных композициях. Еще более существенное повышение активности обоих видов вяжущих наблюдается после автоклавной обработки. По сравнению с пропаренными образцами она возрастает в 1,5...2 раза, до 20...25 МПа на основе золы и до 46...66 МПа на шлаке.

Как известно [11], растворимость каркасных силикатов, особенно аморфных, в щелочных растворах резко возрастает при повышении температуры выше 160°C. Это, по всей вероятности, и является причиной существенного повышения активности обоих видов вяжущих при автоклавной обработке. По сравнению с пропаренными образцами она возрастает в 1,5...2 раза, до 20...25 МПа на основе золы и до 46...66 МПа на основе шлака (рис. 3А).

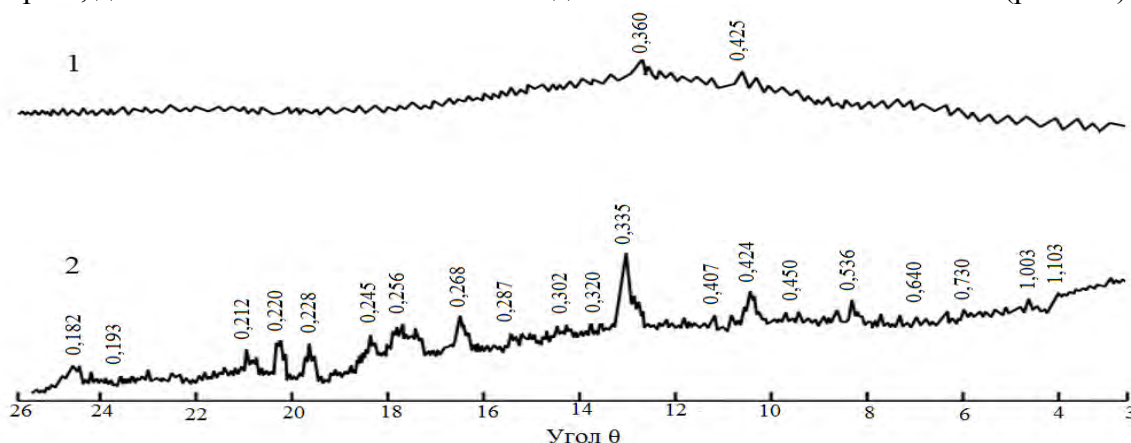


Рис. 1. Дифрактограммы: 1 – шлак ТЭС; 2 – зола ТЭС.

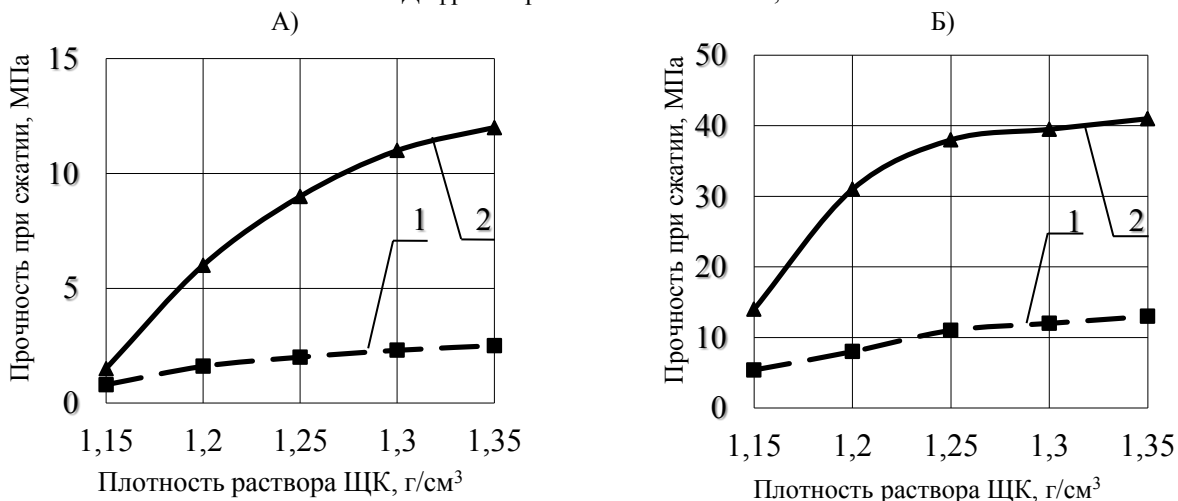


Рис. 2. Зависимость активности вяжущих на золе-унос (1) и шлаке (2) от плотности раствора ЦК при твердении в нормальных условиях (А) и при пропаривании (Б).

Исследовано влияние давления пара при автоклавировании на прочность камня вяжущих, затворенных раствором ЦК плотностью 1,25 г/см³. Анализ полученных результатов (рис. 3Б) показывает, что наиболее интенсивно активность и зольного, и шлакового вяжущих

растет при подъеме давления от 0 до 0,4 МПа, при повышении давления до 0,6 МПа этот рост заметно замедляется, а при давлении 0,6...1,2 МПа практически стабилизируется. При этом прочность образцов зольных вяжущих составляет 20,3...23,6 МПа, а шлаковых – 58,2...60,0 МПа.

Сравнительные исследования влияния расхода шлакового вяжущего и расхода раствора ЩК (табл. 1) показали, что с увеличением содержания молотого шлака с 250 до 550 кг/м³ прочность пропаренного бетона возрастает с 10,8 до 22,5 МПа, автоклавированного – с 17,0 до 38,4 МПа. Рост прочности практически прямо пропорционален увеличению расхода молотого шлака.

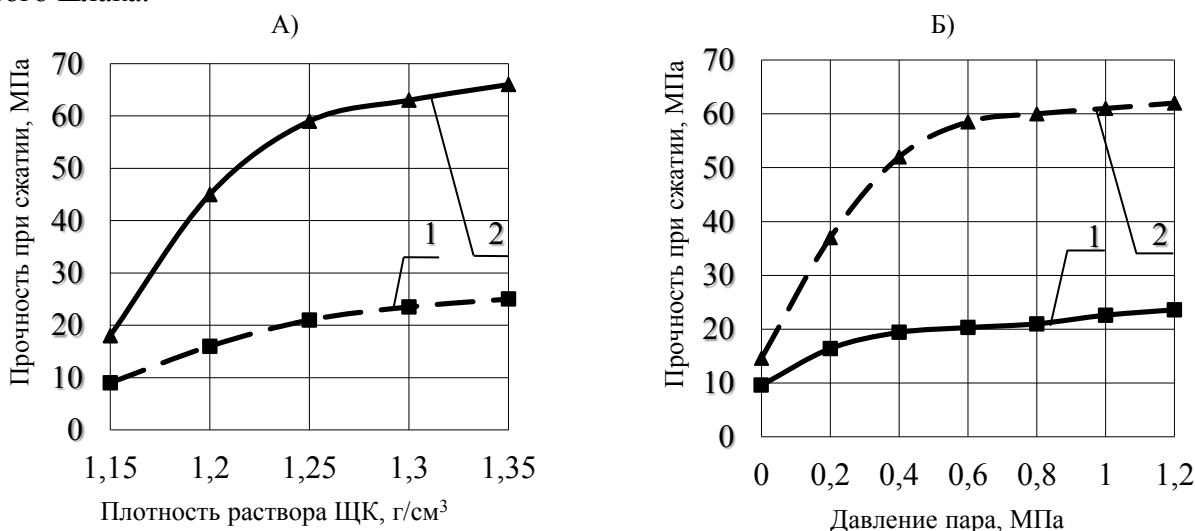


Рис. 3. Зависимость активности автоклавированных вяжущих на золе-унос (1) и шлаке (2) от плотности раствора ЩК (А) и давления насыщенного пара (Б).

Несколько неожиданная картина наблюдается при увеличении расхода раствора ЩК (повышения подвижности бетонной смеси). Можно было ожидать, что повышение расхода затворителя, а значит и воды, снизит по закону В/Ц прочность бетона. Однако происходит обратное – прочность возрастает практически прямо пропорционально и для пропаренного, и для автоклавированного бетонов. Это связано, вероятно, с повышением растворимости молотого шлака при увеличении количества раствора ЩК. Замена гранита и кварцевого песка в составе №7 на соответственно шлак фракции 2,5...10 мм и шлаковый песок фракции 0,16...2,5 мм заметно увеличивает прочность бетона, что, по-видимому, связано со значительным повышением прочности сцепления заполнителей и вяжущей матрицы.

Таблица 1. Составы и свойства бетонных смесей и бетонов

№ пп	Номинальный расход, кг/м ³				Вода*, ЩК, л	Плотность смеси, кг/м ³	ОК, см	Прочность при сжатии, МПа, после	
	ЩК I	молотый шлак	гранит 2,5-10 мм	песок				пропарка (НТ**)	автоклавирования
1	550	-	1100	550	200*	2370	2	43,5**	-
2	-	550	1100	550	200	2360	4	22,5	38,4
3	-	400	1100	600	200	2355	3	16,8	28,2
4	-	250	1100	850	200	2350	2	10,8	17,0
5		550	1100	550	215	2360	8	25,5	40,6
6		550	1100	550	230	2350	12	27,0	42,4
7	-	550	1100*	550*	200	2310	4	-	44,6

*Примечания: в составе №7 гранит и кварцевый песок заменены соответственно на шлак ТЭС фракции 2,5...10 и 0,16...2,5 мм; НТ – 28 суток нормального твердения.

Для предварительного ориентировочного определения марочной прочности разработанных бетонов испытан бетон состава №1, изготовленный из портландцемента ПЦ I-500 с фактическим пределом прочности при сжатии стандартных цементно-песчаных образцов 4x4x16 см 47,5 МПа. Если сравнивать составы 1 и 2, 5...7, то можно полагать, что, вяжущая матрица автоклавированных шлаковых бетонов эквивалентна по прочности цементу активностью около 40...45 МПа, а пропаренных – 25...30 МПа.

ВЫВОДЫ

1. Основным определяющим фактором структурообразования щелочных гидроалюмосиликатов и различной активности зольных и шлаковых вяжущих является полная аморфизация в шлаке глинозема и присутствие его в составе малорастворимого в растворе щелочи кристаллического муллита золы-уноса.

2. Активность щелочных вяжущих на основе шлаков ТЭС в 1,5...2 раза превышают активность аналогичных составов на основе золы-уноса и основным определяющим фактором этого является практически полная аморфизация шлаков, особенно их алюмосиликатной составляющей, которая в золах в существенной мере закристаллизована.

3. Приемлемую для изготовления бетонов активностью 25...30 МПа имеют пропаренные шлаковые вяжущие и автоклавированные зольные композиции, активность шлаковых автоклавированных составов возрастает до 50...65 МПа.

4. На основе разработанных вяжущих можно получать пропаренные и автоклавированные бетоны соответственно марок 100...200 и 300...400.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / Под общ. Ред. В.Д. Глуховского. – К.: Вища школа, 1979. – 232 с.
2. Krivenko P. Alkaline Cements, Concretes and Structures: 50 Years of Theory and Practice // International Conference «Alkaline Activated Materials» - Research, Production and Utilization/ - Praha: Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 313-347.
3. Рунова Р.Ф. Исследование автоклавных щелочно-щелочноземельных алюмосиликатных материалов: Автореф. дис. ... кандидата техн. наук / Киевский инж.-строит. ин-т. - К., 1972. – 23 с.
4. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Гоц В.И. и др. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков: Монография. – Киев: издательство ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258 с.
5. Ефремов А.Н., Кривенко П.В. Огнеупорные бетоны на щелочных вяжущих с повышенными термомеханическими свойствами /. – Макеевка: ДонНАСА, 2008. – 187 с.
6. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Буров В.Ю. и др. Автоклавные бесцементные коррозионностойкие бетоны / Ю.П. Горлов, // Строительные материалы. – 1984. - №9. – С. 15.
7. Palomo A., Fernandez-Jimenez A. Nature of Alkali Aluminosilicate Polimers. Progress on Research and Commercialisation of Geopolymers // International Conference "Alkali Activated Materials - Research, Production and Utilization. - Praha: Zeithamlova Milena, Ing., 2007. - P. 509-522.
8. Van Deventer J.S.J., Provis J.L., Rees C.A. et. al. Progress on Research and Commercialisation of Geopolymers // International Conference "Alkali Activated Materials - Research, Production and Utilization. - Praha: Zeithamlova Milena, Ing., 2007. – P. 725-734.
9. Davidovits J. Geopolymers - inorganic polymeric new materials // Journal of Thermal Analysis. – 1991. – №37(8). - P. 1633-1656.
10. Rowles V., Rowles V., O'Connor B. Chemical optimization of the compressive strength of aluminosilicate geopolymers synthesised by sodium silicate activation of metakaolinite // Journal of Materials Chemistry. - 2003. - №13(5). – P. 1161-1165.
11. Волженский А.В., Иванов И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и топливных шлаков в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ДРОБЛЁНОГО БЕТОНА

Н.С. Дмитриев¹, В.В. Наруть², О.А. Ларсен³

¹ студент, hrukzluke@mail.ru

² аспирант, insolent88@mail.ru

³ доц., larsen.oksana@mail.ru

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: Бетоны, имеющие в составе крупный заполнитель из бетонного лома, обладают более низкими показателями по прочности, чем бетоны на природном крупном заполнителе, а также их бетонные смеси в ранние сроки теряют подвижность из-за развитой сети капиллярных пор в бетонном ломе и наличия контактной зоны между зерном заполнителя и налипшим на него цементным камнем. Рассмотрен способ решения данных проблем с помощью применения технологии двухступенчатого перемешивания.

Цели: определить влияние двухступенчатого перемешивания на прочность бетона и сохраняемость подвижности бетонных смесей на крупном вторичном заполнителе.

Материалы и методы: для определения водопотребности вторичного заполнителя были использованы положения из структурной теории бетона. Изготовлены образцы из бетонных смесей нормального и двухступенчатого перемешивания, испытаны на прочность при сжатии, исследовано с помощью ультразвукового анализа формирование структуры смесей.

Результаты: Бетонные смеси двухступенчатого перемешивания дольше сохраняют подвижность. В возрасте 28 суток образец нормального перемешивания показал прочность на сжатие 46,7 МПа, а образец двухступенчатого перемешивания - 54,1 МПа.

Выводы: Повышение прочности в возрасте 28 суток составляет 16 %, сохраняемость подвижности выше. Это доказывает положительный эффект двухступенчатого перемешивания на формирование структуры и на прочность бетона.

ВВЕДЕНИЕ

Во всём мире повсеместно происходит снос устаревших по разным причинам зданий и домов, в результате которого остаётся большое количество строительного мусора. Основная его часть – это лом конструкций из бетона и железобетона. В частности, в Москве запущена программа реновации, предполагающая снос пятиэтажных домов и строительство новых домов на их месте. Это гигантские объёмы бетонного лома, которые необходимо хотя бы частично использовать в новом строительстве. Из бетонного лома путём дробления в несколько стадий получают щебень из бетонного лома. Он отличается по свойствам от щебня из карьеров тем, что на его зернах есть налипший цементный камень, количество которого на зернах щебня зависит от технологии получения щебня из бетонного лома на стадиях дробления.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Повысить характеристики вторичного щебня возможно при дроблении по режимам, при которых разрушается в большей степени слабое звено – цементный камень [1,2]. Для этого нужно либо специальное оборудование (виброщечковые, конусные инерционные дробилки), или дробление более чем в одну стадию в обычных щековых дробилках, но в режиме «завала» - максимального заполнения рабочего пространства аппарата. При таком «мягком» режиме бетонный лом дробится за счёт непосредственного взаимодействия с дробимым материалом, а не за счёт ударов о подвижную щеку.

Многостадийное дробление позволяет улучшить свойства для песка из бетонного лома [3].

Период формирования структуры (далее – ПФС) – время от начала затворения до момента резкого возрастания прочности. Наличие заполнителей в цементном тесте сокращает ПФС, поскольку заполнители отвлекают на себя часть воды затворения и тогда цементное тесто твердеет при истинном В/Ц (W) (формула 1) – В/Ц, которое бы имело цементное тесто, если бы оно обладало такими же свойствами, что и бетонная смесь (подвижность, сроки схватывания). Определив ПФС цементного теста хотя бы для двух В/Ц, можно определить истинное В/Ц для бетонных смесей. А разница между этими значениями – количество воды, отвлекаемое заполнителями.

$$W = \frac{В - K_n \cdot П - K_{щ} \cdot Щ}{Ц} \quad (1)$$

Где В, П, Щ, Ц – расходы, соответственно, воды, песка, щебня (крупного заполнителя) и цемента на 1 м³ бетона, кг; K_п, K_щ – водопотребность песка и щебня соответственно.

Из-за наличия цементного раствора с развитой сетью капиллярных пор на таком заполнителе он обладает повышенным водопоглощением. Кроме того, у бетонных смесей на рециклированном заполнителе в первые несколько минут после их изготовления заметно снижается подвижность. В затвердевшем бетоне есть два типа контактных зон между крупным заполнителем и растворной частью: старые, которые уже есть в заполнителе из бетонного лома, и новые, образующиеся в процессе формирования структуры бетона. Контактные зоны состоят в основном из непрочных минералов – этtringита и гидроксида кальция. В бетонах на щебне из бетонного лома такая зона может находиться между новой растворной частью и старой растворной частью (от бетонного лома), что делает это место ещё более уязвимым с точки зрения прочности.

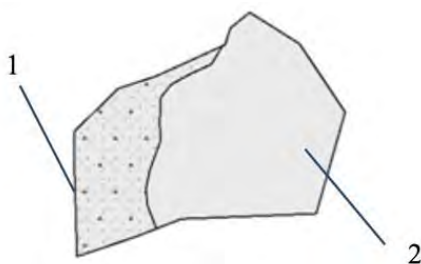


Рис. 1. Схема зерна крупного заполнителя из бетонного лома: 1-Налипший цементный раствор с развитой сетью капиллярных пор; 2-Зерно природного крупного заполнителя, применённого в бетоне, из которого получен бетонный лом.

Существует 2 способа двухступенчатого перемешивания [4], которые должны укрепить контактные зоны за счёт коагуляции капиллярных пор в бетонном ломе и снизить водопоглощение щебня из бетонного лома:

- Двухступенчатое перемешивание с добавлением микрокремнезёма (далее – ДПМ), заключающееся в добавлении нескольких процентов микрокремнезёма в первой стадии перемешивания;

- Двухступенчатое перемешивание с добавлением микрокремнезёма и цемента (далее – ДПМЦ), заключающееся в добавлении нескольких процентов микрокремнезёма и цемента в первой стадии перемешивания;

Двухступенчатое перемешивание с добавлением микрокремнезёма и цемента состоит из нескольких стадий:

- 1) Перемешивание смеси крупного заполнителя и бетонного лома вместе с микрокремнеземом – 30 секунд;
- 2) Добавление половины цемента и перемешивание – 30 секунд;
- 3) Добавление песка и перемешивание – 30 секунд;
- 4) Добавление половины воды затворения и перемешивание – 30 секунд;
- 5) Добавление оставшегося цемента и перемешивание – 30 секунд.
- 6) Добавление второй половины воды и перемешивание – 30 секунд.

Кольматация капиллярных пор достигается за счёт обволакивания бетонного лома на второй стадии цементным тестом, а благодаря наличию микрокремнезёма связывается гидроксид кальция, в результате чего образуются низкоосновные гидросиликаты кальция, что в ещё большей степени кольматирует поры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения водопотребности заполнителя из бетонного лома необходим график зависимости периода формирования структуры от водоцементного отношения (В/Ц) цементного теста. Чтобы построить данную зависимость, нужно для цементных паст с разными В/Ц (0, 876 НГ, НГ, 1,65 НГ, где НГ – коэффициент нормальной густоты) определить периоды формирования структуры с помощью ультразвукового прибора. Был использован прибор Пульсар 2.2. Затем была изготовлена смесь цементного теста с вторичным заполнителем заданного состава (расход цемента 650 кг/м³, объём заполнителя 500 литров, количество воды, соответствующее осадке конуса 1-2 см), определён её период формирования структуры. По графику зависимости ПФС от В/Ц цементного теста устанавливается истинное В/Ц цементного камня в бетоне [5]. Используя эти данные, определяют коэффициент водопотребности заполнителя из бетонного лома по формуле:

$$K_{затв} = \frac{B_{затв} - Ц \cdot W}{P_{затв}} \quad (3)$$

Где $B_{затв}$ – количество воды затворения, л; $Ц$ – расход цемента, кг; W – истинное водоцементное отношение; $P_{затв}$ – масса исследуемого заполнителя, кг.

Далее был подобран состав бетона (табл. 1), который был приготовлен обычным перемешиванием и ДПМЦ. Вместо кремнезёма была использована зола уноса в количестве 10% от массы цемента. Замена гравия природным щебнем – 30 %.

Таблица 1. Состав бетона

Компонент	Расход на 1 м ³ , кг	Расход на 10 л, кг
Цемент	398	3,98
Песок	717	7,17
Гравий	752,5	7,525
Щебень из бетонного лома (30% замена)	322,5	3,225
Вода	210	2,1
Зола уноса	39,8	0,398

Заформовано 6 образцов 10x10x10 см, по 3 образца каждого типа перемешивания. Был зафиксирован набор прочности во времени и ПФС с помощью ультразвукового прибора.

Определена водопотребность смеси заполнителей и наполнителей (золы). Образцы испытаны на прочность через 3, 7 и 28 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Формирование структуры цементных паст приведено на рис.2. График зависимости ПФС от В/Ц цементного теста (рис. 3) использовался для определения истинного В/Ц в смеси цементного теста с заполнителем из бетонного лома.

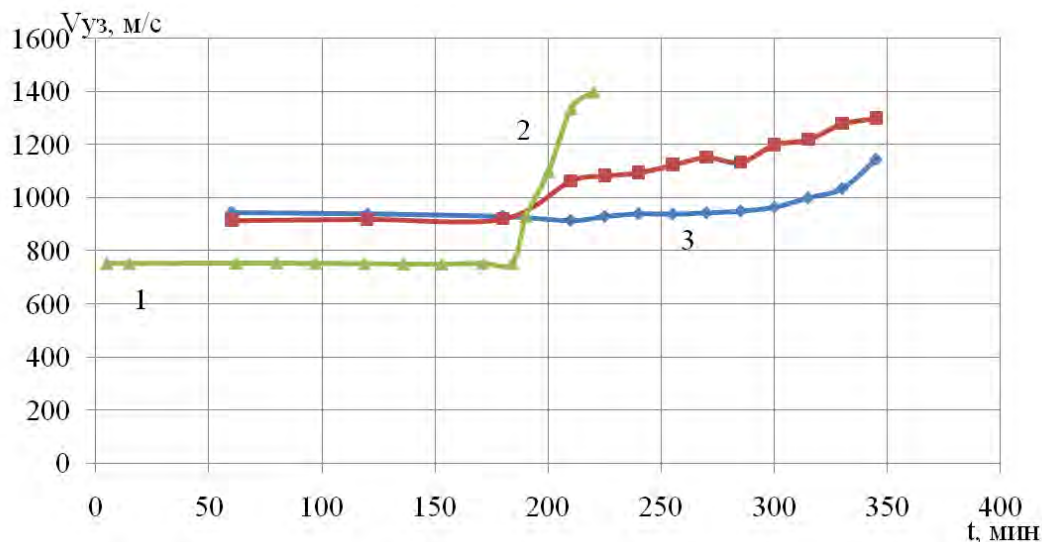


Рис. 2. График зависимости прохождения ультразвука через цементное тесто от времени с момента затворения: 1-В/Ц=0,247; 2-В/Ц=0,2825; 3-В/Ц=0,466

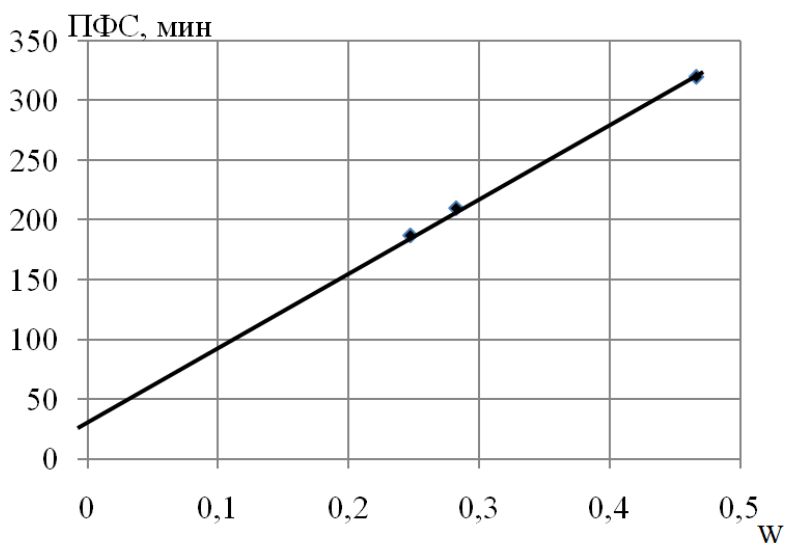


Рис. 3. График зависимости ПФС от водоцементного отношения цементного теста

Водопотребность заполнителя из бетонного лома составила 7,5 %, что сопоставимо с водопотребностью качественного песка, но намного выше водопотребности природного крупного заполнителя (2-3%).

Период формирования структуры бетонных смесей нормального и двухступенчатого перемешивания оказался одинаков и составил 160 минут (рис.4). Есть разница в первые 60-90 минут с момента затворения.

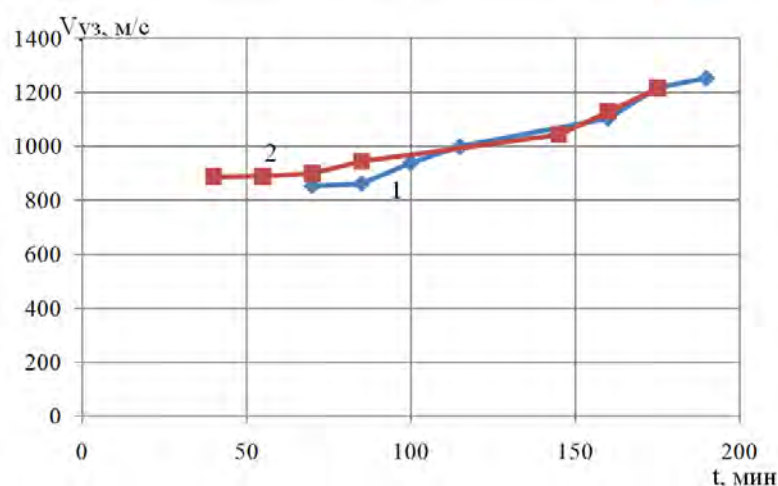


Рис. 3. График зависимости прохождения ультразвука через бетонные смеси от времени с момента затворения: 1-бетон нормального перемешивания; 2-бетон двухступенчатого перемешивания
 Результаты испытаний на прочность занесены в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на прочность образцов

	Прочность, МПа			Плотность, кг/м ³		
	3 сут	7 сут	28 сут	3 сут	7 сут	28 сут
Одноступенчатое перемешивание	28,1	33,7	46,7	2325	2320	2320
ДПМЦ	32,6	36,4	54,1	2340	2320	2323

ВЫВОДЫ

Применение двухступенчатого перемешивания с добавлением активной минеральной добавки и части цемента на стадии предварительного перемешивания позволило увеличить прочность бетона с вторичным заполнителем в среднем на 13 %. В ранние сроки у бетонных смесей двухступенчатого перемешивания подвижность сохраняется дольше, чем у бетонных смесей нормального перемешивания.

При использовании вторичного заполнителя в бетоне важно минимизировать контакт воды с растворной частью заполнителя и со старой контактной зоной.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Leemann A., Loser R.*: Carbonation resistance of recycled aggregate concrete // *Construction and Building Materials* 204, 335-341 (2019).
2. *Pacheco J., de Brito J., Chastre C., Evangelista, L.*: Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates // *Construction and Building Materials* 201, 110-120 (2019).
3. *Florea M.V.A.*: Properties of various size fractions of crushed concrete related to process conditions and re-use// *Cement and Concrete Research* 52, 11–21 (2013).
4. *Tam V.W.Y., Tam C.M.*: Diversifying two-stage mixing approach (TSMa) for recycled aggregate concrete: TSMAs and TSMAsc// *Construction and Building Materials* 22, 2068–2077 (2008). Tam, V.W.Y., Gao, X.F., Tam, C.M.: Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach. *Cement and Concrete Research* 35, 1195– 1203 (2005).
5. *Баженов Ю.М., Горчаков Г.И., Алимов Л.А., Воронин В.В.*: Получение бетона заданных свойств // 1-е издание, Стройиздат, Москва (1978).

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ДЕКОРАТИВНЫЕ БЕТОНЫ

В.А. Зайцева¹, Е.А. Борисюк²

¹ студентка, lersan1998@mail.ru

² канд. техн. наук, ст. преподаватель, evgen1002@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: Представленная работа включает изучение и анализ современных исследований и разработок высокотехнологичных декоративных бетонов. Современные декоративные бетоны, применяемые в строительстве, отличаются от ранее разработанных более ярким и стойким цветом, более тонкими и четкими формами, а также новыми подходами в создании декоративных свойств.

Цели: Исследование и анализ новых современных материалов и технологий.

Результаты: На сегодняшний день существует широкий выбор высокотехнологичных декоративных бетонов для создания уникальных форм фасадов и интерьеров.

Вывод: Применение оптического волокна в технологии бетона позволило решить ранее не-возможную задачу – добиться светопрозрачности бетона. LiTraCon - светопрозрачный бетон - обладает уникальными декоративными свойствами. Его способность пропускать свет сквозь свою толщину позволяет совершенно по-новому оценить возможности применения такого декоративного бетона.

Ключевые слова: декоративные бетоны, самоочищающиеся бетоны, стеклонаполненные бетоны, светящиеся бетоны, LiTraCon, светопрозрачный бетон, оптическое волокно.

ВВЕДЕНИЕ

Использование обычного бетона в интерьере зданий типично для таких стилей, как хай-тек, лофт и минимализм, для которых главенствующую роль играет функциональность. Такие материалы не требуют дополнительного ухода и просты в эксплуатации. Декоративный бетон является разновидностью специальных высококачественных бетонов, обладающих высокими эксплуатационными и художественными характеристиками [1].

В настоящее время традиционный декоративный бетон выпускается в основном трех видов: цветной (существует более двух десятков минеральных пигментов, цвет которых сохраняется в течение длительного времени); имитация камня (новейшие технологии позволяют производителям изготавливать бетоны, которые выглядят как настоящий камень); декоративный бетон с рельефной структурой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Применение новейших технологий позволяет получить декоративные бетоны нового поколения. Его можно увидеть при фасадном оформлении зданий и сооружений, разработке дизайна архитектурной среды и ландшафта, формировании интерьера. Современные декоративные бетоны отличаются уникальными свойствами и способствуют выполнению ранее недоступных задач.

Так например, обычный цветной бетон, при всех его достоинствах, со временем, под действием атмосферы и из-за загрязненности окружающей среды, теряет свой цвет и темнеет. Решить эту проблему позволяет применение самоочищающегося декоративного бетона, в

который с целью сохранения чистоты поверхности, при приготовлении бетонной смеси, добавляют фотокаталитические частицы. Солнечный свет, попадая на поверхность такого бетона, активизирует эти частицы и они, смешиваясь с кислотами содержащимися в атмосфере, нейтрализуют их, предотвращая образование пятен. В качестве фотокатализаторов используются полупроводниковые оксиды титана, цинка (TiO_2 , ZnO , CdS) и др. или сульфиды, полупроводниковые оксиды с нанесенными металлами (Pt/TiO_2 , Rh/SrTiO_3) и полупроводниковые дисперсии с нанесенными оксидами ($\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$). Наибольшее распространение в качестве фотокатализатора в силу относительной дешевизны и высокой эффективности получил **диоксид титана**, который ранее использовали как покрытие при обработке поверхностей материалов для самоочищения, так называемый «эффект лотоса», обусловленный его высокой гидрофобностью.

Применение TiO_2 в бетоне направлено на достижение **двух основных эффектов**: самоочищение поверхности бетона от грязи, а также очистки атмосферы за счет окисления оксидов азота (NO_x).

TiO_2 , как правило, смешивают в сухом виде с цементом перед добавлением воды затворения. После твердения TiO_2 присутствует во всей структуре цементного камня. TiO_2 является достаточно стабильным, высоко инертным оксидом, который не вступает в реакцию с цементом при его гидратации. Со структурной точки зрения, он действует в качестве наполнителя пор, снижая суммарную пористость на ранней стадии твердения.

Активность очистки воздуха диоксидом титана, применяемым в строительных материалах, определяли по окислению NO и NO_2 в NO_3 . Этим соединениям уделяется особое внимание, так как они являются основными компонентами выхлопных газов транспортных средств и играют важную роль в формировании смога больших городов.

Испытания влияния бетонного образца с покрытием из TiO_2 на очистку воздуха от указанных загрязнений при температуре окружающей среды — $23 \pm 2^\circ\text{C}$, относительной влажность — 50 % и интенсивности света равной 10 Вт/м^2 с длиной волны в диапазоне между 300 и 460 нм показали, что концентрация загрязняющих веществ с течением времени уменьшается [2]. Результаты измерений приведены на рисунке 1.

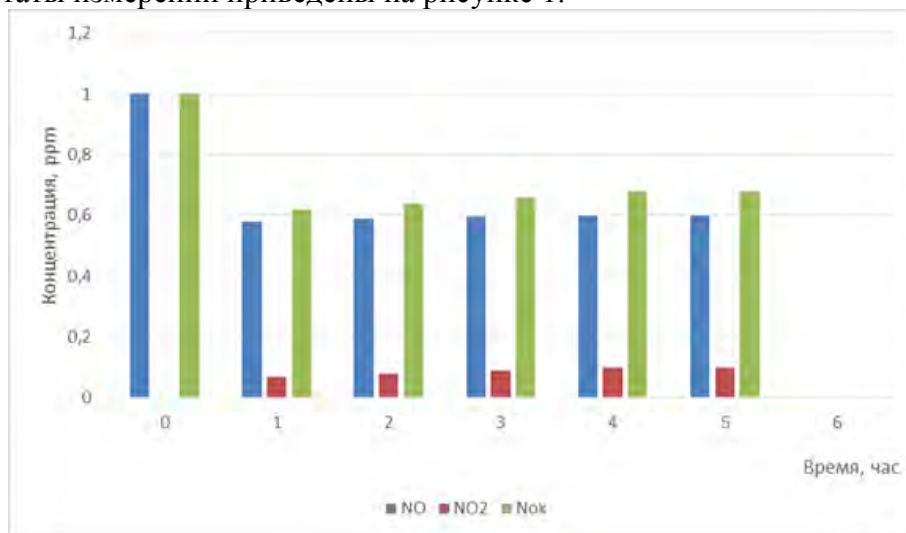


Рис. 1. Влияние диоксида титана на изменение концентрации загрязняющих веществ

Самоочищающиеся бетоны находят применение при устройстве фасадов и при изготовлении бетонных туннелей, через которые постоянно движется поток автомобилей.

Для облицовочных работ, а также при оформлении ландшафтного дизайна возможно применения также другого вида декоративного бетона нового поколения - светящегося бетона (люмобетона). Он создан на основе обычного бетона, но обладает уникальными характеристиками - днем накапливает солнечную энергию, а ночью светится. Технология получе-

ния светящегося бетона включает нанесение на его поверхность покрытия из смеси стекла со смолой люминофора, в результате чего возникает эффект глубинного свечения, сохраняющегося в течение 6-8 часов без дополнительной подсветки [5]. Область применения светящегося бетона: облицовочной плитки для оформления бордюров, дорожек, фасадов домов (Рис.2). Возможно также применение светящихся бетонных элементов при изготовлении малых архитектурных форм (колонн, скульптур, вазонов и т.п.).

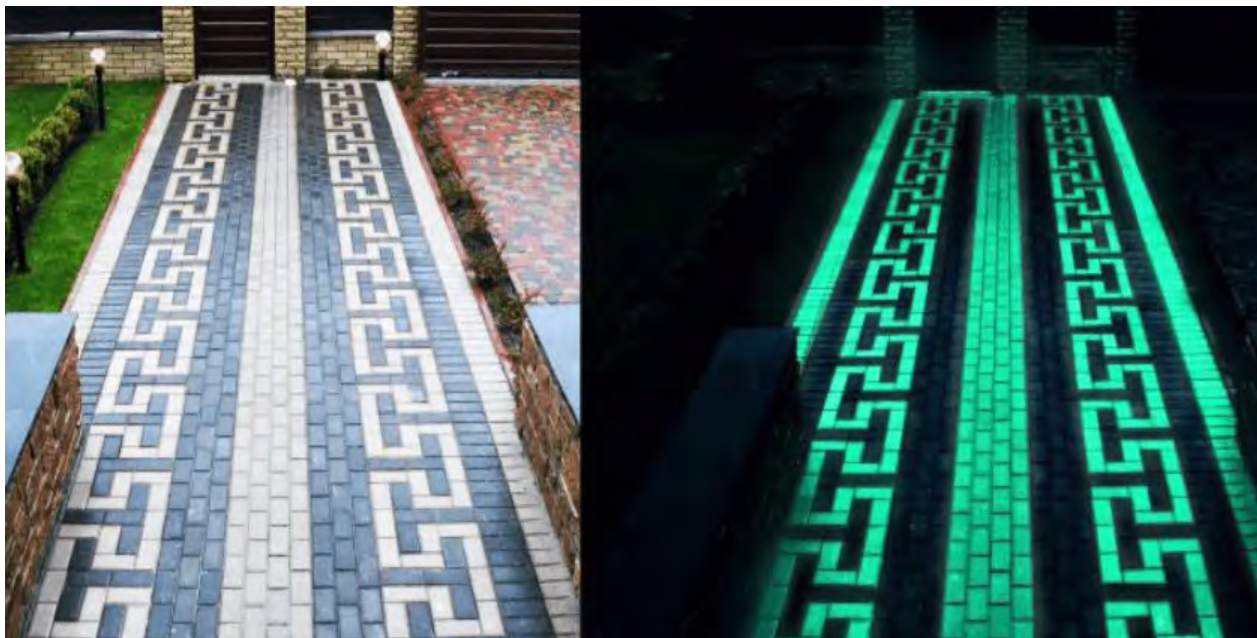


Рис. 2. Использование люмобетона в качестве декоративной тротуарной плитки

Особое значение приобрело создание декоративного стеклонаполненного бетона [3], изготовленного с применением стеклянного боя, в качестве наполнителя (Рис.3). Этот бетон, получаемый из отходов стекла, отвечает всем соответствующим требованиям действующих стандартов. При этом он не уступает по своим общестроительным и функциональным свойствам современным традиционным декоративным материалам, а по ряду показателей, таких как: биостойкость, теплопроводность, кислотостойкость, даже превосходят их.



Рис. 3. Панель из шлифованного стеклонаполненного бетона

В процессе гидратации цемента при контакте со стеклом, в результате щелочно-кремниевой реакции, образуется гель, с которым происходят процессы, приводящие к трещинообразованию в бетоне и последующему разрушению. Поэтому вместо цемента в качестве вяжущего используется тонкомолотый стеклянный порошок с активизатором твердения, а в качестве крупного (более 5 мм) и мелкого (менее 5 мм) заполнителя, фракции стеклобоя. После формования и затвердевания получается плотный, прочный и долговечный силикатный конгломерат, который после шлифования, обладает совершенно уникальной, с эстетической точки зрения, поверхностью. Стеклонаполненный декоративный бетон используют для изготовления элементов отделки интерьера и т.д.

Наиболее оригинально и эффективно позволяет решать проблемы оформления жилого пространства один из самых интересных высокотехнологичных декоративных бетонов - светопрозрачный бетон (LiTraCon). Технология изготовления такого бетона, с эффектом прозрачности, была разработана венгерским архитектором Ароном Лоскноши. В качестве строительного материала этот бетон был впервые применен в 2005 году при возведении коттеджа в стиле hi-tec.[4]

Светопропускная способность бетонного массива обеспечивается оптическими свойствами стекловолокна (Рис.5). В процессе формования бетонных блоков волокна направлены укладывают в бетонную смесь, а после затвердевания, шлифовки граней и очистки торцов они беспрепятственно пропускают свет (Рис.4). Тысячи оптических стеклянных волокон, расположенных параллельно друг другу образуют сплошную систему, располагаясь между двумя основными поверхностями каждого блока. Волокна в бетоне становятся его структурным элементом, они не снижают прочностные, звуко- и теплоизоляционные свойства бетона.



Рис. 4. Образец светопрозрачного бетона



Рис. 5. Оптическое волокно

Технические характеристики светопрозрачного бетона:

- плотность – 2100–2400 кг/м³;
- прочность на сжатие – 50 Н/мм²;
- прочность на изгиб при растяжении – 7 Н/мм².

Светопрозрачность бетона такова, что позволяет разглядеть силуэты и контуры, при этом его толщина, даже в несколько метров, практически не влияет на светопропускную способность лайтракона, необходимо только наличие хорошего источника света.

Светопропускающая способность возрастает с увеличением диаметра оптических волокон и их содержания. Диаметр волокон колеблется в диапазоне от 2 микрон до 2 мм, опти-

мальное содержание их в бетоне составляет около 5% от общего объема бетона. Повышение содержания волокон приводит к снижению прочности бетона на сжатие. На светопропускную способность бетона влияет точность укладки волокон при формировании блоков.

Высокого качества можно достичь путем резки монолита лайтракона и на отдельные блоки нужной формы, которые тщательно полируются.

Использование светопроницаемого бетона в строительстве позволяет экономить энергопотребление в дневное время. Основным недостатком является то, что этот бетон является очень дорогим, за счет применения оптических волокон. Формование лайтракона требует высокой организации производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование современных материалов и технологий позволяют получать новые виды декоративного бетона, который приобретает уникальные эстетические черты. Применение оптического волокна в технологии бетона позволило решить ранее невозможную задачу – добиться светопроницаемости бетона. LiTraCon - светопроницаемый бетон - обладает уникальными декоративными свойствами. Его способность пропускать свет сквозь свою толщю позволяет совершенно но-новому оценить возможности применения такого декоративного бетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Панов В.А.* Техничко-экономическая эффективность внедрения и процедура изготовления декоративного бетона и его применения в интерьере // Научное обозрение: электрон. журн. – 2018. – № 4. Режим доступа: <https://srjournal.ru/2018/id143/>. Дата обращения: 10.02.19.
2. *Шевченко В.О., Корх А.И.* Самоочищающийся бетон. Экологические аспекты.// Молодежный научный форум “Технические и математические науки”: электр. сб. ст. по мат. XXIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4(23). Режим доступа: <https://nauchforum.ru/studconf/tech/xxiii/6919>. Дата обращения: 10.02.19.
3. *Львова Д.*, Бетон, содержащий стекольный заполнитель (Стеклобой) //Сборник НИРС ИЭУИС Режим доступа: <https://sevparitet.ru/raznoe/steklonapolnennyj-beton-so-steklyannym-boem.html>. Дата обращения: 01.11.12.
4. *Арцукевич И.М.*, Получение светопроводящего бетона// Журнал “Наука и образование сегодня”. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-svetoprovodyaschego-betona>. Дата обращения: 12.12.18.
5. *Дворкин О.Л.* Строительные материалы из отходов пром-ти //Учебно-справочное пособие. Ростовна-Дону: Феникс, 2007. 368 с. Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/64247/> Дата обращения: 10.02.19.
6. Светящиеся составы для стекла и бетона//Центр разработки светящихся материалов: люминофор, светящаяся флуоресцентная и люминесцентная краска, светоотражающая краска ленты, ультрафиолетовые лампы. Режим доступа: https://luminofor.ru/article_info.php/articles_id/25. Дата обращения: 10.02.19.
7. Использование стеклобоя как заполнителя бетонов.// Аналитический портал химической промышленности. Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6702. Дата обращения: 10.02.19.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

М.А. Кочетков

магистрант, Maxim.K.1996@Gmail.com

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

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этом проекте рассмотрены высококачественные изоляционные материалы на основе целлюлозы. Изоляционные свойства улучшаются за счет создания воздушных карманов на матрице из целлюлозного материала с помощью пены или пеноподобных структур.

Цели: поднять эксплуатационные характеристики новых целлюлозных изоляционных материалов на сопоставимый уровень с материалами, изготовленными из пенополиуретанов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим высокоэффективную древесно-целлюлозную теплоизоляционную панель, изготовленную методом пенообразования для замены масляной изоляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно проведенному анализу рынка выпуск сырья состоит из синтетических – 85% и натуральных – 15% материалов.

ВЫВОДЫ

В данном исследовании я выяснил, что изоляционные материалы на основе целлюлозы энергоэффективнее и экономичнее минераловатного утеплителя.

Стекловолокно является наиболее широко используемым изоляционным материалом в мире и продолжает расти. Также ожидается устойчивый рост в сегменте пенопластовой изоляции из-за их высоких показателей изоляции. С точки зрения экологии и устойчивости эта тенденция очень тревожная. Пенопластовые изоляционные материалы на масляной основе не являются экологически материалами. Кроме того, распыляющие химикаты от вспененного полиизоцианурата и полиуретана опасны для здоровья.



Рис. 1. Стружка минеральной ваты

Целлюлоза имеет самое высокое содержание вторичного сырья среди любых изоляционных материалов. Согласно оценке Ассоциации производителей и поставщиков теплоизо-

ляции (TIMSA), полиуретановые пены имели самое высокое, а целлюлозные изоляционные материалы - самое низкое воздействие на окружающую среду.

Согласно проведенному анализу рынка выпуск сырья состоит из синтетических – 85% и натуральных – 15% материалов. Из этого следует, что продукт из естественного сырья популярностью не пользуется.

Цели:

- разработать высококачественные древесно-целлюлозные теплоизоляционные панельные материалы на основе древесины, изготовленные методом пенообразования, для замены изоляционных материалов на масляной основе;

- исследовать возможности создания новой вспененной теплоизоляционной пены на основе целлюлозной биопластики на основе (нано) целлюлозы для замены традиционных вспененных изоляционных пенопластов;

- оценить применимость новых материалов на зданиях и сравнить их с обычными материалами для утепления зданий, включая оценку жизненного цикла LCA[1];

- найти структурные решения и / или безопасные добавки для улучшения характеристик материала (например, огнестойкости);

- оценить приемлемость рынков и конечных пользователей для новых материалов.

Рассмотрим процесс производства утеплителя:

- 1) Газетная бумага после потребителя и непроданные газеты перерабатываются в мелкие фракции.

- 2) Добавляют химикаты.

- 3) Волокнообразование. Вся смесь нагревается до необходимой температуры тем самым распределяя химическое вещество по волокнам бумаги.

- 4) Получение восстановленной целлюлозы в сыпучем виде.

- 5) Сушка и прессовка сырья.



Рис. 2. Целлюлоза в сыпучем виде

Конечные продукты находятся в диапазоне плотности 125-300 кг/м³ [2]

Возможен большой диапазон толщин:

- однослойные теплоизоляционные плиты;

- толщиной до 300 мм;

- большой диапазон плотностей.



Рис. 3. Разновидность изоляционных плит из целлюлозы

Так как древесина легко воспламеняющийся материал, необходимо добавлять добавки для улучшения производительности.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении сопротивления наружной ограждающей конструкции и определяется по формуле [3]:

Положительные качества утеплителя:

- улучшение не менее чем на 25% изоляционных свойств на уровне компонентов;
- сокращение как минимум на 20% общих затрат по сравнению с существующими решениями;
- повышение прочности как минимум на 20% на уровне компонентов;
- улучшение качества воздуха в помещениях;
- более простая реализация;
- сокращение не менее 15% энергии, расходуемой в течение всего жизненного цикла здания;

Вывод по волокнистым изоляционным материалам на основе целлюлозы:

- растущий рынок;
- высокопроизводительные продукты;
- энергоэффективность;
- выполняет хорошие акустические функции;
- положительное воздействие на окружающую среду;
- возможности для совершенствования;
- изотропная продукция;
- низкая технологическая комбинация.

ЛИТЕРАТУРА

1. VTT Технический научный центр Финляндии: электрон. журн. 2019 URL: <http://wotim.eu/sv/Project-Structure/> (дата обращения: 09.03.2019).
2. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
4. *Ицук М.К.* Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из многослойной облегченной кладки//Строительные материалы № 4, 2008, С. 101–105
5. *Шершневский И.А.* «Конструирование гражданских зданий», 2006г.

НЕАВТОКЛАВНЫЕ ГАЗОБЕТОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ С НИЗКИМ ВОДОТВЕРДЫМ ОТНОШЕНИЕМ

Д.Г. Малинин

аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2, e-mail: denis-malinin00@rambler.ru

Аннотация

Предмет исследования: закономерности процессов структурообразования в неавтоклавных газобетонах с низким водотвердым отношением, модифицированных комплексной добавкой.

Цель – разработка составов газобетона повышенной трещиностойкости, за счет снижения водотвердого отношения смеси и уплотнения структуры межпоровых перегородок комплексной добавкой.

Материалы и методы: физико-механические свойства газобетонов определены по стандартным методикам с использованием аттестованного испытательного оборудования и измерительных приборов. Обработка полученных результатов исследований проводилась на ЭВМ в программных комплексах Excel, MathCAD.

Результаты: получен неавтоклавный газобетон марок D700 и D500. Введение комплексной добавки С-3М + NaOH позволило сократить показатели усадочных деформаций на 25-30%. Водопоглощение образцов снизилось на 35-40%. Прочность пропаренных образцов увеличилась на 33 % по сравнению с бездобавочным контрольным составом.

Выводы: Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что снижение водотвердого отношения и положительное влияние комплексной добавки С-3М + NaOH на структуру твердой фазы газобетона позволяет получить неавтоклавные газобетоны с показателями, приближенными к автоклавным.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время неавтоклавный газобетон имеет слабую конкурентоспособность по сравнению с автоклавными ячеистыми бетонами, уступая им по прочностным показателям и значениям усадочных деформаций, которые в 3-5 раз больше, чем у автоклавных. Повышенные показатели усадки вызваны большим водосодержанием смеси, которое приводит к высокой капиллярной и гелевой пористости. Пропорционально росту капиллярной пористости растет водопоглощение изделий, что повышает теплопроводность газобетонных изделий и снижает их прочность.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вопрос о повышении качества теплоизоляционных материалов из ячеистых бетонов на данный момент остается актуальным и перспективным. Отечественные и зарубежные исследования показывают возможности значительного улучшения свойств неавтоклавных газобетонов [1-4,7].

Высокие усадочные деформации являются одной из основных проблем в технологии неавтоклавного ячеистого бетона. Усадкой принято называть уменьшение линейных размеров и объема затвердевшего бетона из-за его обезвоживания, гидратации и прочих процессов [8]. Факторами, влияющими на усадку неавтоклавного ячеистого бетона, являются: тонкость помола цемента и его минералогический состав, водоцементное отношение, вид заполнителя, наполнителя и их объемное содержание [5]. Мартыненко В.А. указывает, что снижение развития микротрещин, возникающих под действием эксплуатационных нагрузок, происхо-

дит вследствие уменьшения толщины межпоровых перегородок. Также автор акцентирует внимание на крупности ячеек в пористой структуре. Для получения изделия с высокими физико-механическими свойствами необходимо стремиться к минимальному значению диаметра пор совместно с бездефектной структурой межпоровых перегородок [6].

Е.Г. Величко, В.М. Зубенко определили, что бетон на основе золы ТЭС характеризуется повышенной трещиностойкостью, по сравнению с бетоном на основе рядового песка. Также уменьшается расход алюминиевой пудры в 1,3 раза для достижения необходимой плотности [8].

Г.Я. Амханицкий отмечает, что улучшению характеристик бетона способствует введение добавки суперпластификатора С-3 вместе с тонкомолотым многокомпонентным вяжущим. Введение С-3 и повышают прочность неавтоклавного газобетона в среднем на одну марку, снижает удельный расход цемента на 10-25 %, интенсифицирует технологию изготовления газобетонных изделий [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве вяжущего в исследованиях использовался портландцемент ПЦ 1-500-Д0 производства ОАО «Донцемент».

Для приготовления комплексной химической добавки использовались суперпластификатор С-3М (ТУ 5870-002-58042865-03) и гидроксид натрия ГОСТ Р 55064-2012. Добавки использовали в виде водных растворов, концентрация которых определялась по плотности с учетом температурного коэффициента. Зависимости концентрации растворов от их плотности приняты по данным, представленным в литературных источниках [67, 68]. Плотность растворов определялась при помощи ареометра по ГОСТ 18481-81.

Испытания образцов газобетона на прочность проводились согласно ГОСТ 12852.1-77. Перед испытанием образцы высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105-110°C.

Для исследования усадки газобетона готовились образцы 4×4×16 см согласно ГОСТ 12852.3-77. Измерение деформаций производились микрометром часового типа с точностью до 0,01 мм. Образцы хранились в эксикаторах над порошком карбоната калия, который создавал внутри соответствующую относительную влажность воздуха. Центрирование образцов производилось при помощи стальных реперов (ГОСТ 12852.3-77), приклеенных к образцам цементно-песчаным раствором. Измерение усадочных деформаций в течение первых двух месяцев проводилось один раз в неделю. Насыщенный водой карбонат калия заменялся сухим после каждой серии измерений. После стабилизации усадки образцы просушивались до постоянной массы при 105°C, после чего замерялась полная усадка.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследований физико-механических свойств получены при испытании образцов газобетона, составы которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Составы и свойства бетонных смесей и газобетона

Состав	Расход компонентов на 1 м ³ смеси				Водотвердое отношение	Теку- честь по Суттарду, см	Расчетная средняя плотность, кг/м ³
	ПЦ 1-500- Д0, кг	С-3М, % по массе цемента	NaOH, % по массе цемента	Al пуд- ра, кг			
1	636	0	0	0,741	0,44	22	D700
2	636	0,25	0,15	0,628	0,37	22	D700
3	636	0,25	0,30	0,570	0,37	22	D700
4	636	0,75	0,15	0,597	0,24	22	D700
5	636	0,75	0,30	0,537	0,27	22	D700

6	455	0	0	1,001	0,50	30	D500
7	455	0,25	0,15	0,834	0,44	30	D500
8	455	0,25	0,30	0,777	0,45	30	D500
9	455	0,75	0,15	0,804	0,30	30	D500
10	455	0,75	0,30	0,715	0,31	30	D500

Подбор составов сделан с целью сравнения физико-механических свойств неавтоклавного газобетона, модифицированного комплексной добавкой С-3М + NaOH и соответствующих бездобавочных составов. Также сравнивались физико-механические показатели газобетона, твердевшего при различных условиях. В ходе исследований получены марки газобетона по плотности D700 и D500.

Составы газобетона рассчитывались методом абсолютных объемов. Водотвердое отношение смеси подбиралось опытным путем для достижения необходимой текучести по Суттарду для марок D500 и D700, рекомендованной СН-277-80 [10].

Предел прочности при сжатии образцов марки D700 возрастает при снижении водотвердого отношения. У образцов, твердеющих при нормальных условиях, прирост прочности составил 33% по сравнению с бездобавочным, после пропаривания это значение достигает 36%, а после автоклавирования – 43% (рис.1). У образцов марки D500 наблюдается похожая тенденция роста прочности. Повышение расхода добавки NaOH с 0,15 до 0,30% в составе газобетона, как и в цементном камне, снижает предел прочности при сжатии на 5-10% у обеих марок газобетона (рис 2).

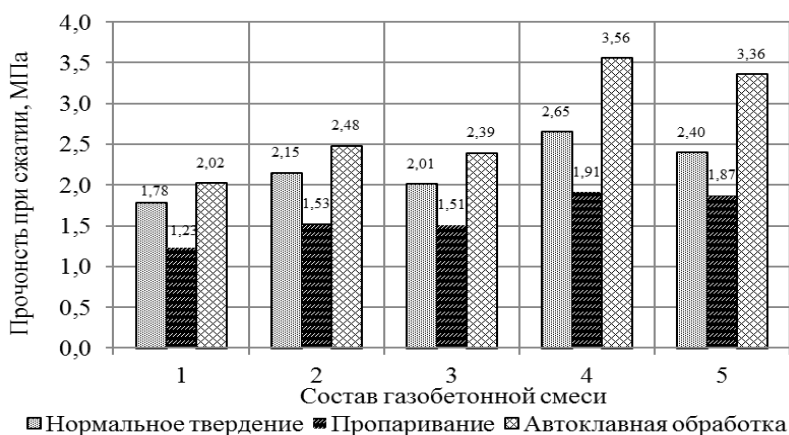


Рис. 1. Зависимость предела прочности неавтоклавного газобетона марки D700 при сжатии от расхода комплексной добавки и условий твердения

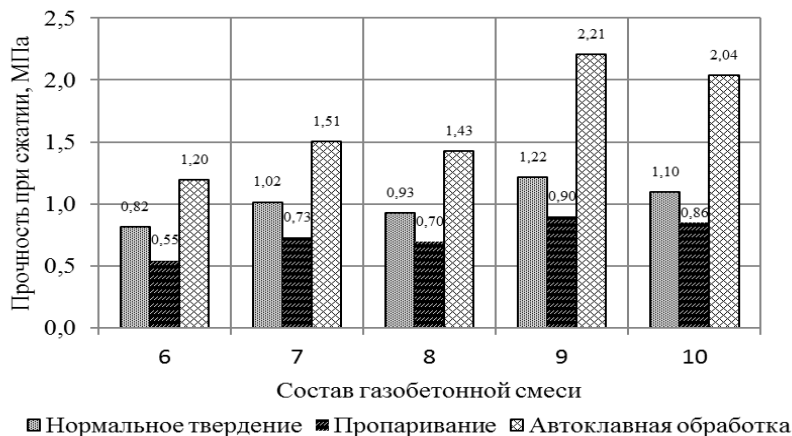


Рис. 2. Зависимость предела прочности неавтоклавного газобетона марки D500 при сжатии от расхода комплексной добавки и условий твердения

На усадочные деформации существенно влияет водопотребность смеси. Контрольные бездобавочные составы марок D500 и D700 имеют наибольшую водопотребность. Снижение водопотребности смеси за счет введения суперпластификатора снижает усадочные деформации образцов. Введение добавки С-3М от 0,25 до 0,75% уменьшает показатели естественной усадки (выдержка в эксикаторе над карбонатом калия при комнатной температуре) и полной усадки (после сушки образцов при 105°С до постоянной массы) образцов нормального твердения на 21%, а полной усадки – на 28% (рис. 3,4).

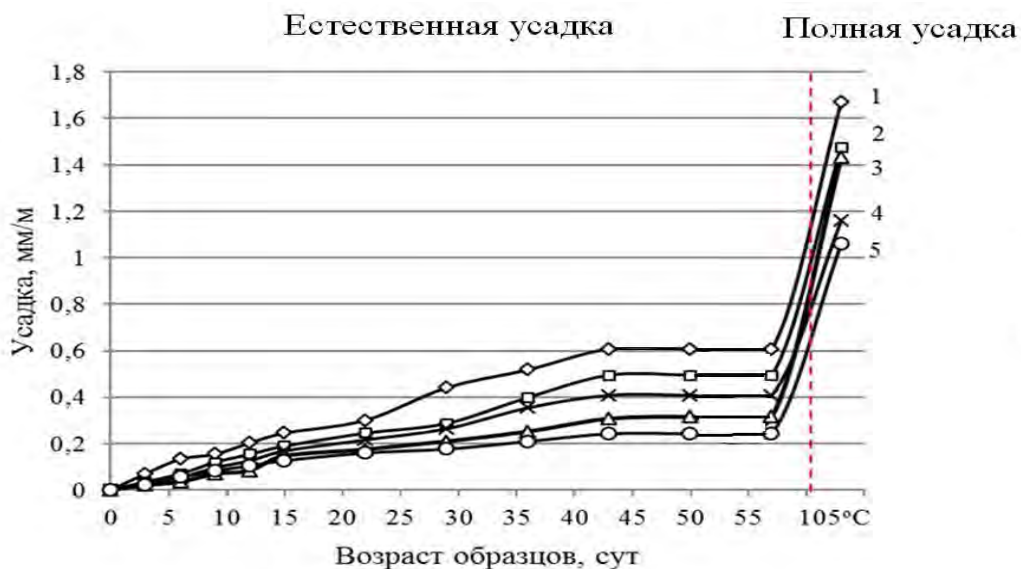


Рис. 3. Влияние расхода комплексной добавки С-3М + NaOH на усадку пропаренных образцов газобетона марки D700

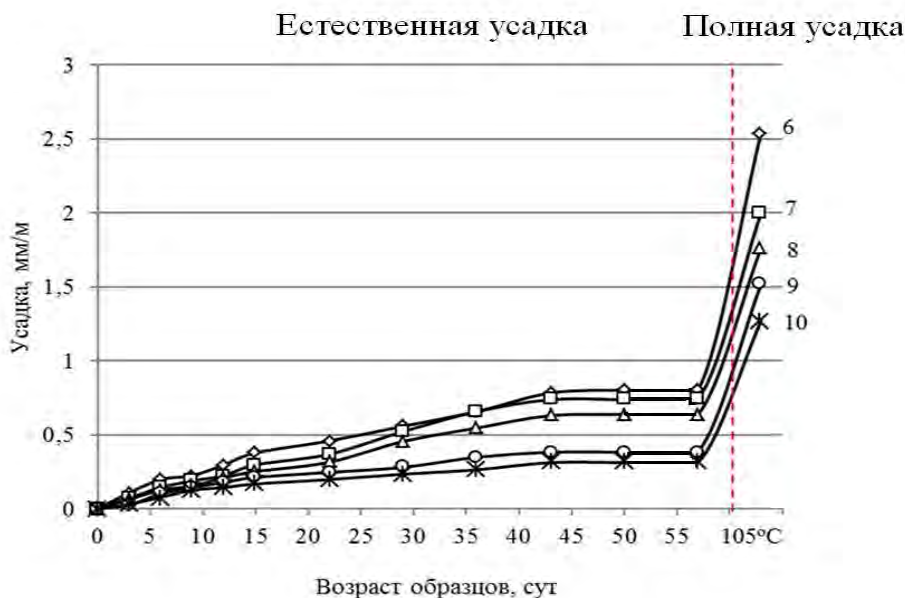


Рис. 4. Влияние расхода комплексной добавки С-3М + NaOH на усадку пропаренных образцов газобетона марки D500

Можно предположить, что разница между естественной и полной усадкой относится к усадке за счет удаления части межкристаллической и межплоскостной воды гидросиликатов кальция [76].

ВЫВОДЫ

Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что снижение водотвердого отношения и положительное влияние комплексной добавки С-3м + NaOH на структурообразование газобетона позволяет получить неавтоклавные газобетоны с показателями, приближенными к автоклавным. В ходе исследований были получены марки газобетона D700 и D500. Установлено, что введение С-3м в количестве 0,25-0,75% и NaOH в количестве 0,15-0,3% от массы цемента сокращает показатели усадочных деформаций пропаренных образцов газобетона на 21-28%. При этом прирост предела прочности при сжатии составил 36%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фомичева Г.Н.* Неавтоклавный газобетон на основе дисперсных отходов камнедробления: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2005. – 113 с.
2. *Волженский А.В.* Технология и свойства изделий из неавтоклавного газобетона с нормативными влажностью и теплопроводностью / *А.В. Волженский, Ю.Д. Чистов, Т.А. Карпова [и др.]* // Строительные материалы. 1990. №11. С.7–8.
3. *Hamad Ali J.* Materials, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review, International Journal of Materials Science and Engineering // Vol. 2. No. 2. December 2014. P. 152-157.
4. *Лотов В.А., Митина Н.А.* Формирование оптимальной пористой структуры газобетона неавтоклавного твердения // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2000. Т. 43. Вып. 3. С. 118–119.
5. *Мартынова В.Б.* Модифицированный неавтоклавный газополистирол бетон с повышенными физическими и механическими свойствами: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Макеевка, 2008. – 208 с.
6. *Мартыненко В. А.* Влияние характеристик межпоровой перегородки на физико-технические свойства ячеистого бетона // Строительные материалы. 2003. № 4(18). С. 35-38.
7. *Ухова Т.А.* К вопросу о терминологии ячеистых бетонов / *Т.А. Ухова* // Строительные Материалы. 2004. № 3. С. 8-9.
8. *Величко Е.Г., Зубенко В.М.* Неавтоклавный ячеистый шлакощелочной бетон // Строительные материалы. 1995. №4. С.17–19.
9. *Амханицкий Г.Я.* Технология и оборудование для производства изделий из неавтоклавного ячеистого бетона // Строительные материалы. 1993. №8. С.14–16.
10. СН-277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона – Москва, 2001. – 44 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА НА СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Е.В. Матюшин¹, В.Г. Соловьев², С.С. Беликов³

¹ студент, matyushin010@gmail.com

² канд. техн. наук, доц.

³ студент, ssbelikov22@gmail.com

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования. Все большую популярность набирают высокопрочные бетоны, обладающие высокими физико-механическими характеристиками и длительным сроком службы. Такие бетоны эффективно применяются в строительстве уникальных зданий и сооружений. Получение бетонов высокой прочности затруднительно без применения активных минеральных добавок, что связано с особенностью структурообразования цементных вяжущих.

Цели. Целью данного исследования являлось определение оптимальной дозировки микрокремнезема для достижения максимальной прочности бетона.

Материалы и методы. Для исследования использовалось три вида добавок различного происхождения с различной степенью дисперсности. Дозировка микрокремнезема составляла 2,5; 5; 7,5; 10 и 15% от массы цемента.

Результаты. По результатам испытаний были получены зависимости прочности бетона на сжатие от количества введенного микрокремнезема. Были получены оптимальные значения расхода добавки, при которых прочность образцов была наибольшей: 15% для добавки с удельной поверхностью 180000 см²/г и 2,5% для добавки с удельной поверхностью 400000 см²/г. Прочность образцов на сжатие при указанных дозировках на 28 сутки нормального твердения составила 139 МПа.

Выводы. В результате проведенного исследования был сделан вывод, что с уменьшением размера частиц микрокремнезема уменьшается его оптимальная дозировка. Повышение расхода добавки сверх оптимальных значений приводит к ухудшению прочностных характеристик бетона.

Самым массовым строительным материалом на сегодняшний день является бетон благодаря своей надежности, архитектурно-строительной выразительности, относительной простоте технологии и почти неограниченной сырьевой базе.

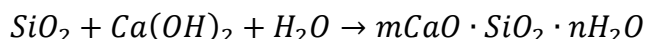
В последнее время как за рубежом, так и в нашей стране повышается спрос на высокопрочные бетоны, которые обладают высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками и успешно применяются при возведении уникальных зданий и сооружений. Эффективное использование таких бетонов в местах с повышенным механическим и химическим воздействием, например, покрытие пола промышленных зданий, взлетно-посадочные полосы. Применение высокопрочного бетона в промышленном и гражданском строительстве позволяет уменьшать сечение конструкций при сохранении той же несущей способности, что ведет к экономии сырьевых и трудовых ресурсов, повышению темпов и эффективности строительного производства [1, 2].

Получение бетонов повышенной прочности при использовании только классических компонентов – цемента, песка, щебня и воды – является затруднительной и затратной с эко-

номической точки зрения задач. Для повышения физико-механических и эксплуатационных характеристик необходимо введение в состав дополнительного компонента – активной минеральной добавки, что напрямую связано с особенностью структурообразования бетонов на основе цементных вяжущих.

Как известно, при гидратации цемента наряду с основными продуктами реакции образуется гидроксид кальция $Ca(OH)_2$, который является наиболее слабым местом в структуре бетона вследствие низкой плотности и прочности. Кроме того, высокое содержание гидролизной извести повышает риск возникновения коррозии I, II и III вида, что может резко сократить срок эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций [3].

Одним из способов уменьшения объема $Ca(OH)_2$ является введение активных минеральных добавок, содержащих в своем составе аморфный кремнезем SiO_2 , который вступает в пуццолановую реакцию с гидроксидом кальция по схеме:



в результате чего образуются низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH(B).

Для получения бетонов средней прочности в качестве активных минеральных добавок очень часто используются техногенные отходы, такие как золы-уноса и доменные шлаки, которые в зависимости от химического состава могут обладать скрыто-гидравлической или пуццолановой активностью. Также применение находят природные гидравлические добавки: трепел, опока, диатомит.

Перечисленные добавки не могут быть использованы в технологии высокопрочных бетонов по следующим причинам:

- золы, в большинстве своем, содержат повышенное количество свободной извести и недопустимое количество несгоревших остатков;
- химический и минералогический состав шлаков колеблется в широких пределах и зависит от состава пустой породы руды, вида топлива и выплавляемого металла, особенностей металлургического процесса, условий сжигания топлива и условий охлаждения шлака; вследствие чего свойства бетонов с применением таких добавок могут варьироваться;
- природные гидравлические добавки, как правило, обладают повышенной водопотребностью, что приводит к повышенному расходу суперпластификатора и повышению стоимости бетона [4].

Наиболее эффективной активной минеральной добавкой для получения высокопрочных бетонов является микрокремнезем, представляющий собой ультрадисперсные частицы аморфного диоксида кремния. В зависимости от технологии получения содержание SiO_2 может составлять от 15 до 100%. Частицы микрокремнезема имеют диаметр менее 1 мкм, в связи с чем он не только связывает гидроксид кальция, но и уплотняет структуру бетона на микроуровне, что и объясняет его высокую эффективность [5].

Целью данной работы было определение оптимальной дозировки микрокремнезема различной степени дисперсности для получения максимальной прочности бетона.

Для испытаний было использовано 3 вида добавок различного происхождения с различной удельной поверхностью, определенной методом БЭТ. Характеристики добавок указаны в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики применяемых добавок

Условное обозначение	Происхождение	Удельная поверхность, см ² /г
МК-1	Побочный продукт при выплавке ферросилиция	180000
МК-2	Побочный продукт при производстве алюминия	240000
МК-3	Искусственно синтезированный	420000

С учетом рекомендаций отечественных и зарубежных исследователей [6, 7, 8] предварительно был подобран контрольный состав бетона без добавки. Расход компонентов на 1 м³ представлен в таблице 2.

Таблица 2. Состав бетона без добавки

Наименование компонента	Расход на 1 м ³ , кг
ЦЕМ I 42,5 Н	640
Кварцевая мука	77
Щебень гранитный фр. 2,5-5	1010
Песок кварцевый фр. 0-2,5	580
Вода	160
Суперпластификатор MasterGlenium 115	8,4
В/Ц	0,25

Расход суперпластификатора в контрольном и основных составах подбирался таким образом, чтобы расплыв конуса на встряхивающем столике составлял 26 см.

Для определения прочностных показателей формовались образцы-балочки размером 4х4х16 см. Дозировка микрокремнезема составляла 5, 10 и 15% для МК-1 и МК-2 и 2,5; 5 и 7,5 % для МК-3 в % от массы цемента. Более низкие дозировки МК-3 объясняются его более высокой удельной поверхностью, вследствие чего невозможно получить равноподвижные смеси при высоком расходе добавки. Прочностные показатели определялись на 3, 7 и 28 суток нормального твердения.

Проведение испытаний и обработка результатов осуществлялась в соответствии с ГОСТ 310.4-81.

Для каждого вида добавки по полученным результатам были построены кривые роста прочности бетона в зависимости от дозировки микрокремнезема (рисунки 1, 2, 3).

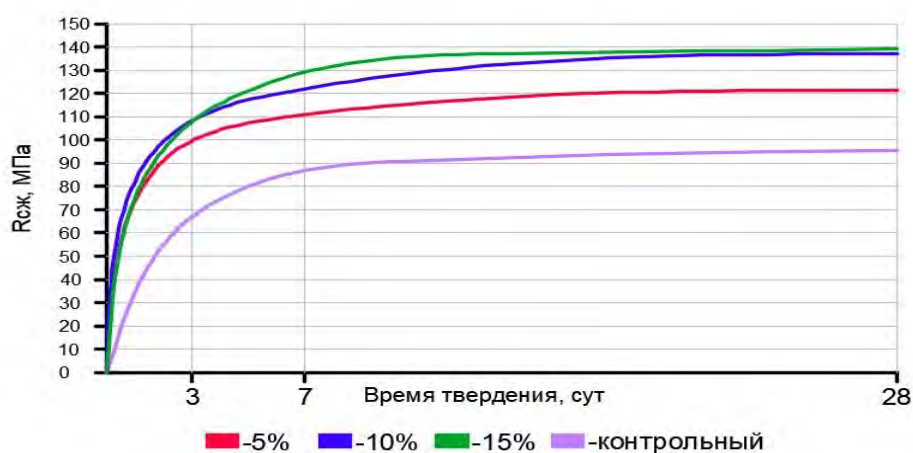


Рис. 1. Динамика набора прочности бетона с добавкой МК-1

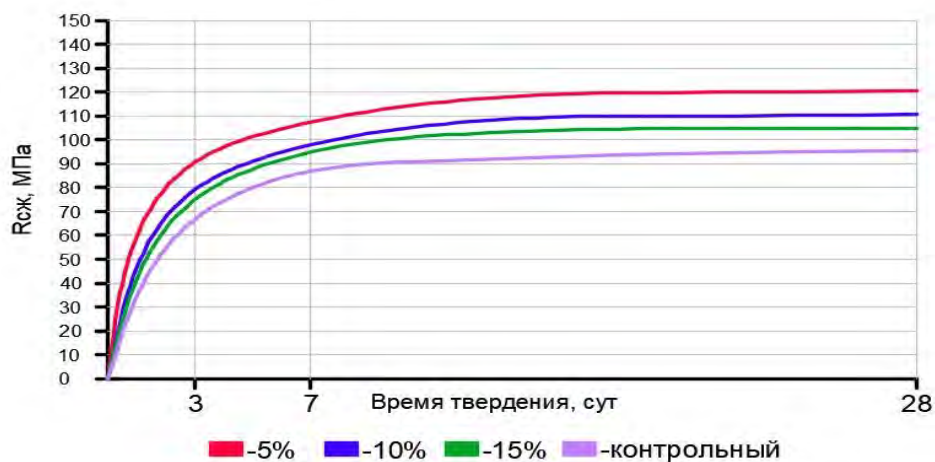


Рис. 2. Динамика набора прочности бетона с добавкой МК-2

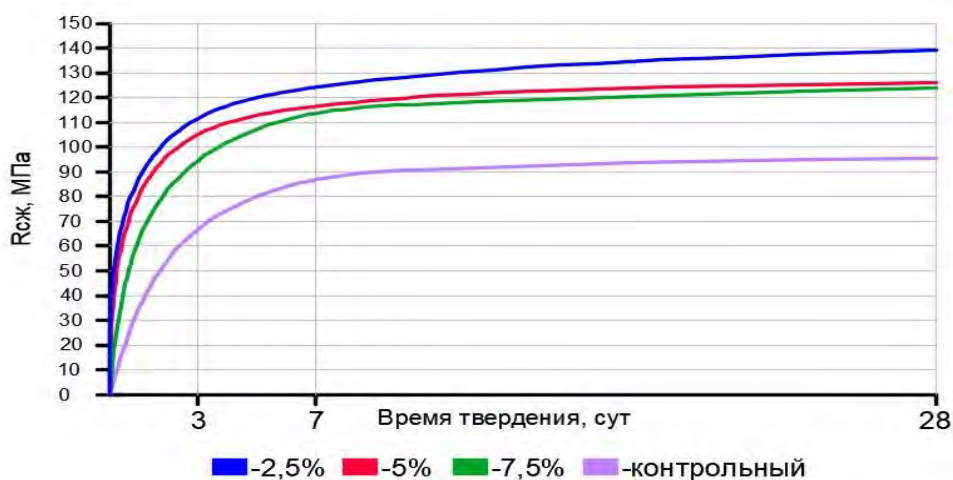


Рис. 3. Динамика набора прочности с добавкой МК-3

По графикам на рисунке 1 видно, что с повышением дозировки МК-1 происходит повышение прочности бетона на каждом контролируемом периоде. Скорее всего, это связано с уплотняющим эффектом добавки, так как общая динамика набора прочности у всех составов остается примерно на одном уровне: на 3 суток твердения в среднем образцы набрали 79%, а на 7 суток 90% от месячной прочности. Максимальная прочность на сжатие при использовании добавки МК-1 на 28 суток составила 139 МПа при расходе 15%.

При использовании добавок МК-2 и МК-3 наблюдалась обратная зависимость – при повышении дозировки происходило постепенное падение прочности. Оптимальная дозировка составила 5% для МК-2 и 2,5% для МК-3. Прочность на сжатие на 28 суток твердения составила 120,5 и 139 МПа соответственно. Общая зависимость изменения прочности бетона на 28 суток твердения от вида и количества введенной добавки представлена на рисунке 4.

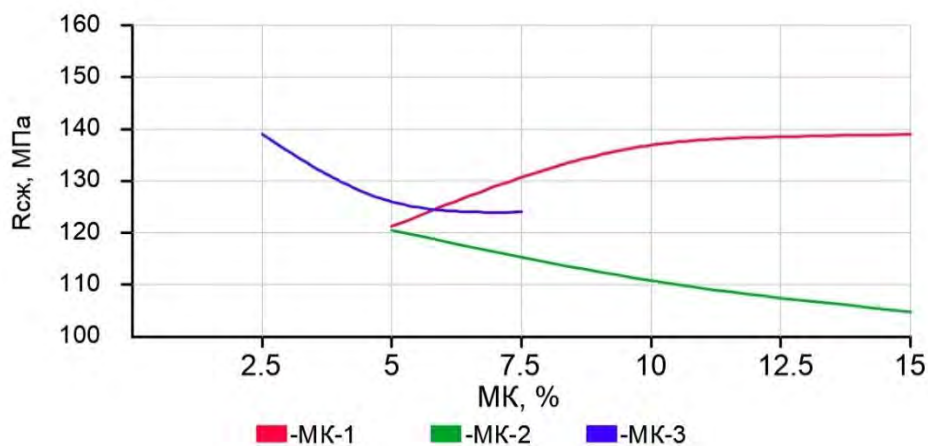


Рис. 4. Изменение средней плотности бетона в зависимости от вида добавки

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что с повышением удельной поверхности микрокремнезема уменьшается его оптимальная дозировка. Это связано с тем, что более мелкие частицы являются более реакционно способными.

Таким образом, применение высокодисперсного микрокремнезема, несмотря на его более высокую стоимость, является с экономической точки зрения более эффективным, так как снижается его оптимальная дозировка. Результаты проведенных экспериментов показывают, что при повышении удельной поверхности добавки в 2,3 раза (МК-1 и МК-3) для достижения тех же прочностных показателей его расход снизился в 6 раз, вследствие чего затраты на производство такого бетона могут быть уменьшены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. -М., 2002 – 528 с.
2. Reichel M. Stoffliche und konstruktionsbezogene Besonderheiten beim Einsatz von UHFB im Brückenbau am Beispiel von drei Pilotprojekten // Beton- und Stahlbetonbau. 2009. Heft 9. S. 589-298.
3. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. –М.: Стройиздат, 1979 – 476 с.
4. Тейлор Х. Химия цемента. – М.: Мир, 1996 – 560 с.
5. Каприелов С. С., Шейнфельд А. В. Сравнительная оценка эффективности отходов ферросплавных производств // Химические добавки для бетонов. М.: НИИЖБ, 1989. С. 88-96.
6. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашиников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны / Научное издание. –М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 368 с.
7. Schneider U., Horvath J., König G., Dehn F. Materialverhalten von ultrahochfesten Betonen (UHPC) // Beton- und Stahlbetonbau-2001, Heft 7. S. 468-477.
8. Ma J. Faserfreier Ultrahochfester Beton – Entwicklung und Materialeigenschaften. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieurs, Leipzig, 2009.

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ

М.С. Мошников¹, К.Е. Добринина¹, М.В. Кудрявцев¹, В.А. Какуша², И.А. Горбунов³

¹ студенты, *moshnikovms@gmail.com*

² аспирант, заведующий ЛИСМИиК НИИ ЭМ

³ доц. НОЦ ИС, ст. науч. сотр. НИИ ЭМ

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

В данной статье рассмотрено влияние различного армирование на прочность и деформационные характеристики изгибаемых бетонных элементов, армированных стеклокомпозитной арматурой, при испытаниях на статическую нагрузку для создания условий разрушения от чистого изгиба по нормальному сечению балки. Приведены результаты испытаний на изгиб бетонных опытных образцов с различиями в классе бетона и схемах армирования.

Целью исследований является расчетное обоснование экспериментальных данных.

При испытании нагружение балок осуществлялось поэтапно: в начале нагружения до момента трещинообразования ступени составляли от 1 до 3 % прочности балок, после трещинообразования ступени нагружения составляли до 10 % прочности.

Определены изгибающие моменты в сечении от внутренних усилий и изгибающие моменты от действия внешней нагрузки.

Проведен сравнительный анализ изгибающих моментов в балках, полученных в результате эксперимента и в результате теоретических расчетов.

ВВЕДЕНИЕ

Рынок композитной арматуры в Российской Федерации растет год от года стремительными темпами. На текущий момент в России разработаны и введены в действие все необходимые стандарты на композитную арматуру и нормы проектирования конструкций, ею армированных.

В связи с этим наблюдается рост количества внедрений композитной арматуры в конструкции объектов промышленного и гражданского строительства. Однако, из-за отсутствия достаточного количества экспериментальных данных композитную арматуру некоторыми западными нормами проектирования не рекомендуется использовать в качестве рабочей в изгибаемых бетонных элементах. Тем не менее не стоит пренебрегать работой композитной арматуры на растяжение. Отдельные работы отечественных и зарубежных исследователей по изучению изгибаемых элементов с композитной арматурой показали хорошие результаты.

В случае использования композитной арматуры в изгибаемых элементах, эксплуатирующихся в условиях агрессивных сред (например, балки силосов, бункеров, открытых эстакад и т.д.) можно добиться значительного экономического эффекта, связанного с увеличением межремонтных интервалов.

Для получения экспериментальных данных, характеризующих действительную работу изгибаемых бетонных элементов, армированных композитной стеклопластиковой арматурой (далее – АСК), были проведены испытания балок.

Балки испытывались на действие кратковременной нагрузки для создания условий разрушения от поперечной силы по наклонному сечению балки (у опор).

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В статье [1] поднимается вопрос применения композитной арматуры в строительстве, что подчеркивает актуальность исследований в области применения композитной арматуры и подтверждает необходимость проведения экспериментов для получения подтверждения верности расчетов или для корректировки методики расчета. В нормативной документации [2,3,4,5] прописаны минимальные характеристики композитной арматуры и методы испытаний композитной арматуры, в своде правил [6] приведена методика расчета бетонных элементов, армируемых композитной арматурой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изготовления трех серий балок с различным армированием применялись следующие стеклокомпозитные стержни:

Характеристики арматуры $\varnothing 14$ для серии №1:

- $\sigma_f = 1016 \text{ МПа}$;
- $E_f = 50282 \text{ МПа}$;
- $\varepsilon = 2,02 \%$

Характеристики арматуры $\varnothing 6$ для серии №2:

- $\sigma_f = 1052 \text{ МПа}$;
- $E_f = 48490 \text{ МПа}$;
- $\varepsilon = 2,17 \%$

Характеристики арматуры $\varnothing 10$ для серии №3:

- $\sigma_f = 1157 \text{ МПа}$;
- $E_f = 55781 \text{ МПа}$;
- $\varepsilon = 2,07 \%$

На рисунке 1 представлен чертеж каркасов балок. В таблице 1 приведены результаты испытаний бетона балок.

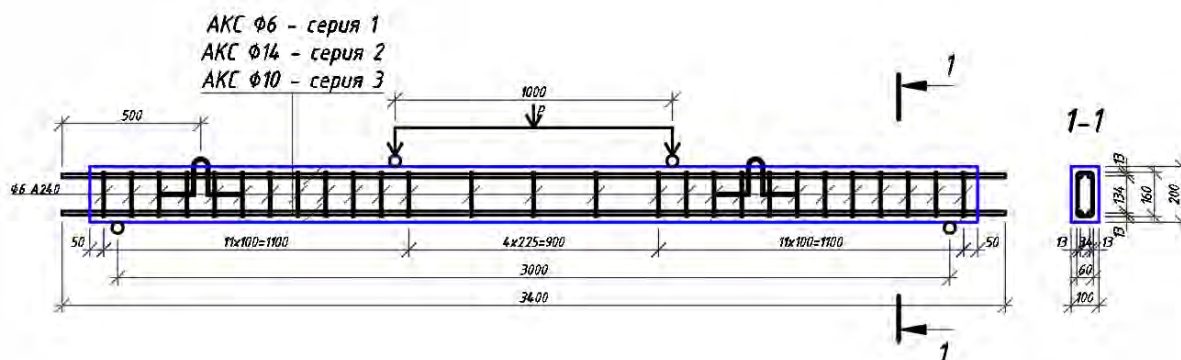


Рис. 1. Чертеж каркаса балок

Таблица 1. Результаты испытаний бетона балок

Маркировка балки	Средняя прочность бетона при сжатии R_c , МПа	Прочность на растяжение при изгибе R_{bt} , МПа	Призменная прочность бетона при сжатии R_b , МПа	Модуль упругости бетона E_b , МПа
Б1.14.1	48,6	3,75	37,9	32194
Б1.14.2	48,6	3,75	37,9	32194
Б1.14.3	37,7	4,30	34,8	31251
Б1.6.1	29,2	2,90	24,6	25267
Б1.6.2	29,2	2,90	24,6	25267
Б1.6.3	29,2	2,90	24,6	25267
Б3	32,9	3,46	25,7	28869
Б4	32,9	3,46	25,7	28869

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Расчет внутренних усилий в балке Б1.14.3.

Предлагаемый расчет по результатам эксперимента относится к нормальному сечению в центре балки. Внутренние усилия растяжения в бетоне на этой стадии нагружения отсутствуют.

Деформации сжатия в бетоне верхней грани при нагрузке $P = 62,0 \text{ кН}$, составляющей 96% от предельной $P_u = 64,6 \text{ кН}$ составляют:

$$\varepsilon_{14} = -0,37\%; \quad \varepsilon_{15} = -0,30\%; \quad \varepsilon_{cp14-15} = -0,33\%$$

Упругая составляющая деформаций бетона:

$$\varepsilon_{упр} = \frac{R_b}{E_b} = \frac{34,8}{31251} = 0,11\% < 0,33\%$$

Деформации в бетоне на расстоянии 2 см от верхней грани: $\varepsilon_{13} = -0,24\%$, что также ниже упругих.

Таким образом, эпюра сжатия бетона в сечении прямоугольная с напряжениями $\sigma = R_b$ и высотой $X = 2 \div 6$ см. Высота сжатой зоны бетона уточняется по усилию P_f в растянутой арматуре:

$$P_f = \varepsilon_f \cdot E_f \cdot A = 231,1 \text{ кН}, \text{ где:}$$

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{16} + \varepsilon_{17}}{2} = \frac{1,61 + 1,38}{2} = 1,49\%;$$

$$E_f = 5028,2 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,4^2}{4} \cdot 2 = 3,08 \text{ см}^2.$$

Высота сжатой зоны бетона определяется с учетом усилия сжатия P_{fc} арматуры:

$$\varepsilon_{fc} = \frac{\varepsilon_{18} + \varepsilon_{19}}{2} = \frac{-0,26 - 0,30}{2} = -0,28\%$$

$$P_{fc} = \varepsilon_{fc} \cdot E_f \cdot A = 0,28 \cdot 5028,2 \cdot 3,08 = 44,0 \text{ кН}$$

При расчете высоты сжатия в бетоне усилие сжатия в арматуре должно быть уменьше-

но на величину ослабления сечения бетона в зоне расположения арматуры:

$$\Delta P = R_b \cdot A = 3,481 \cdot 3,08 = 10,7 \text{ кН}$$

Окончательно высота сжатой зоны бетона:

$$X = \frac{P_f - (P_{fc} - \Delta P)}{R_b \cdot b} = \frac{231,1 - 44,0 + 10,7}{3,481 \cdot 10} = 5,68 \text{ см}$$

Момент внутренних сил в сечении относительно растянутой арматуры:

$$M_{in} = 44,0 \cdot 14,6 + 3,481 \cdot 10 \cdot 5,68 \cdot 14,6 = 3501 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Момент от внешней нагрузки:

$$M_{ex} = \frac{62}{2} \cdot 100 = 3100 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Расчетный момент внутренних усилий превышает фактический:

$$\frac{M_{in} - M_{ex}}{M_{ex}} \cdot 100 \% = 13 \%$$

Превышение расчетно-экспериментального момента над действительным можно объяснить снижением несущей способности при расслоении по контакту бетона с арматурой в зоне сжатия, которое отмечалось при осмотре зоны разрушения. Кроме того, практически полный возврат балки в исходное состояние также указывает на нереализованные резервы прочности.

2. Расчет внутренних усилий в балке Б1.6.2.

При нагрузке на балку $P = 20,0 \text{ кН}$, составляющей 90% от разрушающей $P_u = 22,2 \text{ кН}$, деформации в растянутой арматуре:

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{16} + \varepsilon_{17}}{2} = \frac{1,83 + 1,73}{2} = 1,78 \%$$

Деформации в сжатой зоне бетона по тензорезисторам:

$$\varepsilon_{14} = -0,39 \%; \quad \varepsilon_{15} = -0,47 \%; \quad \varepsilon_{cp_{14-15}} = -0,43 \%$$

Упругая составляющая деформации для бетона балок второй серии:

$$\varepsilon_{уп} = \frac{R_b}{E_b} = \frac{24,6}{25267} = 0,10 \% < 0,43 \%$$

При таких деформациях напряжения соответствует призмочной прочности. На этапе нагружения 18 → 20 кН по тензорезистору №13 отчетливо просматривается переход от упругих к пластическим деформациям. При этом деформации на верхней грани остаются постоянными. Таким образом эпюра напряжений сжатия в бетоне рассматривается как прямоугольная с высотой сечения $X = 2 \text{ см}$. При напряжениях $\sigma = R_b = 2,456 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$ усилие сжатия:

$$P_c = 2,456 \cdot 10 \cdot 2 = 49,12 \text{ кН}$$

Напряжение в растянутой арматуре:

$$\sigma_f = 1,78 \cdot 4849,0 = 86,3 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

Усилие растяжения в двух арматурных стержнях АСК:

$$P_f = \sigma_f \cdot A = 86,3 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,6^2}{4} \cdot 2 = 48,78 \text{ кН}$$

Момент от внутренних усилий в сечении:

$$M = 49,12 \cdot (20 - 2,22 - 2,3) = 760,38 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

По неустановленным причинам арматура в зоне сжатия не работала. По усилиям сжатия в бетоне и растяжения в арматуре можно заключить, что имело место внутреннее равновесие.

Изгибающий момент внутренней пары сил:

$$M_{in} = \frac{49,12 + 48,78}{2} \cdot (20 - 2,3 - 1) = 818 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Момент от внешнего усилия:

$$M_{ex} = \frac{20}{2} \cdot 100 = 1000 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

На предельной нагрузке 22,2 кН деформации по тензорезистору №17 (растянутая арматура) составили $\varepsilon_{17} = 2,03\%$. Если гипотетически предположить, что вторая растянутая арматура при разрушении будет работать на предельных деформациях $\varepsilon_u = 2,17\%$, то при нагрузке $P = 20 \text{ кН}$ ожидаемые деформации растяжения:

$$\varepsilon = \frac{20}{22,2} \cdot \frac{(2,03 + 2,17)}{2} = 1,91\%$$

Этим деформациям соответствует момент внутренних усилий:

$$M = 878 \text{ кН} \cdot \text{см},$$

что также меньше момента внешней нагрузки.

Таким образом, можно заключить, что балка обладает запасом по несущей способности в сравнении с экспериментально-теоретическим показателем.

3. Расчет внутренних усилий в балке БЗ

Предлагаемый расчет по результатам эксперимента относится к нормальному сечению в центре балки. Внутренние усилия растяжения в бетоне на этой стадии нагружения отсутствуют.

Деформации сжатия в бетоне верхней грани при нагрузке $P = 38,0 \text{ кН}$, составляющей 98% от предельной $P_u = 38,9 \text{ кН}$ составляют:

$$\varepsilon_9 = -0,21\%; \quad \varepsilon_{10} = -0,36\%;$$

$$\varepsilon_{14} = -0,37\%; \quad \varepsilon_{15} = -0,44\%; \quad \varepsilon_{cp,b} = -0,35\%$$

Упругая составляющая деформаций бетона:

$$\varepsilon_{упр} = \frac{R_b}{E_b} = \frac{32,9}{28869} = 0,11\% < 0,35\%$$

Деформации в бетоне на расстоянии 2 см от верхней грани: $\varepsilon_{13} = -0,15\%$, что также ниже упругих.

Таким образом, эпюра сжатия бетона в сечении прямоугольная с напряжениями $\sigma = R_b$ и высотой $X = 2 \div 6 \text{ см}$. Высота сжатой зоны бетона уточняется по усилию P_f в растянутой арматуре:

$$P_f = \varepsilon_f \cdot E_f \cdot A = 136,1 \text{ кН}, \text{ где:}$$

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{16} + \varepsilon_{17}}{2} = \frac{1,49 + 1,45}{2} = 1,47\%;$$

$$E_f = 5578,1 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,028^2}{4} \cdot 2 = 1,66 \text{ см}^2.$$

Из условия равновесия внутренних усилий в сечении высота сжатой зоны бетона для прямоугольной эпюры:

$$X = \frac{P_f}{\sigma_b} = \frac{136,1}{10,1 \cdot 10} = 1,4 \text{ см}, \text{ где: } \sigma_b = \varepsilon_{cp,b} \cdot E_b = 0,35 \cdot 2886,9 = 10,1 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

Плечо внутренней пары сил в сечении:

$$H = h_0 - \frac{X}{2} = 17,5 - \frac{1,4}{2} = 16,8 \text{ см}$$

Изгибающий момент внутренней пары сил в сечении:

$$M_{in} = P_f \cdot H = 136,1 \cdot 16,8 = 2286 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Момент от внешней нагрузки:

$$M_{ex} = \frac{38}{2} \cdot 100 = 1900 \text{ кН} \cdot \text{см} < 2286 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

ВЫВОДЫ

Разрушение балок первой серии с арматурой Ø14 происходило по бетону; отмечалось расслоение по контакту с арматурой, что явилось причиной заниженной фактической несущей способности в сравнении с оценкой прочности по результатам расчета с использованием данных тензометрии на этапе нагружения $P = 0,95 \cdot P_u$.

Сравнение фактической прочности с прочностью по результатам расчета с использованием данных тензометрии на этапе нагружения $P = 0,9 \cdot P_u$ балок второй серии с диаметром арматуры 6 мм показало, что расчетные внутренние усилия меньше усилий от внешней нагрузки.

Расчет внутренних усилий при нагрузках расслоения в бетоне сжатой зоны балок показал, что внутренний изгибающий момент в сечении превышает момент от внешней нагрузки в среднем на 15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Какуша В. А., Горбунов И. А. Анализ современного опыта применения композитной арматуры в бетонных конструкциях // Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов ИСА НИУ МГСУ, М. 2017. 820-822.
2. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. (2014).
3. ГОСТ 32486-2013 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик долговечности (2013).
4. ГОСТ 32487-2013 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам (2013).
5. ГОСТ 32492-2013 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик (2013).
6. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования. (2017).

КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Б.У. Назаров¹, З.П. Шомансурова²

¹ магистрант, bobur_nazarov_1995@mail.ru

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д.39

² студентка, sh.zulayxo@mail.ru

Ташкентский архитектурно-строительный институт,
Республика Узбекистан, 100011, г. Ташкент, ул. Навои, 13

Аннотация. Рассматриваются перспектива применения базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры, базальтовой фибры, производимой в Республике Узбекистан, а также области рационального использования их в бетонных конструкциях. Отмечается, что для промышленного применения композитных материалов в строительстве необходимо создание нормативной базы в стране, включающее ведомственные строительные нормы, которые учитывают специфику отраслей хозяйственного комплекса страны, и устанавливают требования к проектированию в сейсмических районах, строительству и производству строительных конструкций, связанных с применением композитных материалов. Для этого есть основание – разработан национальный нормативный документ по проектированию конструкций с композитной полимерной арматурой. Для эффективного внедрения (в промышленном объеме) композитных материалов в строительстве страны и для тесного взаимодействия производителей, проектировщиков и строителей планируется создание научно-внедренческого Центра по композитным строительным материалам в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

Основная задача, решаемая на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений – обеспечение надежности в заданных условиях и режимах эксплуатации, которая поддерживается долговечностью и безотказностью, как отдельных конструкций, так и конструктивной системы в целом. Долговечность железобетонных конструкций в значительной степени обусловлена коррозионной стойкостью стальной арматуры, повреждения которых приводят к снижению сильного сопротивления и жесткости конструкции и развитию больших деформаций и трещин. Известно, что 75% железобетонных конструкций подвергаются воздействию агрессивных сред.

На сегодняшний день совершенствование свойств стальной арматуры достигло того уровня, выше которого развитие нецелесообразно по причине либо отсутствия необходимости в этом, либо теоретической возможности.

При проектировании и возведении зданий и сооружений любого функционального назначения рассматриваются вопросы повышения эффективности конструктивно-технологических решений путем снижения энергоемкости и стоимости строительной продукции. Композитная полимерная арматура является экономически обоснованной альтернативой стальной арматуре.

Композитная арматура (стержни, сетки, ткани, ламинаты) является инновационным строительным материалом, который позволяет достичь позитивных результатов, невозможных при применении традиционной стальной арматуры: решить проблему коррозии арматуры, уменьшить вес конструкции, увеличить сроки эксплуатации и надежность, особенно при эксплуатации конструкций в агрессивных средах, а также значительно увеличить межремонтный период, что в разы уменьшает затраты на дальнейшую эксплуатацию.

Отличительные свойства композитной арматуры следующие:

- сопротивление разрыву композитной арматуры превышает сопротивление разрыва стальной арматуры (в зависимости от класса) в 1,5...4,0 раза;
- композитная арматура обладает высокой коррозионной стойкостью к воздействию агрессивных сред (кислоты, щелочи, соли, сернистые газы, аммиачная вода и т.д.);
- удельный вес в 4.5 раза меньше, чем у стальной арматуры (снижение нагрузки на фундаменты, уменьшение транспортных расходов);
- композитная арматура имеет модуль упругости, отличающийся от модуля упругости стальной арматуры;
- композитная арматура не имеет «плато текучести» на кривой «нагрузка-удлинение»;
- композитная арматура относится к материалам, не поддерживающим горение - самозатухающие материалы, предельная рабочая температура композитной арматуры в толще бетона составляет 200°C;
- коэффициенты линейной температурной деформации композитной арматуры и бетона практически совпадают (снижает трещинообразование в конструкциях);
- является диэлектриком и магнитоинертна (конструкции и изделия в энергетической области, в медицине), радиопрозрачна (арматура не создает экранирующий эффект);
- теплопроводность почти в 100 раз меньше, чем у стали (отсутствие «мостиков холода» в конструкциях);
- не теряет свойств при воздействии низких температур.
- Особенности композитной арматуры следующие:
- длина арматурного стержня не ограничена (технологическое оборудование позволяет обеспечить любую мерную длину под требование проекта);
- арматура диаметром от 4 до 10 мм может транспортироваться в бухтах (по 300...500п.м.); после размотки бухт и нарезки стержни имеют линейный вид;
- арматура не должна подвергаться сварочным, тепловым и клеевым воздействиям; перевязка каркасов и сеток проводится с помощью самозащелкивающихся пластмассовых деталей или стальной вязальной проволокой.

В связи с тем, что модуль упругости композитной арматуры 3,5-4,0 раза меньше чем у стальной арматуры, но прочность на растяжение такой арматуры в 2,5-3,0 раза превышает прочность стальной арматуры класса АIII, композитную арматуру эффективнее применять в конструкциях с предварительным напряжением. Значение модулей упругости композитной арматуры и бетона сравнительно близки, и такая арматура легко деформируется от напряжений при усадке бетона, что обеспечивает более высокую прочность сцепления в конструкциях по сравнению со стальной арматурой.

Из-за низкого модуля упругости стеклопластиковой и базальтопластиковой композитной арматуры, и естественно, меньшей жесткостью по сравнению со стальной арматурой, площадь сечения композитной арматуры изгибаемых элементов должна превышать площадь сечения стальной арматуры (для обеспечения нормативных требований по II группы предельных состояний – по деформативности). Поэтому композитную арматуру можно использовать для тех обычных конструкций, для которых требования по II группе предельных состояний не являются определяющими. Именно в этом случае можно получить большую экономическую выгоду.

В исследованиях [1,2] утверждается, что при увеличении удельной поверхности растянутой арматуры (уменьшении диаметра стержней при сохранении их суммарной площади) существенно возрастает жесткость изгибаемых конструкций. Эти же эксперименты показали, что благодаря упругим характеристикам базальтопластиковой арматуры совместима с усадочными деформациями бетона, что и обеспечивает высокую величину сцепления этой арматуры с бетоном, обладая в то же время высокими показателями прочности на растяжение, т. е. базальтопластиковая арматура, имеющая низкий модуль упругости, (близкий к модулю

упругости бетона), чем стальная арматура, более «чувствительна» и легко реагирует на усадку бетона.

Исследования [3,4] показали, что существенное влияние на прочность и модуль упругости при растяжении композитной арматуры оказывает структура арматурных стержней. Сначала подвергается растяжению до определенных пределов полимерная оболочка арматурного стержня, в дальнейшем в работу вступают внутренние продольно расположенные нити. Установлено, что с увеличением диаметра арматурных стержней от 5 до 10 мм прочность арматуры при растяжении в отдельных случаях снижается на 35%.

В работе [5] констатируется, что для обоснования использования композитной полимерной арматуры в сжатых элементах и введения в национальные стандарты по проектированию методик расчета таких элементов, необходимо проведение исследований с изучением влияния следующих параметров на прочность и деформативность сжатых элементов образцов: форма поперечного сечения образцов, шаг и диаметр поперечной арматуры (хомутов), процент продольного армирования, внецентренное приложение нагрузки.

В Центре исследований сейсмостойкости сооружений [6] испытаны динамической нагрузкой, соответствующие интенсивности сейсмических воздействий 7-9 баллов, бетонных панелей, армированных стеклопластиковой арматурой. Авторы не обнаружили механических повреждений в испытанных конструкциях. Решение вопроса о применении композитной полимерной арматуры в качестве рабочей арматуры в конструкциях зданий и сооружений в сейсмических районах требует детального изучения.

Анализ эксплуатационных характеристик композитной полимерной арматуры свидетельствует о том, что свойства такой арматуры изучены недостаточно и требуют дальнейших исследований в этой области. Поэтому, министерство строительства Республики Узбекистан рекомендовало использовать стеклопластиковую и базальтопластиковую арматуру только в конструкциях следующих объектов отраслей хозяйственного комплекса страны:

- дорожно-транспортной инфраструктуры: дорожные плиты и тюбинги, дорожное покрытие и ограждения, водосбросные и водоотводящие элементы, защитные и сигнальные конструкции, покрытия автодорожных мостов;
- здания, у которых элементы относятся к III классу за переход здания в предельное состояние при землетрясении в соответствии с требованиями КМК 2.01.03-96 (перемычки, самонесущие стены, перегородки, навесные панели);
- фундаментах в малоэтажном строительстве;
- объектов с промышленными полами и подпольными каналами, желобами;
- конструкций, эксплуатируемых в электромагнитно-агрессивных средах (осветительные опоры, опоры ЛЭП и контактной сети);
- инфраструктуры мелиорации, водоотведения, и канализации;
- химических и нефтегазовых производств, токсичных захоронений, водоподготовки и водоочистки;
- городской инженерной инфраструктуры (сборные и монолитные элементы благоустройства, тротуарные плиты, технические колодцы и каналы);
- сельскохозяйственного назначения (подпорные стены, силосные сооружения, зернохранилища, хранилища удобрений);
- при реконструкции, ремонте и усилении конструкций зданий и сооружений.

Композитную полимерную арматуру не следует применять в бетонных конструкциях, рассчитываемые на действие сейсмических нагрузок:

- воспринимающие сейсмическую нагрузку от перекрытий и горизонтальную сейсмическую нагрузку;
 - воспринимающие только горизонтальную сейсмическую нагрузку;
- а также в несущих конструкциях следующих инженерных сооружений: автодорожные и железнодорожные мосты, дымовые трубы, башенные градирни, радиотелевизионные баш-

ни, транспортные и крановые эстакады, водонапорные башни, этажерки для размещения технологического оборудования.

На сегодняшний день в стране, в силу экономических особенностей, распространяется в строительстве базальтопластиковая и стеклопластиковая композитная арматура, которую выпускает семь предприятий. Производство базальтопластиковой арматуры локализовано – волокно для нее изготавливаются из местного базальта (Джизакская область). Кроме того, производится фибра из базальтового волокна для применения в дисперсно-армированных бетонах.

Базальтовая фибра по своим характеристикам одна из самых лучших добавок для дисперсного армирования бетонов, ее характеристики значительно выше, чем у стальной и полипропиленовой фибры, а также стекловолокон. Базальтовая фибра не подвергается коррозии, имеет высокую стойкость к агрессивной и щелочной среде, и высокий температурный порог. Также, волокна базальтовой фибры, имеют схожую природную структуру с цементным камнем, и обладают определенной шероховатой и грубой структурой, что способствует высокой адгезии с бетоном. Базальтовая фибра может применяться во всех бетонных конструкциях для повышения их прочностных характеристик и физико-механических свойств. Эффективно использовать базальтовую фибру в конструкциях объектов, подвергающимся высоким механическим, ударным и динамическим нагрузкам, и естественно, в гидротехнических сооружениях, а также при строительстве в сейсмоопасных районах.

По нашему мнению для внедрения в строительство композитной арматуры, производимой в Республике Узбекистан, между заказчиком, проектировщиком и производителем должна быть установлена неразрывная связь, заключающаяся в следующем:

- для заказчика проект должен быть экономически выгоден, в том числе учетом долгосрочной эксплуатации;
- для проектировщиков должны быть понятными характеристики материала и нормативная база по расчету и армированию конструкций с композитной арматурой;
- производитель должен иметь интерес выпускать качественный материал в соответствии с едиными стандартами и быть уверенным, что изготовленная арматура будет востребована.

Разработан межгосударственный стандарт (ГОСТ 31938-2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций»), классифицирующий композитную арматуру по необходимым признакам и регламентирующий требования к ее качеству, механическим свойствам, методам контроля, общим правилам обозначения и приемки, что позволяет проектировать конструкции с привязкой к особенностям конкретного производителя композитной арматуры. Этот стандарт принят в 2012 г. Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и оценке соответствия в строительстве, куда входят и представители Республики Узбекистан.

Разработаны технические решения отдельных бетонных конструкций, армированных композитной полимерной арматурой и переданы для использования проектными организациями и предприятиям по производству ЖБИ, для разработки проектно-технической документации и технических условий для производства изделий по соответствующей номенклатуре с использованием разработанных технических решений. Но такие разработки имеют «точечный» характер. Это связано с тем, что проектные организации не имеют опыта проектирования конструкций с применением композитной арматуры, а также из-за отсутствия в Республике Узбекистан соответствующей нормативной базы, при которой можно реализовать внедрение в строительство композитной полимерной арматуры комплексным подходом, а также учитывать специфические условия эксплуатации строительных конструкции (сейсмичность региона, просадочность грунтов, сухой жаркий климат).

К настоящему времени, специалисты Ташкентского архитектурно-строительного института, разработали градостроительные нормы и правила ШНК 2.03.14-18 «Бетонные конструкции с композитной полимерной арматурой» (имеющие республиканский статус),

утвержденные министром строительства Республики Узбекистан. В этих нормах, основные принципы расчета сохранены как для железобетонных конструкций с учетом линейной работы композитной полимерной арматуры. Специфика работы конструкций с композитной полимерной арматурой учтена введением специальных понижающих коэффициентов условий работы и нормирования характеристик материалов. Формулы для определения расчетных параметров конструкций с композитной полимерной арматурой, в целом, повторяют формулы для конструкций со стальной арматурой. Конструктивные требования приняты более осторожно, чем для железобетонных конструкций или по аналогии.

Разработка проекта норм ШНК проводилось с учетом результатов анализа основных норм и рекомендаций, принятых в существующих технических документах по проектированию бетонных конструкций, армированных композитной полимерной арматурой, таких стран как США, Россия, Япония, Украина, Беларусь и Евросоюз, а также результатов анализа выполненных исследований в данной области за последние 10 лет.

Но для создания нормативной базы в стране необходимо разработать ведомственные строительные нормы, учитывающие специфику отраслей хозяйственного комплекса страны, и устанавливающие требования к проектированию и строительству в сейсмических районах, производству строительных конструкций и изделий, связанные с применением композитных полимерных материалов.

Разрабатывается конструкторская и технологическая документация на некоторые конструкции различного назначения с использованием композитных материалов (с определением номенклатуры изделий), и проведением испытаний опытных конструкций.

Перспективы и проблемы применения композитной арматуры имеет межотраслевой характер (во всех отраслях хозяйственного комплекса любой страны есть сфера строительства).

Основными направлениями внедрения композитных полимерных материалов должны стать объекты следующих отраслей хозяйственного комплекса страны (руководство соответствующих министерств и ведомств готовы к «этому» и ждут «этого»):

- автодорожного строительства;
- мелиорации и водного хозяйства;
- энергетики;
- химической и газо-нефтехимической промышленности;
- сельского строительства;
- жилищно-коммунального хозяйства.

Промышленное применение композитных полимерных материалов в нашей стране достижимо при:

- привлечении композитных технологий и изделий, связанных для применения в строительстве;
- успешной коммерциализации композитных изделий на территории Республики Узбекистан;
- развитии потенциала собственных решений в «композитной тематике».

По нашему мнению будущее «композитной отрасли» в строительстве в нашей страны – в кооперации наших специалистов и соответствующих организаций с заинтересованными лицами и организациями из России, Беларуси, Евросоюза, где наиболее силен научный и практический потенциал, связанный с применением композитных материалов и конструкций. В связи с этим планируется создание научно-внедренческого Центра по композитным строительным материалам, используя соответствующий кадровый потенциал Ташкентского архитектурно-строительного института. Такого же мнения придерживаются руководство министерства строительства страны.

Основная цель создания Центра – внедрение композитных материалов в строительство, поддержка и практическое развитие «композитной отрасли» в строительстве при тесном взаимодействии производителей, проектировщиков, строителей.

Задачами Центра должны стать:

- создание лабораторной базы (сертифицированной и лицензированной) для испытаний и исследований композитных материалов и изделий;
- установление взаимовыгодных связей между производителями и потребителями композитных материалов и изделий;
- подготовка специалистов для «композитной отрасли» в строительстве;
- разработка востребованных нормативных документов, конструкторской и технологической документации;
- объединение усилий министерств, ведомств, предприятий в «композитной отрасли»;
- формирование группы консультантов-экспертов по композитным материалам и изделиям;
- проведение научно-практических семинаров и конференций.

В настоящее время идет подготовка к проведению кратковременных и длительных исследований предварительно напряженных бетонных перемычек, армированных местной базальтопластиковой и стеклопластиковой композитной арматурой. Исследования проводятся по заказу узбекско-российского СП «BINOKOR TEMIR-BETON SERVIS», перемычки будут изготовлены методом безопалубочного формования на стенде этого же предприятия. Для этих исследований задействованы два докторанта PhD.

Проводятся предварительные исследования для определения возможности промышленного применения базальтовой фибры в бетонах конструкций – по заказу узбекско-российского СП «MEGA INVEST INDUSTRIAL».

Подготовлено обоснование проекта на тему «Создание условий для промышленного применения в строительстве композитных полимерных материалов, производимых в Республике Узбекистан» для участия в конкурсе инновационных проектов по министерству инновационного развития Республики Узбекистан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu. O. Kustikova. Construction Science and Education. j. E1, 1(2014)
2. V. D. Staroverov, R. V. Baroev, A. A. Tsurupa, A. K. Krishtalevich. Bulletin of Civil Engineers. j. 171-177, 3(2015)
3. V. I. Rimshin, C. I. Merkulov. PGS. j. 22-26, 5(2016)
4. A. P. Gizdatullin, V. G. Khozin, A. Kuklin, A. M. Khusniddinov. Magazine of Civil Engineering, j. 40-50, 3(2014)
5. A. E. Lapshinov. Vestnik MGSU. j. 96-105, 10(2015)
6. A. Yu. Stepanov, V. I. Rimshin. Строительство и реконструкция. j. 57-61, 1(2015)

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК

Н.Д. Полковников¹, А.П. Кожевников², Е.Г. Величко³

¹ студент, polkovnikovn66@gmail.com

² студент, Kozh25031995@gmail.com

³ научный руководитель, д-р техн. наук, проф., pct44@yandex.ru

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: в статье рассмотрены вопросы оптимизации состава напрягающего бетона, снижения его стоимости без ухудшения или с повышением 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. Предметом исследования является состав напрягающего бетона, обладающего повышенной плотностью и водонепроницаемостью, но высокой ценой по сравнению с бетоном на портландцементе, ограничивающей его широкое применение.

Цели: 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.

Материалы и методы: в статье описаны методики используемые для проведения экспериментов, сравнение свойств бетона с различным содержанием минеральной добавки. В качестве минеральной добавки был использован доменный тонкомолотый шлак с высокой дисперсностью. Также для шлака и напрягающего цемента представлены графики сравнения распределений частиц по размерам в единице объема и их сравнение.

Результаты: приведены результаты испытаний готового продукта на ряд основных показателей определяющих его качество и применимость в заданных условиях эксплуатации.

Выводы: 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 удорожа-

ние 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.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Напрягающие бетоны и бетоны с компенсированной усадкой отличаются в первую очередь по энергии самоупругения. 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 стесненных условиях ограничения расширения развивается самоупругение, компенсирующее растягивающее напряжение[3]. 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.

Необходимо отметить, что проблемы оптимизации состава напрягающего бетона, снижения его стоимости частично рассматривались Гридчиной А.А., Титовой Л.А.[3,6,7]. Развитие 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.[4,5,6]. Вопросами состава, структуры и свойств напрягающих цементов занималась Кузнецова Т.В.[8,9,10], Рояк С.М. и Рояк Г.С.[11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является напрягающий бетон, в котором в качестве добавки был принят тонкодисперсный доменный шлак и суперпластификатор на основе поликарбоксилата. В экспериментальных исследованиях использовались следующие материалы: стандартный полифракционный песок(ГОСТ 6139-91), напрягающий цемент со средней энергией самоупругения(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 выполнено определение размера частиц цемента и шлака трёх разных режимов помола на лазерном анализаторе размеров частиц FRITSCН ANALYSETTE 22 NanoТес (диапазон измерения от 0,01 до 2100 мкм.) Измерение плотности цемента и шлака осуществлялось с помощью прибора Ле-Шателье по методике 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).

Таблица 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 образцов-кубов напрягающего бетона 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 самонапряжения 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 поверкой измерительного устройства с помощью эталона. Затем расчётным путём было определено значение самонапряжения образца-призмы σ_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 таблице 2.

Таблица 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. На рис. 1 представлен график с наложением распределений частиц напрягающего цемента и исходного шлака в образце(пробе) по размерам для сравнения.

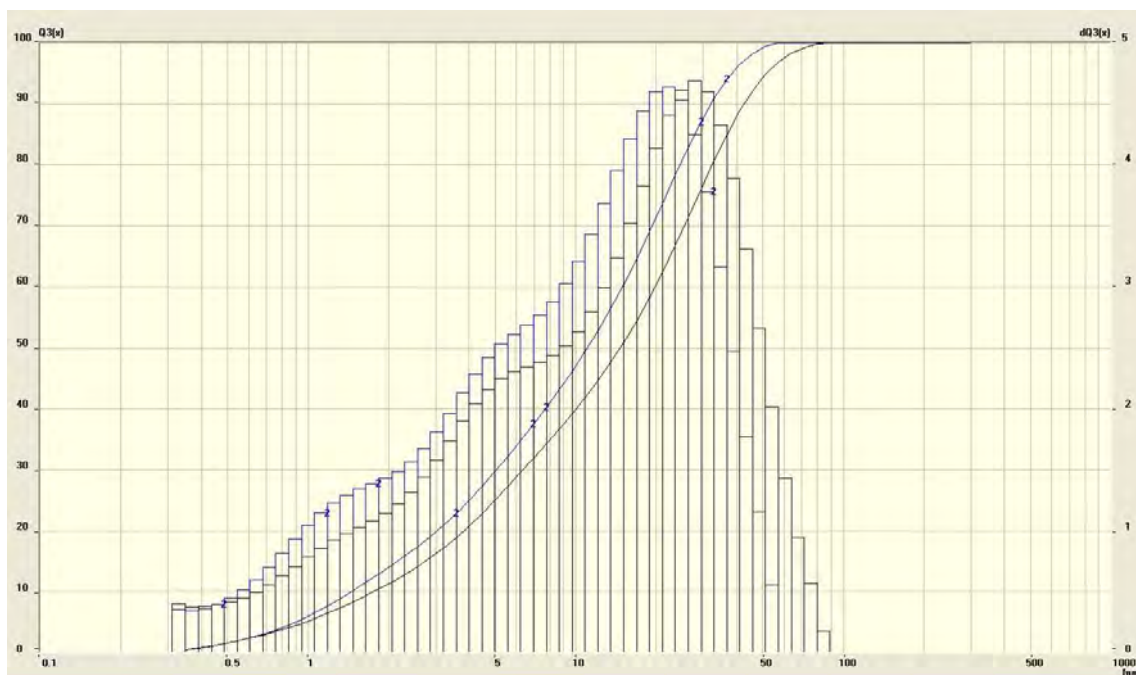


Рис. 1. Наложение распределений частиц по размерам в образцах НЦ (черный) и Шлак исходный (синий)

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.

Таблица 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	51,44
	2	10x10x9,9	51,91	
	3	10x10x10	52,08	
	4	9,8x10x10	50,17	
«2»	1	9,7x10x9,9	51,11	51,76
	2	10x9,8x9,9	49,94	
	3	10x10x9,9	52,85	
	4	9,8x10x10	51,32	
«3»	1	9,9x10x9,9	51,55	51,78
	2	10x10x9,9	52,47	
	3	10x9,9x10	51,33	
	4	9,8x10x10	50,56	
«4»	1	10x10x10	53,98	53,03
	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 самоупругения (табл. 4)

Таблица 4. Значения самоупругения бетона с тонкодисперсным шлаком

Проба	«1»	«2»	«3»	«4»
Самоупругение, МПа	9,95	12,01	13,93	16,40
Марка по самоупругению	Sp1,2	Sp 1,5	Sp 1,5	Sp 2,0

Марка по водонепроницаемости 1,2 проб бетона составила W18, а 3,4 пробы – W20.

ВЫВОДЫ

Проведённые исследования показали, что физические, гидрофизические и механические свойства самоупругающего 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 незначительный (2,9%,) прирост прочности на сжатие, а самоупругение бетона при определенной дисперсности шлака(пробы 1 и 4) увеличилось на 2 марки. Такое увеличение самоупругения 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. Определено снижение стоимости 1 кубометра готового продукта на 12%.

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.* Наупругающий 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» -№2-2012г.
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. *Гридчина А.А., Титова Л.А.* Перспективы применения бетонов на основе расширяющих добавок в современном монолитном строительстве//Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции“Теоретические и прикладные аспекты современной науки ” г. Белгород, 31 августа 2014 г.
8. *Кузнецова Т.В.* Самоупругение расширяющихся цементов/ 6-й Международный Конгресс по химии цемента. – М. – 1974. – С. 585-594.
9. *Кузнецова Т.В.* Структура и свойства расширяющихся и наупругающих цементов // Сборник докладов Всесоюзной конференции в г. Грозном Ресурсосберегающие технологии железобетонных конструкций на основе наупругающих цементов. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 8-9.
10. *Кузнецова Т.В.* Физико-химические основы технологии расширяющихся цементов. / Тр. НИИ цемента. М., 1976. - в.38. - с.77-85.
11. *Рояк С.М., Рояк Г.С.* Специальные цементы М.: Стройиздат, 1983. 256-259 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИБРОБЕТОНА В ТОННЕЛЯХ МЕЛКОГО И ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Рахман Редван Бин¹, Ле Чунг Хиеу¹, А.Д. Истомина²

¹ студенты 3 курса 4 группы ИГЭС

² научный руководитель, канд. техн. наук, доц. кафедры ЖБК, paika.07@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Фибробетон как материал для конструкций тоннельных обделок широко применяется в течение последних двадцати лет. Дисперсное фибровое армирование позволяет компенсировать главные недостатки бетона - низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

Фибробетон применяют для изготовления конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы такие его свойства, как повышенная трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость; пониженная усадка и ползучесть; возможность использования более эффективных конструктивных решений.

На данный момент реализованы следующие проекты по подземным тоннелям [1]: тоннели метро в Италии (1992) и Германии (1990-1996); железнодорожные тоннели в Великобритании (2007) и Испании; автодорожные тоннели в России (2012) и Австралии (2011-2014); гидротехнические тоннели в Испании и США (2005 -2012); восточный кабельный тоннель Сиднея, Австралия (2011 -2015); и другие.

В качестве обобщённой характеристики механических свойств сталефибробетона, как и бетона при сжатии принимают диаграмму работы материала при кратковременном сжатии. Результаты испытаний на центральное сжатие призм размером 10 x10 x 40 см, изготовленных из бетона и фибробетона с различным объёмным процентом армирования, приведены на рис.1.

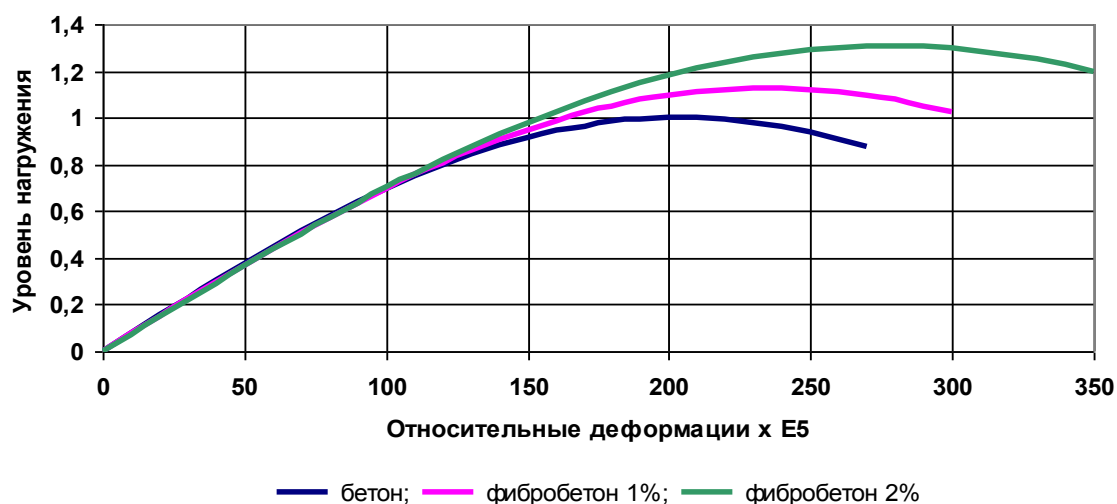


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона и фибробетона при сжатии

В качестве аналитической зависимости «напряжения-деформации» при сжатии бетона и фибробетона использовалась зависимость, приведенная в Еврокоде 2:

$$\frac{\sigma_{fb}}{R_{fb}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}, \quad (1)$$

$$\text{где } \eta = \frac{\epsilon_{fb}}{\epsilon_{fb0}}, \quad k = \frac{1,1E_{fb}|\epsilon_{fb0}|}{R_{fb}}. \quad (2)$$

Схема усилий и эпюра напряжений в нормальном сечении изгибаемого сталефибробетонного элемента прямоугольного сечения, при его расчете по прочности [2] приведена на рис.2.

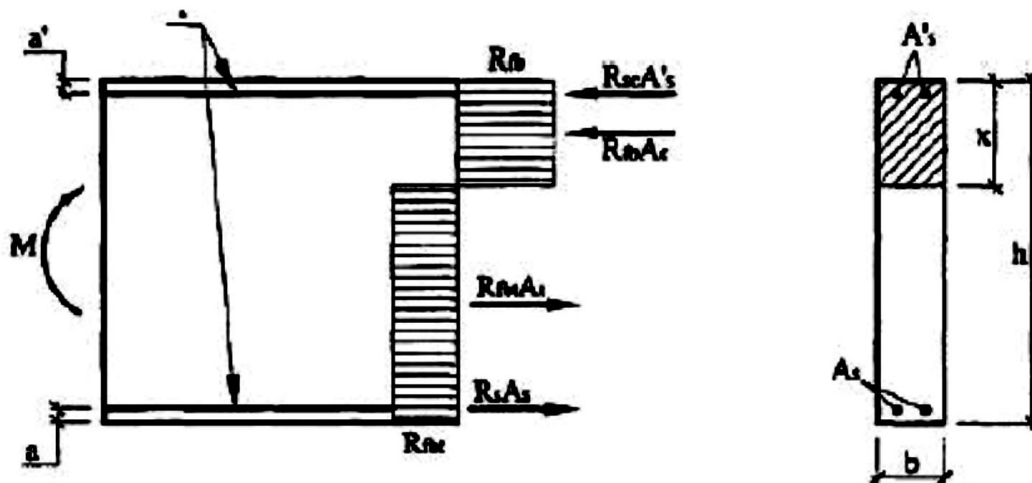


Рис. 2. Схема усилий и эпюра напряжений в нормальном сечении

Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов производят из условия:

$$M \leq M_{ult}, \quad (3)$$

где M_{ult} - предельный изгибающий момент, который может воспринять сечение элемента.

Значение предельного изгибающего момента M_{ult} для изгибаемых сталефибробетонных элементов прямоугольного сечения при выполнении условия $\xi \leq \xi_R$ определяют по формуле:

$$M_{ult} = R_{fb}bx(h_0 - 0,5x) + R_{sc}A'_s(h_0 - a') - R_{bt}b(h - x)0,5(h - x - 2a). \quad (4)$$

Ниже, представлены результаты расчета расчёт обделки автодорожного тоннеля. При этом варьировались класс бетона и расход стальной фибры на один кубический метр бетона [3,4].

Эпюра изгибающих моментов в обделке тоннеля, полученная в результате расчета по программному комплексу представлена на рис.3.

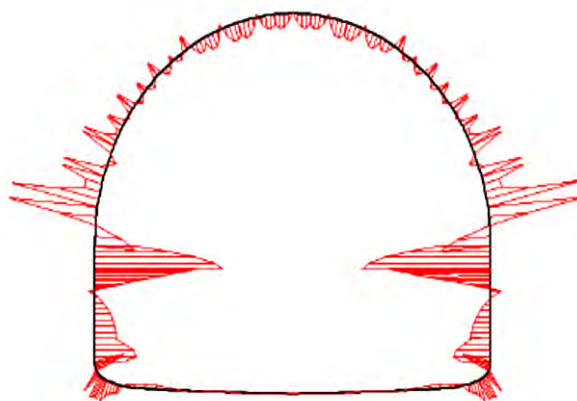


Рис. 3. Эпюра изгибающих моментов в обделке тоннеля

Обобщенные результаты расчетов обделки тоннеля при ее толщине 500 мм представлены в таблице.

Материал обделки тоннеля	Класс бетона	μ_f , %	Арматура класса А400	N_{ult} , кН
Бетон	В30	0	5Ø20 А400	4725
Фибробетон, 0,75%	В30	0,75	5Ø20 А400	6190
Фибробетон, 1,5%	В30	1,5	5Ø20 А400	6882

Анализ полученных результатов показывает, что применение фибробетона, при неизменных толщине обделки 500мм, классе бетона В30 и армировании - Ø20 А400 с шагом 200 мм, увеличивает несущую способность обделки до 46%. Расход фибры при проценте армирования 0,75% и 1,5% соответственно составляет 59 кг/м³ и 118 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт организации СТО НОСТРОЙ. Освоение подземного пространства. Конструкции транспортных тоннелей из фибробетона. Правила проектирования и производства работ. М. 2013. 205 с.
2. Свод правил СП 52-104-2006 «Сталефибробетонные конструкции». М. 2007. 89 с.
3. *Истомин А.Д.* Влажностные деформации гидротехнических конструкций из модифицированного фибробетона // Вестник МГСУ- 2010, № 4, Т. 2. с. 21-24.
4. *Александров Е.Н., Истомин А.Д.* Анализ напряженно деформированного состояния изгибаемых элементов с комбинированным армированием на основе диаграмм деформирования фибробетона // Научное обозрение - 2016, № 4. с. 35-39.

ФОСФОГИПС КАК СЫРЬЁ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

И.О. Рябчикова¹, М.С. Трёмаскина²

¹ студентка, ryabchikova.ir@gmail.com

² студентка, marina-tremaskina17@rambler.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.", 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

Аннотация

Предмет исследования:

Рассматривается один из эффективных путей рационального использования фосфогипса – переработка его в гипсовые вяжущие строительного назначения. Проанализирован успешный опыт зарубежных стран, который сложно переложить на российские условия. Вероятно, практическую реализацию могут найти только экономичные варианты переработки фосфогипса, и поиск таких путей - актуальная задача регионального и общероссийского уровня.

Цели: Изучение фосфополугидрата, получаемого прямой переработкой (без отмывки и нейтрализации) фосфогипса.

Материалы и методы: Исходным сырьем служил фосфогипс – отход Балаковского филиала АО «Апатит», пробы фосфогипса выбирались из разных мест отвала. Исследован поэлементный состав фосфогипса, определен его радиационный фон. Свойства фосфополугидрата оценивались по стандартным для гипсовых вяжущих методикам.

Результаты: Выявлено присутствие в пробах фосфогипса 4,9% стронция, радиационный фон проб в норме. Установлен большой разброс значений 2-х часовой прочности фосфополугидрата при близких (57-60%) значениях водопотребности. После полного высушивания образцы приобретают прочность 7-10 МПа.

Выводы: Исследование свойств фосфополугидрата, получаемого термообработкой фосфогипса при температуре 160 °С с последующим помолем, указывает на возможность использования его в качестве строительного вяжущего. При этом выборку сырья целесообразно осуществлять из различных мест отвала, с усреднением материала; использовать получаемый фосфополугидрат целесообразно в технологиях получения гипсовых изделий, не требующих быстрой распалубки, и с включением в технологический процесс сушки.

ВВЕДЕНИЕ

Фосфогипс является побочным и практически неиспользуемым отходом производства фосфатных удобрений. На отдельных предприятиях количество накопленного фосфогипса достигло огромных величин. Его хранят в отвалах, объём которых измеряется млн. тонн. Так, в Саратовской области, на территории Балаковского филиала АО «Апатит» (входящего в группу «ФосАгро» - одного из крупнейших производителей фосфорсодержащих удобрений), накоплено по официальной статистике свыше 50 млн. тонн фосфогипса [1], а по некоторым данным – гораздо больше [2].

С хранением фосфогипса в отвалах связано множество трудностей:

- транспортирование фосфогипса в отвалы и его хранение в них связано с большими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами;
- для создания отвалов фосфогипса приходится отчуждать большие площади;

– хранение фосфогипса в отвалах, даже при правильной эксплуатации отвала, наносит вред окружающей среде [3-9].

В то же время, для нужд гипсовой промышленности в РФ ежегодно добывается порядка 6-8 млн. тонн природного гипсового сырья [9-10]. Ежегодный объем образования фосфогипса превышает объемы добычи природного гипса [8-9, 11], и использование этого отхода позволит экономить природное сырье и одновременно решать вопросы охраны окружающей среды.

Один из наиболее эффективных путей использования фосфогипса – переработка его в гипсовые вяжущие [4-5, 12]. Ведущая роль в разработке и практическом применении технологий получения вяжущих из фосфогипса принадлежит Японии, Франции и Германии. В Японии, из-за отсутствия природного гипсового сырья, перерабатывается 100% образующегося фосфогипса [3]. В РФ также накоплен опыт промышленной переработки отвального фосфогипса: ассоциация «Волховгипс» выпускала строительные материалы на основе фосфогипса в течение 15 лет [9]. Переработкой фосфогипса в гипсовые вяжущие занимаются несколько компаний: «Knauf», «Зальцгиттер», «Nissan Chemical» [12]. Технологический процесс при этом включает операции промывки фосфогипса и нейтрализации вредных примесей, содержащихся в нем [5], что, очевидно, приводит к существенному увеличению себестоимости получаемого вяжущего.

В российских условиях, с богатейшими запасами природного гипсового сырья, только экономичные варианты переработки фосфогипса могут найти практическую реализацию, и поиск таких путей - актуальная задача регионального и общероссийского уровня.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследования по прямой переработке фосфогипса в гипсовое вяжущее по обжиговой технологии получения β -полулигдрата неизменно заканчиваются получением вяжущего прочностью не выше марки Г2 [13-15]. В то же время, для гипсовых изделий регламентируется прочность в высушенном состоянии, и значения требуемой прочности для составов и изделий отделочного назначения зачастую относительно невысоки (в пределах 5 МПа). Поэтому **целью** представленной работы являлось изучение фосфополулигдрата, получаемого прямой переработкой фосфогипса.

Известно, что теоретическая температура дегидратации чистого двуводного сульфата кальция составляет 107°C, на практике для ускорения процесса используются более высокие температуры. Важно, что температура дегидратации не должна превышать 180 °C, из-за опасности перехода полулигдрата в безводную форму и далее, в растворимый ангидрит. По П.Ф. Гордашевскому [4] наиболее эффективной температурой дегидратации фосфогипса является интервал 150-160 °C – фосфополулигдрат имеет минимальную водопотребность и максимальную прочность (табл. 1).

Таблица 1. Свойства продуктов обжига фосфогипса, по данным [4]

Начальная температура котла, °C	Максимальная температура обжига, °C	Нормальная плотность, %	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте	
			1,5 часа	7 суток
140	166	133	1,0	3,0
	176	133	0,7	2,6
	186	135	0,7	2,6
130	156	110	2,1	5,2
	166	120	1,2	2,6
	200	155	1,7	2,0

Также известно, что водопотребность β -полугидрата, полученного из природного сырья, составляет 50-70%. Для получения теста нормальной густоты из фосфополугидрата без дополнительной обработки, по данным многих исследователей [4, 6, 12], требуется 90-130% воды. Главной причиной высокой водопотребности фосфополугидрата является большая внутренняя пористость дегидратированного фосфогипса и его кристаллическое строение, обуславливающее большое содержание вытянутых кристаллов игольчатой формы [4-5]. Благодаря помолу фосфогипса достигается значительное снижение водопотребности вяжущего (со 130 до 60%) [4, 12, 15, 16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходным сырьем служил фосфогипс – отход Балаковского филиала АО «Апатит», пробы фосфогипса выбирались из разных мест отвала. Дисперсность исходного фосфогипса составила 3000-3500 см²/г, водородный показатель водной вытяжки рН=3 подтверждает присутствие в нем кислых примесей. Свойства фосфополугидрата оценивались по ГОСТ 23789.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследован поэлементный состав фосфогипса (табл. 2), указывающий на значительное присутствие в пробах стронция. Несмотря на это, радиационный фон проб в норме, эквивалентная доза радиоактивного излучения (0,02 мкЗв/ч) существенно ниже предельно допустимого уровня (0,2 мкЗв/ч).

Таблица 2. Поэлементный состав фосфогипса АО «Апатит»

Компонент	Содержание по массе, %
Si	0,44731
P	1,15762
SO ₄	55,87095
Ca	36,84422
Fe	0,39737
Cu	0,37635
Sr	4,90619
Остальное	1,19054

Исследуемые пробы фосфогипса подвергались дегидратации при 160 °С, продукт дегидратации фосфогипса измельчался в планетарной мельнице до полного прохождения через сито №02.

Согласно полученным экспериментальным данным (табл. 3), водопотребность фосфополугидрата составила 57-60%, что находится на уровне со строительным гипсом. Установлен большой разброс значений ранней (2-х часовой) прочности: фосфополугидрат из пробы №1 не соответствует требованиям, предъявляемым к гипсовым вяжущим по ГОСТ 125; в то же время фосфополугидрат из пробы №2 имеет прочностные показатели на уровне качественного строительного гипса. После полного высушивания образцы из обеих проб приобретают достаточную прочность.

Таблица 3. Свойства полученного фосфополугидрата из разных проб отвала

Номер пробы исходного фосфогипса	Водопотребность, %	Предел прочности, в МПа		
		при сжатии		при изгибе
		в возрасте 2 ч	в высушенном состоянии	
№1	57	0,7	7,0	2,0
№2	60	5,0	10,0	2,0

Полученные данные согласуются со многими исследованиями [3-6], где показано замедленное нарастание прочности фосфополугидрата, что связано с присутствием в фосфогипсе свободных фосфорной и серной кислот и растворимых солей.

Непостоянство свойств фосфогипса, и соответственно, получаемых на основе его продуктов, объясняется [4] термодинамически неустойчивой кристаллической структурой и фазовым составом этого, сравнительно «молодого» материала, в отличие от природного сырья, хранившегося в недрах земли в течение многих миллионов лет, а потому обладающего гораздо более постоянной и устойчивой структурой. Для каждого конкретного случая требуется экспериментальное исследование фосфогипса, и некорректно отождествлять фосфогипс с молотым природным сырьем без учета его морфологических и структурных особенностей [13].

ВЫВОДЫ

Таким образом, исследование свойств фосфополугидрата, получаемого прямой переработкой (без отмычки и нейтрализации) фосфогипса при температуре 160 °С с последующим помолом, указывает на возможность использования его в качестве строительного вяжущего, при соблюдении следующих условий:

- выборку проб фосфогипсового сырья целесообразно осуществлять из различных мест отвала, с обязательным усреднением материала;
- использовать получаемый фосфополугидрат целесообразно в технологиях получения гипсовых изделий, не требующих быстрой распалубки, и с включением в технологический процесс сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Саратовской области от 20.11.2013 N 636-П «Об утверждении государственной программы Саратовской области «Охрана окружающей среды, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов Саратовской области на период до 2020 года»».
2. Голова Т.А., Давтян А.Р. Исследование композиционных вяжущих на основе фосфогипса для производства малых архитектурных форм // Вестник КРСУ. 2016. Том 16. № 9. С. 97-100.
3. Фосфогипс и его использование / В.В. Ивануцкий, П.В. Класен, А.А. Новиков и др. М.: Химия, 1990. 224 с.
4. Гордашевский П.Ф., Долгорев А.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов. М.: Стройиздат, 1987. 105 с.
5. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник / Под общей ред. А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
6. Мецераков Ю.Г. Промышленная переработка фосфогипса / Ю.Г. Мецераков, С.В. Федоров. С-Пб.: Стройиздат, 2007. 104 с.
7. Особенности биологической рекультивации отвала фосфогипса Балаковского филиала АО «Апатит» / В.П. Белобров, А.М. Гребенников, А.Ю. Куленкамп, А.И. Ряшко, Е.Л. Торочков // Экологический вестник Северного Кавказа. 2015. Т. 11. № 1. С. 20-25.
8. Головизнина Т.Е., Черняев Д.В. Утилизация отходов ЗАО «Балаковские минеральные удобрения» в производстве клинкера / Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов Междунар. науч.-техн. конф. // БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 57-61.

9. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Проблемы промышленной переработки фосфогипса в РФ, состояние и перспективы // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 6-2. С. 273-276.
10. Месторождения гипса в России // *Samaragips.ru* URL: <https://samaragips.ru/company/gips-news/2559/>
Дата обращения: 22.02.2019.
11. Эффективные безобжиговые строительные материалы на основе фосфогипса / С.Н. Золотухин, О.Б. Кукина, А.А. Абраменко // *Современное строительство и архитектура*. 2017. № 4 (08). С. 8-14.
12. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: Учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, И.А. Пашков. Ростов/н/Д: Феникс, 2007. 368 с.
13. Чернышева Р.А. Переработка фосфогипса в высококачественные вяжущие материалы // *Строительные материалы*. 2008. №8. С. 4-6.
14. Исследование вяжущих свойств комбинированных отходов производства / В.И. Голик, Т.С. Цидаев, Б.С. Цидаев // *Сухие строительные смеси*. 2012. № 3. С. 23-25.
15. Гипсовое вяжущее из α -CaSO₄·0,5H₂O - отхода производства экстракционной фосфорной кислоты / А.В. Гриневич, А.А. Киселев, Е.М. Кузнецов, А.Ф. Бурьянов, А.И. Ряшко // *Строительные материалы*. 2014. № 7. С. 4-8.
16. Левашова А.К., Сычева Л.И. Изучение вяжущих свойств продуктов дегидратации фосфогипса // *Успехи в химии и химической технологии*. 2015. Т. 29. № 7 (166). С. 47-49.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ТУФА В ЛЕГКИХ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНАХ

Д.А. Саркисов¹, О.Б. Ляпидевская²

¹ студент 2 курса 1 группа ИСА, dav9.9@mail.ru

² научный руководитель, к.т.н., доцент, olga.lyapidevskaya@inbox.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26.

Аннотация

Предмет исследования: пористый полифракционный заполнитель в составе легкого самоуплотняющего бетона.

Цель: разработка оптимального состава легкого самоуплотняющего бетона, обладающего достаточной прочностью при минимальном значении средней плотности бетона и максимальном диаметре расплыва конуса.

Материалы и методы: испытание легкой самоуплотняющейся бетонной смеси на расплыв конуса, определение прочности и плотности образцов бетона согласно действующим стандартам.

Результаты: с помощью легких заполнителей из вулканического туфа получена бетонная смесь с диаметром расплыва конуса 810 мм, прочностью при сжатии затвердевшего бетона 22,0 МПа и средней плотностью 1795 кг/м³.

Выводы: разработан оптимальный состав легкой бетонной смеси, обладающий максимальным расплывом конуса и достаточной прочностью при сжатии.

ВВЕДЕНИЕ

Самоуплотняющаяся бетонная смесь (СУБ) – бетонная смесь, способная растекаться и уплотняться под действием собственного веса (без вибрации), полностью заполняя опалубку, даже при наличии густого армирования, сохраняя при этом однородность и не требуя дополнительного уплотнения [1].

СУБ начали применяться в Японии, Европе, США с конца XX века. Достаточно широко описан опыт применения СУБ при монолитном строительстве и при производстве железобетонных изделий. В состав СУБ входят: портландцемент, крупный заполнитель (щебень гранитовый – фракции: 5-10 мм, 10-20 мм), мелкий заполнитель (кварцевый песок с модулем крупности $M_k = 1,6-2,5$), наполнители (зола-уноса, микрокремнезем, молотый гранулированный шлак и др.), химические добавки – суперпластификаторы, водоудерживающие и др. добавки [2,3].

В настоящее время в России применение самоуплотняющихся бетонов не имеет широкого распространения по ряду причин. В первую очередь, это сложность организации технологии производства такого бетона (необходимость обеспечения высокой стабильности характеристик всех исходных компонентов, а также эффективности дозирочно-смесительного комплекса). Кроме того, применение СУБ сдерживается из-за недостаточно развитой российской нормативной базы [4,5].

Разработанные составы и технологии СУБ в основном касаются тяжелых бетонов. Однако весьма перспективным представляется разработка легких самоуплотняющихся бетонов на пористых заполнителях (ЛСУБ). К основным преимуществам таких бетонов можно отнести: пониженную среднюю плотность (позволяющую снизить вес конструкции на 30-40%) и повышенное термическое сопротивление ограждающих конструкций по сравнению с бетоном на тяжелых заполнителях. [6].

Основная сложность технологии производства ЛСУБ состоит в получении реологиче-

ски стабильной консистенции бетонной смеси при использовании пористых заполнителей. Предварительными исследованиями было установлено, что чем больше средняя плотность зерен заполнителя отличается от средней плотности растворной части, тем большей склонностью к расслоению обладает смесь. Для получения стабильной смеси необходимо максимально приблизить эти два значения друг к другу. Это возможно осуществить тремя способами: 1) увеличить плотность заполнителя до уровня плотности растворной части; 2) снизить плотность растворной части до уровня заполнителя; 3) увеличить плотность заполнителя и снизить плотность растворной части, стремясь к некоторому среднему уровню [7].

В настоящей работе реализован третий способ получения ЛСУБ с применением пористого заполнителя – вулканического туфа – как в составе растворной части (0-5 мм), так и в качестве крупного заполнителя (5-10 мм) (таблица 1).

Таблица 1. Основные свойства вулканического туфа Каменского месторождения (Республика Кабардино-Балкария)

Показатель	Значение
Истинная плотность, кг/м ³	2340
Средняя плотность, кг/м ³	1650
Пористость, %	30
Водопоглощение по массе, %	16
Коэффициент размягчения	0,72

Преимуществом такого заполнителя полифракционного состава является гидравлическая активность тонких фракций, которая проявляется в твердеющем цементном бетоне. Кроме того, применение тонких фракций, получаемых при измельчении туфа, положительно сказывается на прочностных характеристиках бетона. В туфовом песке (фракция 0-5 мм), доставляемом из карьера, присутствует 16-18% зерен менее 0,14 мм. При этом во фракции 0-0,14 мм около 60% составляют зерна менее 0,08 мм. Наполнитель с размером зерен 0,05-0,08 мм может заменить часть цементного вяжущего (до 30-35%) без потери прочности цементного камня, а зерна размером менее 0,05 мм повышают прочность цементной матрицы, уплотняя структуру цементного камня [8].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Исследована и проанализирована специальная техническая литература, являющиеся основой данного направления, изучены нормативные документы, специализирующие на испытаниях бетонной смеси и затвердевшего бетона [2-11]. На основе литературы делается вывод, что рассматриваемая тематика имеет перспективность в строительной отрасли, в частности, при строительстве уникальных объектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для подбора экспериментальных составов ЛСУБ применялись следующие материалы: портландцемент ЦЕМ I 52.5Н, микрокремнезем МК 85, туфовый песок (0-5 мм), туфовый щебень (5-10 мм), суперпластификатор Melflux 2561 F, В/Ц = 0,9 (таблица 2).

Таблица 2. Составы, свойства бетонных смесей и затвердевшего бетона

Компонент / показатель	Расход компонентов, кг/м ³ , составы		
	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
Портландцемент ЦЕМ I 52.5Н	300	400	500
Микрокремнезем МК 85	30	40	50

Туфовый песок (0-5 мм)	950	950	950
Туфовый щебень (5-10 мм)	220	220	220
Суперпластификатор	3,0	4,0	5,0
Вода	270	360	450
Свойства бетонной смеси			
Диаметр расплыва конуса, мм	860	810	680
Свойства затвердевшего бетона (28 сут)			
Прочность при сжатии, МПа	12,7	22,0	31,8
Средняя плотность, кг/м ³	1612	1795	1930

Для определения расхода цемента, было изготовлено 3 состава (таблица 2) и проведены испытания бетонной смеси и затвердевшего бетона. За базовые показатели были приняты расходы туфового песка и щебня.

Испытания затвердевшего бетона проводились в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [9], ГОСТ 12730.1-78 [10].

Определение подвижности бетонной смеси проводилось в соответствии с EN 12350-8 [11]. Комплект оборудования включает: стандартный конус высотой 300 мм, нижним диаметром 200 мм, верхним – 100 мм, воронку для его заполнения, основание, линейку.

Метод заключается в определении расплыва стандартного конуса и времени растекания бетонной смеси до достижения диаметра 500 мм, а также времени растекания бетона.

Основные этапы испытания бетонной смеси:

1) при температуре $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ перевернутый конус с помощью воронки заполняют бетонной смесью без уплотнения (рис. 1 а); 2) через 30 с конус поднимают вертикально вверх таким образом, чтобы содержимое могло равномерно вытечь на основание, одновременно включают секундомер (рис. 1 б); 3) фиксируют время достижения смесью диаметра 500 мм, а также общее время растекания; 4) определяют диаметр расплыва конуса (рис. 1 в).

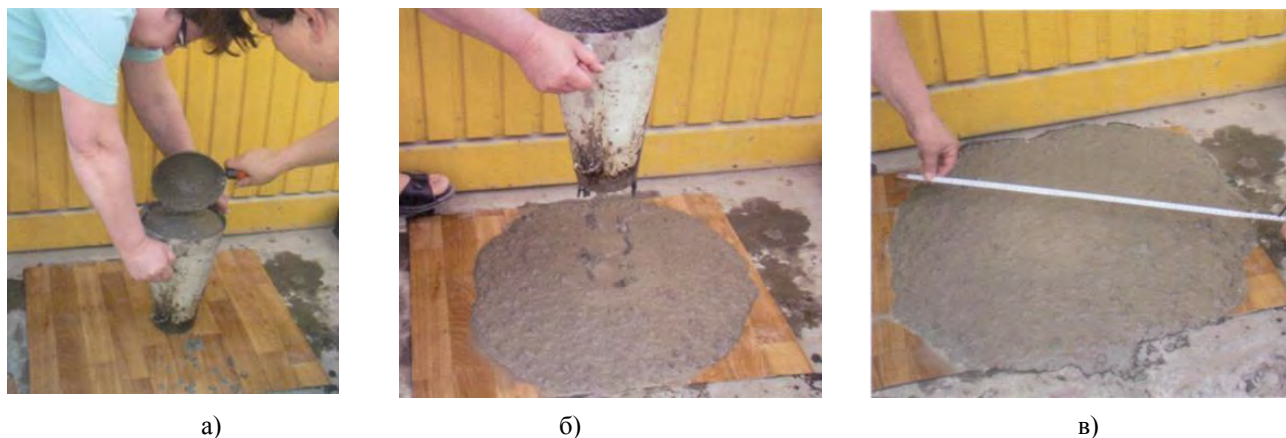


Рис. 1. Основные этапы испытания бетонной смеси на расплыв конуса: а – заполнение конуса смесью; б – одновременное поднятие конуса и включения секундомера; в – измерение диаметра расплыва

Как следует из полученных результатов, с увеличением расхода цемента плотность увеличивается, а диаметр расплыва конуса уменьшается. Согласно EN 12350-8 для бетонирования армированных конструкций этот показатель должен составлять 760-850 мм и соответствовать классу SF3 (таблица 3) [11]. Поэтому оптимальным принят состав № 2.

Таблица 3. Классы СУБ по расплыву конуса (по EN 12350-8)

Классы СУБ	Расплыв конуса, мм
SF1	550-650
SF2	660-750
SF3	760-850

Для определения влияния доли крупного заполнителя на среднюю плотность ЛСУБ были приготовлены смеси с содержанием туфового щебня 5-10 мм, отличным от базового в большую и меньшую стороны приблизительно на 20%. При этом сумма масс мелкого и крупного заполнителей оставалась неизменной. Составы, свойства смесей и затвердевшего ЛСУБ приведены в таблице 4.

Таблица 4. Составы и свойства смесей и затвердевшего ЛСУБ

Компонент / показатель	Расход компонентов, кг/м ³		
	Состав №1	Состав №2	Состав №3
Портландцемент ЦЕМ I 52.5Н	400	400	400
Микрокремнезем МК 85	40	40	40
Туфовый песок (0-5 мм)	906	950	994
Туфовый щебень (5-10 мм)	264	220	176
Суперпластификатор	4,0	4,0	4,0
Вода	360	360	360
Свойства бетонной смеси			
Диаметр расплыва конуса, мм	720	810	846
Время растекания смеси, с	50	50	50
Свойства затвердевшего бетона (28 сут)			
Прочность при сжатии, МПа	23,54	22,0	18,5
Средняя плотность, кг/м ³	1800	1795	1776

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно полученным данным, при увеличении содержания крупного заполнителя, изменения средней плотности затвердевшего ЛСУБ сравнительно малы. Это происходит из-за близких значений плотностей мелкого и крупного заполнителя. Увеличение содержания крупного заполнителя приводит к некоторому росту прочности, при этом наблюдается уменьшение диаметра расплыва конуса. С уменьшением фракции 5-10 мм происходит небольшой рост расплыва конуса, однако наблюдается снижение прочности.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение полифракционного заполнителя (песка и щебня размером до 10 мм) из вулканического туфа позволяет получить реологически стабильную самоуплотняющуюся бетонную смесь пониженной плотности с диаметром расплыва конуса 810 мм, прочностью при сжатии затвердевшего бетона 22,0 МПа и средней плотности 1795 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белухина С.Н., Ляпидевская О.Б., Семенов В.С. Строительные термины и определения: Терминологический словарь / Москва: издательство МИСИ-МГСУ, 2018, с. 302

2. *Hajime O., Masahiro O.* Self-Compacting Concrete // Journal of Advanced Concrete Technology, - vol. 1(2003), №1, P. 5-15.
3. *Бычков М.В., Удодов С.А.* Легкий самоуплотняющийся бетон как эффективный конструкционный материал // Интернет-журнал «Науковедение» №4, 2013.
4. *Рыжков И.Н.* О влиянии свойств бетона на качество и себестоимость строительного объекта //Строительные материалы, оборудования, технологии XXI века, №8, 2007, 35 с.
5. *Аленкар Р., Маркон Ж., Хелене П.* Экономическое жилье из СУБ // СРІ – Международное бетонное производство, №6, 2010, 142-147 с.
6. *О.Б. Ляпидевская, Безуглова Е.А.* Бетоны. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм// Учебное пособие. – Москва: МГСУ, 2013, 120 с.
7. *Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А.* Бетонные смеси. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм//Учебное пособие. – Москва: МГСУ, 2013, 60 с.
8. *Пашкевич А.А., Орешкин Д.В., Ляпидевская О.Б.* Сухие строительные смеси с полыми микросферами //В сборнике: Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов материалы V Международной научно-технической конференции: в 3-х частях. 2009. С. 207-211.
9. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
- 10.ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности.
11. EN 12350-8 Методы испытаний бетонной смеси. Часть 8. Самоуплотняющаяся бетонная смесь. Испытание на распыл.

ФАСАДНЫЕ ПАНЕЛИ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.М. Халиуллин¹, А.С. Болотова²

¹ студент группы ИСА-4-13, i.khaliullin@niexp.com

² научный руководитель, канд. техн. наук, доц. каф. ТОСП, a.bolotova@niexp.com

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

В условиях экономического кризиса главное конкурентное преимущество получают те компании, которые используют инновации и новые конструктивные материалы и технологии строительного производства как на заводе-изготовителе, так и на строительной площадке при возведении здания или сооружения.

Экономическая эффективность строительства напрямую зависит от внедрения новых технологий. Развитие строительной отрасли опирается на их постоянное совершенствование.

На наш взгляд, предлагаемое исследование даёт ответ на вопрос, из чего сегодня экономичнее строить в сегменте индивидуального жилищного строительства, а также в малоэтажном монолитном домостроении.

Предмет исследования: Предметом исследования являются инновационные строительные материалы и технологии строительного производства как инструмент повышения экономической эффективности строительной отрасли. Исследование проведено с целью сравнения свойств и качеств базовых строительных материалов, в том числе теплотехнических, звукоизоляционных, прочностных и др. характеристик на основе актуализированных нормативно-технических документов.

Цели: Основной целью исследования является определение и сопоставление экономической эффективности наиболее популярных строительных технологий возведения ограждающих конструкций в сегменте индивидуального жилищного строительства [1-2].

Основными задачами являются: определение перечня общих характеристик и критериев сравниваемых технологий; производство сравнительной оценки свойств строительных материалов по единой методике; обобщение результатов сравнения эффективности применения исследуемых технологий в различных сегментах строительства [3].

Материалы и методы: Для определения наиболее эффективной технологии необходимо провести сравнительный анализ основных свойств строительных материалов, входящих в состав ограждающих и несущих конструкции малоэтажного индивидуального строительства.

Результаты: Исследование показало, что организации, внедряющие инновационные строительные материалы и технологии строительного производства, имеют преимущества на рынке.

Выводы: Применение стеновых панелей БЭНПАН и БЭНПАН + предпочтительно, так как они экономически эффективнее, а также имеют ряд преимуществ в технологии строительного производства в сегменте малоэтажного строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Малоэтажное индивидуальное строительство в нынешнее десятилетие набирает популярность. Возникает вопрос о выборе ограждающих и несущих конструкции с наилучшими теплотехническими, звукоизоляционными, прочностными характеристиками строительных материалов. Наряду с традиционными конструктивными решениями появляются инновационные решения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании данной работы была использована следующая научная литература:

- 1) энергоэффективность зданий и сооружений рассмотрена в работе Алояна Р.М., Федосова С.В., Опарина Л.А. «Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения»;
- 2) технология строительных работ при возведении ограждающих и несущих конструкции была рассмотрена в работе Вильмана Ю.А. «Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные и прогрессивные методы»;
- 3) типовые конструктивные решения при возведении малоэтажных жилых зданий были рассмотрены в работе Нанасовой С.М. «Конструкции малоэтажных жилых домов».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

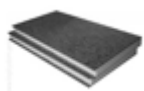
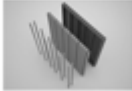

Произведем сравнительный анализ применения эффективных панелей БЭНПАН и БЭНПАН+ в индивидуальном жилищном строительстве (ИЖС) в исполнении вентилируемого фасадов [4-5].

Рассмотрим различные виды ограждающих конструкций (таблица 1,2).

Таблица 1. Различные виды ограждающих конструкций

Тип:	Кирпич	Пеноблок	Деревянный каркас
Схематическое изображение:			
Состав пирога при приведенной теплопроводности 3,8 (м ² *°С)/Вт	Ограждающие элементы вентфасада- 5мм. Воздушный зазор- 20 мм. Утепление минватой-150 мм. Металлическая подсистема. Кирпичная кладка -380 мм. Штукатурка внутренняя – 20 мм.	Ограждающие элементы вентфасада- 5мм. Воздушный зазор- 20 мм. Утепление минватой- 150 мм. Металлическая подсистема. Пеноблок -300 мм. Штукатурка внутренняя – 20 мм.	Ограждающие элементы вентфасада- 5мм. Воздушный зазор- 20 мм. Утепление минватой- 150 мм. Металлическая подсистема. Обрешетка – 44 мм. Слой OSB 15 мм. Каркас с заполнением минватой 150 мм. Обшивка с внутренней стороны ГКЛ+ГВЛ 25 мм

Таблица 2. Различные виды ограждающих конструкций

Тип:	SIP панель	Стеновая панель БЭНПАН+	ЛСТК
Схематическое изображение:			
Состав пирога при приведенной теплопроводности 3,8 (м ² *°С)/Вт	Облицовка фасада по листу ОСП Каркас с заполнением пенопластом – 220 мм. Обшивка с внутр. Стороны штукатурка 10 мм.	Навесной фасад по встроенной системе. Воздушный зазор – 55мм. Заводское утепление минватой 150 мм. Стеновая панель БЭНПАН+. Штукатурка внутренней поверхности – не требуется.	Ограждающие элементы вентфасада- 5мм. Воздушный зазор- 20 мм. Утепление минватой- 150 мм. Металлическая подсистема. Обрешетка – 44 мм. Слой OSB 15 мм. Каркас с заполнением минватой 150 мм. Обшивка с внутренней стороны ГКЛ+ГВЛ 25 мм.

Сравнительный анализ экономической эффективности (рисунок 1).

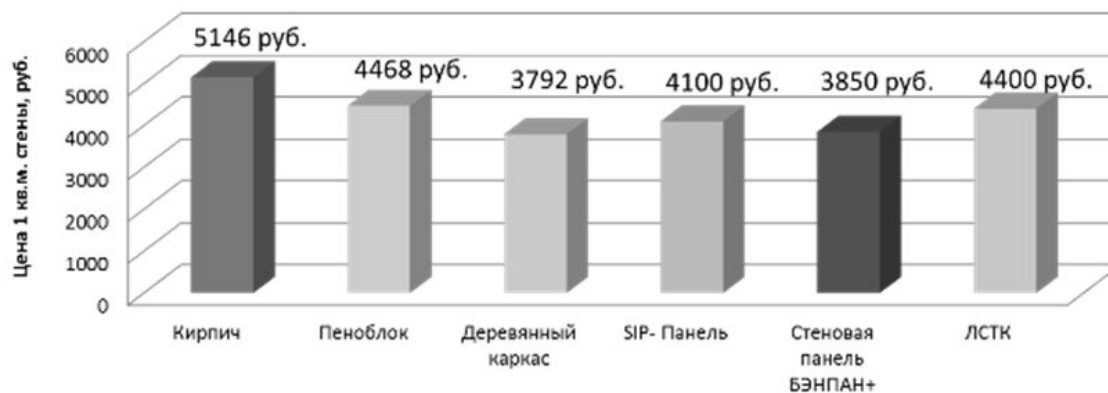


Рис. 1. Стоимость 1 м² ограждающей и несущей конструкции.

Сравнительный анализ трудоемкости возведения ограждающей и несущей конструкции (рисунок 2).

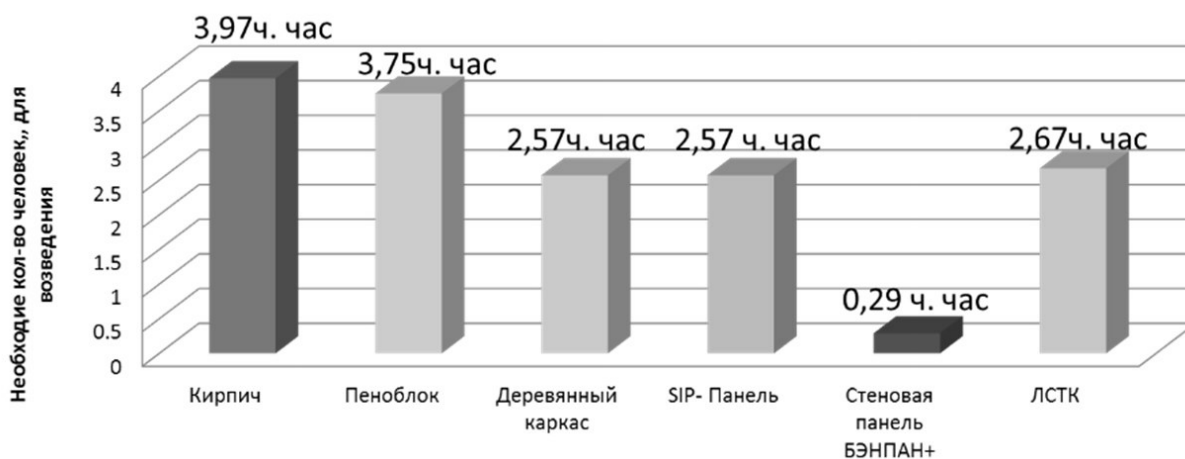


Рис. 2. Трудоёмкость, ч. час на 1м²

На основании материалов, представленных выше, стеновые панели БЭНПАН и БЭНПАН + предпочтительнее по сравнению с другими видами ограждающих конструкции по экономическим и физико-механическим соображениям.

БЭНПАН – это технология быстровозводимого строительства из сборных железобетонных конструкций (стеновые панели, плиты перекрытий) повышенной заводской готовности.

Стеновые панели БЭНПАН (рисунок 3). Назначение - несущая и ограждающая конструкция. Конструктивное решение - ребристая железобетонная конструкция, армирована арматурными каркасами и сетками, изготовлена из фибробетона класса В30 или лёгкого бетона класса В15, с предустановленным утеплителем толщиной 60 мм., что удовлетворяет теплотехническим требованиям в зависимости от района строительства.



Рис. 3. Общий вид стеновой панели БЭНПАН

Плиты перекрытий БЭНПАН (рисунок 4). Назначение - несущая конструкция для устройства междуэтажных перекрытий и покрытий зданий и сооружений различного назначения. Конструктивное решение - ребристая железобетонная конструкция, армирована стержневой арматурой $\varnothing 10... \varnothing 20$ мм класса А500 и арматурными сетками. Изготовлена из фибробетона класса В30 или лёгкого бетона класса В15, с предустановленной тепло-, звукоизоляции толщиной 40мм.



Рис. 4. Общий вид плиты перекрытия БЭНПАН

Рассмотрим стеновые панели БЭНПАН + (рисунок 5). Назначение: наружная несущая и ограждающая конструкция в малоэтажных зданиях. Конструктивное решение ребристая железобетонная конструкция из фибробетона класса В30 или лёгкого бетона класса В15. Армирована арматурными каркасами и сетками.

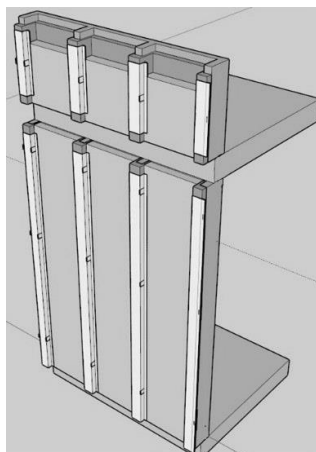


Рис. 5. Стеновые панели БЭНПАН +

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, на основе материалов исследования, представленных выше, можно сделать следующий общий вывод: применение панелей (стеновых и перекрытия) БЭНПАН и БЭНПАН+ даёт экономию по материалу до 25%, снижение трудоёмкости в ч. часах на СМР до 90%, высокую скорость возведения объекта; снижение количества рабочих, вовлечённых в строительный процесс; всесезонность строительства; значительное снижение материалоемкости; возможность монтажа коммуникаций в межрёберном пространстве; возможность устройства технологических проёмов в заводских условиях.

ВЫВОДЫ

Исследование показало, что инновационные решения (например, стеновые панели БЭНПАН и БЭНПАН+) превосходят традиционные решение конструирования ограждающих конструкции в исполнение вентилируемого фасада по экономическим, теплотехническим и прочностным характеристикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.

2. *Липидус А.А.* Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта /А.А. Липидус // Вестник МГСУ. – 2014. - № 1. – С. 175-180.
3. *Вильман Ю.А.* Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные и прогрессивные методы. – Москва, АСВ, 2011- 337 с
4. *Топчий Д.В.* Оценка корреляционной зависимости материалоемкости строительных конструкций различных типов производственных зданий, подлежащих демонтажу при перепрофилировании промышленных территорий // European Research. – 2015. - № 6 (7). – С. 6-9.
5. *Нанасова С.М.* Конструкции малоэтажных жилых домов. – Москва, АСВ, 2004-128 с.

СРАВНЕНИЕ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА НА ОБРАЗЦАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМ-ФАКТОРАМИ

В.В. Шведов

студент, *Shwedov.vadim@yandex.ru*

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

Аннотация. Без составления диаграмм деформирования бетона по результатам экспериментов полученных на образцах-призмах и образцах-цилиндрах, трудно оценить соответствие предельной относительной деформации бетона, пиковой нагрузке и нагрузке нисходящей ветви на уровне $0.85R_b$. В данной работе сделана попытка экспериментальной проверки диаграмм $\sigma-\varepsilon$. Образцы изготовленные одной партией из одного состава бетона, были испытаны по единой методике. Результаты эксперимента показали, что отличие в предельных деформациях незначительны, а аналитическое описание кривых полученное на призмах и цилиндрах соответствует результатам экспериментов не только в точках пиковой нагрузки и нисходящей ветви на уровне $0.85R_b$, но и на промежуточных значениях.

ВВЕДЕНИЕ

Для получения полных диаграмм деформирования бетона (ПДДБ) в разных странах используют свои образцы, отличающиеся как по форме, так и по соотношению высоты к ширине, что может существенно сказываться на физико-механических характеристиках, в частности на предельной деформативности при сжатии, соответствующей пиковой нагрузке и величине нисходящей ветви деформирования. Принимаемая предельная деформативность в разных странах существенно отличается друг от друга [1]. Кривые диаграммы деформирования $\sigma-\varepsilon$ служащие для оценки напряжённо-деформированного состояния также различны.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В европейских нормах оценка физико-механических характеристик бетона производится на образцах-цилиндрах с соотношением диаметра к высоте, равной 1/2, т.е. на образцах с размерами 150x300, 100x200, 71.4x143 мм. В отечественных нормах используются образцы-призмы с соотношением ширины к высоте, равным 1/4, и соответственно, образцы имеют размеры 150x150x600, 100x100x400, 70,7x70,7x280 мм. Исследования [2] доказали, что роль контактного трения при изучении прочности бетона весьма существенна. Так, к примеру, коэффициент призмной прочности $k_b = \frac{R_b}{R}$ может изменяться в пределах 0.75:0.9 в зависимости от класса бетона. Кроме того, для получения однородного поля деформации необходимо устанавливать приборы измерения на расстоянии равном ширине образца (согласно принципу Сан-Винена). Так же, высота образца может сказываться на деформациях элемента. Исследования [3-5] показывают, что при испытании бетонных образцов на сжатие в тензометрической трубе, график изменения напряжения в образце при относительных деформациях, близких к предельным, имеет ниспадающую ветвь. А многочисленные эксперименты, проводимые на разных классах бетона по методике полных диаграмм деформирования [6] под руководством Безгодова И.М доказали, что нисходящая ветвь существует только для бетонов с призмной прочностью 40-45 МПа. Для бетонов более высоких классов она отсутствует. В тоже время, в европейских нормах, по результатам, полученным при испытании цилиндров, с соотношением 1/2, полные диаграммы описываются для цилиндров прочностью до 80 МПа. Необходимо отметить, что российский нормативный документ СП 52-101-2003 назначает предельную относительную деформацию бетона равной $200 \cdot 10^{-5}$ о.ед.

Европейские нормы устанавливают относительную предельную деформацию, как для пиковой нагрузки, так и на нисходящей ветви, в зависимости от класса бетона, и оказывается что предельная деформативность для бетона прочностью 20 и 100 МПа отличается на 50%. Исследования, проведённые в работе [6] также указывают на отличие предельной деформативности в зависимости от класса бетона, этот факт необходимо учитывать при расчетах напряженно-деформированного состояния конструкций и сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью сравнения физико-механических характеристик бетона и оценки предельной деформативности соответствующей пиковой нагрузке и нисходящей ветви на уровне $0.85R_b$, были одновременно изготовлены образцы-призмы 10x10x40 см и образцы цилиндры диаметром 10 и высотой 20 см, из одного состава. Бетонная смесь перемешивалась в бетономешалке гравитационного типа с последующим вибрированием форм на виброплощадке. Состав бетонной смеси с соотношением компонентов 1:2.68:4.23 был изготовлен на портландцементе М500 в количестве 284 кг/м³. Использовался щебень фракции 5-10 и 10-20 и кварцевый песок. В/Ц=0.64. Осадка конуса бетонной смеси составила 3 см.

После распалубки и хранения в течении месяца в нормальных условиях, образцы зачищались, обмерялись и взвешивались. На поверхность образца наклеивались тензорезисторы с базой 50 мм.

Испытание образцов проводилось по методике полных диаграмм деформирования бетона [7]. Отсутствие в российских нормативных документах ГОСТ, по оценки предельных относительных деформаций при сжатии, методики получения полных диаграмм $\sigma-\varepsilon$ не позволяет вводить в российские нормы более достоверные значения предельных относительных деформаций, что снижает достоверность расчётов. Тем не менее, опыт получения данных диаграмм в России [7,8,9] и мире [10] есть. В соответствии с данной методикой, образцы помещались в трубу из дюралюминия сплава Д16Т. К днищам образцов приклеивались крышки. Между верхним торцом трубы и крышкой оставляли зазор, что позволяло испытывать образец по стандартной методике и определять основные характеристики бетона E_b и ν_b . После соприкосновения крышки с трубой часть нагрузки воспринималась трубой. Данная методика позволяет определять пиковую нагрузку и величину предельной относительной деформации сжатия. Дальнейшее повышение общей нагрузки позволяет получить нисходящую ветвь и определить относительную деформацию, соответствующую уровню нагружения $0.85R_b$ на нисходящей ветви. Нагружение производилось с 5-минутной выдержкой на ступени. В начале и конце выдержки снимались показания прибора. Поскольку после пиковой нагрузки появляются магистральные трещины, в следствии чего, тензорезисторы выходят из работы, дальнейшее измерение деформаций производилось индикаторами часового типа, которые были установлены в маяках, закреплённых в крышках устройства.

По результатам проведённого эксперимента была составлена таблица 1, где представлены физико-механические характеристики бетона полученные на образцах-призмах и образцах-цилиндрах, а так же диаграммы $\frac{\sigma}{R_b}-\varepsilon$ Рисунки. 1,2

Таблица 1.

Образцы	R_b МПа	E_b МПа	ν_b	ε_{b_0}	$\varepsilon_{b_0}^{-0.85}$
Призмы	28.4	$27.3 \cdot 10^3$	0.207	204	284
Цилиндры	30.5	$31.85 \cdot 10^3$	0.202	207	290

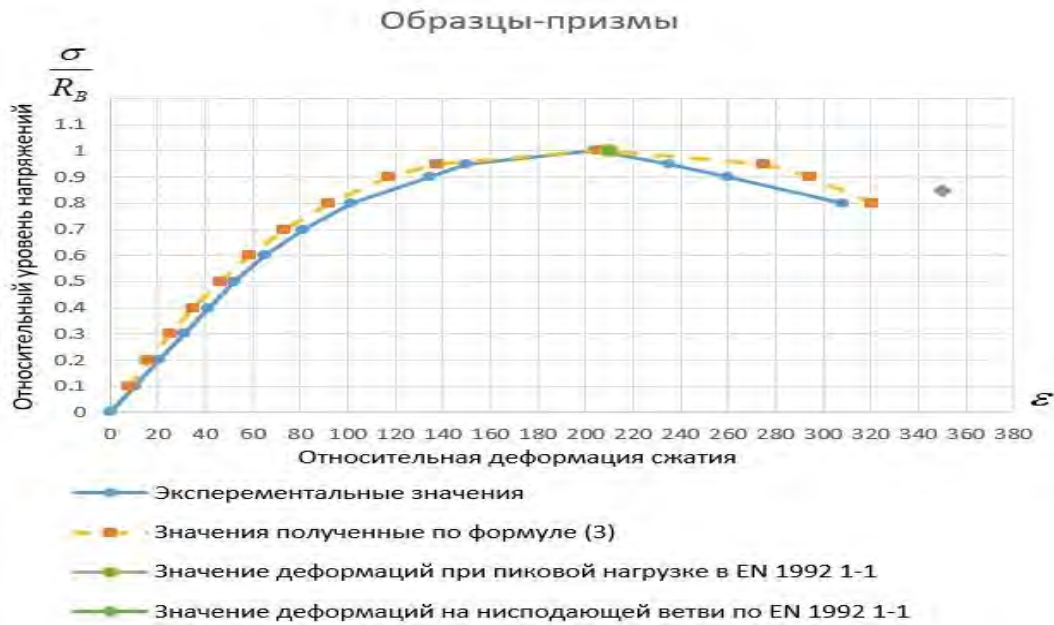


Рис.1. Диаграмма $\frac{\sigma}{R_B} - \varepsilon$ для образцов-призм

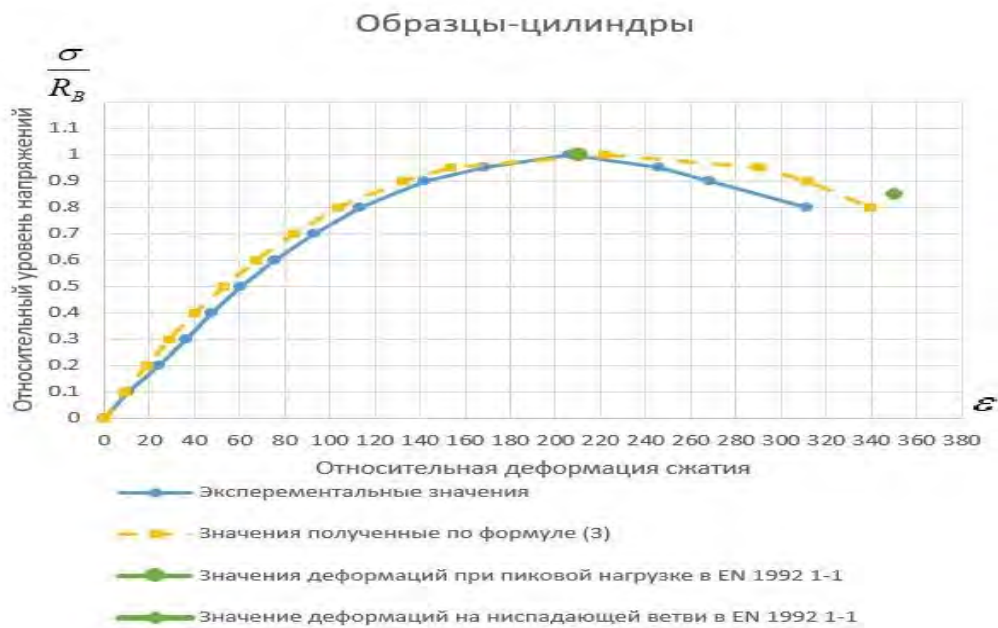


Рис.2. Диаграмма $\frac{\sigma}{R_B} - \varepsilon$ для образцов-цилиндров.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как видно из таблицы 1 и Рисунков 1,2 при пиковой нагрузке, и нагрузке на уровне $0.85R_b$ нисходящей ветви, значения предельных относительных деформаций бетона, полученные на образцах-цилиндрах и образцах призмах, близки. Если сравнивать призмную и цилиндрическую прочности, то у цилиндров прочность выше на 7.4 %. А реальный модуль упругости выше на 16.7 %.

Для расчётов напряжённо деформированного состояния конструкций необходимо знать не только конечные значения деформаций, но и промежуточные значения. В статье [1] авто-

ры проводят анализ нормативных документов разных стран, где в расчётах используются полные диаграммы деформирования бетона и предельные относительные деформации, а также аналитическое описание этих диаграмм, что указывает на важность изучения этих вопросов.

В работе [11] было предложено уравнение (1), которое позволяет оценивать промежуточные значения деформаций в зависимости от относительного уровня напряжений, как на восходящем, так и на нисходящем участке диаграммы

$$\varepsilon_{\eta} = \varepsilon_{b_0} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{\sigma}{R_b}} \right) \quad (1)$$

-где ε_{b_0} - предельная относительная деформация, $\varepsilon_{b_0} = 0,0225 * \sqrt[3]{\frac{R_b}{E_b}}$

Следует отметить что, при подсчёте относительных деформаций на ниспадающем участке в скобках следует заменить знак – на +.

Результаты экспериментов [11] проведённые на бетоне с призменной прочностью 23.3 МПа и модулем упругости 27.9 МПа показали хорошую сходимость данного уравнения с результатами опытов.

Попытка описания наших экспериментов данной формулой подтвердила её корректность, как при описании диаграмм, полученных на призмах, так и на цилиндрах. На Рисунках 1,2 представлены результаты экспериментов и их аналитическое описание. Сравнивая их между собой, можно сделать вывод об их удовлетворительном соответствии.

В действующих европейских нормах (EN 1992 1-1) зависимость между относительным уровнем напряжения и относительными деформациями выражается с помощью формулы (2), имеющей вид:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{K \eta - \eta^2}{1 + (K - 2) \eta} \quad (2)$$

-где $\eta = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}}$

$$k = 1,05 E_{cm} \times \frac{|\varepsilon_{c1}|}{f_{cm}}$$

ε_{c1} - относительная деформация при максимальном (пиковом) значении напряжения, принимаемая по таблице.

Учитывая, что, в данном уравнении нет параметра отвечающего за нелинейность кривой деформирования, точность определения промежуточных значений оценить очень сложно. Авторы статей [12-15] так же указывают на то что, формула (2) имеет ряд недостатков, которых можно избежать введением дополнительных параметров.

На Рисунке 1,2 отмечены точки значений относительной деформации для пиковой нагрузки и ниспадающей ветви взятых из таблицы (3.1) EN 1992 1-1, следует отметить что, они достаточно хорошо коррелируют с результатами наших испытаний.

Как видно из Рис.1,2 формула (1) удовлетворительно описывает результаты эксперимента. Для оценки напряжений при заданном уровне деформации формулу (1) можно преобразовать в виде (3).

$$\sigma = R_b - \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{b_0}} \right)^n * R_b \quad (3)$$

-где ε - текущая относительная деформация;

Последние результаты экспериментальных исследований доказали, что для корректного описания диаграмм деформирования бетона разных классов, необходимо степень подкоренного выражения в уравнении (3) определить в соответствии с R_b и E_b по формуле (4).

$$n = 3,5 - \frac{R_b}{E_b} \quad (4)$$

ВЫВОДЫ

Таким образом, для сравнения полных диаграмм деформирования, полученных на образцах-призмах и образцах-цилиндрах следует продолжать экспериментальные исследования для различных классов бетона, что позволит скорректировать уравнение и изучить основные отличия, как для восходящего участка, так и нисходящего и определить предельные классы бетона для которых имеет место нисходящая ветвь.

Кроме того, необходимо проводить длительные эксперименты по определению ползучести бетона, в образцах-призмах и образцах-цилиндрах, что будет способствовать сближению методик испытаний по российским и европейским нормам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилов Д Е, Пищулев А А и Гамадетдинов К И. 2014 Обзор существующих диаграмм деформирования бетона при сжатии в отечественных и зарубежных нормативных документах (Москва: *Промышленное и гражданское строительство*) №3 Рр. 80-84.
2. Гончаров И Г. 1960 Прочность каменных материалов (Москва: *Стройиздат*) – Л. Рр.124.
3. Мурашкин Г В и Пищлев А А. 2009 Использование деформационных моделей для определения несущей способности железобетонных изгибаемых элементов с коррозионными повреждениями сжатой зоны бетона (Орёл: *Известия ОрёлГТУ. Строительство и реконструкция*) №6.Рр. 36-42.
4. Мурашкин Г В, Мурашкин В Г и Панфилов Д А. 2012 Применение программных комплексов для уточнённого расчёта прогибов железобетонных элементов (Москва: *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*) vol 8 №4 Рр 89-95
5. Murashkin G, Panfilov D and Murashkin V. An Improved Technique of Calculating Deflections of Flexural Reinforced Concrete Elements Made of Conventional and High-Strength Concrete. (Usa: *Journal of Civil Engineering and Architecture*) Vol 7 №2 (serial no 63) Рр 125-131.
6. Безгодов И М. 2015 К вопросу оценки предельной относительной деформации бетона при сжатии для различных классов бетона (Москва: *Бетон и железобетон*) №5 Рр. 9-11.
7. Безгодов И М и Левченко П Ю. 2013 К вопросу о методике получения полных диаграмм деформирования бетона (Москва: *Технологии бетонов*) №10 Рр. 34-36.
8. Бич П М. 1987 Экспериментально-теоретические исследования критических характеристик бетона (Moscow: *Бетон и железобетон*) №3 Рр 26-27.
9. Кроль И С и Красноварский Р О. 1986 Измерение полной диаграммы деформирования методом перераспределения усилий (Измерения физико-механических свойств строительных материалов, сборник научных трудов) (Moscow: *ВНИИФТРИ*) Рр 77-83.
10. Kiruchi M, Murai T and Komuro S. 1986 Stress-Strain curves of sintered fly ash aggregate concrete in compression (Tokio: *Cement association of Japan general meeting*) Review of the 40th Рр 210-213.
11. Безгодов И М, Пахратдинов А А и Ткачёв Е В. 2016 Физико-механические характеристики бетона на щебне из дроблёного бетона (Москва: *Вестник МГСУ*) -№10. –Рр.24-34.
12. Карпенко Н И, Соколов Б С и Радайкин О В. 2013 Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчёта железобетонных конструкций по деформационной модели (Москва: *Промышленное и гражданское строительство*) -№1 -Рр. 28-30.
13. Римшин В И, Кришан А Л и Мухаметзянов А И. 2015 Построение диаграммы деформирования одноосно сжатого бетона (Москва: *Вестник МГСУ*) №6. –С.23-31.
14. Zidonis I. 2007 A simple-to-integrate formula of stress as a function of strain in concrete and its description procedure (*Mechanica*) №4 (66). Рр 23-30.
15. Zidonis I. 2013 Strength calculation method for cross-section of reinforced concrete flexural member using curvilinear concrete stress diagram of EN-2 // 11th International conf on Modern Building Materials, Structures and Techniques. MBMST. Procedia Engineering. Vol. 57. Рр 1309-1818.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С РАСШИРЯЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

В.А. Швецова¹, О.А. Ларсен², М.Р. Нуртдинов³

¹студентка, wishhuma@mail.ru

²канд. техн. наук; доц. кафедры ТВВуБ, larsen.oksana@mail.ru

³преподаватель кафедры ТВВуБ, nikerunner@yandex.ru

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: Приводятся данные об исследовании влияния расширяющего агента на технологические свойства полимерцементных композиций. Полимерцементные бетоны на основе композитного вяжущего, состоящего из цемента и органического связующего, обладают рядом положительных свойств. Однако, при твердении они подвергаются усадочным деформациям, величина которых превышает подобную контракцию в аналогичных бетонах, не содержащих полимерный компонент [5]. Данный показатель зависит от режима и условий твердения, содержания и вида полимерного составляющего в бетоне, а также от влажности самого твердеющего полимерцементного композита.

Цель исследования: Исследование влияния экспансивной добавки на полимерцементные бетоны. Проверка предположения о влиянии расширяющей добавки на продолжительность периода формирования структуры бетонной смеси.

Материалы и методы: В качестве минерального вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н в соответствии с ГОСТ 31108-2016. Кварцевый песок был применен в качестве мелкого заполнителя согласно ГОСТ 8736-2014 с $M_k=2$. В роли органической составляющей выступила добавка дисперсного порошка сополимера винилацетата и этилена Vinnapas 5010N. В качестве компонента, компенсирующего усадку, применялась расширяющая добавка на основе алюминатных или сульфоалюминатных и сульфатных компонентов, соответствующая ТУ № 5743-023-46854090-98. Эксперимент проводился в адиабатических условиях с помощью измерителя-регулятора Oven TRM-138.

Результаты; Полученные данные говорят о том, что модифицированные полимером вяжущие материалы с экспансивной добавкой сокращают период формирования, который, вероятно, связан с образованием гидросульфоалюмината кальция. Температура застывающих смесей поднялась за счет саморазогрева: образец №1 без добавок до 99,4 °С; образец №2 с 25% ПВС по массе до 97 °С, образец №3 с 25% ПВС и 10% расширяющей добавки до 92 °С.

Композиция с экспансивной добавкой (образец №3) имела самое низкое тепловыделение, что объясняется более ранним образованием структуры. Согласно полученным данным, начальная настройка этой смеси составила 20 минут, а конечная продолжительность схватывания 2,5 часа.

Выводы: На основании полученных данных можно сделать вывод, что экспансивная добавка может служить не только для уменьшения усадочных деформаций, но и для регулирования набора исходной прочности системы.

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье приводятся данные об исследовании влияния расширяющего агента на технологические свойства полимерцементных композиций. Полимерцементные композиты на основе вяжущего, состоящего из неорганического и органического составляющих, обладают рядом положительных свойств, таких как: повышенная адгезия к имеющемуся бетону, улучшенные показатели на растяжение, хорошая морозостойкость и т.д. Такие положительные свойства могут быть применены в ремонтных материалах для бетонных зданий, бетонных мостов, материалов для покрытия дорог и водонепроницаемых материалов.

Синтетические добавки применяются в смесях на основе цемента для снижения потребности в воде и ускорения развития прочности. Полимерные агенты входят в состав бетона в виде водных дисперсий полимеров [1], или в виде редиспергируемых порошков [2].

Самоосушение и внешняя сушка в материалах на основе цемента приводят к развитию растягивающих напряжений, вызванных контракцией, которые могут увеличить риск образования трещин в раннем возрасте. Для компенсации и уменьшения усадки бетона принято использовать расширяющие агенты.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Полимерцементные бетоны на основе композиционного вяжущего, состоящего из портландцемента и органического связующего, обладают рядом положительных качеств. Им присущи относительно сниженная пористость, износостойкость, долговечность, повышенная химическая стойкость, а также хорошие адгезионно-когезионные свойства [3, 4]. Добавление органического компонента часто изменяет гидратационные свойства цементной смеси. Это влияет на время схватывания раствора за счет замедления гидратации цемента. Это влияние особенно сказывается на прочности на сжатие балок раствора.

Такие латексы, как поливинилацетат, широко применяются в цементных материалах, предназначенных для клеевых, ремонтных и защитных применений [3, 4, 5].

Твердение полимерцементных композиций, особенно модифицированных поливинилацетатной дисперсией, сопряжено с усадкой, превышающей контракцию бетонов соответствующего состава. Данное явление объясняется суммированием усадки твердеющего цемента и высыхающего полимера. Несмотря на это, усадочные трещины в таком композите меньше, чем в аналогичных бетонах без добавления полимера. Поэтому является целесообразным введение расширяющих добавок. Такая процедура позволит снизить риск возникновения конструктивных деформаций с одной стороны, но может вызвать избыточные расширяющие деформации, приводящие к развитию дезинтеграционных процессов с другой стороны [6]. Расширение бетона, содержащего расширяющую добавку, происходит вследствие появления в структуре цементного камня новообразований, объем которых существенно превосходит объем вступающих в реакцию исходных веществ [7]. Структурное формирование свежих полимер-модифицированных цементных смесей с экспансивной добавкой было эмпирически исследовано путем анализа данных о тепловыделении. Период формирования структуры зависит от начальных свойств смеси, таких как водоцементное соотношение, содержание расширяющейся добавки и полимерцементное соотношение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Твердение образцов осуществлялось в адиабатных условиях, в которых образцы были максимально изолированы от воздействия окружающей среды посредством специально изготовленных теплоизолирующих форм. Экспериментальным путем были выведены следующие оптимальные соотношения компонентов: В/Ц = 0,27, цементно-песчаное отношение 1:2; расширяющая добавка = 10% от массы цемента, полимерцементное отношение, равное 0,25. Для эксперимента были изготовлены три образца размерами 100x100x100 мм: контрольный (бездобавочный) образец №1, образец с добавкой полимерного компонента (образец №2) и образец с полимерным агентом, содержащий расширяющий компонент (образец №3). Эксперимент был осуществлен с помощью прибора Oven TRM-138 (рис.1.), предназначенного для

измерения, регистрации и регулирования физических параметров и их записи в компьютер для последующего анализа данных.



Рис. 1. Измеритель-регулятор Oven TRM-138

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа устройства основана на преобразовании физических параметров объекта (в нашем случае - температуры) в электрические сигналы, поступающие в устройство для дальнейшей обработки (рис.2).

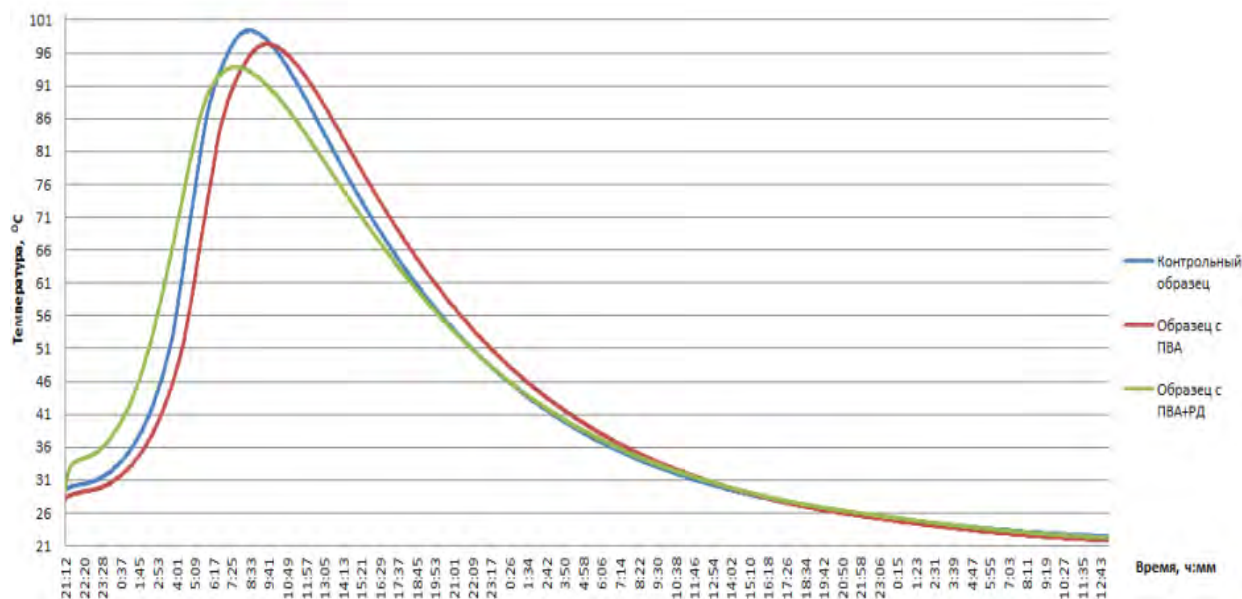


Рис. 2. График зависимости тепловыделения от времени

ВЫВОДЫ

На основании полученных данных можно сделать вывод, что экспансивная добавка может служить не только для уменьшения усадочных деформаций, но и для регулирования набора исходной прочности системы. Введение расширяющейся добавки уменьшило пиковое тепловыделение всей системы с более низкой максимальной температурой гидратации, более ранним временем схватывания и более высокой устойчивостью к тепловому расширению. Образец №2 имел более высокий пик температур в течение 2 часов спустя и с меньшим тепловыделением по сравнению с обычной цементной пастой (образец №1).

Спроектированные полимерцементные составы на основе портландцемента, полимерного составляющего и расширяющего компонента могут препятствовать появлению нежела-

тельных усадочных деформаций, повышению трещиностойкости и служить промежуточной концепцией на пути к созданию на их основе составов с компенсированной усадкой. Такие составы, благодаря пониженной пористости, повышенной прочности на изгиб и морозостойкости и улучшенной адгезии к старому бетонному основанию могут найти свой применение в строительстве коррозионно-стойких конструкций, а также в ремонтных работах со старым бетонным основанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Aattache A., Mahi A., Soltani R., Mouli M., Soufiane Benosman A.* Experimental study on thermo-mechanical properties of Polymer Modified Mortar // *Materials & Design*. 2013. Vol.52. P. 459-469.
2. *Jansen D., Goetz-Neunhoeffler F., Neubauer J., Haerzschel R., Hergeth W.-D.* Effect of polymers on cement hydration: A case study using substituted PDADMA // *Cement and Concrete Composites*. 2013. Vol. 35, Iss.1. P. 71-77.
3. *Li L., Wang R., Lu Q.* Influence of polymer latex on the setting time, mechanical properties and durability of calcium sulfoaluminate cement mortar // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 169. P. 911-922.
4. F. Cao, M. Miao, P. Yan, *Constr. and Build. Mat.*, **183** (2018)
5. *Галкина О.А.* Повышение эффективности бетонов для монолитных полов полимерными добавками. Диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук. Москва. 2004. 179 с.
6. *Knapen E., Van Gemert D.* Polymer film formation in cement mortars modified with water-soluble polymers // *Cement and Concrete Composites*. 2015. Vol. 58. P. 23-28.
7. M. U. K. Afridi, Y. Ohama, M. Zafar Iqbal, K. Demura, *Cem. and Concr. Comp.*, **17**, 2 (1995)
8. M. Wang, R. Wang, H. Yao, S. Farhan, S. Zheng, Z. Wang, C. Du, H. Jiang, *Const. Build. Mater.*, **111** (2016)
9. R. Wang, D. Ma, P. Wang, G. Wang, *Magazine Concr. Res.*, **67**, 18 (2015)
10. C. Issa, J.J. Assaad, *Mater. Struct.*, **50**, 28 (2017)
11. A. M. Betioli, P. J. P. Gleize, V. M. John, R. G. Pileggi. *Cem. and Concr. Comp.*, **34**, 2 (2012)

Секция 3. SAFETY IN CONSTRUCTION

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ

Е.А. Агрелова

студентка 4-го курса, katya.agrelova@gmail.com

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

Аннотация

Предмет исследования: особенности поведения пациентов в реабилитационном центре и закономерности их движения.

Цель: повышение пожарной безопасности зданий реабилитационных центров.

Материалы и методы: - метод натурных наблюдений с использованием цифровой аппаратуры,

- статистическая оценка скорости движения пациентов группы мобильности М4,

- методология моделирования движения людских потоков как случайного процесса,

- компьютерное моделирование эвакуации людей.

Результаты: определен состав людского потока в реабилитационном центре, проведено сравнение параметров эвакуации людей по нормам и в результате проведенных испытаний, определена истинная скорость движения людей группы мобильности М4.

Выводы: экспертные требования к количеству маломобильных групп, находящихся в реабилитационных центрах занижены, а значения скорости их движения в методике завышены в два раза.

ВВЕДЕНИЕ

Статья посвящена проблеме пожарной безопасности пациентов групп мобильности М2, М3, М4 в реабилитационных центрах. Актуальность темы обусловлена отсутствием требований в нормативной документации по определению состава и количества маломобильных групп населения в реабилитационных центрах при оценке пожарной опасности здания путём моделирования движения людских потоков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести натурные наблюдения по определению состава людского потока в реабилитационных центрах;

- провести экспериментальные эвакуации в реабилитационных центрах для выявления особенностей подготовки персонала при возникновении пожара и параметров движения основного функционального контингента;

- проведение моделирования движения людских потоков с учетом полученных данных для оценки безопасной эвакуации людей.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Около 80 лет проводятся исследования людских потоков за это время была собрана достаточно большая эмпирическая база данных для разных зданий, но исследования людских потоков в реабилитационных центрах до этого времени не были проведены. Ни одно из последних исследований, в том числе исследование Самошина Д.А. и Истратова Р.Н., проведенное в больницах, не рассматривает случаи с 90% количеством людей группы мобильно-

сти М4 [4]. Перед проведением моделирования была изучена статья Парфененко А.П. [1], а также статьи по тематике движения людских потоков [2,6,9,11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось с использованием нормативной литературы, а также научных баз данных. Обобщены и представлены данные натуральных наблюдений людских потоков, использованные для моделирования достоверного процесса эвакуации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время за количество людей с ограниченными возможностями в реабилитационных центрах экспертными органами принимается значение равное 10% от количества людей в здании, что порой не соответствует фактической численности инвалидов в нём.

Для оценки состава людского потока в центре реабилитации «Три сестры» были проведены натурные наблюдения, результаты которых позволили установить достоверную величину, характеризующую численность людей группы М4. Как показали наблюдения, 90% от численности людей составили люди группы мобильности М4, что явно противоречит существующим требованиям. При этом 70% из числа группы М4 нетранспортабельные и требуют помощи персонала при возникновении пожара. При этом запроектированные зоны безопасности рассчитаны для 10% состава людей, поэтому остается вопрос о возможности эвакуации и спасения, оставшихся 80 % колясочников.

Также были проведены экспериментальные эвакуации в два этапа: эвакуация днём и эвакуация ночью. В связи с тем, что внезапная эвакуация могла навредить психологическому здоровью пациентов, проводимые эвакуации были анонсированными.

В результате были получены достоверные значения времени начала эвакуации с учетом времени подготовки и скорости движения людей группы мобильности М4, требующих помощи персонала, которые в дальнейшем были использованы для моделирования эвакуации. В методике по оценке индивидуального пожарного риска скорость движения принимается 60 м/мин, тогда как результаты эвакуаций показали снижение этой величины до 30-40 м/мин. Дневная эвакуация была проведена в открытую зону безопасности. В результате 10 человек оказались в зоне безопасности через 5.3 минуты после начала оповещения о пожаре (рис.1).

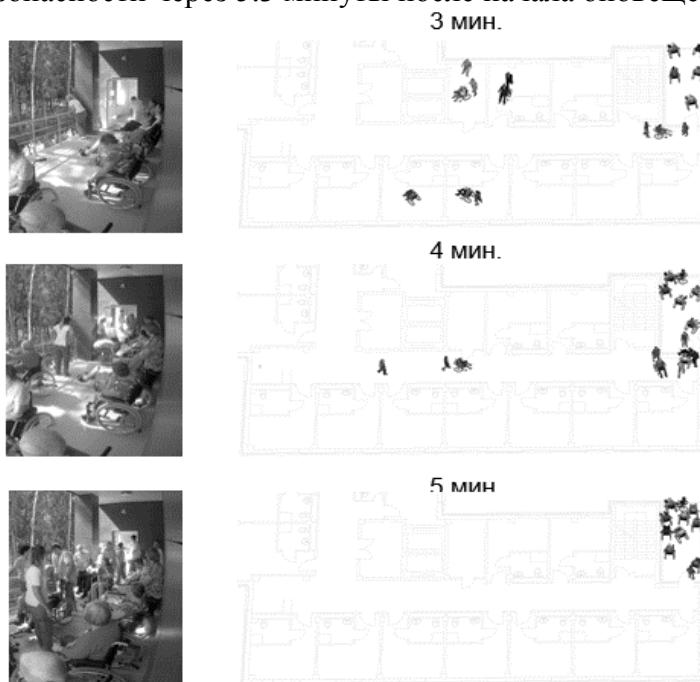


Рис. 1. Сравнение результатов эвакуации, проведенной днём, с полученными и использованными параметрами в программе

При этом в этой зоне площадью всего 18 м² разместилось около 20 человек, что явно превышает нормативное значение 2.65 м² на человека с сопровождающим.

Во время ночной эвакуации было 4 человека группы мобильности М4, которые попали в зону безопасности через 7.5 минут после начала эвакуации. На рисунке 2 представлены результаты проведенной и смоделированной эвакуации.

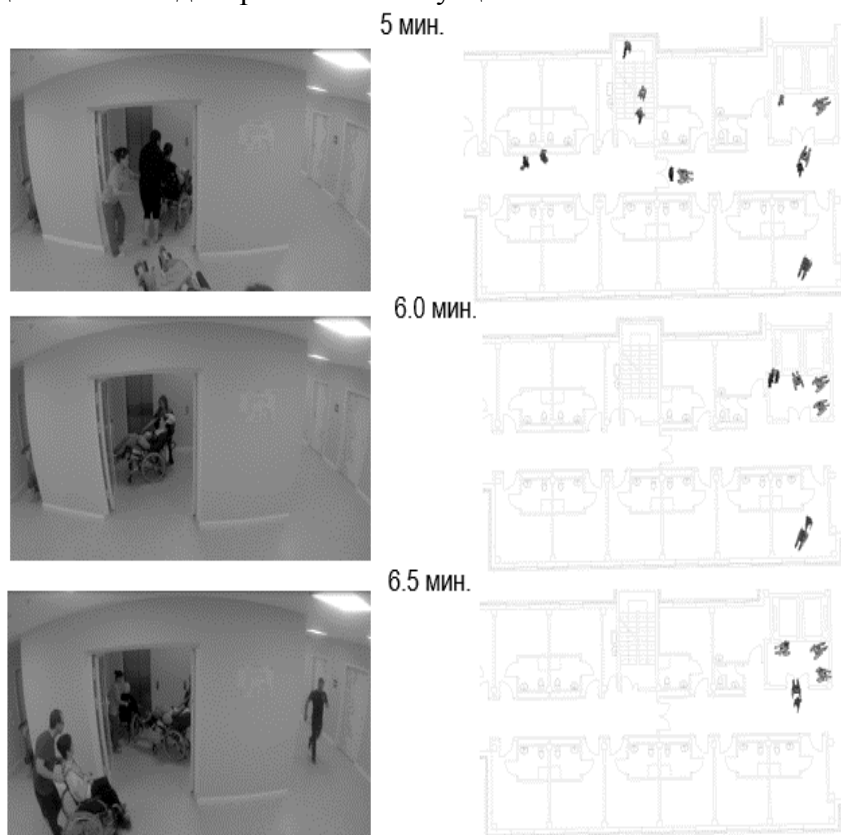


Рис. 2. Сравнение результатов эвакуации, проведенной ночью, с полученными и использованными параметрами в программе

Это говорит о том, что ночью персонал и пациенты не готовы к эвакуации, что связано с плохой подготовкой персонала, его стереотипом поведения и боязнью лишней раз потревожить пациентов.

Безусловно, полученное время эвакуации является слишком большим и влияет на условие обеспечения безопасной эвакуации людей, что противоречит требованиям ст. 53 [5]. В подобных случаях требуется разработка организационно-технических мероприятий для повышения безопасности людей.

ВЫВОДЫ

Выводы:

- результаты натурных наблюдений по определению состава людского потока в реабилитационных центрах показали, что 90% от численности людей составляют люди группы мобильности М4, что явно противоречит существующим требованиям;
- результаты экспериментальных эвакуаций показали плохую подготовку персонала к проведению эвакуации пациентов при возникновении пожара;
- скорость движения людей группы мобильности М4 в 2 раза ниже значений, представленных в методике по оценке индивидуального пожарного риска и составила 30-40 м/мин;
- результаты моделирования движения людских потоков с учетом полученных данных показали, что в здании не обеспечивается безопасная эвакуация людей, что требует разработки организационно-технических мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Парфёненко А.П.* Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации – М.: Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 12. С. 46-55.
2. *Предтеченский, В.М.* Людские потоки в зданиях/ В.М. Предтеченский. – М.: Стройиздат, 1983.
3. Приказ МЧС России № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». – М., Рег. № 14486. – 2009.
4. *Самошин Д.А., Истратов Р.Н.* К вопросу о группах мобильности пациентов различных отделений городских клинических больниц // Матер. 20-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ2011. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. С. 336-338.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 28(ред. от 29.07.2017г.)№123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008.; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008г. //Российская газета-2008.№163
6. *Холщевников, В.В.* Моделирование людских потоков/ В.В. Холщевников // Моделирование пожаров и взрывов. – М.: Изд-во Пожнаука. – 2000. – С. 139 –169.
7. *Холщевников, В.В.* Натурные наблюдения людских потоков: учеб. пособие / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.И. Исаевич. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 191 с.
8. *Холщевников, В.В.* Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.
9. *Холщевников В.В.* Натурные наблюдения людских потоков / Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – С. 191.
10. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / Холщевников В. В., Самошин Д. А., Парфененко А. П., Кудрин И. С., Истратов Р. Н., Белосохов И. Р. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – С. 262.
11. Эвакуация людей с физическими ограничениями / Холщевников В.В., Самошин Д.А., Истратов Р.Н. – М.: Технологии техносферной безопасности. 2012. № 3 (43). С. 5.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ

М.С. Быканова¹, Н.В. Егорова²

¹ студентка, *bikanova.marina@yandex.ru*

² студентка, *natalya.egorov2013@yandex.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Предмет исследования: структура поверхностного слоя древесины, модифицированной сэндвичевыми покрытиями с участием наноразмерных частиц.

Цели: изучение свойств поверхностного слоя древесины, структуры карбонизованного слоя, а также влияние сэндвичевой модификации с участием наноразмерных частиц на огнезащитные свойства.

Материалы и методы: испытанию подвергались образцы древесины сосны, в качестве модификаторов использовались: углеродистые нанотрубки, гель золь кремнезема, растворы нитрилтриметилфосфоновой кислоты, метилфосфоновой кислоты, магнофлока. Данные модификаторы применялись как в комплексе, так и в чистом виде.

Метод исследования заключается в проведении испытания игольчатым пламенем по ГОСТ 27484-87 Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем, исследование поверхности с помощью двухлучевого электронного микроскопа Dual Beam.

Результаты: исследование поверхности древесины, обработанной наноразмерными композициями, показало улучшение огнезащитных свойств при применении углеродистых нанотрубок и гель кремнезема в комплексе с другими модификаторами.

Выводы: структура поверхностного слоя модифицированной древесины изменяется при терморазложении, соответственно, изменяется и элементный состав. Кроме того, при нанесении на поверхность древесины небольшого количества наноразмерных композиций наблюдается значительное увеличение огнезащитности образцов данного материала. Благодаря наночастицам древесина переходит в разряд трудногорючие (потеря массы менее 10%).

ВВЕДЕНИЕ

Метод нанесения на поверхностный слой материала модификаторов позволяет увеличить показатели механических характеристик, а также улучшить его эксплуатационные свойства. Благодаря заполнению свободных пространств в материале, данный метод ограничивает или полностью устраняет некоторые отрицательные свойства образца, например, возгорание.

Одним из главных компонентов нанотехнологий пористых материалов являются высокодисперсные разновидности кремнезема. Свойства образцов, получаемых на основе или при добавлении гель кремнезема, отличаются большим разнообразием. Более того, поверхностное нанесение наночастиц кремнезема заметно улучшает свойства материалов, в нашем случае – древесины.

Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют собой протяженные цилиндрические структуры с диаметром, размер которых составляет несколько нанометров. Различаются УНТ по длине, диаметру и по количеству слоев. Длина УНТ, как правило, составляет не-

сколько микрон, диаметр – от <1 нм до 50 нм. Это новый перспективный материал, который используется в различном спектре областей.

Исследование поверхности, модифицированной наноразмерными композициями, связано с большими трудностями. Для проведения реальных экспериментов на наноструктурах необходимо сложное и дорогостоящее оборудование.

Актуальностью данной работы является применение сэндвичевых модификаторов, которые при поверхностном нанесении способны изменять технологические свойства древесины за счет изменения свойств поверхностного слоя, который образуется при терморазложении модифицированных образцов.

Поставленные задачи:

1. Проведение испытания на двухлучевом электронном микроскопе (Dual Beam);
2. Проведение испытания на игольчатом пламени ГОСТ 27484-87 Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем;
3. Изучение структуры поверхности модифицированной древесины;
4. Обобщение данных, сравнение свойств поверхностного слоя обработанной древесины

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

За основу исследований была взята диссертация Батина М.О. «Древесина, модифицированная полимерными композициями для решетчатых помещений животноводческих помещений», а также книга «Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема» под редакцией Шабановой Н.А.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материал исследования – образцы древесины сосны.

В качестве модификаторов древесины используются сэндвичевые покрытия, состоящие из геля золь кремнезема (SiO_2 20%), растворов нитрилтриметилфосфоновой кислоты (НТФ 30%) и метилфосфоновой кислоты (МФ 30%), магнофлока (3127), УНТ различных концентраций.

Способ нанесения модификаторов на образцы был различен. Исследование проводилось путем чередования – УНТ + кислота, либо кислота+УНТ.

Таблица 1. Перечень образцов

№	Состав
1	УНТ 0,01%+НТФ30%
2	МФ30%+УНТ 0,05%
3	(НТФ30%+УНТ 1%)
4	SiO_2 20%
5	НТФ40%+(М+ SiO_2 40%)

Двухлучевой электронный микроскоп позволил получить элементный анализ, а также структуру поверхностного слоя модифицированной древесины.

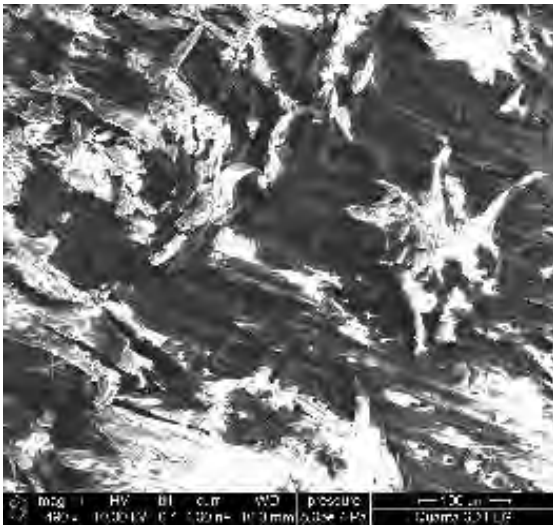


Рис. 1. Структура образца №1

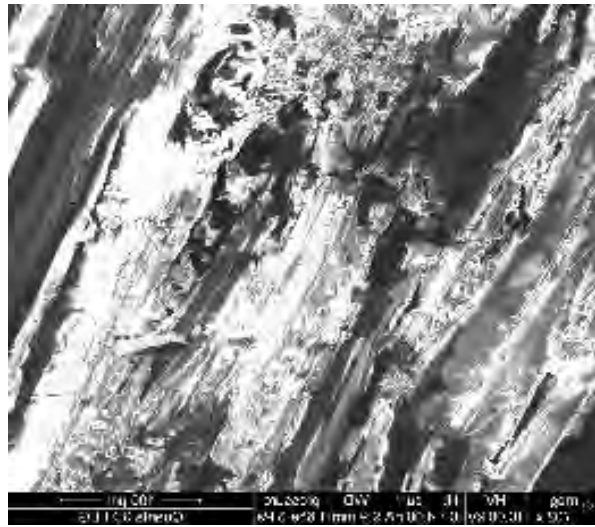


Рис. 2. Структура образца №2

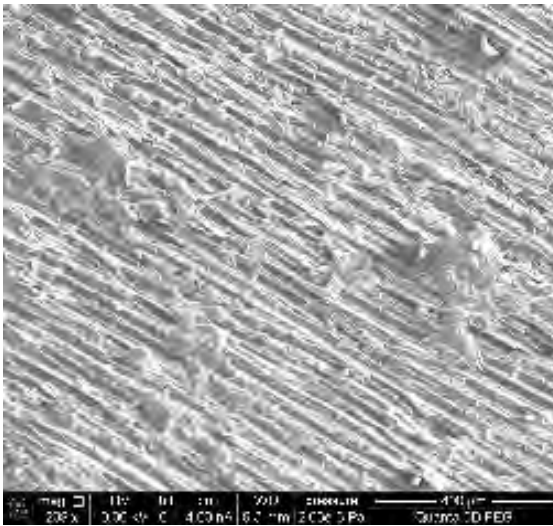


Рис. 3. Структура образца №3

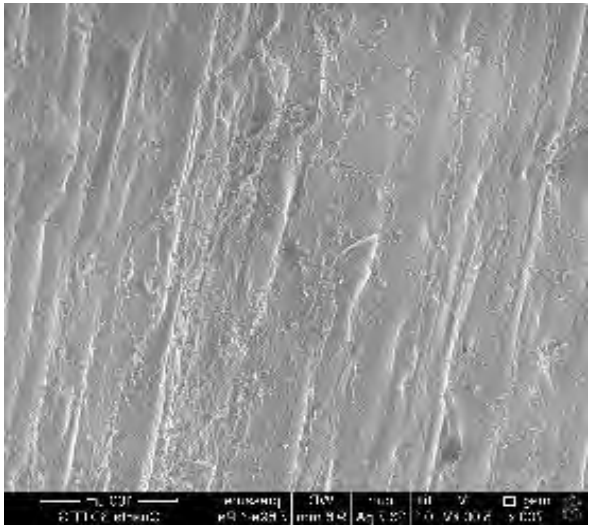


Рис. 4. Структура образца №4

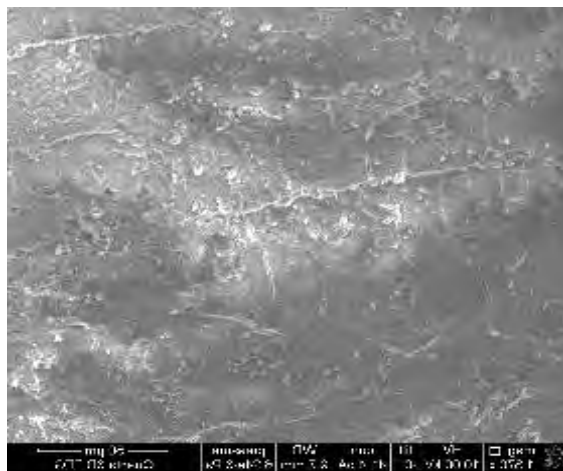


Рис. 5. Структура образца №5

Испытание игольчатым пламенем по ГОСТ 27484-87 Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем.

Обработанный наноразмерным композитом образец закрепляется над пламенем горелки. Высота пламени составляет (12± 1) мм. Продолжительность воздействия пламени горелки выбирают в соответствии с характеристиками образца и из ряда: 5, 10, 20, 30, 60, 120с. По окончании испытания осматривают образец для выявления степени его повреждения, а также измеряют потерю массы.

После испытания горелкой с игольчатым пламенем повторно произведено исследование поверхностного слоя древесины двухлучевым электронным микроскопом, получен рис.6.

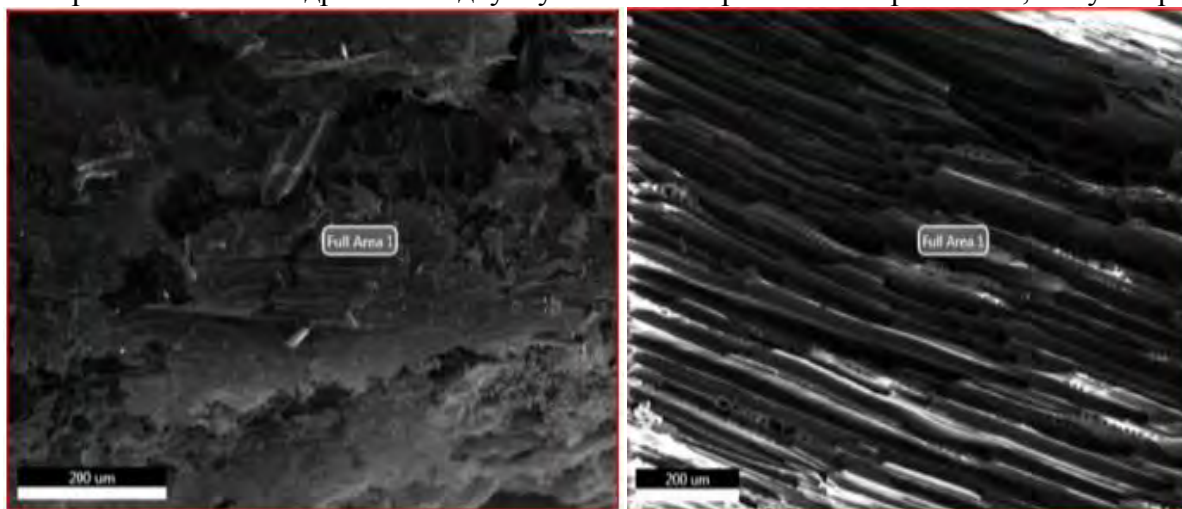


Рис.6. Структура карбонизованного слоя образцов №1 и №2 соответственно

Химический состав поверхностного слоя образцов, подвергшихся испытанию игольчатым пламенем, отличается от исходных образцов, обработанных модификатором. Кроме того, на рис.6 видно изменение структуры поверхностного слоя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 2. Результаты испытаний

№ обр.	Состав	Структура	$\Delta m, \%$	$t_{гор}, с$
1	УНТ 0,01%+НТФ30%	Неравномерная	3.37	60
2	МФ30%+УНТ 0,05%	Отдельные обрывистые области	6.5	120
3	(НТФ30%+УНТ 1%)	Хорошая равномерная	2.5	120
4	SiO ₂ 20%	Равномерная	5.8	30
5	НТФ40%+(М+SiO ₂ 40%)	Частично равномерная	7.9	30
6	Чистая древесина	-	80-90	-

Исследование поверхности древесины, обработанной наноразмерными композициями, показало эффективность применения углеродистых нанотрубок и гель кремнезема в комплексе с другими модификаторами.

ВЫВОДЫ

При терморазложении древесины, модифицированной сэндвичевыми покрытиями, образуются новые углеродистые структуры, которые обладают повышенной пожароустойчивостью. Такие структуры изменяют химический состав поверхности, уменьшают тепловой поток, тем самым уменьшая распространение пламени по поверхности. Нанесение на поверхность древесины небольшого количества наноразмерных композиций значительно увеличивает огнезащитенность. Благодаря наночастицам древесина переходит в разряд трудногорючие (потеря массы менее 10%).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шабанова Н.А.* Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема/ Шабанова Н.А. Москва: Лаборатория знаний, 2016. -331 с.
2. *Батин М.О.* Древесина, модифицированная полимерными композициями для решетчатых помещений животноводческих помещений: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.05 / Батин Максим Олегович; [Место защиты: Томский государственный архитектурно-строительный университет].- Томск, 2014.- 213 с.

АРХИТЕКТУРНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В ЗОНЕ АЭРОПОРТА

И.А. Васькова

магистрант 2 курса института ИСА, vaskovainna1@gmail.com

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

Аннотация

Предмет исследования: проектирование и внедрение специализированных средств защиты человека от воздействия токсичных веществ на территории аэропорта.

Цели: доказать необходимость внедрения архитектурных способов защиты от влияния загрязненного воздуха на организм человека на территории аэропорта, вдохновить архитекторов и конструкторов на создание новейших систем защиты зданий аэропортов от воздействия токсинов.

Материалы и методы: анализ теоретических источников по общественным зданиям, по фасадам общественных зданий, анализ источников по химическому составу веществ и их влияния на организм человека, применялись публикации, электронные ресурсы.

Результаты: изучение и понимание влияния токсинов на организм человека, понятие необходимости внедрения архитектурных способов защиты от влияния загрязненного воздуха на организм человека на территории аэропорта.

Выводы: полученные результаты исследования в большей степени осведомляют людей о том, что происходит с их организмом на территории аэропорта и какие последствия от воздействия токсинов их могут ожидать, исследование может подтолкнуть молодых ученых на проектирование и создание мер защиты зданий от воздействия токсинов, а строителей – убедить в необходимости их использования.

ВВЕДЕНИЕ

Каждый день в мире совершается от 11 до 15 тысяч пассажирских перелетов, а среднее количество пассажиров в самолете – 200 человек. Это значит, что примерно 2600000 человек ежедневно получают огромную дозу токсичных веществ в свой организм за счет выхлопных газов автомобилей на парковках аэропортов, обслуживающего транспорта и самих самолетов.

Чтобы нагляднее представить масштабность проблемы, можно обратиться к статистике исследования, проведенного в 2012 году в Великобритании, где представлено количественное соотношение причин смертности у людей.



Рис. 1. Количественное соотношение причин смертности у людей

Основная проблема современности в том, что люди не понимают и не оценивают реальной опасности от воздействия токсичных веществ на территории аэропорта. Поэтому, для того, чтобы спроектировать и внедрить архитектурные элементы, способные задерживать, отражать или впитывать токсичные вещества, необходимо разобраться, с какими именно веществами мы имеем дело, каков их химический состав, каково их воздействие на организм человека и каких последствий можно ожидать. Необходимо также изучить существующий опыт разработок систем защиты зданий от токсинов, научные исследования и разработки специализированных методов и материалов, а также опыт использования таких материалов и результаты их применения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для исследования проблемы были использованы многие литературные источники, в основном электронные ресурсы. Первый использующийся в исследовании график составлен на основе упоминающегося британского исследования 2012 года в статье BBC RUSSIAN.COM «Выхлопные газы убивают».

Состав выхлопных газов представлен в ГОСТ 31967-2012 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с Изменением N 1)», а также в электронном ресурсе – статье «Характеристика автомобилей – Выхлопные газы автомобилей».

Научное исследование, проведенное в Канаде, где выяснили, что выхлопные газы повышают риск развития деменции, представлено на сайте The Lancet, опубликовано 4 января 2017г.

Исследование, описание принципа работы фасада, фильтрующего воздух, использованного в госпитале Torre de Especialidades в Мехико, представлено на сайте «Architectmagazine» в статье «Fighting a Megacity's Pollution with Mega Panels», опубликовано 28 марта 2013г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось путем изучения и анализа теоретических источников, таких как научные исследования, публикации, статьи в электронных ресурсах. Проводился анализ теоретических источников по общественным зданиям, анализ фасадов общественных зданий и их работы, анализ источников по химическому составу веществ и их влияния на организм человека.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение проблемы прежде всего необходимо начать с разбора химического состава выхлопных газов. Первое место по количеству, содержащемуся в воздухе, принадлежит окси-

ду углерода (CO) или, по-другому, угарному газу. Это вещество способно вступать в реакцию с гемоглобином в крови, вследствие чего в организме может нарушиться газообмен, возникает кислородное голодание. Сильное сердцебиение, потемнение в глазах, а также пульсации в голове – признаки легкого отравления угарным газом. При сильном отравлении затуманивается сознание, возникает сонливость. При поступлении в организм свыше 1% вещества наступает смерть.

Еще более вредными для организма человека, чем угарный газ, являются оксид и диоксид азота (NO и NO₂ соотв.). Контакт диоксида азота со слизистыми глаз, носа, бронхов человека вызывает поражение тканей легких, а при долгом его воздействии в значительно превышающих норму объемах у человека может возникнуть бронхит, сердечная слабость, нервные расстройства и воспаление слизистой ЖКТ.

Всего выделяют около 8 групп веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей на бензиновом и дизельном топливе. Кроме угарного газа и оксидов азота в выхлопных газах содержатся такие вещества, как различные углеводороды (алканы, цикланы, бензолные), ароматический углеводород – бензапирен, фотооксиданты – основа «смога», формальдегид, акролеин, уксусный альдегид, сажа, сернистый ангидрид, сероводород, свинец и его соединения и другие. Кроме перечисленных веществ атмосферу загрязняют также сами масла, топливо, смазки, которые при больших температурах прекрасно испаряются. Все это оказывает поражающее воздействие: содержащиеся в газах канцерогены, как и бензапирен, способствуют возникновению и развитию злокачественных образований и опухолей, у людей возрастают легочные и бронхиальные заболевания, ухудшается видимость, поражаются слизистые оболочки и дыхательные пути, поражается центральная нервная система.

Вещество	Объемная доля %		Примечание
	Бензиновый	Дизельный	
Азот	74-77	76-78	Нетоксич.
Кислород	0,05-80	20-180	Нетоксич.
Вода	3-13	0,5-10	Нетоксич.
Двуокись углерода	5-125	1-12	Нетоксич.
Оксид углерода	0,1-10	0,01-0,5	Токсич.
Оксиды азота	0,05-0,5	0,1-10	Токсич.
Углеводороды	0,2-20	0,01-0,5	Токсич.
Альдегиды	0-0,2	0-0,05	Токсич.
Сажа	до 100 мг/куб м	До 20 г/куб м	Токсич.
Оксиды серы	0,003	0,015	Токсич.
Тетраэтилсвинец	0,003	–	Токсич
Бензапирен	25	10	Канцероген



Рис. 2. Химический состав выхлопных газов и их процентное содержание в воздухе

Для защиты людей, находящихся в здании, от вышеперечисленных токсичных веществ можно применить несколько средств защиты, которые используются также для защиты людей от атак химическим оружием и биологическими агентами. Такими средствами могут являться: применение быстрозакрывающихся изолирующих заслонок в вытяжных каналах, проектирование устройств забора наружного воздуха в верхней части здания, установка в каналах системы вентиляции HEPA-фильтров (высокоэффективный сухой воздушный фильтр), а также установка на входе воздушного потока электростатических воздухоочистителей с UV-излучателем.

Существуют также внешние способы защиты здания от проникновения токсичных веществ. Один из таких способов был представлен в 2011 году химической кампанией «Alcoa», которая разработала материал, содержащий диоксид титана, способный очищать воздух от токсичных веществ и прочих загрязнителей, испуская при этом в окружающую среду свободные радикалы. Материал был успешно внедрен не только в покрытиях на улицах, одежде, но и в архитектуре, а именно в наружном солнечном экране фасада госпиталя «Torre de Especialidades» в Мехико. Конкретно для этого здания была спроектирована стометровая стена клетчатой структуры из материала «Prosolve370e». Специалисты утверждают, что для оптимальной очистки воздуха имеет важное значение даже форма этого экрана, так как она

создает турбулентность, замедляет поток воздуха вокруг здания, при этом рассеивая УФ-лучи, необходимые для запуска реакции.



Рис. 3. Госпиталь Torre de Especialidades в Мехико

Токсичные вещества находятся не только в атмосфере аэропортовой зоны, но и в предметах мебели в самом здании аэропорта, в отделочных материалах пола, потолка, стен, электронные приборы сделаны из пластиков сложных соединений, которые несомненно выделяют в воздух токсичные вещества, а при нагреве от воздействия солнечных лучей их влияние на организм человека увеличивается.

Чтобы минимизировать воздействие окружающих нас в аэропорту предметов, необходимо применять в отделке экологические материалы, которые будут сделаны на основе натуральных масел, смол, глины, растительных и земляных пигментов.

Современные методы очистки воздуха совершенствуются, дополняются новыми эффективными решениями и нам необходимо их активно внедрять в строительство.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы были достигнуты основные цели, а именно: детальное изучение влияния выхлопных газов на организм человека, а также доказана необходимость внедрения архитектурных способов защиты от влияния загрязненного воздуха на организм человека на территории аэропорта.

Практическая значимость этой работы может быть выражена в том, чтобы молодые ученые продолжали разрабатывать новые материалы для использования их в целях защиты человека от воздействия токсинов, а строители внедряли их в качестве обязательной процедуры.

Со временем, вместе с развитием технологий будут развиваться и создаваться новые вещества, влияние которых на человеческий организм еще пока тяжело представить, поэтому сейчас для нашего поколения необходимо решить вопрос с защитой нашего организма от влияния существующих токсичных веществ и активно внедрять их.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фабиан Шмидт / Владимир Фрадкин.* Как выхлопные газы самолетов влияют на климат. 2012г. [Электронный ресурс] URL: <https://p.dw.com/p/147eK> (дата обращения: 4.03.19)
2. *Селезнева Вероника.* Самолет или экологическая бомба. 2013г. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ecosever.ru/article/16178.html> (дата обращения: 4.03.19)
3. *J.D. Miller.* Защита приточного воздуха от заражения химическими и биологическими агентами. 2003г. [Электронный ресурс] URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2029 (дата обращения: 4.03.19)
4. 5 умных зданий, которые дышат, собирают энергию и уничтожают токсины. 2013г. [Электронный ресурс] URL: <http://vlasti.net/news/173660> (дата обращения: 4.03.19)
5. *Что содержится в выхлопных газах автомобиля.* [Электронный ресурс] URL: <https://v-mireauto.ru/chto-soderzhitsya-v-vyхлопных-gazax-avtomobilya/> (дата обращения: 4.03.19)
6. *Hong Chen, PhD, Jeffrey C Kwong, MD, Ray Copes, MD, Karen Tu, MD, Paul J Villeneuve, PhD, Aaron van Donkelaar, PhD/* Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and

- multiple sclerosis: a population-based cohort study. 2017г. [Электронный ресурс] URL: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(16\)32399-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(16)32399-6/fulltext) (дата обращения: 4.03.19)
7. *SHONQUIS MORENO*. Fighting a Megacity's Pollution with Mega Panels. Elegant Embellishments' sculptural façade system does double duty as an air-cleaning cladding. 2013г. [Электронный ресурс] URL: https://www.architectmagazine.com/technology/detail/fighting-a-megacitys-pollution-with-mega-panels_o (дата обращения: 4.03.19)
 8. ГОСТ 31967-2012 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с Изменением N 1). Введ. 2014-07-01

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И.Ю. Вепржицкий¹, Н.А. Рытик², Ю.О. Кустикова³

¹ студент 3-го курса 21 группы ИИЭСМ, boombyums@gmail.com

² студент 3-го курса 21 группы ИИЭСМ, rytik.nikita1999@mail.ru

³ канд. техн. наук, доц., KustikovaYO@mgsu.ru

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация: Контроль на этапе эксплуатации не менее важен, чем на этапе строительства, так как этот процесс более длительный и должен обеспечивать безопасность людей, находящихся в здании и сооружении. Эксплуатационный контроль может продлить срок эксплуатации здания и сооружения, и обеспечить необходимую безопасность для находящихся в здании людей. Кроме того, правильный эксплуатационный контроль может существенно сократить затраты на эксплуатацию зданий. Эксплуатационный контроль должен выполняться квалифицированными специалистами в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации.

Предмет исследования: эксплуатационный контроль зданий и сооружений

Цели: определить важность эксплуатационного контроля в жизненном цикле здания

Материалы и методы: изучение стандартов, статей, научных работ, статистик.

Результаты: правильный эксплуатационный контроль способствовал бы наиболее продолжительному сроку эксплуатации зданий и сооружений и обеспечил необходимый уровень безопасности лицам, находящимся внутри

Выводы: эксплуатационный контроль является необходимым этапом жизненного цикла зданий и сооружений, без которого невозможно безопасное и комфортное функционирование зданий и сооружений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время велико количество зданий и сооружений, находящихся в аварийном и предаварийном состоянии из-за некачественной эксплуатации. Эксплуатационный контроль может продлить срок эксплуатации здания и сооружения, и обеспечить необходимую безопасность для находящихся в здании людей. Кроме того, правильный эксплуатационный контроль может существенно сократить затраты на эксплуатацию зданий. Эксплуатационный контроль должен выполняться квалифицированными специалистами в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации. Считаем данную тему одной из важнейших, поэтому и рассматриваем ее прежде остальных.

Более 70% зданий и сооружений выработали свой ресурс и продолжают эксплуатироваться. В условиях отсутствия возможности глобальной модернизации экономики возрастает роль безопасной эксплуатации стареющих объектов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время актуальной проблемой является эксплуатационный контроль зданий и сооружений. Данная статья основывается на материалах Харитонов В. А. и В. М. Маругиной.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии со статьей 55.24 Градостроительного Кодекса РФ эксплуатация зданий, сооружений должна осуществляться в соответствии с их назначением, которая допускается после получения застройщиком разрешения на ввод объекта в эксплуатацию, а также акта, разрешающего эксплуатацию здания, сооружения, в случаях, предусмотренных федеральными законами.

Для обеспечения безопасности зданий, сооружений в процессе их эксплуатации должны обеспечиваться техническое их обслуживание, эксплуатационный контроль, текущий ремонт.

Эксплуатационный контроль за техническим состоянием проводится в период эксплуатации зданий и сооружений путем осуществления периодических осмотров, контрольных проверок и мониторинга состояния фундаментов и грунтов оснований, несущих и ограждающих конструкций, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения в целях оценки состояния конструктивных и других характеристик надежности и безопасности зданий, сооружений, систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения и соответствия указанных характеристик требованиям технических регламентов, проектной документации. Техническое обслуживание зданий и сооружений, текущий ремонт проводятся для обеспечения их надлежащего технического состояния. Под надлежащим техническим состоянием зданий и сооружений понимают поддержание параметров устойчивости, надежности зданий, сооружений, исправность строительных конструкций, систем инженерно-технического обеспечения, сетей инженерно-технического обеспечения, их элементов в соответствии с требованиями технических регламентов, проектной документации.

В случаях нарушения при эксплуатации зданий и сооружений требований технических регламентов или проектной документации их эксплуатация может приостанавливаться в соответствии с законодательством Российской Федерации. Эксплуатация зданий и сооружений прекращается после их вывода из эксплуатации в случае, если это предусмотрено федеральными законами или в случае случайной гибели, сноса зданий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существуют следующие виды обследований зданий и сооружений рисунок 1:

Приемочный контроль, который применяется после окончания работ по строительству зданий и сооружений при вводе в эксплуатацию на соответствие проекту.

Следующий вид контроля – профилактический. Подразделяется на сезонные осмотры и сплошное обследование.

Сезонные осмотры проводятся два раза в год и в случае аварий или непредвиденных обстоятельств.

Также существуют специальные виды обследования и обследование для проектирования капитального ремонта или реконструкции.

В ходе специального вида контроля определяется физический износ зданий и сооружений и качество проведенного капитального ремонта.

При строительстве новых зданий и сооружений целесообразно подключать их к системе мониторинга в реальном времени.

Мониторинг - система визуальных и инструментальных наблюдений за сохранностью существующих зданий и сооружений, а также за состоянием конструкций объекта строительства или реконструкции, направленная на своевременное определение возможных негативных воздействий и на их устранение.

Мониторинг контролирует следующие параметры зданий и сооружений и окружающей среды:

Контроль технического состояния зданий и сооружений и их грунтов оснований.

Геодезические измерения деформаций соседней застройки. Выявление осадок, кренов и горизонтальных смещений.

Наблюдение за уровнем грунтовых вод и карстовых образований.

Мониторинг должен проводиться в соответствии с нормативной документацией:

- Градостроительный кодекс РФ;

- ГОСТ 31937-2011 «Правила обследования и мониторинга технического состояния»;

- ТСН 50-302-2004 «Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге»;

- Федеральный закон № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

- СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»

На протяжении всей эксплуатации зданий и сооружений проводятся следующие виды осмотров и обследований, направленных на раннее выявление возможных дефектов и рекомендаций по их устранению.

Основные методы проведения обследования зданий и их объемы в случае капитального ремонта или реконструкции, а также порядок приемочного контроля работ изложены в ВСН 57-88 (р) "Положение по техническому обследованию жилых зданий".

Плановый осмотр проводится два раза в год: в осенне-зимний период и весенне-летний. В соответствии с заключением планового осмотра проводится текущий ремонт. Для проведения текущего ремонта не требуется никакая разрешающая документация, а основным документом является смета.

Капитальный ремонт проводится в соответствии с физическим износом элементов зданий и сооружений. Для капитального ремонта оформляется проектная документация.

Так же в некоторых случаях выполняется техническая экспертиза, которая определяет функциональный износ зданий и сооружений, исходя из современных технических требований, включающих требования для инженерных систем, энергосбережения и внутренней отделки.



Рис. 1. Виды обследования зданий

Весь комплекс работ по оценке технического состояния здания, как правило, включает в себя изучение технической документации и натурное обследование. Натурное обследование состоит из трех этапов.

На первом этапе производится предварительный осмотр, в ходе которого определяется объем и стоимость выполнения работ, а также необходимость проведения противоаварийных мероприятий.

На втором проводится общее обследование, в процессе которого оценивается техническое состояние строительных конструкций и инженерных систем. Подготавливается рекомендация по устранению и исправлению обнаруженных дефектов.

И на завершающем этапе – детальное обследование, на котором с использованием специальных инструментов более точно определяется остаточная несущая способность выбранных элементов. Также выявляются несоответствия с проектом и при продолжающемся развитии дефектов, выполняются дополнительные расчеты для их устранения.

ВЫВОДЫ

На основе приведенного выше материала можно сказать, что эксплуатационный контроль зданий и сооружений – это наблюдение и контроль за состоянием конструктивных элементов здания, а также за соблюдением требований безопасности, которые проводятся в течение всего эксплуатационного периода.

Выполнение всех требований — задача очень непростая, но только это может позволить избежать несчастных случаев.

Даже идеальное выполнение эксплуатационного контроля и эксплуатации в целом, не может учесть непредвиденных аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Харитонов В.А.* Надежность строительных объектов и безопасность жизнедеятельности человека [Электронный ресурс]: учебное пособие /В. А. Харитонов; онлайн (ЭБС). – Москва: Абрис, 2012. – 367 с. –Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/117521/>.
2. Экспертные формы контроля (на примерах оценки строительных объектов и самооценки строительных предприятий) [Электронный ресурс]: [монография] /Онлайн (ЭБС); под ред. В. М. Маругина. – Санкт-Петербург: Политехника, 2012. – 239 с. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/124925/>.
3. *Римшин В.И.* Обследование и испытание зданий и сооружений : учеб. пособие / В. И. Римшин. – М. : Высш. шк., 2004. – 447 с. –ISBN 5-06-004885-3.

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА МОНТАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.П. Горбачевский

студент, vgline@mail.ru

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

Аннотация

Предмет исследования: аспекты, учитываемые при подборе монтажных механизмов для возведения уникальных объектов и согласуемые с участниками строительства.

Цели: изучение взаимодействия участников строительства при разработке организационно-технологической документации на уникальные объекты; выявление особенностей, необходимых для учета при подборе монтажных механизмов для возведения уникальных объектов.

Материалы и методы: нормативно-техническая документация, проекты организации строительства, проекты производства работ краном; аддитивный наукометрический анализ, обобщение, представление и анализ совокупных опытных данных об особенностях подбора монтажных механизмов, использованных для возведения реализованных уникальных объектов.

Результаты: предложено расширенное вариативное понятие словосочетания «уникальный объект»; выявлены особенности, необходимые для учета при разработке организационно-технологических решений по возведению уникальных объектов с задействованием монтажных механизмов.

Выводы: для акселерации производственных строительных процессов и безопасной эксплуатации объекта строительства в период его возведения в нашей индустрии имеется перспектива разработки и внедрения отечественной аддитивной методики подбора монтажного механизма, нацеленной на принятие правильных организационно-технологических решений при составлении организационно-технологической документации уникальных объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Крупные компании, занимающие лидирующие позиции в строительном секторе, целенаправленно осуществляют активное проектирование и строительство уникальных объектов капитального строительства. Для выполнения проектных решений на значительных высотных отметках необходима интеграция в технологическую среду монтажных механизмов. В настоящее время имеет место отсутствие аддитивной методики подбора монтажных механизмов, учитывающей объектные особенности. Для решения данной проблемы необходимы акселерационные исследования, направленные на изучение отечественного и зарубежного опыта строительства уникальных зданий, а также выявление отдельных аспектов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучены публикации по тематике монтажных механизмов, имеющиеся в открытом доступе в сети Интернет, а также в следующих базах данных: elibrary, Scopus (издательства «Elsevier»), Google Scholar, Sci-hub. Литературный обзор демонстрирует значимость и актуальность рассматриваемой тематики для отечественного строительства. Проанализированы нормативные документы в строительстве, касающиеся рассматриваемой тематики. [1-3]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проводилась с использованием нормативно-технической литературы, а также научных баз данных. Обобщены и представлены опытные данные об особенностях при подборе монтажных механизмов, использованных для возведения реализованных уникальных объектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предлагается расширенное вариативное понятие словосочетания «уникальный объект», отличное от установленного статьей 48.1 Градостроительного кодекса Российской Федерации: «уникальный объект» – это объект с интегрированными принципиально новыми решениями, еще не прошедшими апробацию на реальных строительных объектах, не зависящими в большей степени от габаритов объекта.

Существующие методики выбора монтажного механизма базируются на технико-экономическом сравнении возможных вариаций применения последних в конкретном проекте. При этом, как правило, производят сравнение следующих характеристик: геометрические параметры монтажных механизмов; грузовые параметры монтажных механизмов; стоимость лизинга монтажных механизмов; вес отдельных элементов подлежащих монтажу конструкций; размеры объектов; продолжительность монтажа. Главной российской компанией, осуществляющей лизинг стационарной грузоподъемной техники, является ООО «Рентакран». [4-6]

В настоящей работе в качестве монтажных механизмов рассматриваются монтажные краны. Изучение сведений и опытных данных, полученных от инженеров ведущих строительных компаний, позволило выявить следующие особенности, необходимые для учета при проектировании монтажных кранов: основание под кран, крепление крана к конструкциям возводимого здания, высотная привязка фундаментной плиты крана, специальные конструкции для перемещения башни крана по высоте. Для перемещения башенного крана по высоте применяют рамные конструкции, устанавливаемые и прикрепляемые как к внутренним, так и к наружным несущим конструкциям возводимого здания. При выполнении привязки стационарного башенного крана к проектируемому уникальному объекту высотой 100 и более метров возникает необходимость учета требуемой высотной отметки в соответствии с паспортом крана (А). При этом, важным аспектом является высотная привязка горизонтальных креплений крана к несущим конструкциям проектируемого уникального объекта. Требуемая высотная привязка горизонтальных конструкций крепления башни крана достигается путем изменения высотной отметки фундаментной плиты. Так, в зависимости от объемно-планировочного решения объекта, выполняют заглубление (В) или повышение (С) высотной отметки фундаментной плиты, что влияет на высотную отметку крепления крана. Особенности привязки поясняются рисунками 1 и 2.



Рис. 1. Условная схема горизонтального крепления стационарного башенного крана на фундаментной плите (вариант В)

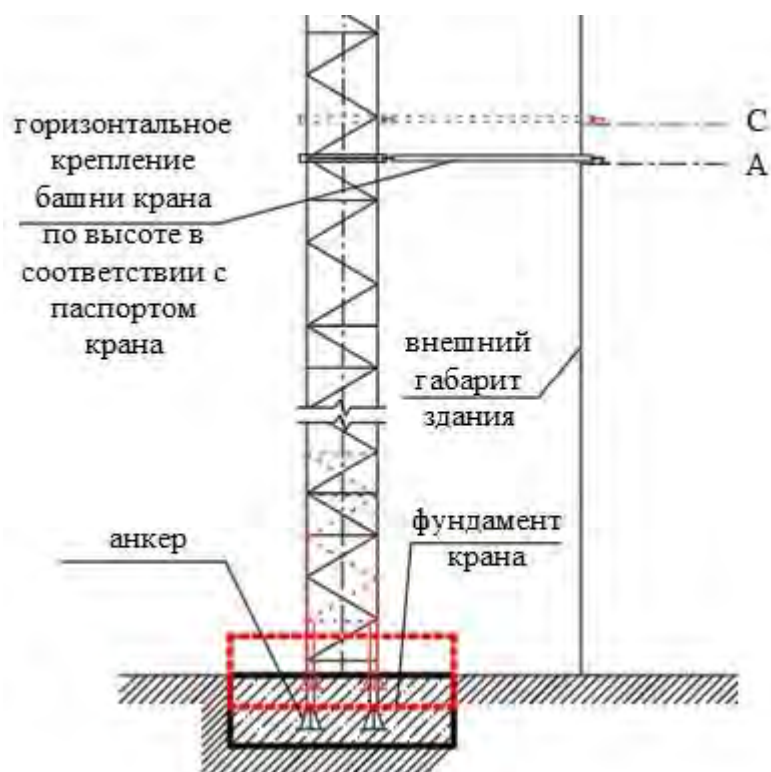


Рис. 2. Условная схема горизонтального крепления стационарного башенного крана на фундаментной плите (вариант С)

Данные особенности необходимо учитывать при разработке ППРк (проекта производства работ кранами), осуществляемой собственными силами генподрядчика или привлекае-

мой им организацией/структурой/подразделением (аутсорсинговые компании). В перечень исходной документации для разработки ППРк входит задание заказчика на разработку ППРк, ситуационный план, ПОС (проект организации строительства), РД (рабочая документация, содержащая конструктивные и объемно-планировочные решения), технический отчет по грунтам площадки строительства и др. На рис. 3 представлена условная схема взаимодействия субъектов строительства.



Рис. 3. Схема взаимодействия субъектов строительства

В отечественных уникальных объектах выявленные особенности были учтены индивидуально, однако для оптимизации проектирования будущих уникальных объектов, необходима как раз разработка аддитивной методике, учитывающей имеющийся опыт строительства объектов, близких по уровню сложности.

Основными монтажными механизмами, чаще всего применяемыми при строительстве, являются стреловые краны башенного типа, стационарного и самоподъемного подтипа. В российской практике наиболее значимым объектом, на котором применялись указанные разновидности кранов, является расположенный в Москве Московский международный деловой центр «Москва-Сити».

В связи с особенностями конфигурации объекта при устройстве основания под краны потребовалось вмешательство в работу зданий путем дополнительного нагружения, передаваемого от монтажного механизма на несущие конструкции здания. Такими основаниями может выступать фундаментная плита, в которую монтируется анкерная система основания под стационарный кран.

Не уступающим по сложности и значимости объектом является расположенный в Санкт-Петербурге «Лахта-центр». Для этого объекта были разработаны индивидуальные ответные крепления, позволяющие решить вопрос изменения расстояния по горизонтальной привязке. Для стационарных кранов с целью высотной привязки к несущим конструкциям здания в ППРк была учтена высотная привязка фундаментной плиты. Здесь же применены специальные конструкции для перемещения стрелового крана башенного типа по высоте.

При выборе башенного приставного крана с маховой стрелой необходимо учитывать его зону обслуживания. Учет этого параметра был также произведен при проектировании Москва-Сити, японской телебашни Sky Tree в Токио и др. Известно, немецкая компания Liebherr разработала специальные виды монтажных механизмов для возведения уникальных объектов в ряде зарубежных стран.

Наиболее известными уникальными объектами, возведенными с учетом выявленных особенностей, являются: Sky Tree, Burdj Halifa, Taipei 101, SWFC, Mini Sky City.

ВЫВОДЫ

Для акселерации производственных строительных процессов и безопасной эксплуатации объекта строительства в период его возведения в нашей индустрии имеется перспектива разработки и внедрения отечественной аддитивной методики подбора монтажного механизма. Будущее использование такой методики ориентировано на принятие правильных организационно-технологических решений при составлении организационно-технологической документации уникальных объектов. Нельзя не отметить необходимость актуализации существующих методических рекомендаций (в т. ч. руководящих документов).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shapira A. Ben-David A.* Characteristics of Equipment Planning for Multi-Crane Building Construction Sites // *Buildings*. 2017. Vol. 7. No. 81.
2. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
3. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.
4. *Zhadanovsky B., Sinenko S.* The methodic of calculation for the need of basic construction machines on construction site when developing organizational and technological documentation // *High-Rise Construction 2017 (HRC 2017)*. 2018. Vol. 33. № 03077.
5. *Sinenko S., Poznakhirko T.* Summarising progressive approaches to choosing organisational and technological solutions for the construction of buildings // *MATEC Web of Conferences. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018*. 2018. Vol. 193. № 05011.
6. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ УДАРЕ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Д.А. Коробкова¹, Л.А. Аветисян²

¹магистрант, *Dariakorobkova@gmail.com*

²канд. техн. наук, доц., *avetisyanlevon@inbox.ru*

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Предмет исследования: В данной статье определяется величина поперечной динамической нагрузки в условиях пожара на железобетонную колонну первого этажа каркасного здания.

В настоящее время не существует методики определения величины разрушающей динамической поперечной нагрузки на сжатые железобетонные элементы в условиях повышенных температур. Поскольку количество аварийных взрывов и ударных воздействий на конструкции в последнее время значительно увеличилось, потребность в такой методике несомненно существует.

Цель: Определение величины разрушающей поперечной динамической нагрузки на железобетонную колонну в нормальных условиях и при температуре 300°C, 500°C, 700°C, 900°C.

Материалы и методы: Расчет производился на основе методики, предложенной в работе [2], с учетом современных нормативных документов.

Результаты: С ростом температуры до 900 °С деформации в конце упругой стадии и предельные деформации увеличиваются на 67% и 56% соответственно.

1. Предельный разрушающий момент в сечении при нагреве от 20 °С до 300 °С уменьшается на 8%, а при нагреве от 20 °С до 900 °С предельный момент снижается на 96%.

2. Динамическая разрушающая поперечная нагрузка на колонну уменьшается с 8,6т при температуре 20 °С до 0,3т при температуре 900 °С.

Выводы: Проведенные расчеты показали, на сколько снижается несущая способность колонны при динамическом поперечном ударе в условиях пожара. При анализе методики, можно сделать вывод о том, что повысить динамическую прочность колонны можно увеличением ее жесткости и повышением прочностных и деформативных характеристик материалов при высоких температурах.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время участились случаи чрезвычайных ситуаций техногенного характера (аварийные взрывы и удары внутри здания, пожары, аварии и т.п.). Повышенные температуры вследствие пожара, которые достигают 800-900°C меняют не только статические, но и динамические прочностные и деформационные характеристики элементов несущих конструкций каркаса. Соответственно, расчеты должны проводиться с учетом этих изменений. Работа железобетонного каркаса при поперечном динамическом ударе в условиях пожара мало изучена, несмотря на большое количество исследований посвященных динамической работе железобетонных элементов. Таким образом, исследование прочностных и деформационных характеристик железобетонных элементов при поперечном динамическом воздействии в условиях высоких температур является актуальной задачей. Учет изменения прочностных и деформационных характеристик железобетонных элементов при поперечной ди-

намической нагрузке в условиях пожара позволит правильно оценить стойкость конструкций зданий при чрезвычайных ситуациях и также повысит уровень безопасности зданий.

До сих пор не существует методики расчета несущей способности сжатых железобетонных колонн, работающих при поперечной динамической нагрузке в условиях повышенных температур. Такая методика позволит правильно определить несущую способность каркаса здания при поперечном ударе в условиях пожара и оценить эксплуатационные риски.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данной статье приведен расчет динамической поперечной разрушающей нагрузки на железобетонную колонну при пожаре, разработанной на основе существующей методики, описанной в работе [2].

Поскольку прочностные и деформационные характеристики бетона и арматуры с повышением температуры меняются, этот факт необходимо учесть при расчете. Таким образом, при разработке методики были использованы экспериментальные данные изменения характера работы арматуры и бетона в условиях пожара, приведенные в работе [1], а также рекомендуемые коэффициенты из [3,4,5,6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу адаптированной методики расчета колонны на поперечный удар был положен алгоритм, описанный в работе [2], с учетом современных нормативных документов. Данная методика была расширена вычислением разрушающего поперечного удара в условиях повышенных температур.

Ниже приведен алгоритм, по которому вычислялась поперечная динамическая разрушающая нагрузка:

1. Определение высоты сжатой зоны

$$x = \frac{(N - R_{sc} * A'_s + R_s * A_s)}{(R_b * b)}$$

2. Предельный динамический прогиб определяется в зависимости от предельных деформаций сжатого бетона и значения высоты сжатой зоны

$$f = \frac{1}{r_{np}} * s * l^2$$

$$\text{где } \frac{1}{r_{np}} = \frac{(\varepsilon_{\sigma,np} - \varepsilon_{\delta N}) * \omega}{x}, \varepsilon_{\delta N} = \frac{N}{(A_b + A_s + A'_s) * E_b}$$

3. Предельный динамический момент определяется по формуле

$$M_{np} = R_b * b * x * (h_0 - 0.5x) + R_{sc} * A'_s * (h_0 - a') - N * \left(\frac{h}{2} - a + f\right)$$

4. Вычисление динамического прогиба колонны, соответствующего началу упруго-пластической стадии.

$$f_0 = \frac{1}{r_0} * s * l^2 ;$$

$$\text{где } \frac{1}{r_0} = \frac{\frac{R_s}{E_s} + \varepsilon_{\sigma,np}}{h_0} .$$

5. В качестве диаграммы деформаций сжато-изогнутых железобетонных элементов будем использовать диаграмму деформаций хрупко-разрушающегося тела при осредненной жесткости В.

$$B = \frac{M_{np}}{1} \\ r_0$$

6. Эквивалентная статическая нагрузка, заменяющая динамическую при статическом представлении динамического воздействия:

$$P_3 = \frac{B * \pi^2}{l^2}$$

7. Погонная масса колонны

$$m = \frac{(b * h * \rho_{жсб})}{g}$$

8. Частота собственных колебаний колонны

$$\omega = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{P_3 - N}{m}}$$

9. Коэффициент динамичности по нагрузке, поскольку необходимо учесть работу колонны в упруго-пластической стадии

$$\gamma = \frac{k - 1}{k^2 * \eta - 2k + 2 - \eta} + \sqrt{\frac{(k - 1)^2}{k^2 * \eta - 2k + 2 - \eta} + \frac{1.5 * (1 - \cos(\omega t))^2}{(1 - \eta) * (k * \eta - 2k + 2 - \eta) \omega t^2}}$$

где $k = \frac{f}{f_0}, \eta = \frac{N}{P_3}$

10. Динамическая разрушающая нагрузка находится по формуле

$$P_d = \frac{4 * M_{np} * \gamma}{l}$$

Исходные данные для расчета:

Железобетонная колонная размером поперечного сечения 250x250, армированная 4мя стержнями арматуры класса А500С диаметра 18мм, длиной 3м. На колонну действует статическая продольная сила 18т. По низу колонна закреплена жесткой заделкой, по верху – шарнирное опирание.

По выше изложенной методике была определена поперечная разрушающая динамическая нагрузка при нормальных условиях и при температуре 300, 500, 700 и 900°С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 1. Результаты динамического расчета колонны в нормальных условиях и при температуре 300°С, 500°С, 700°С, 900°С

	20 °С	300°С	500°С	700°С	900°С
$f_0, см$	3,2	4,8	7,5	8.9	9.6
$f, см$	4,5	5,4	8.4	9.8	10.2
$M_{np}, кг*см$	696600	639900	436100	118300	22550
$P_d, т$	8,6	6,6	5,8	1,6	0,3

1. С ростом температуры до 900 °С деформации в конце упругой стадии и предельные деформации увеличиваются на 67% и 56% соответственно.

2. Предельный разрушающий момент в сечении при нагреве от 20 °С до 300 °С уменьшается на 8%, а при нагреве от 20 °С до 900 °С предельный момент снижается на 96%.

3. Динамическая разрушающая поперечная нагрузка на колонну уменьшается с 8,6т при температуре 20 °С до 0,3т при температуре 900 °С.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного расчета показали, что при увеличении температуры пожара, предельные деформации колонны, от динамического поперечного удара увеличиваются. Однако, величина разрушающего поперечного удара с ростом температуры колоссально снижается. Также значительно снижается и величина предельного динамического момента, который может воспринимать сечение элемента. Эти факты необходимо учесть при конструировании колонны, потенциально подверженной динамическим поперечным нагрузкам при повышенных температурах. Повышение динамической несущей способности можно достичь увеличением динамической жесткости элемента, а также повышением прочностных и деформативных динамических характеристик бетона и арматуры при повышенных температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аветисян Л.А.* Исследование коэффициента динамичности внецентренно сжатых железобетонных элементов при огневых воздействиях. НИУ МГСУ, 2014, 215 с.
2. *Пузанков Ю.И.* Прочность и деформированность сжатых железобетонных элементов при поперечной динамической нагрузке. 1979, 133 с.
3. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром / НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – С.76.
4. *Levon Avetisyan.* Strength and stability of reinforced beam-column concrete. elements under dynamic loading with fire exposure conditions. NZAAR-CCS-18-49, pp 60-69.
5. *Tamrazyan A.* Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns//Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 475-476. С. 1563-1566.
6. *Тамразян А.Г.* Динамическая устойчивость сжатого железобетонного элемента как вязкоупругого стержня//Вестник МГСУ. 2011. № 1-2. С. 193-196.

МЕРОПРИЯТИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Е.Г. Костюченко

аспирант, e-mail: ka_kost@mail.ru.

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

Аннотация

Предмет исследования: в статье представлен анализ травматизма и профзаболеваний в строительной отрасли. О важности контроля по охране труда говорит большой процент несчастных случаев на производстве в Российской Федерации по сравнению с другими развитыми странами. Однако отмечается устойчивая тенденция по снижению уровня травматизма. Риски травмирования строительных рабочих, прежде всего, связаны со спецификой работы.

Цель: целью исследования является разработка системы управления безопасностью и условиями труда в строительной отрасли.

Материалы и методы: обосновано использование оперативного контроля и информационного обеспечения безопасным условиям труда на предприятии. Предложено внедрить на предприятия метод пятиступенчатого контроля над состоянием охраны труда и техники безопасности, который является одним из основных организационных мероприятий в борьбе с производственным травматизмом, пожарами, аварийностью и профессиональными заболеваниями.

Результаты: установлено, что систематическое проведение контроля способствует своевременному выявлению и устранению недостатков в организации охраны труда работающих, предотвращению возникновения пожаров, аварий и несчастных случаев.

Выводы: любая система управления подразумевает постоянный контроль и аудит, настало время законодательно закрепить за службами и специалистами по охране труда функцию внутреннего аудита в рамках Системы управления охраной труда.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире безопасность страны и мира в целом в значительной мере определяется уровнем обеспечения производственной безопасности на опасных объектах, в том числе на объектах строительной индустрии. Темпы строительства постоянно растут: сокращение сроков, отведенных на возведение объекта, зачастую приводит к многочисленным грубым нарушениям требований промышленной безопасности, о чем говорит статистика возникновения несчастных случаев на строительной площадке. Неудовлетворительные условия труда приводят к риску получения производственных травм и профессиональных заболеваний.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По данным Росстата, количество несчастных случаев на производстве и непосредственно в строительной отрасли имеет устойчивую тенденцию к сокращению, однако уровень травматизма по-прежнему остается высоким. Из-за особенностей работы на строительной площадке условия труда на рабочих местах очень часто меняются, соответственно меняются и профессиональные риски. Необходимо учитывать также большое количество людей, так или иначе задействованных в строительных работах – заказчики, подрядчики, сами работники, архитекторы, дизайнеры, клиенты, поставщики оборудования и другие.

Риски травмирования строительных рабочих, прежде всего, связаны со спецификой работы (высотные работы – падение с крыш, строительных лесов, лестниц и т.д.; земляные работы – обрушение траншей, эксплуатация землеройно-транспортных машин; применение подъемных механизмов – кранов и строительных лебедок, использование электрооборудования, ручных инструментов и транспортных средств). Ситуация усугубляется тем, что на строительных площадках часто царит беспорядок, они сильно загромождены, что способствует возникновению аварийных ситуаций.

Получить объективные статистические данные о профзаболеваемости достаточно сложно. Связано это с тем, что воздействие факторов риска может иметь отдаленные последствия для здоровья работников и не проявляться в течение нескольких месяцев или даже лет.

Здоровье строительных рабочих подвержено таким факторам риска, как воздействие опасных веществ (асбестосодержащая пыль, кварц и др.); перемещение тяжелых и громоздких грузов вручную; влияние высокого уровня шума и вибрации, источниками которых служат как ручные инструменты, так и крупные машины).

Становится очевидным, что строительство является значительно более опасным, чем любая другая отрасль экономики.

По данным Роструда, были рассмотрены и проанализированы несчастные случаи в период с 2015 по 2017 года (включая все случаи: связанные и не связанные с производством на строительных площадках), что показало следующие результаты:

2015 год – 2287 н/с

2016 год – 1849 н/с

2017 год – 1850 н/с

Из них выявлено тяжелых и несчастных случаев, связанных с производством:

в 2015 году – 1415 н/с

в 2016 году – 1325 н/с

в 2017 году – 904 н/с.

Законодательная база по охране труда в настоящее время терпит значительные изменения по приведению её в соответствие с мировыми требованиями по охране труда и предупреждению травматизма и профессиональных заболеваний на производстве. В Министерстве труда и социального развития постоянно проводятся исследования и наблюдения, корректируются и вносятся изменения в законодательные требования по охране труда. В рамках государственной политики в сфере охраны труда поставлена задача - внедрить в структуру охраны труда системный подход. И поскольку любая система управления подразумевает постоянный контроль и аудит, то настало время законодательно закрепить за службами и специалистами по охране труда функцию внутреннего аудита в рамках СУОТ.

Со стороны государственных органов, при проведении регулярных проверок организаций на предмет правильного функционирования системы оперативного контроля, информационного обеспечения и управления безопасностью и условиями труда указываются замечания по недостаточно четкой постановке вопросов, пунктов обследования и степеней контроля при проведении ежедневного оперативного контроля со стороны руководителя работ.

Основными направлениями деятельности руководителя являются:

- организация профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и заболеваний, обусловленных производственными факторами, а также работы по улучшению условий труда;

- организация работы по обеспечению выполнения работниками требований охраны труда;

- контроль над соблюдением работниками законов и иных нормативных правовых актов об охране труда, коллективного договора, соглашения по охране труда, других локальных нормативных правовых актов организации;

- изучение законодательства по охране труда и иных нормативно-правовых и нормативно-технических документов по охране труда и безопасности производственной деятель-

ности, распространение передового опыта по охране труда, пропаганда вопросов охраны труда. «Приступая к разработке системы оперативного контроля, информационного обеспечения и управления безопасностью и условиями труда на предприятии, важно и нужно оценить все имеющиеся ресурсы и использовать их, главным из них всегда являются квалифицированные работники, поэтому одним из самых важных факторов обеспечения охраны труда являются обучение, умение и знания персонала» [1].

Основными видами контроля над состоянием охраны труда в организациях являются: оперативный контроль руководителя работ и других должностных лиц, административно-общественный контроль и контроль, осуществляемый службой охраны труда.

Оценка соответствия организации работ по охране труда государственным нормативным требованиям охраны труда производится для повышения эффективности управления охраной труда в организации.

Основным управленческим принципом обеспечения безопасности является контроль состояния охраны труда. Без этой реализации невозможно эффективное функционирование системы управления охраной труда. Оперативное слежение за состоянием техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности может осуществляться людьми, которые постоянно находятся на рабочих местах.

Для строительных организаций можно предложить систему оперативного контроля, информационного обеспечения и управления безопасностью и условиями труда, состоящую из пяти уровней:

– Первый уровень оперативного контроля над состоянием условий и охраны труда осуществляет каждый работник на отведенном ему рабочем месте. Начиная работу с обследования своего рабочего места, работник проводит его проверку на соответствие требованиям нормативных документов по охране труда и при выявлении нарушений принимает меры по их устранению. В процессе работы работник соблюдает установленные для него требования инструкций по охране труда по профессии и видам работ. При выявлении нарушений, принимает меры к их устранению вплоть до прекращения работ. Сообщает о нарушениях непосредственному руководителю.

– Второй уровень оперативного контроля осуществляет руководитель строительства не реже 1-го раза в 10 дней. При большом количестве на объекте строительных участков, или при значительной их разбросанности руководитель строительства своим письменным распоряжением распределяет строительные участки между производителями работ и специалистами для обеспечения указанной регулярности проверок. Выполнение мероприятий на втором уровне контроля осуществляет Руководитель строительства.

– Руководитель строительства не реже 1 раз в месяц, с участием прорабов, мастеров, инженеров, бригадиров и работников субподрядных организаций проводит оперативное совещание, на котором рассматривает результаты проверок состояния охраны труда, выявленные грубые и повторные нарушения, сообщает руководству о выполнении мероприятий, по их устранению, заслушивает прорабов, мастеров, инженеров, бригадиров, вносит соответствующие мероприятия по устранению выявленных нарушений.

– Третий уровень оперативного контроля осуществляет комиссия по ОТ и ПБ, назначенная приказом генерального директора, под руководством руководителя службы охраны труда. В состав комиссии по ОТ и ПБ входят специалисты ОТ, руководители производственно-технических служб. Проверка строительных объектов, площадок, участков, служб, групп осуществляется выборочно, в соответствии с ежегодным графиком, утверждаемым председателем комиссии по ОТ и ПБ.

– Четвертый уровень оперативного контроля осуществляется постоянно действующей комиссией по ОТ и ПБ, назначенной приказом генерального директора. Общее руководство осуществляет председатель комиссии. В состав входят руководитель службы охраны труда, руководитель службы производственного контроля, руководитель отдела охраны окружающей среды, руководители дирекции строительных объектов, главные специалисты.

Для участия в работе комиссии могут приглашаться (по согласованию) представители пожарной службы, органов государственного надзора и контроля.

– На пятом уровне Генеральный директор не реже одного раза в квартал на основе материалов, подготовленных комиссией по ОТ и ПБ, проводит совещание с участием первых руководителей строительных комплексов.

Выявленные нарушения считаются устраненными только после отметки в журнале проверки состояния и условий труда, ответственным лицом за осуществление контроля [2].

Во многих случаях нормативные документы государственного и отраслевого уровня в области охраны труда не указывают способ реализации содержащихся в них норм, не учитывают технологии деятельности по осуществлению принятых решений, а зачастую определяют только границы деятельности. Поэтому, исходя из конкретных условий, применительно к конкретным событиям, фактам и случаям на предприятиях разрабатываются индивидуальные нормативно-правовые документы в форме приказов, распоряжений, инструкций и т.д. Таким образом, перечисленные выше нормативно-правовые документы, их содержание, сформулированные в них нормы и правила, конкретные значения нормативных параметров и другое составляют основу нормативной информации, обязательной для использования в процессе управления охраной труда на любом предприятии. К осведомляющей информации по охране труда относится информация, качественно и количественно характеризующая факторы, обеспечивающие безопасность, и дающая возможность определить степень соответствия этих факторов нормативам. Осведомляющая информация сигнализирует о необходимости управляющих воздействий, корректирующих имеющиеся отношения.

Одной из основных и определяющих задач управления охраной труда является задача управления безопасностью технологических процессов. Объектом управления в этом случае определяется «безопасность технологического процесса», который также носит сложный, комплексный характер с многообразными внутренними и внешними связями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье 212 Трудового кодекса Российской Федерации сказано: «Работодатель обязан обеспечить... создание и функционирование системы управления охраной труда; ... организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, ...» [3]. Организовать контроль за состоянием условий труда в первую очередь и призвана система оперативного контроля, информационного обеспечения и управления безопасностью и условиями труда на предприятиях строительной отрасли. На каждом предприятии независимо от его размеров, структуры и организации труда составляют и утверждают схему проведения оперативного контроля по охране труда. В этой схеме должны быть четко определены должностные лица, которым следует проводить соответствующие степени контроля. Данную схему составляет служба охраны труда или специалист по охране труда и согласовывает с работодателем и профсоюзным комитетом (при его наличии).

Метод пятиступенчатого контроля над состоянием охраны труда и техники безопасности является одним из основных организационных мероприятий в борьбе с производственным травматизмом, пожарами, аварийностью и профессиональными заболеваниями. Систематическое проведение такого контроля способствует своевременному выявлению и устранению недостатков в организации охраны труда работающих, предотвращению возникновения пожаров, аварий и несчастных случаев. Пятиступенчатый контроль привлекает повседневное внимание к обеспечению безопасности труда со стороны хозяйственных и технических руководителей всех звеньев производства.

В целях усиления внимания к вопросам охраны труда со стороны руководящих, инженерно-технических работников, хозяйственных и профсоюзных органов, а также повышения личной ответственности руководителей всех звеньев за обеспечение безопасности труда введена система оперативного контроля над состоянием охраны труда.

Вовлечение всего коллектива организации в деятельность по обеспечению охраны труда (в том числе профилактическую) дает возможность ему выполнять осознанные действия

по осуществлению их трудовых функций, использовать способности каждого с максимальной эффективностью. Управление охраной труда является коллективной деятельностью, требующей совместных усилий. Поэтому сотрудникам, занимающимся планированием, исследованием, проектированием, постановкой продукции на производство, работникам, непосредственно занятым в производстве, а также сотрудникам экономических служб, отделов сбыта и кадров следует участвовать в деятельности по управлению охраной труда. Это достигается определением во всех службах и на всех организационных уровнях обязанностей и полномочий в отношении безопасности всех видов работ, их объема и технологии (методы, правила). В должностных инструкциях следует определять степень свободы действий членов персонала в рамках их должностной компетенции, обеспечивающей творчество и активное участие работников в управлении охраной труда [4].

ВЫВОДЫ

С точки зрения европейского менеджера, «управление охраной труда – это управленческая подсистема, являющаяся гармоничной частью общей системы управления предприятием. В свою очередь, оценка условий труда и обучение работников рассматриваются как важные составные элементы системы управления охраной труд» [5].

К превентивному управлению профессиональными рисками следует отнести такую работу по охране труда, как распространение передового опыта и пропаганда безопасного труда. С этой целью создаются уголки охраны труда, проводятся дни охраны труда.

В соответствии с принципами обеспечения охраны труда предупредительные (профилактические) мероприятия допускается направлять на улучшение материальной базы, активизацию персонала и совершенствование управления.

Стабильность обеспечения охраны труда может быть достигнута в том случае, если в системе управления охраной труда предусмотрена возможность проведения полного комплекса мероприятий. Однако в зависимости от необходимости в конкретном случае может потребоваться и выполнение определенной части плановых мероприятий. Например, мероприятия по улучшению материальной базы, обучению персонала или по изменению организации работ.

На основании анализа данных (информации, фактов) руководство осуществляет меры по повышению эффективности системы, улучшению условий труда и потребности в соответствующих ресурсах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляков Г.И.* Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учебник для бакалавров // Г.И. Беляков.- М.:Юрайт. 2013. - 672 с.
2. *Дьяков В.И.* Менеджмент охраны труда. Курс лекций. Иваново: ИГЭУ, 2002. – 287 с.
3. Федеральный закон № 421-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда"» от 28 декабря 2013года. [www//consultant.ru](http://www.consultant.ru)
4. Система управления охраной труда, промышленной и экологической безопасностью при реализации проекта «Ледостойкая стационарная платформа № 1» СТП-ООО «РР-МП»-001-2006. // Справочник специалиста по охране труда, 2013, №9, с.80-110.
5. *Федин В.В.* Влияние изменений в нормативной базе на систему управления охраной труда на предприятиях. // Справочник специалиста по охране труда, 2013, №7, с.24-33.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА С УЧЕТОМ ОПТИМИЗАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ

Ю.А. Курбатова¹, В.А. Горев²

¹ студентка, julia.juli98@mail.ru

² д-р физ.-мат. наук, проф., Kafedrapb@yandex.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Предмет исследования: процесс естественной конвекции, коэффициент теплоотдачи, тепловые потоки на поверхностях термически тонких тел, разность температур конструкции и среды, связь теплового потока, идущего на нагрев тела, и характерного времени прогрева конструкции.

Цели: оптимизация коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции в случае термически тонкого тела.

Материалы и методы: термически тонкие конструкции из горючих материалов, метод линеаризации уравнений теплового баланса.

Результаты: получены зависимости, связывающие величину теплового потока и температуры термически тонкой конструкции с коэффициентом теплоотдачи, а также вычислен поправочный коэффициент, позволяющий получать более точные результаты при вычислении теплового потока.

Выводы: полученные результаты имеют практическое значение, так как позволяют точнее понимать процесс естественной конвекции, рассчитывать параметры пожара, а также определять значения опасных факторов пожара.

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье рассматривается изменение коэффициента теплоотдачи при случае термически тонкого тела при тепловом потоке. Актуальность работы заключается в том, что наличие переменной величины, которая описывает температуру конструкции, в вычислениях коэффициента теплоотдачи не было изучено ранее на достаточном уровне, но при этом данный коэффициент является важной характеристикой процесса естественной конвекции. Расчет коэффициента теплоотдачи производился лишь путем линеаризации уравнений теплового баланса [10]. Отсюда возникает необходимость изучить данный вопрос. Случай термически тонкого тела реализуется, когда передний фронт теплового возмущения успевает дойти до противоположной поверхности, и температуры по разные стороны конструкции равны [2].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Теплообмен на нагреваемых поверхностях был изучен в работе Тихонова С. В. и Дульнева Г.Н. «Основы теории тепломассообмена». Для практического использования данные по теплообмену были представлены Горевым В. А. и Фоминой М. В. в статье «Упрощенный расчет теплообмена на плоских поверхностях». Основы теории и методы расчета процессов теплопроводности в твердых телах и конвективного теплообмена были рассмотрены в учебном пособии Цветкова Ф. Ф. и Григорьева Б. А. «Тепломассообмен». Примеры расчетов и краткие теоретические сведения можно найти в учебных пособиях Васильевой И. А., Волкова Д. П. и Заричняк Ю. П. «Теплофизические свойства веществ» и Егорова В. И. «Точные методы решения задач теплопроводности». В работе Ляшкова В. И. «Теоретические основы теплотехники» изложены не только основы термодинамики, теплопередачи и теории массо-

обмена, но и теория горения. Проблему оптимизации тепловых процессов поднимают Самарский А. А. и Вабищевич П. Н. в книге «Вычислительная теплопередача».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Тепловой поток при естественной конвекции в линейной интерпретации определяется как [2]:

$$q = \alpha_k (T_{\text{среды}} - T_{\text{стенки}}) \quad (1)$$

где q – тепловой поток, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$; α_k – коэффициент теплоотдачи, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{градус}}$; $T_{\text{среды}}$ – температура среды, K ; $T_{\text{стенки}}$ – температура поверхности, K

Данное уравнение является линеаризованным, т.е. является приближенной линейной моделью нелинейного процесса. Коэффициент теплоотдачи для турбулентного режима движения равен [1]:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{среды}}}{l} = \frac{0,135(Gr \cdot Pr)^{1/3} \cdot \lambda_{\text{среды}}}{l} \quad (2)$$

$$\alpha_k = 0,135(T_{\text{среды}} - T_{\text{стенки}})^{1/3} \left(\frac{\beta \cdot g \cdot \mu \cdot Cp \cdot \lambda_{\text{среды}}^2}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (3)$$

$$\alpha_o = 0,135 \left(\frac{\beta \cdot g \cdot \mu \cdot Cp \cdot \lambda_{\text{среды}}^2}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (4)$$

$$\alpha_k = \alpha_o \cdot (T_{\text{среды}} - T_{\text{стенки}})^{1/3} \quad (5)$$

где Nu – число Нуссельта; Gr – число Грасгофа; Pr – число Прандтля; $\lambda_{\text{среды}}$ – коэффициент теплопроводности среды, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{градус}}$; l – линейный размер, м; β – температурный коэффициент объемного расширения, $\frac{1}{\text{градус}}$; g – ускорение свободного падения, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; ν – кинематический коэффициент вязкости, $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$; μ – динамический коэффициент вязкости, Па · с; Cp – удельная теплоемкость, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{градус}}$.

В случае вычисления коэффициента теплоотдачи, учитывая переменную температуру стенки, тепловой поток запишется так:

$$q = \alpha_o \cdot (T_{\text{среды}} - T_{\text{стенки}})^{4/3} \quad (6)$$

С помощью дифференцирования рассматривается зависимость температуры конструкции от времени в случае линейного и нелинейного уравнения соответственно:

$$1. \quad T_{\text{стенки}} = T_{\text{среды}} - e^{-\bar{t}} (T_{\text{среды}} - T_o) \quad (7)$$

$$2. \quad T_{\text{стенки}} = T_o + (T_{\text{среды}} - T_o) \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{\bar{t}}{3} + 1 \right)^3} \right) \quad (8)$$

где $T_{\text{среды}}$ – температура среды, K ; $T_{\text{стенки}}$ – температура поверхности, K ; T_o – начальная температура конструкции, K .

Для оценки зависимости температуры поверхности конструкции от времени прогрева в случае линейного и нелинейного процесса строится график:

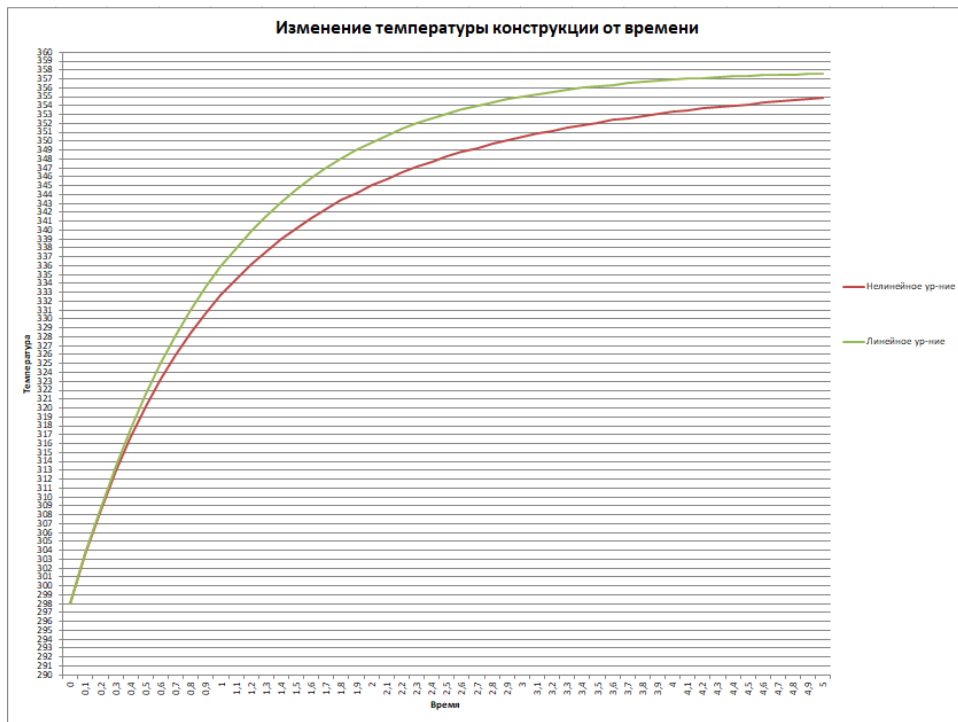


Рис. 1. График изменения значений температуры термически тонкой конструкции от задаваемого времени прогрева конструкции

Подставив полученную ранее температуру стенки, можно представить тепловые потоки при линейном и нелинейном процессе соответственно:

$$1. \quad q = \alpha_o(T_{\text{среды}} - T_o)(1 - e^{-\bar{t}}) \quad (9)$$

$$2. \quad q = \alpha_o(T_{\text{среды}} - T_o)^{4/3} \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{\bar{t}}{3} + 1\right)^3} \right) \quad (10)$$

Для сравнения линейного и нелинейного уравнения теплового потока рассматривается график:

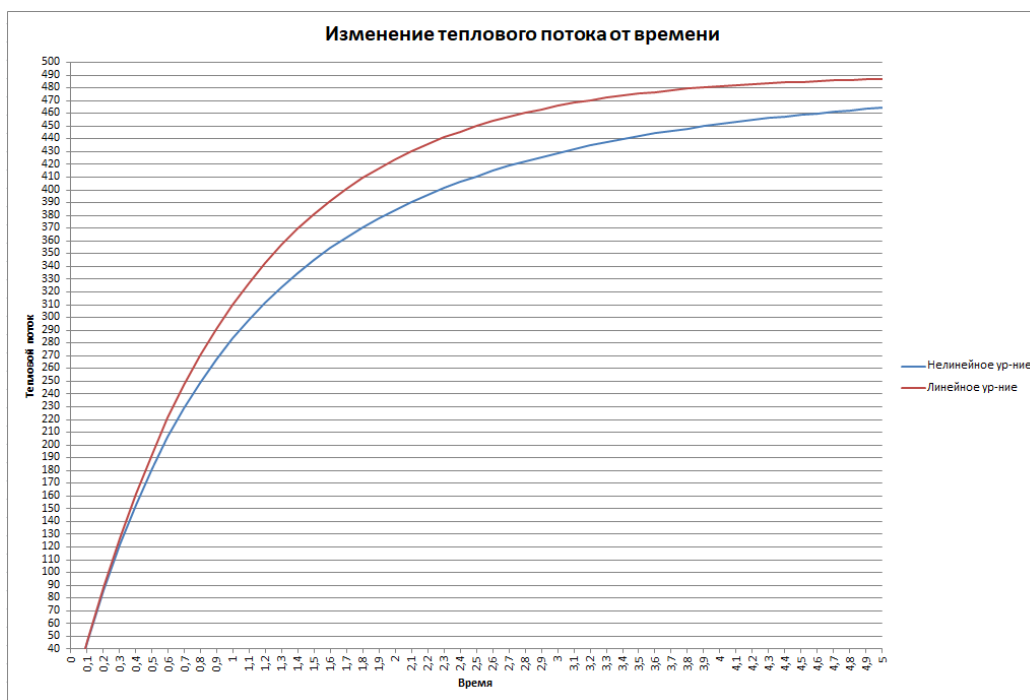


Рис. 2. График изменения значений теплового потока от задаваемого времени прогрева конструкции

Исследование показывает, что линейное уравнение всегда дает результаты немного больше. Но для анализа процессов конвекции достаточно затруднительно пользоваться нелинейными уравнениями, поэтому необходимо ввести поправочный коэффициент, который поможет получать более точные значения:

$$q = \alpha_o (T_{\text{среды}} - T_o) (1 - e^{-\varepsilon \bar{t}}) \quad (11)$$

где ε – значение поправочного коэффициента.

Таблица 1. Значения поправочного коэффициента

\bar{t}	ε
0,1-0,5	0,9537
0,6-1,0	0,8869
1,1-1,5	0,8313
1,6-2,0	0,7835
2,1-2,5	0,7424
2,6-3,0	0,7064
3,1-3,5	0,6746
3,6-4,0	0,6461
4,1-4,5	0,6204
4,6-5,0	0,5972

Поправочный коэффициент был выведен путем приближения значения теплового потока, полученного в ходе решения линейного уравнения теплового баланса, к действительному значению теплового потока, вычисленного из нелинейного уравнения теплового баланса. Т.е. к линейному уравнению теплового баланса приравнивалось значение действительного теплового потока, и решалось уравнение для вычисления поправочного коэффициента. Далее снова строится график тепловых потоков в случае линейного и нелинейного процесса, но уже учитывая поправочный коэффициент в расчете линейного теплового баланса:

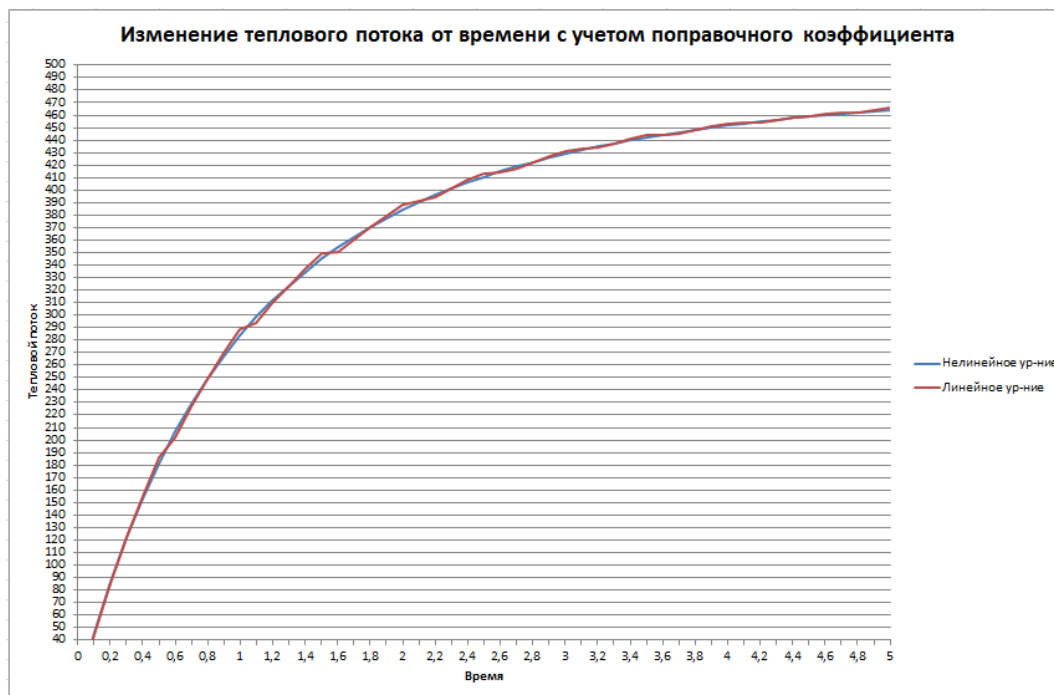


Рис.2. График изменения значений теплового потока от задаваемого времени прогрева конструкции с учетом поправочного коэффициента

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом получены зависимости, позволяющие более точно рассчитать коэффициент теплоотдачи при естественной конвекции в случае термически тонкого тела.

ВЫВОДЫ

Решение данной задачи дает перспективу определения поправочных коэффициентов, которые позволяют рассчитывать параметры пожара без серьезных погрешностей, оценивая их на научной основе, также становится проще понять процесс естественной конвекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.
2. *Горев В.А., Фомина М.В.* Упрощенный расчет теплообмена на плоских поверхностях // Пожаро-взрывобезопасность. – 2016. – № 3. – С. 5–14.
3. *Тихонов С.В., Дульнев Г.Н.* Основы теории тепломассообмена. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 93 с.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 2004. – 798 с.
5. *Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А.* Тепломассообмен: учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005. – 562 с.
6. *Васильева И.А., Волков Д.П., Заричняк Ю.П.* Теплофизические свойства веществ: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2004. – 80 с.
7. *Егоров В.И.* Точные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 48 с.
8. *Луканин В.Н.* Теплотехника. – М.: Высшая школа, 2000. – 673 с.
9. *Ляшков В.И.* Теоретические основы теплотехники. – М.: Издательство Машиностроение-1, 2005. – 260 с.
10. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н.* Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ТУВЫ

Ш.С. Монгуш

студентка, tuvatuva2018@yandex.ru

ФГБОУ ВО "Тувинский государственный университет", 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Ленина, д.36

Аннотация

Предмет исследования: содержание естественных радионуклидов в строительных материалах Тувы, что особенно важно для достаточно суровых климатических условий Республики Тыва, когда человек вынужден длительное время находиться в закрытых помещениях.

Цель исследования: определение эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах (песок, глина), добываемых из карьеров Тувы.

Материалы и методы: Измерения проводились в лаборатории радиационно-экологической станции агрохимической службы «Тувинская». Измерение активности проводилось на сертифицированном радиометрическом комплексе «УСК Гамма плюс» с программным обеспечением.

Результаты: Песок Кызылский и глина Красныйярская обладают умеренной активностью природных радионуклидов. Глины Бии-Хемского и Шумского месторождений характеризуются умеренно повышенной активностью.

Выводы:

1. Определена удельная активность радона и его дочерних продуктов в строительных материалах (песок, глина), добываемых из карьеров Тувы.
2. Отмечено, что глины Бии-Хемского и Шуйского месторождений характеризуются умеренно повышенной активностью.
3. Установлено, что удельная эффективная активность готовых изделий и сырья строительного материала, используемого при строительстве, не превышает 200 Бк / кг и соответствует санитарным нормам относительно содержания радионуклидов в строительных материалах.

Ключевые слова: строительные материалы, экологическая безопасность, природные радионуклиды, удельные активности радия, тория, калия; минеральное сырье.

ВВЕДЕНИЕ

Поскольку современный человек проводит большую часть времени в помещении, фоновая радиация внутри зданий играет основную роль в воздействии на людей. Поле гамма-излучения в помещении в значительной степени создано в строительных материалах, используемых для возведения зданий. В связи с этим представляется интерес содержание естественных радионуклидов в строительных материалах и изделиях, что особенно важно для достаточно суровых климатических условий Республики Тыва, когда человек вынужден длительное время находиться в закрытых помещениях. Целью данного исследования явилось определение эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах (песок, глина), добываемых из карьеров Тувы. Предметом исследования является содержание природных радионуклидов (радия, тория и калия) в строительных материалах Тувы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обеспечении экологической безопасности градостроительства все больше внимания уделяется естественной радиоактивности. Исследованию содержания радионуклида – радона – в жилых помещениях, расположенных в сейсмоактивных зонах Республики Тыва посвящены работы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Величина эффективной удельной активности природных радионуклидов используется при нормировании и контроле радиоактивности строительных материалов. Согласно ГОСТ 30108—94, НРБ–99/2009 [9, 10] $A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_{K}$, где: A_{Ra} , A_{Th} , A_{K} — удельные активности радия, тория и калия соответственно, Бк/кг; 1,31 и 0,085 — взвешивающие коэффициенты для тория-232 и калия-40 соответственно по отношению к радю-226. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в строительных материалах, используемых для вновь строящихся жилых и общественных зданий (1 класс), не должна превышать 370 Бк/кг. Соблюдение нормативов во всех материалах, использованных при строительстве жилых и общественных зданий, гарантирует непревышение нормативов мощности эквивалентной дозы в зданиях. Стандарты пригодности для строительства полезных ископаемых желателно применять на стадии поисково-разведочных работ. Для соблюдения максимальной интенсивности радиационной безопасности гамма - излучение в окружающей среде не должно превышать мощность дозы на открытой площадке более 0,2 мЗв / ч [10]. Основная часть населения получает радиацию от естественных радионуклидов (ЕРН), содержащихся в земной коре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования было выбрано минеральное сырье, добытое из карьеров Тувы. Измерялась удельная активность Ra^{226} , Th^{232} и K^{40} в строительных материалах (песок, глина). Измерения проводились в лаборатории радиационно-экологической станции агрохимической службы «Тувинская». Измерение активности проводилось на сертифицированном радиометрическом комплексе «УСК Гамма плюс» с программным обеспечением.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 приведены результаты измерений удельной активности Ra^{226} , Th^{232} и K^{40} в сырье, добытом из карьеров Тувы. В таблице также приведены значения эффективной удельной активности образцов ($A_{эфф}$), рассчитанные с учетом биологического воздействия каждого нуклида: $A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_{K}$

Таблица 1. Удельная активность радионуклидов в минеральном строительном сырье

Материал	Карьер	Уд. активность, Бк/кг			Аэфф, Бк/кг
		Th ²³²	Ra ²²⁶	K ⁴⁰	
Глина	Красный Яр	16, 53	27,33	536,3	97,91
Глина	Бии-Хемское	19, 15	28,8	517,2	100,84
Глина	Шуй	27, 72	31,31	607,8	120,39
Песок	Кызыл	14,02	9,23	487,8	79,25

Песок Кызылский и глина Красный Ярская обладают умеренной активностью природных радионуклидов. Глины Бии-Хемского и Шуйского месторождений характеризуются умеренно повышенной активностью. Данные, полученные в результате измерений, будут использованы для оценки вклада строительных материалов в области фонового излучения.

ВЫВОДЫ

1. Сначала определили удельную активность радона и его дочерних продуктов в строительных материалах (песок, глина), добываемых из карьеров Тувы.

2. Отмечено, что глины Бии-Хемского и Шуйского месторождений характеризуются умеренно повышенной активностью.
3. Установлено, что удельная эффективная активность готовых изделий и сырья строительного материала, используемого при строительстве, не превышает 200 Бк / кг и соответствует санитарным нормам относительно содержания радионуклидов в строительных материалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Донгак О.О., Кендиван О.Д.С.* Измерения объемной активности природного радона на территории населенного пункта Суг-Аксы. В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 20-летию Тувинского государственного университета, Году народных традиций в Республике Тыва. Тувинский государственный университет. 2015. С. 225-226.
2. *Кендиван О.Д.С., Ховалыг А.А.* Экологическая оценка жилых помещений Мугур-Аксы на содержание концентрации радона //Успехи современного естествознания. 2014. № 3. С. 182.
3. *Кендиван О. Д.-С., Ховалыг А. А.* Процессы накопления радона-222 в помещениях, расположенных в сейсмоактивных зонах Тувы (на примере Монгун-Тайги) //Фундаментальные исследования. 2013. № 11. Ч. 7. С. 1344-1346.
4. *Кендиван О.Д.-С., Куулар А.Т.* Объемная активность радона в воздухе зданий дошкольных учреждений //Вестн. Ом. ун-та. 2014. № 2. С. 76-78.
5. *Кендиван О.Д.С.* Экспериментальные исследования радона в жилых помещениях поселка Кара-Хаак. В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодежи. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2017. С. 14-16.
6. *Шыырап Ч.М., Кендиван О.Д.С.* Объемная активность радона в жилых помещениях Терехольского района /В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 20-летию Тувинского государственного университета, Году народных традиций в Республике Тыва. Тувинский государственный университет. 2015. С. 257-258.
7. *Ооржак Ч.Н., Дыртык-оол О.А., Подгорнова Ю.А., Кендиван О.Д.С.* Объемная активность радона в жилых помещениях (на примере Пий-Хемского района /В сборнике: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 100-летию единения России и Тувы и в рамках реализации мероприятий Программы развития деятельности студенческих объединений. ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова». 2014. С. 146.
8. *Ондар А.А., Ооржак Ч.Н., Кендиван О.Д.С.* Объемная активность радона в жилых помещениях населенного пункта Тээли /В книге: Актуальные проблемы исследования этноэкологических и этнокультурных традиций народов Саяно-Алтая Материалы II международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 100-летию единения России и Тувы и в рамках реализации мероприятий Программы развития деятельности студенческих объединений. ФГБОУ ВПО «Тувинский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова». 2014. С. 145-146.
9. ГОСТ 30108—94. Материалы и изделия строительные: Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. М.: Госстандарт, 1994.
10. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарно-гигиенические нормативы СанПиН 2.6.1.2523—09. М.: Госстандарт, 2009.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОТИВОРАДОНОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ С ПОСТОЯННЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

А.С. Мосолова

студентка, nastia.mosolova@yandex.ru

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

Аннотация

Предмет исследования: исследуется проблема защиты зданий от радиоактивного газа радона. Проведён анализ статистических данных Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН о влиянии радона на человека, выявлены районы распространения.

Цель: повышение безопасности зданий, проектируемых в радоноопасных зонах.

Материалы и методы: формулируется постановка задачи, решение которой предлагается осуществлять методом эволюционного моделирования (генетических алгоритмов).

Результаты: рассмотрены классы противорадоновой защиты на основании [2], в соответствии с каждым классом приведены примеры проектных решений, создающих барьер для попадания радона в помещения, а также герметизирующих способов защиты, изучены преимущества инновационного полимерного материала R-COMPOSIT™ RADON. На основании проанализированных данных выявлена необходимость применения комплекса существующих методов защиты в зависимости от концентрации газа. Экономическая выгода комплексного подхода приведена в виде математической формулы.

Выводы: сформулированы необходимые мероприятия по защите зданий от радона, касающиеся нового строительства в радоноопасных районах и уже существующих зданий.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент времени строительная индустрия достигла уровня, позволяющего обеспечить общество максимально безопасными, комфортными для жизни зданиями. Однако в 20 веке было выявлен инертный радиоактивный газ радон, способный накапливаться в помещениях, влияние которого и на сегодняшний день является актуальной и достаточно серьёзной проблемой. При длительном воздействии на организм человека радон способен вызывать серьёзные заболевания дыхательных путей, причем наиболее подвержены воздействию радона дети и молодые люди до 20 лет. Основной путь попадания газа в помещения зданий – трещины в стяжке, стенах подвалов, стыки конструкций, поэтому при проектировании зданий в радоноопасных зонах(рис.1) необходимо предусматривать противорадоновую защиту фундаментов и подвальных перекрытий.

В РФ отмечаются высокие концентрации радона в следующих районах: в Ленинградской области, в Карелии, на Кольском полуострове, в Алтайском Крае, в районе Кавказских минеральных вод, на Урале и т.д

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для сбора данных о существующих методах защиты от радона использовались электронные ресурсы [1-5] – сайты производителей материалов R-COMPOSIT™ RADON и АЛЬФАПОЛ, содержащие информацию о свойствах материалов, их преимуществах и технологии использования.

СП 321.1325800.2017. применяется для изучения существующих вариантах исполнения конструкций подвальных перекрытий, создающих защитный барьер от проникновения радона в помещения, а также содержит методы защиты путём изоляции.

«Управление радиационным качеством строительной продукции» описывает технологические способы уменьшения воздействия радионуклидов на организм человека.



Рис. 1. Карта радоноопасных зон на территории РФ

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выявления актуальности проблемы защиты зданий от радона были проанализированы данные статистики Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН о воздействии радона на человека. Согласно этим данным, более 50% доз облучения естественными источниками обусловлено присутствием радона в окружающей среде (рис.2)

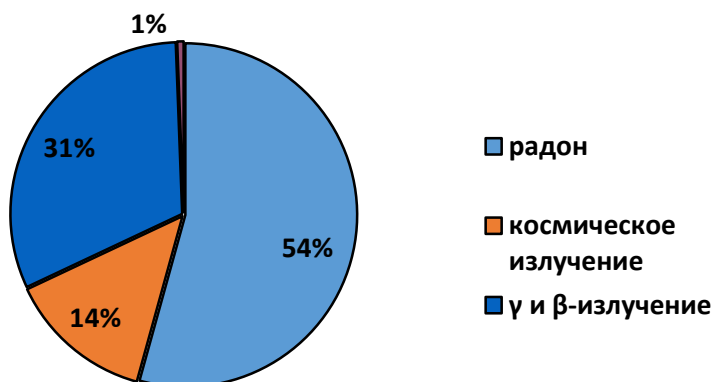


Рис. 2. Естественные источники облучения населения

Вопрос защиты зданий от радона поднимается на законодательном уровне по всему миру, в том числе в РФ в 1996 году вступил в силу Федеральный закон «О радиационной безопасности населения», который контролирует концентрацию содержания радона в помещениях.

В настоящий момент на территории РФ существуют 3 класса противорадиационной защиты зданий [1,2], которые определяются в зависимости от плотности потока радона на поверхности грунта и нормируются отдельно для каждого региона (табл. 1).

При проектировании зданий следует учитывать концентрацию газа в грунте, по возможности избегая потенциально опасных районов. При строительстве в радоноопасных зонах необходимо применять специальные методы защиты в зависимости от концентрации газа.

К методам противорадоновой защиты относятся:

1. Уменьшение концентрации газа в помещениях посредством принудительной вентиляции.
2. Пропитка ограждающих конструкций суспензией или эмульсией на битумной, латексной или полимерной основе для заполнения пор и микротрещин.
3. Конструктивные меры предотвращения попадания радона в помещения, которые предполагают выполнение перекрытий из монолитного железобетона классом не ниже В20 в целях минимизации дополнительных стыков, а также устройство трещиностойких узлов для создания дополнительного барьера (рис. 3).

Таблица 1. Классы защиты от радона

Характеристика противорадоновой защиты	Средняя по площади здания плотность потока радона на поверхности грунта, мБк/(м ² с)	Способы противорадоновой защиты
1 класс - противорадоновая защита не требуется	менее 80	
2 класс - умеренная противорадоновая защита	от 80 до 200	1. Принудительная вентиляция помещений 2. Герметизация путей поступления радона в здание
3 класс - усиленная противорадоновая защита	более 200	1. Герметизация путей поступления радона в здание 2. Депрессия основания фундамента



Рис. 3. Пример конструкции узла для дополнительного барьера

1. Устройство сплошных мембран из наплавляемых или приклеиваемых рулонных материалов на битумной или битумно-полимерной основе, выполняющих одновременно функции гидроизоляции.

2. Герметизация швов сборных конструкций, трещин и других дефектов ограждающих конструкций и перекрытий зданий с применением полимерных герметиков и мастик. Примером служит R-COMPOSIT™ RADON - это уникальные полимерные материалы на модифицированной мрамором латексно-акриловой основе, способные адсорбировать радио-

нуклиды и таким образом эффективно защищать помещения от радиоактивных газов, в том числе радона. [1].

3. Применение радонозащитных покрытий, таких как ровнителю пола и штукатурки АЛЬФАПОЛ. Преимущества данных покрытий в их долговечности, морозостойкости, трещиностойкости.

4. Депрессия грунтового основания фундамента, то есть понижение давления при помощи гравийной подушки под фундаментом возводимого здания и организации дренирования или вентиляции основания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексный подход, включающий в себя разработку специальных проектных решений, учет концентрации радона в грунте, а также использование новейших материалов может снизить дальнейшие затраты на обеспечение защиты зданий и уменьшить вероятность поражения радоном человека. Экономическая выгода такого подхода может быть выражена в виде решения задачи оптимизации на основе формулы:

$$C_{\text{mat}} + R \rightarrow \min$$

C_{mat} - затраты на обеспечение защиты зданий;

R – компенсация социальных потерь, вызванных поражением радона.

$$R = P(\overline{C}_1 + \overline{C}_2)$$

P – вероятность поражения радоном

\overline{C}_1 - стоимостное выражение социального ущерба в результате поражения радоном на 1 человека, постоянно пребывающего в радоноопасной зоне;

\overline{C}_2 - стоимостное выражение социального ущерба в результате поражения радоном на 1 человека, случайно оказавшегося в радоноопасной зоне.

Решение этой задачи можно получить на основе алгоритмов, оперирующих с дискретными множествами значений параметров. Перспективным с этой точки зрения является применение генетических итерационных схем методов твердотельного моделирования [7-12], активно используемых при решении задач оптимального проектирования строительных конструкций и организации производства.

ВЫВОДЫ

1. При новом строительстве в радоноопасных зонах необходимо применение комплекса мер по защите зданий для последующего снижения рисков социального ущерба

2. Уже существующие здания необходимо проверять на концентрацию радона и дополнительно герметизировать пути поступления газа в здания

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита от радона. R-COMPOSITRADON. Режим доступа: <http://www.inn-t.com/protivoradonovaya-zashchita-r-composit-radon> Дата обращения: 08.02. 2019.
2. СП 321.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты. – Введ.06-06-2018
3. *Ахременко С.А.* Управление радиационным качеством строительной продукции. Учебное пособие. Изд. Ассоциация строительных ВУЗов, Москва, 2000.
4. Чем вреден радон для здоровья человека? Режим доступа: <https://www.quarta-rad.ru/useful/vse-o-radiacii/chem-vreden-radon/> Дата обращения: 08.02. 2019
5. Ровнитель АЛЬФАПОЛ как защита от радоновой опасности. Режим доступа: <https://alfapol.ru/tegs/radonozashhitnye-poly/> Дата обращения: 08.02. 2019.
6. *Назирова Р.А., Тарасов И.В., Кургуз С.А., Пересыпкин Е.В.* Радонозащитные системы зданий на основе бетонов / журнал «Технологии бетонов», 2011
7. *Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация стальных ферм с учетом узловых соединений стержней // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5 (40). С. 28-37.

8. Курченко Н.С., Алексейцев А.В., Галкин С.С. Методика определения продолжительности строительства на основе эволюционного моделирования с учетом случайных организационных ожиданий // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 120-130.
9. Алексейцев А.В., Безбородов Е.Л. Эволюционный поиск параметров систем "протезирования" деревянных балочных конструкций // Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 3-11.
10. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 19-23.
11. Alekseytsev A.V., Akhremenko S.A. Evolutionary optimization of prestressed steel frames // Magazine of Civil Engineering . 2018. № 5 (81). С. 32-42.
12. Алексейцев А.В., Рожнов В.С., Курченко Н.С. Применение твердотельного моделирования в инженерном благоустройстве территорий // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 625-630.

БЛАГОУСТРОЙСТВО ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДСКИХ ПАРКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Е.В. Плюснина¹, А.В. Остякова²

¹ студентка, *pluskott@yandex.ru*

² научный руководитель, канд. техн. наук, доц., *alex-ost2006@yandex.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация

Предмет исследования: Проводиться исследование благоустройства водных объектов. Изучаются предпосылки и различные ситуации благоустройства, а также рассматриваются ошибки, допущенные при реконструкции, и их пути решения.

Цели: Провести исследование в области благоустройства водных объектов на территории Красногорского района. Проанализировать этапы и методы реконструкции водных объектов. Выявить проблемы, которые появились при благоустройстве водных объектов. Составить перечень мероприятий по благоустройству.

Материалы и методы: Для реализации цели был проведен анализ имеющихся литературных источников, нормативных документов. А также проведено несколько исследований, которые были описаны в следующих работах [1-2], направленных на анализ реконструированных водных объектов Красногорского района: озеро Лесное, озеро Торфянка, река Синичка и пруд Нижний в парке имени Карбышева.

Результаты: На основе оценки экологического состояния водных объектов Красногорского района предлагается проведение мероприятий по их благоустройству. Более подробно рассмотрены мероприятия для пруда Нижний, так как он еще не благоустроивался.

Вывод: Проведение мероприятий по благоустройству водных объектов проводятся для поддержания экологического состояния и сохранение объекта в целом.

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая безопасность водных ресурсов России является частью общей, государственной безопасности. Безопасность рационального природопользования обеспечивают экологические программы, которые связаны с развитием общества в социально-экономическом плане и обусловлены им. Именуемые экологические программы направлены на уменьшение сбросов и выбросов из источников воздействия в окружающую природную среду, на решение вопросов сохранения нормального экологического состояния окружающей среды на общегосударственном уровне и в муниципальных образованиях [3].

Проблемы охраны окружающей (городской) среды не могут быть решены без постоянно действующего механизма предупреждения, локализации и ликвидации отрицательных воздействий от реконструктивных мероприятий. Одним из элементов такого механизма является разработка природоохранных и ресурсоспроизводящих мероприятий в градостроительной деятельности. Это относится и к водным объектам на территории рекреационных зон городов. Городские водные объекты находятся под постоянным влиянием антропогенных факторов. Особенностью природного баланса озер и прудов является замедленный водообмен, склонность к заиливанию и постепенное уменьшение площади водоема, что сказывается на качестве воды в водоеме и ее использовании для нужд питьевого водоснабжения, санитарных нужд, купания отдыхающих, изменении качественного и количественного состава

ва флоры и фауны в пруду и прибрежной территории. поэтому важным является вопрос мониторинга состояния водоемов и своевременной их реабилитации.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

С целью сохранения нормального экологического состояния водоемов в условиях интенсивной урбанизации, сохранения рекреационных территорий в городе, и, в конечном счете, здоровья населения, в настоящее время проводятся научные исследования и различные мероприятия в этом направлении. Санитарной очистке и благоустройству водоемов, поддержанию качества воды в них посвящено много современных научных исследований [4, 5], проводятся, хотя и в недостаточном объеме, инженерные, организационные мероприятия по экологической реабилитации водных объектов [6]. При современных темпах урбанизации значительно сокращаются территории с естественным ландшафтом, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды. Чтобы уменьшить эти негативные явления, а также в целях борьбы с загрязнением и шумом предусматривают специальные мероприятия.

В Московской области действует программа, в рамках которой выполняются проекты и работы по развитию парковых территорий. Например, в Красногорске администрация города ведет работу по благоустройству парковых территорий, включая пруды и озера, которых в районе Красногорска немало [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экологическое состояние объектов на данный момент

Рассмотрено экологическое состояние водных объектов Красногорского района: оз. Лесное, оз. Торфянка, р. Синичка и пруд Нижний в парке имени Карбышева. Данные объекты различны по своей структуре, географическому месту расположения и особенностям.

1. Фотография и схема озера Лесное представлены на рис. 1. Площадь озера 20 100 м², глубина местами достигает 3,5 м. По его берегам, длиной $L=655$ м, наблюдаются обильно произрастающие сообщества водных и околоводных растений, таких как: камыш, рогоз, мох и болотные травы. Это мощнейшие биологические фильтры, которые надежно защищают озеро от загрязненных поверхностных вод, поступающих в озеро и сохраняют способность водоема к самоочищению от вредных веществ антропогенного происхождения. Озеро проточное - это предотвращает его заиливание, развитие анаэробных процессов и заболачивание.



Рис. 1. Фото и схема озера Лесное

Экспертным советом МОО «Экологический союз» по просьбе жителей мкр. Опалиха г. Красногорска проведен экологический аудит озера Лесное на предмет соответствия мероприятий по предполагаемому благоустройству (берегов и водоема) требованиям экологического законодательства. Специалисты пришли к выводу, что любое вмешательство приведет к уничтожению озера как природной экосистемы. Поэтому категорически запрещено проводить инженерные и другие мероприятия, такие как работы по изменению размеров водоема, делать берегоукрепление, расчищать и засыпать дно, нельзя вырубать кустарник и камыш.

Важно исключить попадание строительных отходов, канализационных, поверхностных стоков в озеро [8].

2. Озеро Торфянка естественного происхождения. Длина береговой линии $L=852$ м. В 2013 году водоем начал мельчать и заболачиваться, по берегам разрослись камыши. В связи с заиливанием родники, питающие озеро, перестали выполнять свою функцию, в засушливые годы озеро стало осушаться. Следует отметить, что риск осушения увеличился благодаря забору воды техникой для стройки, - в близлежащей территории велись строительные работы. В 2015 году были первые попытки благоустройства берега озера поднятием береговой линии. С 2016 по конец 2018 гг. идет процесс очистки и углубления озера [8, 9].

3. На примере обследования р. Синичка можно увидеть, как с течением времени изменялась структура реки, ее водный баланс и близлежащая территория. Русло и берега р. Синичка с 60-х годов XX в. изменялись под воздействием человеческой деятельности (см. рис. 2). В 60-х была построена плотина, что привело к образованию водоема в юго-восточной части реки. В 2000-х годах плотина, разделяющая верхнюю и нижнюю части реки, пришла в аварийное состояние. Через плотину по трубе вода подавалась в нижнюю, юго-восточную часть реки, в недостаточном количестве, поэтому р. Синичка ниже по течению обмелела, уровень воды упал на 3 м, и образовалась широкая пойма. Зона осушения реки 3,5 км. Проект комплексного ремонта, прошедший государственную экспертизу и рассчитанный на два года, в 2011 году включал следующие работы: восстановление плотины, очистку дна, земляные работы по берегоукреплению (отсыпка берегов грунтом), установку габионов с укреплением берегов натуральным камнем, реконструкцию водосбросной шахты в плотине, санацию труб и благоустройство тела плотины и прилегающей территории [8, 9]. К концу 2018 года было выполнено 10% работ по восстановлению плотины. К невыполненным работам относятся следующее: не реконструирована водосбросная шахта, не проведен ремонт плотины, не укреплен берег, не проведена санация труб.

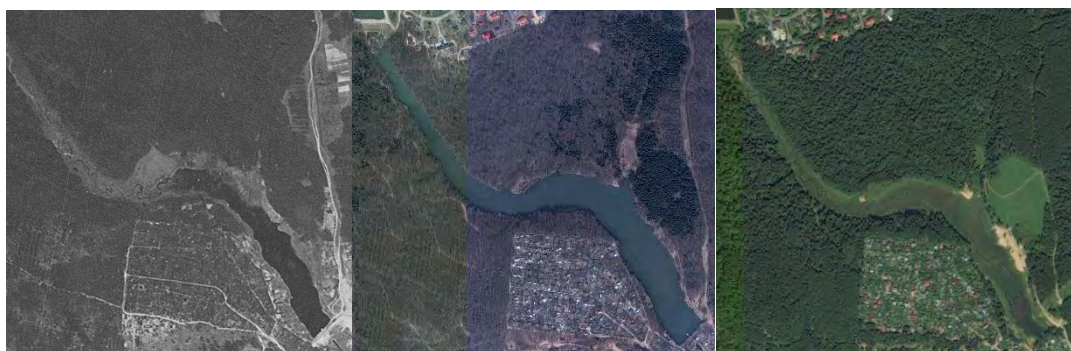


Рис. 2. Фото р. Синичка со спутника 1966, 2007 и 2019 годов (слева направо).

4. Пруд Нижний в парке имени Карбышева (пгт. Нахабино) на 2018 год пока что не был реконструирован, обследуя его, можно выявить благоприятные пути реконструкции и благоустройства близлежащих территорий (рис. 3, в).

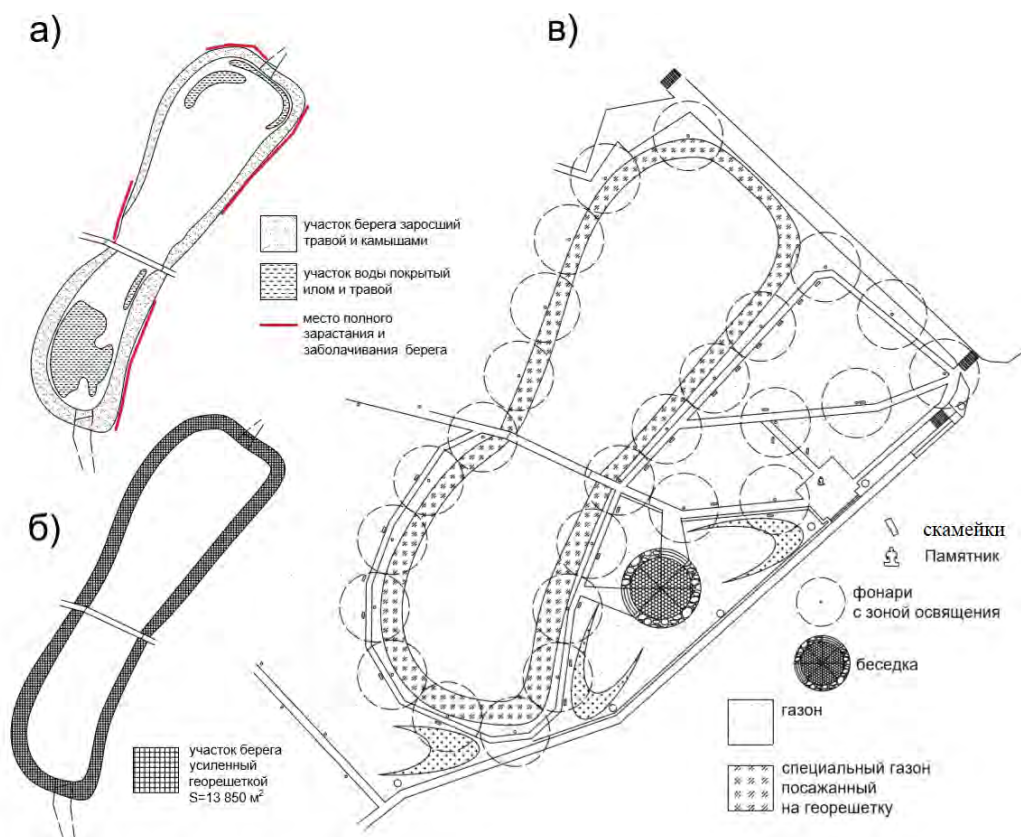


Рис. 3. Благоустройство пруда Нижний в парке имени Карбышева: а) зоны заболачивания и зарастания; б) зона установки георешетки; в) благоустройство пруда Нижний

На территории парка в данный момент отсутствуют элементы благоустройства: дорожки, скамейки, освещение, малые архитектурные формы – все те необходимые компоненты, которые прописаны в нормах [10]. Пруд не имеет тенденции к осушению, подвержен заболачиванию, - это видно по степени зарастания береговой линии пруда травой и камышами. На основе визуального обследования пруда составлена схема (рис. 3, а) зон заболачивания: при площади зеркала пруда 2100 м^2 зона заиливания составляет 46 %, зона зарастания составляет 22 %. Уровень заболачивания превышает 50 % - это опасный уровень для пруда.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе оценки экологического состояния водных объектов Красногорского района Московской области предлагается проведение мероприятий по их благоустройству:

1) Оз. Торфянка: для дальнейшего улучшения экологического состояния озера следует ускорить работы по благоустройству;

2) Р. Синичка: на официальном сайте Красногорска указано, что будут проводиться мероприятия по реконструкции плотины [8, 9]. Возможно продолжение реконструкции плотины и водохранилища, что положительно воздействует на природные, социальные и экономические условия в зоне реки. А также возможно рассмотрение нового проекта, который сможет использовать осушение реки в положительных целях для создания новой зоны отдыха взамен поймы реки. Они включают работы по благоустройству реки и близлежащей территории согласно нормативным документам [10, 11];

3) Пруд Нижний (см. рис. 3): следует провести ряд мер по восстановлению чистоты воды пруда, вручную или механизированным способом удалить весь растительный мусор (сорняки, ветки) по береговой линии и на поверхности воды, чтобы поддержать нормальную экосистему и предотвратить цветение воды. Укрепить берега габионами или георешетками (рис. 3,б)) по всей длине берега, которая составляет $L=494 \text{ м}$. Для предотвращения заболачивания

следует высадить деревья и кустарники с разной корневой системой. Состав работ по берегоукреплению георешеткой следующие [12]: удаляется вся растительность вдоль берега; удаляется верхний слой почвы с последующим выравниванием удалением корневища и другого мусора; установка георешетки (разостлание на земле и фиксация); соединение георешетки с другими частями; заполнение ячеек землей; посев различной растительности. Преимущества георешетки в легком монтаже, не изменяет внешний вид берега, сравнительно дешевый материал. Другие мероприятия по благоустройству см. табл. 1.

Таблица 1. Мероприятия по благоустройству пруда Нижний в парке им. Карбышева

№	Мероприятия по благоустройству	Объем работ
1	Очистка берега от травы и различного мусора	462 м ²
2	Очистка воды от мусора, ила и различных растений	966 м ²
3	Берегоукрепление: -срезка растительного слоя вдоль берега; -поднятие берега на 0,5 м землей; -установка георешетки; -засыпка землей;	13 850 м ² 6 925 м ³ 13 850 м ² 692,5 м ³
4	Укладка дорожек: -шириной 2 м -прочее	400 м 100 м
5	Установка фонарей	27 штук
6	Установка скамеек	26 штук

ВЫВОДЫ

Мероприятия по благоустройству водных объектов проводятся с целью поддержания экологического состояния, сохранения рекреационных территорий в городе, здоровья населения и придания эстетического вида природным объектам. На примере водных объектов Красногорского района были выявлены мероприятия по реконструкции, а также конкретные особенности объектов. Следует проводить работы по благоустройству с меньшим промежутком времени и количеством работ. Не всегда проведение реконструированных работ может благоприятно сказаться на водном объекте. Для получения качественного результата следует руководствоваться нормативными документами. Следует проводить углубленные исследования по реабилитации водных объектов и основываться не только на теоретические знания, но и на практические. Вышеуказанные мероприятия по благоустройству водных объектов возможны в реализации. Будут проводиться в данной области еще более точные обследования и расчеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plyusnina Y., Ostiakova A. Safe operation and reconstruction of urban water bodies in the park complexes. MATEC Web of Conferences 251(2018).
2. Плюснина Е.В., Остякова А.В. Риски, возникающие при реконструкции городских водных объектов в парковых комплексах // Дни студенческой науки 3-5 марта 2019. М. : ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ». 2019.
3. Неверова-Дзионак Е.В., Цветкова Л.И., Макарова С.В., Киселев А.В. Об экологической безопасности водных объектов // Современные проблемы науки и образования. № 3. 2012.
4. Балова Е.К., Волианик В.В., Суздалева А.Л. [Натурное исследование антропогенного влияния на качество воды в реке Протве](#) // [Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании](#) сборник материалов международной научной конференции. М. : ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2017. С. 859-866.

5. Кузовлев В.В., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. [Содержание биогенных веществ в воде озер Песьво и Удомля](#) // Труды VI Всероссийского симпозиума с международным участием. 2017. - С. 120-123.
6. Постановление от 21.03.2017 № 193/9 «О внесении изменений в государственную программу Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2017-2026 годы».
7. Сайт администрации Красногорска. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://krasnogorsk-adm/news/straregiyu-razvitiya-parkovyh-territiy-krasnogorska-predstavil-glava-gorodskogo-okruga-radiy-habirov.html>. Дата обращения: 28.09.18.
8. Сайт КрасногорскОнлайн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.krasnogorskonline.ru>. Дата обращения: 05.03.19.
9. Сайт администрации Красногорска. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://krasnogorsk.ru>. Дата обращения: 05.03.19.
10. СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий».
11. СанПиН 2.1.5.980-00 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. Минздрав России. Москва, 2000.
12. Ким А.И., Кондаков Е.И. Принципиальные схемы конструктивно-технологических решений по применению объемных георешеток «прудон-494» и примеры их реализации в транспортных сооружениях // Технические решения разработаны ОАО «494 УНР». - [Электронный ресурс]. 2002. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/11/11433/>. Дата обращения: 05.03.19.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РОБОТОВ. ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

С.И. Румянцев¹, А.А. Румянцева², Е.Ю. Челекова³

¹ студент 1 курса 35 группы ИСА, flydelyx@mail.ru

² магистрант 1 курса 22 группы ИСА, alen.suvorova2011@yandex.ru

³ канд. техн. наук, доц. кафедры КБС, kiara_lion@mail.ru.

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Аннотация: Предметом исследования данной статьи является анализ представленных на рынке образцов противопожарных роботов и их функций. Предметом исследования стала модель противопожарного робота с функциями отличными от моделей, представленных на рынке. Цель есть построение первичной модели, основываясь на действиях пожарных подразделений. В качестве материалов использовалась научная литература совместно с параметрами уже применяемых противопожарных роботов. Результатом исследования стало построение модели. В ходе исследования было выяснено что ниша противопожарных роботов не заполнена большим количеством экземпляров со всевозможными функциями и построение работоспособной модели, представленной в статье может стать альтернативным взглядом на использование роботов для помощи подразделениям пожарной охраны.

ВВЕДЕНИЕ

Робот – это автоматическое устройство, предназначенное для осуществления различного рода механических операций, которые действуют по программе.

Целью применения из определения является замена человеческого труда как менее эффективного и более ценного.

Впервые противопожарные роботы были использованы в России 1986 году в ходе ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Актуальностью данной работы есть:

Применение инновационных разработок в области создания роботизированной техники для спасения людей при пожаре.

Использование роботизированной техники без привлечения человека.

Использование роботизированной техники в экстремальных условиях пожара (Высокая температура, высокая концентрация токсичных газов).

Использование роботизированной техники в качестве комбинированного средства «Спасение-эвакуация-оповещение»

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Согласно представленным экземплярам противопожарных роботов в интернете, основная часть предназначена для тушения пожаров. Разнообразные модели представлены в виде пожарного ствола, различного расхода и напора, на колёсной базе или же комплекса типа ПР*ЛСД*С20У*ИК, представляющий собой комплекс автоматического выявления пожара и подачи огнетушащего вещества. Далее идут роботы обнаружения возгорания большую долю из которых составляет комбинации тушения + обнаружения. Представители данного вида роботов представлены дронами для обнаружения лесных пожаров и комплекса, представленного выше. Также возможно выделить долю противопожарных роботов чья функция — это ликвидация завалов, и наименьшей долей из среди всех моделей составляют роботы эвакуации людей, заблокированных опасными факторами пожара.

Далее, на рисунке 1, представлена диаграмма количества роботов относительно их функций.



Рис. 1. Диаграмма количества пожарных роботов в зависимости от предназначения

В России уже существует нормативная база для проектирования и создания противопожарных роботов что говорит о их эффективности и нарастающей востребованности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведя анализ функционала противопожарных роботов, было выявлено возможное направление по использованию роботов. Им стало спасение людей в условиях пожара с высотных зданий и помощь пожарным подразделениям. Основываясь на необходимых мерах по обеспечению безопасности людей и имущества, а также действиях служб по предотвращению пожаров, было принято решение моделировать робота. Порядок построения модели основывался на: 1) Выявлении необходимой функции; 2) Связь между функцией и объектом способным её выполнять. 3) Интегрирование объектов на предполагаемый корпус, оставляя место для построения конструктивной части, отвечающей за передвижение, управление и т.д. 4) Подбор габаритов и увязка всего функционала на корпусе машины. Метод моделирования позволяет наглядно показать, как будет выглядеть модель, как сочетаются подобранные детали друг с другом, так же при помощи модели задается дальнейший вектор сборки.

РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предполагается что робот будет выполнять следующие функции:

- Прибытие до пожарных подразделений на место аварии за счёт габаритов и скорости. Проблемой для пожарной техники в многонаселённых городах становятся пробки, поэтому пожар к моменту подачи первого ствола может распространиться больше чем предполагается проектной документацией.
- Оповещение людей о прибытие техники тем самым организуя места для расположения пожарных машин. От части эта проблема уже была озвучена выше, из-за большого количества машин и не соблюдения правил парковки, во многих местах, подъезды и площадки для пожарной техники могут быть заблокированы автолюбителями.
- Возможность движения по лестнице до очага пожара с попутным информированием людей заблокированных ОФП при помощи трёх колёс, расположенных под углом 120о относительно друг друга радиус отдаления колеса от оси, выбирался по значениям размеров стандартных ступенек, приведенных в ГОСТ 8717.0-84 (Ступени железобетонные и бетонные.). Данная способность является основополагающей для робота, предназначенного эвакуировать людей с высотных этажей.
- В случае прибытие на место аварии где очаг пламени не распространился на большую площадь робот может потушить пожар класса А объёмом до 150 м³, а класса В до 60 м³ либо использован как средство локального тушения на путях спасения людей. Данные показатели возможно достичь при использовании порошкового модуля пожаротушения

«Тунгус 10». Для его характерны максимально удовлетворяющие модель габариты и возможность установки выпускаемым отверстием вверх или под 45° . Порошковый модуль является самым доступным, легко устанавливаемым и запускаемым, дешёвым и заменяемым среди всех модулей тушащих веществ. Использование модуля вынуждает установить минимальную массу робота в 35 кг для ликвидации инерции выпуска порошка в очаг возгорания. Дальность струи выпуска «Тунгус 10», по данным производителя, 16 м.

- Предусмотрев скобы, замки возможно доставлять средства индивидуальной защиты и необходимое оборудование пожарным и заблокированным дымом или пламенем людям.

- Основной функцией робота выделяющего его от остальных моделей есть эвакуация с высотных этажей здания с помощью лебедки, которую можно соединить с задней осью трансмиссии. Данная функция при воплощении сможет конкурировать с само спасом цена которого на данный момент составляет 21990 р. Подъёмная масса лебёдки, которую можно установить, достигает 190 кг.

- Возможность помощи в эвакуации пострадавших от пожара, при замене использованного порошкового модуля на кресло. Данная функция предназначена снизить нагрузку на пожарных, вынужденных эвакуировать людей через протяжённые коридоры если ближайший эвакуационных выход заблокирован.

- Информирование о предельных состояниях ОФП и времени которое осталось находится в помещении звеньям ГДЗС.

- Помощь при разборе завалов, за счёт лебёдки.

- Обеспечение связи между пожарными находящимися внутри и снаружи здания, для информирования о внешнем состоянии здания, для координирования действия.

- Освещение задымленных помещений.

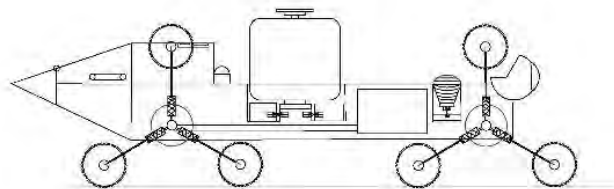


Рис. 2. Модель противопожарного робота. Вид сбоку

На рисунке 2 приведен пример компоновки модели с использованием порошкового модуля, комплекса оборудования, предназначенного для анализа параметров окружающей среды в условиях пожара, звуковым динамиком, световыми фарами и сигнализаторами синего и красного цвета, и ящиком для перевозки оборудования.

Система лебёдки для эвакуации с высотных этажей, возможно, соединить с трансмиссией агрегата, как показано на рисунке 3.

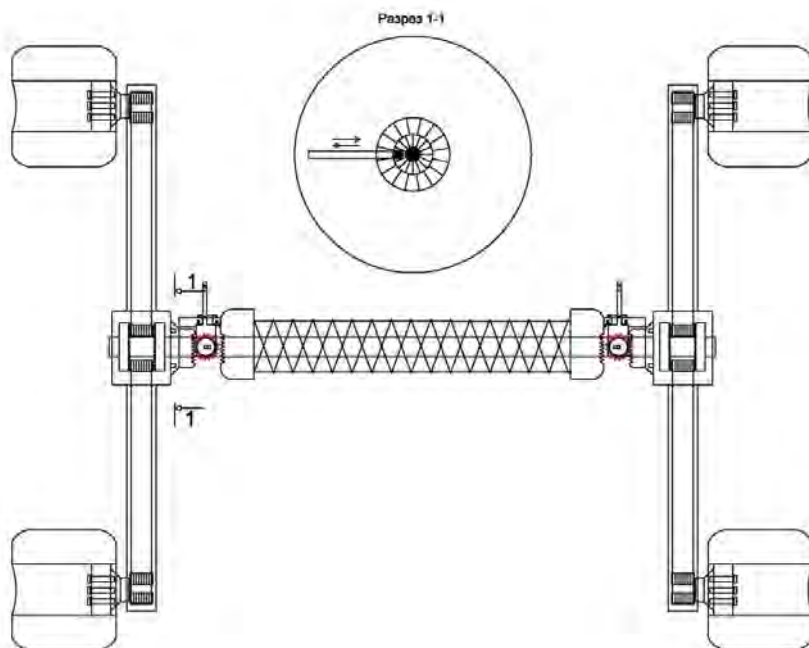


Рис. 3. Система лебёдки, встроенная в трансмиссию

В качестве материала, используемого в конструкции робота, целесообразнее использовать хромированные металлы, так как при излучении от пламени не маловажную роль играет степень черноты, влияющая на поглощения тепла. Так же в подборе материала должны влиять такие параметры как теплопроводность, толщина, масса, температура плавления и т.п. что является темой дальнейших исследований.

Предполагаемая модель робота должна приводиться в действие электродвигателями, питающимися высокотемпературными литиевыми батареями. Использование ДВС (двигатель внутреннего сгорания) в качестве органа приведения в действия робота мы посчитали не безопасно в связи с возможностью взрыва робота под воздействием высоких температур, что в свою очередь приведёт к гибели людей. Так же электричество позволяет экономить пространство для компоновки и является как эффективней, так и более экологичным чем двигатель внутреннего сгорания.

ВЫВОД

Создание противопожарных роботов является перспективным направлением для увеличения безопасности людей, облегчения и увеличение эффективности действий пожарных подразделений.

В свою очередь возможная многофункциональность модели, приведенной выше требует более детального рассмотрения для выявления эффективности при использовании в реальных условиях.

Основным показателем востребованности, на ряду с эффективностью применимых функций, есть экономическая выгода. На первичной модели, представленной в статье, невозможно сказать о экономической выгоде по использованным материалам. Можно только сделать предварительный вывод, что количество высоток каждый год растёт, а использование хотя бы одного самоспаса на этаж здания ведёт за собой большие расходы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.2.072-98 Роботы промышленные. Роботизированные технологические комплексы. Требования безопасности и методы испытаний
2. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования

3. ГОСТ Р 50680-94 Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний
4. ГОСТ Р 50800-95 Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний
5. ГОСТ Р 53329-2009 Техника пожарная. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний
6. ГОСТ 8717.0-84 (Ступени железобетонные и бетонные.)

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК И МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ

М.С. Юсупов¹, Д.А. Абдуллаева²

¹ студент 4 курса, tagamettjab@mail.ru

² ассистент, dabdullayeva1972@gmail.com

^{1,2} Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства,
Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д. 39

Аннотация. Для контроля уровня воды используют различные методы и элементы автоматики (датчики). Рассмотренный гидростатический метод измерения уровня основан на определении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара. Для измерения уровня жидкости были выбраны гидростатические зонды LGC.

Зонды уровня серии LGC являются датчиками гидростатического давления и определяют температуру вместе установки датчика. Соответствующий преобразователь трансформирует сигнал термопреобразователя сопротивления в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Развитие новых экономических отношений и многообразие форм собственности, существенное снижение технического и производственного потенциала водохозяйственной отрасли определяют необходимость разработки принципиально иных форм и методов метрологического обеспечения процессов водопользования. В наибольшей мере это относится к области водоучета и водоизмерения на водохозяйственных объектах. Постоянно возрастающий спрос на информацию приводит к необходимости применения в системах измерения технических средств автоматики обеспечивающих постоянное измерение[1].

ЦЕЛЬ

В данной статье основной целью является, выбор наиболее эффективных методов и элементов автоматики для измерения уровня воды. И был рассмотрен гидростатический метод с гидростатическими зондами LGC и их установкой, а также их достоинства при измерении уровня.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для измерения уровня воды используются различные методы измерения. Рассмотрим гидростатический метод измерения уровня, данный метод измерения уровня основан на определении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара. Величина гидростатического давления на дно резервуара (p) зависит от высоты столба жидкости над измерительным прибором (h) и от плотности жидкости (ρ): $p=\rho gh$, соответственно $h=p/\rho g$, где $g=9,81$ м/с² (это справедливо только для неподвижных жидкостей). Пьезорезистивный тензодатчик (или ёмкостный керамический измерительный преобразователь, который не заполнен усредняющим давлением веществом) связан с измеряемой жидкостью через изолирующую мембрану из нее ржавеющей стали и вещество, усредняющее давление. Выходной сигнал тензодатчика преобразуется формирователем в сигнал, соответствующий уровню жидкости. Пена, отложения, изменения электрических свойств жидкости и форма резервуара не оказывают влияния на результат измерения при реализации гидростатического метода.[1]

Атмосферное давление должно быть скомпенсировано; изменение плотности жидкости может быть причиной ошибки измерения. Для измерения уровня жидкости рассмотрим гидростатические зонды LGC.



Рис. 1. Гидростатические зонды серии LGC

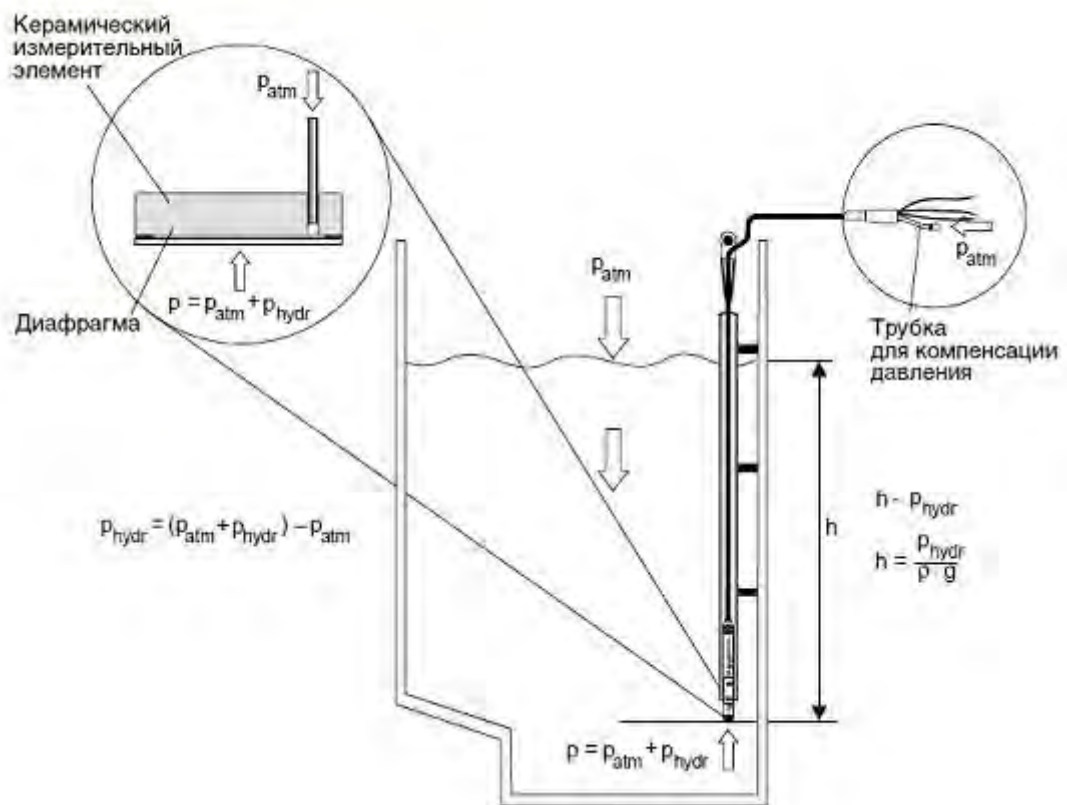


Рис. 2. Физические принципы функционирования гидростатической измерительной системы

Условные обозначения: h - высота уровня жидкости; p - общее давление (гидростатическое атмосферное); ρ - плотность измеряемой среды; g - ускорение свободного падения; p_{hydr} - гидростатическое давление; p_{atm} - атмосферное давление.

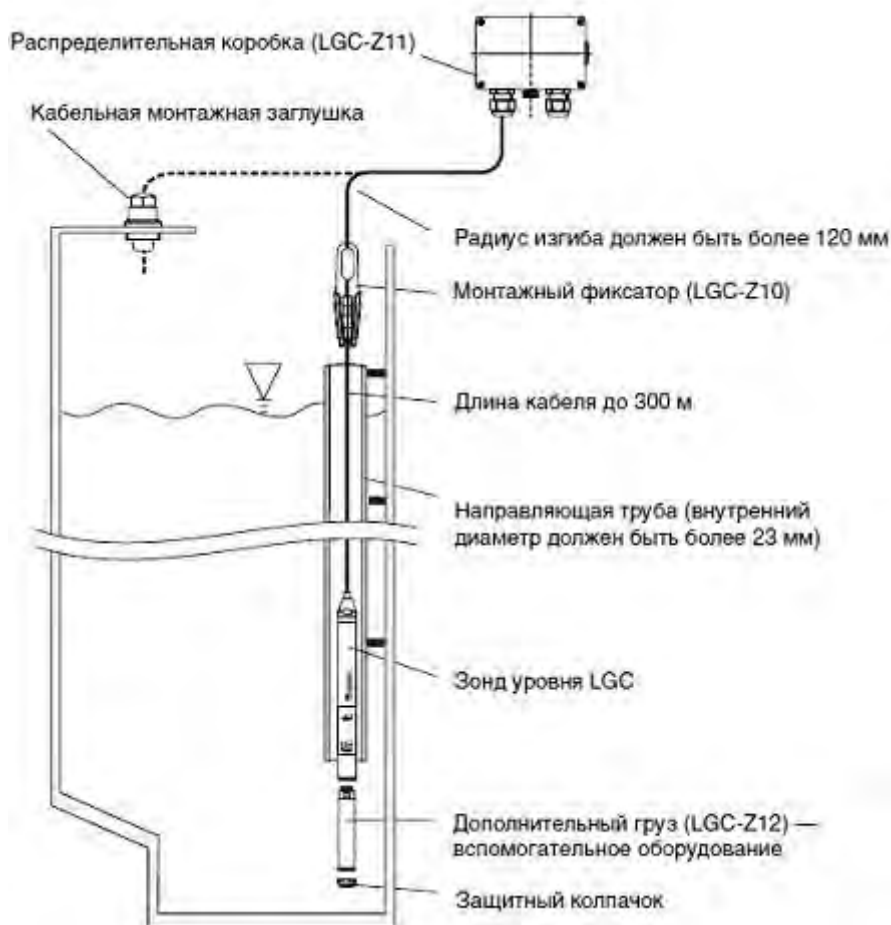


Рис. 3. Пример установки гидростатического зонда уровня

На примере изделий фирмы Pepperl Fuchs, которая в настоящее время предлагает измерительные зонды серии LGC и ряд датчиков гидростатического давления под общей торговой маркой Varcon (PCCM20, LHCCM20, PCCM10, LHCCM40).

Зонды уровня серии LGC (рис. 1) являются датчиками гидростатического давления и определяют температуру вместе установки датчика. Соответствующий преобразователь трансформирует сигнал термопреобразователя сопротивления в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. Керамический измерительный элемент зонда является «сухим», то есть давление воздействует непосредственно на прочную керамическую диафрагму датчика и вызывает её перемещение максимум на 0,005 мм. Влияние атмосферного давления, действующего на поверхность жидкости, устраняется посредством его приложения через специальную трубку для компенсации давления к задней стороне керамической диафрагмы (рис.2). Изменения ёмкости, вызванные перемещением диафрагмы под действием давления, выявляет керамический измерительный элемент. Электронная часть датчика преобразовывает их в сигналы, пропорциональные текущим значениям давления, которое связано линейной зависимостью с величиной уровня измеряемой среды. На рис. 3 представлен пример монтажа гидростатического зонда уровня серии LGC. Необходимо отметить следующие моменты: q боковое перемещение кабеля зонда может вызвать ошибки измерения, поэтому зонд необходимо устанавливать в месте, где отсутствуют движение жидкости и турбулентные потоки, или применять направляющую трубу с внутренним диаметром более 23 мм; q конец кабеля должен размещаться в сухом помещении или соответствующей распределительной оболочке;

защитный колпачок предназначен для предупреждения механических повреждений измерительного элемента.[2]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе был рассмотрен гидростатический метод измерения уровня жидкости, этот метод измерения уровня основан на определении гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара. В качестве элемента автоматики для измерения уровня жидкости были выбраны гидростатические зонды LGC, их установка и принцип работы.

ВЫВОДЫ

Таким образом можно отметить основные достоинства гидростатического метода и датчиков это: точность измерения; применим также и для загрязнённых жидкостей; реализация метода и датчиков не предполагает использования подвижных механизмов; соответствующее оборудование не нуждается в сложном техническом обслуживании. Поэтому гидростатический метод и датчики очень часто используются для измерения уровня воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданкин В. Приборы для измерения уровня. М. 2001
2. Westerst. The door two worlds Mannheim. Pepperi + Fuchs PA. 2004.

Секция 4. RELIABILITY OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

INVERSE ANALYSIS APPLICATION FOR DETERMINING OF SOIL MODULUS ON THE BASIS OF STATIC LOAD TEST

N. Dudek¹, J. Rybak²

¹B. Eng, MSc student, 225219@student.pwr.edu.pl

²Co-author and scientific tutor – PhD, Assistant prof.

^{1,2}Wrocław University of Science and Technology, Wyb. Wyspińskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland.

INTRODUCTION

Ground deformation modulus E_0 may be derived on the basis of both: in-situ and laboratory methods. The most common in-situ methods are based on indirect analysis of CPTU testing (cone penetration testing), pressurimeter, dilatometer and dynamic probing. Laboratory testing can be performed by means of triaxial testing (preferably) or uniaxial testing. Both primary compression modulus and unloading-reloading moduli [1] may be derived on the basis of strain-stress graph.

The basic problem in further deformation analysis is the complicity between moduli obtained in course of geotechnical investigation and the real stiffness parameters in the soil body for the actual case considered (piles, foundations, retaining structures) [2,3]. In all those cases the deformation parameters may be derived on the basis of so-called back analysis (inverse analysis, combined analysis) [4]. The procedure called “observational method” originally developed by Terzaghi and Peck is widely used for deep foundation and excavation design. An example of such analysis is given in the work of Popielski [5] describing case studies from Warsaw (Poland).

ASSUMPTIONS AND DATA FOR COMBINED ANALYSIS

The current study shows the results of inverse analysis used to derive ground modulus on the basis of Static Load Test of large diameter foundation pile. The data were obtained on the building site of New Zernicki Bridge abutments in Wrocław (Poland). The bored piles were 12.0 m long and 1.20 m in diameter.

Static Load Test (SPLT) are used mainly prove pile capacity or as reference method for other ways of computing or dynamic testing. The load is applied in constant steps (in defined time rates or in time needed for the settlement stabilization). The results is given on load – settlement graph ($Q - s$) and may be prolonged by means of various extrapolation methods [6]. Exemplary load – displacement curves ($Q - s$), used for the current study for piles T – 34 and T – 19 are given on Figure 1 and Figure 2.

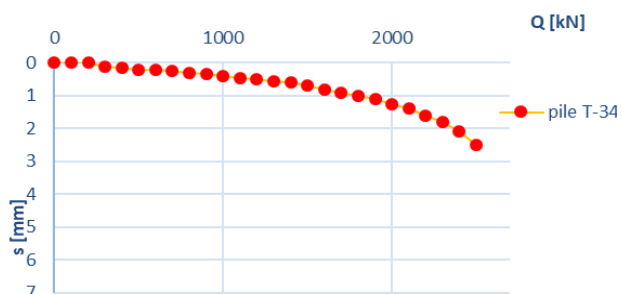


Fig. 1. Data from static load test of large diameter pile (T-34)

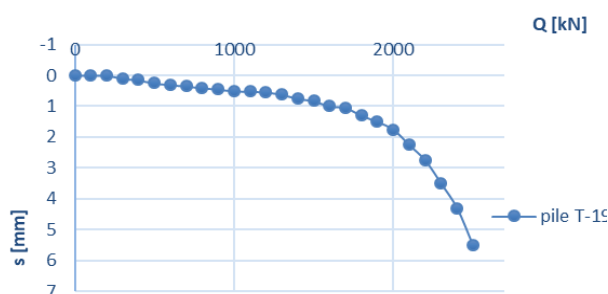


Fig. 2. Data from static load test of large diameter pile (T-19)

The transferred formula from the Polish standard PN – 83/B – 02482 makes it possible for back calculating the ground deformation modulus:

$$E_0 = \frac{Q_n}{h \cdot s} I_w \quad (1)$$

where: E_0 – ground deformation modulus, assumed in section 4.6 of the standard PN-83/B-02482, Q_n – pile load along its axis, I_w – settlement effect coefficient, h – length of pile, s – pile settlement

The method enables for determining ground deformation modulus and further investigation of other ground parameters like: Poisson ratio, angle of internal friction and cohesion [7,8].

THE IMPACT OF SETTLEMENT EFFECT COEFFICIENT ON GROUND DEFORMATION MODULUS IN BACK ANALYSIS

Stiffness of the ground cannot be drawn directly from equation (1). As the settlement effect coefficient (I_w) is dependent on ground deformation modulus (E_0), the back analysis must be performed in stages. The initial value of ground modulus ($E_0 = 20$ MPa) was taken directly from geological documentation of the building site. Then, step by step this value was increased to obtain the equity according to (1). Other parameters needed for the computation like the depth of stiff soil layers below the pile, pile slenderness $h/D = 10.0$ and its cross-section ($D=1.2$ m) and pile material stiffness (modulus of the concrete = 30 GPa) were taken as in the real conditions.

All the information given on Figures 3-5 confirm that in the case analysed, the value of soil modulus is not constant and is highly dependent on the actual strains in the ground. For low strains, at the beginning of the loading process, the ground (or the pile as the support) is very stiff and corresponding pile settlement is relatively small. When the load increases, the settlement increases and the corresponding value of soil modulus tends to decrease.

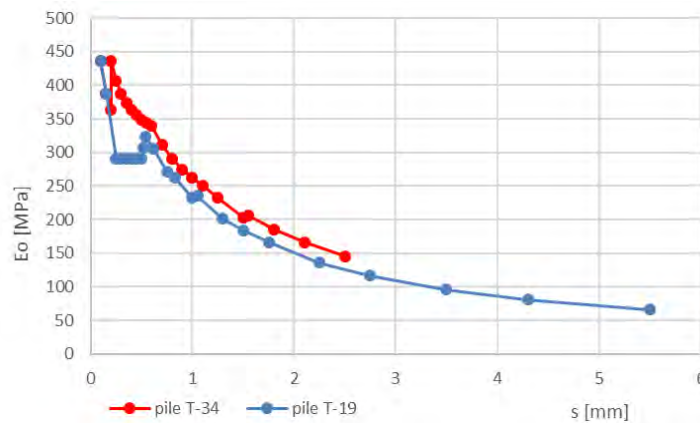


Fig. 3. Deformation modulus-settlement relationship for piles T – 19 and T – 34 $R_n = 0.80$ and $I_{ok} = 1.5$

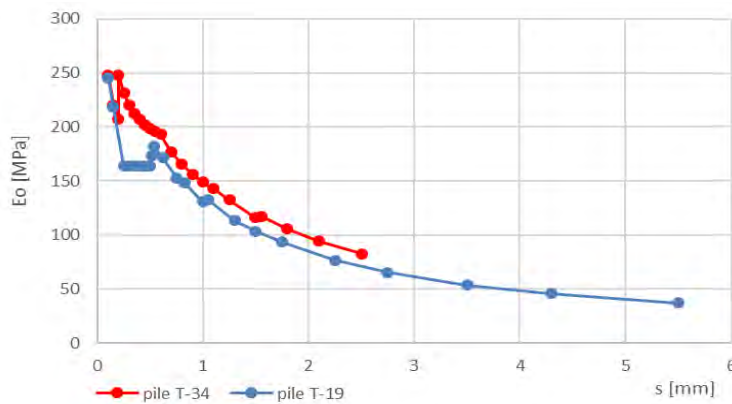


Fig. 4. Deformation modulus-settlement relationship for piles T – 19 and T – 34 $R_n = 0.70$ and $I_{ok} = 1.3$

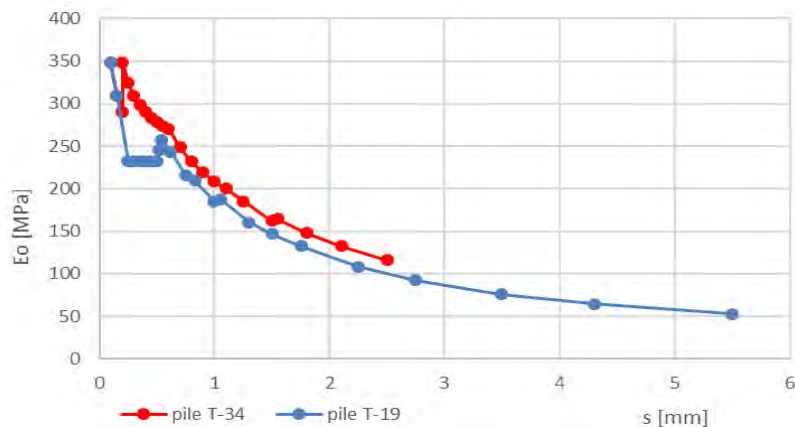


Fig. 5. Deformation modulus-settlement relationship for piles T – 19 and T – 34 $R_h = 0.75$ and $I_{ok} = 1.7$ with initial $E_0 = 100$ MPa

The results from the procedure for two piles (T–19 and T–34) were averaged. The result for one pile was $E_0 = 230.73$ MPa and for the second one, which had higher settlement, was $E_0 = 181.14$ MPa. The average value for two piles was $E_0 = 205.94$ MPa. One may notice that no matter of the initial values of ground stiffness, the final results of averaged ground deformation modulus for the entire test does not differ much than 5%.

CONCLUSIONS

It is of importance to verify and to control the value of ground deformation modulus which affects the settlement values [9]. The inverse analysis allows for verification the ground displacement modulus. It can find wider application as we are not always able to determine all necessary geotechnical parameters with in situ testing and laboratory studies. The data given in geological documentation not always lead to good results because they not necessarily match parameters actually existing in the subsoil. However, one can be quite dubious about application of Coulomb – Mohr model in the inverse analysis. When the linear elasticity is assumed, estimated values of deformation modulus can be inflated as in this method the small loads cause too large ground deformations.

REFERENCE LIST

1. Bouassida M, Said I, About estimation of settlement by the oedometric and pressuremeter methods, *2nd Int. Conf. on Geotech. Eng. October 25-27, Hammamet - Tunisia*, **1**, 777-786, (2010)
2. Poulos H.G, Davis E.H, H.G. Poulos, E.H. Davis, *Pile foundation analysis and design*, Rainbrow-Bridge Book Co., (1980)
3. Bagińska I., Wyjadłowski M., Sacha M., Study of the results of static CPTu test for capacity calculation of the pile. *17th Int. Multidiscip. Sci. GeoConf., SGEM 2017, Albena, Bulgaria*, **17 (12)**, 825-832, (2017)
4. Hashash Y.M.A, Song H., The Integration of Numerical Modeling and Physical Measurements through Inverse Analysis in Geotechnical Engineering, *KSCE Journal of Civil Eng.*, **12 (3)**, 165-176, (2008)
5. Popielski P., Weryfikacja parametrów podłoża na podstawie wykonanej analizy wstecznej przy realizacji głębokich posadowień w Warszawie. *Archit.*, **12 (2)**, (2013) [in Polish]
6. Rybak J., Król M., Limitations and risk relatef to static capacity testing of piles – “unfortunate case” studies, *MATEC Web Conf.*, **146**, 02006 (2018)
7. Wyjadłowski M., Bagińska I., Rainer J., Probabilistic assessment of pile capacity based on CPTu probing including random pile foundation depth, *MATEC Web Conf.*, **196**, 01058, (2018)
8. Varga G., Czap Z., Soil Models: Safety factors and settlements, *Periodica Polytechnica Ser. Civ. Eng.* **48 (1–2)**, 53–63, (2004)
9. Sobala D., Rybak J., Role to be played by independent geotechnical supervision in the foundation for bridge construction, *IOP Conf. Ser.: Mat. Science and Eng.*, **245 (2)**, 022073, (2017)

AN ANALYSIS OF SOIL-CEMENT COMPOSITE COMPACTION AND ITS EFFECT ON MATERIAL STRENGTH

Grzegorz Nowak

*BSc, MSc student, 225095@student.pwr.edu.pl
Wroclaw University of Science and Technology*

INTRODUCTION - THE EFFECT OF COMPACTION ON STRENGTH

Along with the development of the geotechnical industry in Poland, newer and more effective methods of soil reinforcement are being applied. Classic methods such as piles or soil replacement are replaced with DSM columns or mass stabilization, due to the economic aspect. The high variability of the properties of soil-cement materials arising from the variety of soils and binders is related to the need to perform laboratory tests, determining compressive strength and deformation modulus, which allow to create a database of results. On the basis of the collected results, it is possible to design better and cheaper ground reinforcement. The bases of such results are created by geotechnical companies such as Keller or Menard, on the order of which Wroclaw University of Science and Technology has made and tested 140 samples of dry-mix soil-cement material, more information about this research you can find in works [1,2]. The tests were performed in laboratory conditions using the methods described in [3]. Many factors influence the results of the research, in the case of a wet-mixed ground-cement material, besides the content of binder and mechanical properties of the soil, various additives such as fly ash also have an effect. In the case of a dry mixed material, the relative density of the mixture seem to have a big influence on the strength and stiffness of the composite. Materials made of soil and cement without addition of water may have different consistencies, with soils with lower natural moisture, we obtain granulation similar to coarse soils. In case of high natural moisture, we obtain consistency similar to clay.



Fig. 1. Mixture of soil and cement



Fig. 2. Soil-cement sample

In the case of the described studies, the soils showed low natural moisture, oscillating between 35% and 50%. The resulting mixture had to be compacted in a manner different from the compaction of samples made with the addition of water, where the material is vibrated like classical concrete [4,5]. The compaction of the samples consisted in dynamic compacting of the mixture in the molds. This influenced the variability of the mass of the samples in one series, which affected the compressive strength.

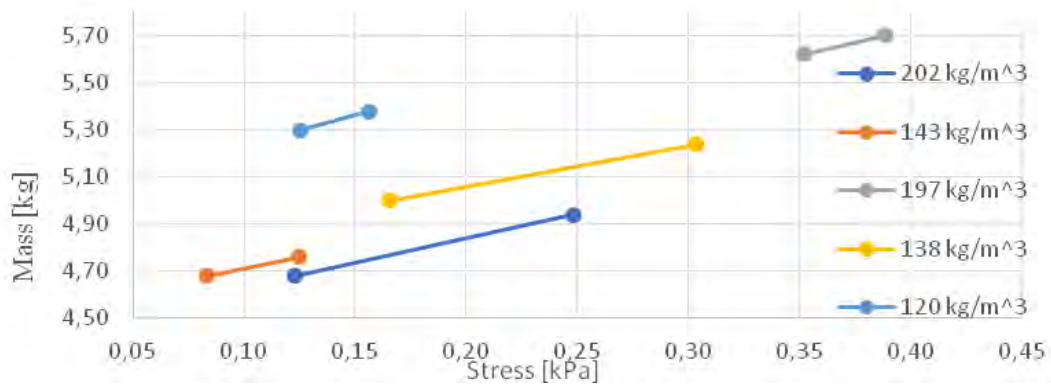


Fig. 3. Increase of compressive strength depending on mass after 28 days since molding

In the above chart it can be seen that as the weight increases, you can expect an increase in compressive strength. The mass increase is directly related to the increase of sample density, individual samples can be compared with each other because they were all made in the same forms 15x15x15 cm. Similar results were obtained for samples tested after 58 days. Due to the small number of samples tested after 28 days (two samples in each series), this data can not be considered reliable, in order to accurately determine the scale of the impact of compaction on the strength of samples, separate tests should be performed.



Fig. 4. Testing of sample one week after preparation



Fig. 5. Example of samples destroyed (tested) one week after preparation

TECHNOLOGY OF DYNAMIC GROUND IMPROVEMENT

Compaction of the soil causes its strengthening, it is not always possible to compact the ground dynamically, eg. when the level of groundwater is too high, or when we are dealing with soils with high natural moisture, which are often peat. Reinforcing of irrigated organic soils is possible thanks to the Dry Mass Stabilization method consisting in deep mixing of soil and cement. Cement binds water contained in the soil, which allows for temporary drying of the soil, which gives the opportunity to be compacted dynamically. Dynamic consolidation causes a reduction in the size and amount of pores occurring in the soil, it allows you to achieve greater compressive strength, as well as reduce subsidence. Dry Mass Stabilization can be combined with Dynamic Compaction (DC) or Rapid Impact Compactor (RIC).

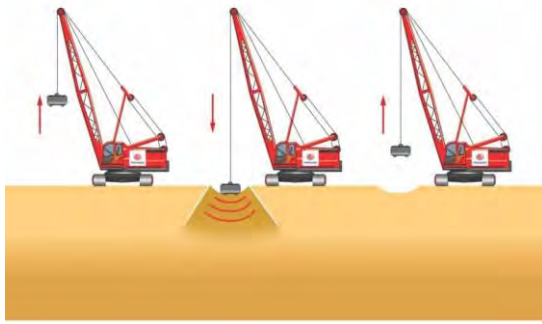


Fig. 6. Dynamic Compaction, www.menard.pl

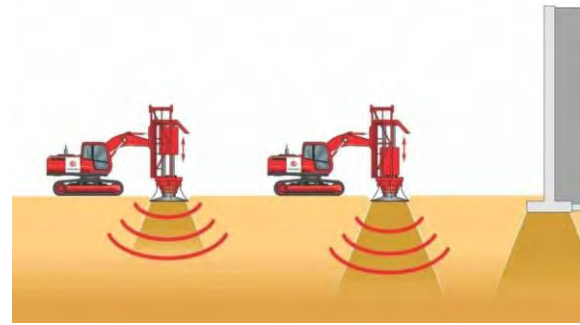


Fig. 7. Rapid Impact Compactor, www.menard.pl

The DC and RIC methods work on the same principle, the large weight is dropped from a certain height, the DC method uses much heavier rammers and higher drop heights than with the RIC method, this is associated with large dimensions of the machines so that DC can not be everywhere applied. RIC machines are much smaller in size, resembling a standard excavator, which allows them to enter even less accessible places, but this is associated with a smaller depth of compaction. When choosing dynamic consolidation, be aware of dynamic effects on neighbouring objects, more about design in relation to the impact of construction works on adjacent buildings can be read in [6].

CONCLUSIONS

The results of testing soil-cement material samples made in laboratory conditions will differ from the results of the samples taken from the construction site. Laboratory samples are made with greater care, the ground is more thoroughly mixed with cement, which should give higher values of strength and deformability modules, therefore one should not compare one to one laboratory results with results from the construction site. The influence of compaction of soil and cement material on its strength is significant, it could be seen in Figure 3, to more accurately determine the scales it would be necessary to carry out studies focused on the dependence of strength on the relative density. However, it can be stated that the more compact the material is, the better its mechanical properties. Therefore, when designing soil reinforcements such as Mass Stabilization, we need to remember to compact soil using dynamic methods such as DC or RIC or static, e.g. through land overburden.

REFERENCES

1. Kiecana M., Kanty P., Łużyńska K., Optimal control time evaluation for “dry DSM” soil-cement composites, *MATEC Web Conf.*, **251**, 01023 (2018)
2. Jendrysik K., Kiecana M., Szabowicz H., Preliminary results of dry Deep Soil Mixing soil-cement composite testing, *MATEC Web Conf.*, **251**, 01025 (2018)
3. Karpisz I., Pyda J., Cichy L., Sobala D., Study of the effect of cement amount on the soil-cement sample strength, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **365**, 042061 (2018)
4. Kanty P., Rybak J., Stefaniuk D., Some remarks on practical aspects of laboratory testing of deep soil mixing composites achieved in organic soils”, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **245** (2), art. 022018 (2017)
5. Egorova A.A., Rybak J., Stefaniuk D., Zajączkowski P., Basic aspects of deep soil mixing technology control. *IOP Conf. Ser.: Mat. Science and Eng.*, **245**, 022019 (2017)
6. Herbut A., Rybak J., Guidelines and Recommendations for Vibration Control in the Case of Rapid Impulse Compaction, *Advances and trends in engineering sciences and technologies II*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 761-766 (2017)

ACCURACY OF METHODS USED TO ASSESS THE BEARING CAPACITY FOR DRIVEN PILES

Jakub Rainer

216959@student.pwr.edu.pl

Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Civil Engineering, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland,

INTRODUCTION

Driven piles are among most popular and also the oldest solution of soil reinforcement. Main advantages of this technology include high productivity of pile operations, suitability in almost all soil conditions and high control and quality of piling work. The last advantage is extremely important for regulations and standards in force. When work is run below ground level, soil conditions are really known in the spots of ground investigations only. Conditions in other areas can be just estimated to some probability basing on those found in adjacent boreholes. Bearing in mind that the soil is a random medium, capacity of piles need to be verified on a current basis. There are many methods enabling to assess the bearing capacity listed recently by Sobala [1]. The most popular include: static pile load test [2] with critical discussion [3-5] and capacity estimation based on driving report (dynamic formulae) [6]. Reliability of piling can be considerably improved by current control of pile capacity by means of limit capacity estimation basing on driving logs. Thanks to this method, it is possible to estimate bearing capacity of all piles without generation of additional costs, and to point out potentially dangerous spots where piles may not be of required capacity. The paper presents methods evaluating capacity of driver prefabricated piles; then, a reliability assessment of the method based on piling recording by comparing the results with those from static pile load tests.

METHODS USED TO ASSESS THE BEARING CAPACITY

The first method which is presented in the article based on static pile load tests. Static load test is the fundamental trial of pile bearing capacity. It creates a reference point for other methods enabling to determine the maximum limit load of pile. Static load test is most often made using the reverse beam method using neighboring piles as the anchoring piles (Figure 1), using kentledge, or bi-directional test [7-9]. Local standards detail interpretation procedures and number of static tests to be made. According to Polish standard, the maximum force during the test should amount to at least 150% of the design compressive capacity.



Fig. 1. Static Load Test (SLT) testing appliance anchored to adjacent piles

Pile load should increase in steps; their number should be not less than 10. Transition to the next step should be made when settlement stabilization is attained. When the required force may not be achieved in static test, extrapolation methods are used. Applying these methods carries the risk of large errors in assess the bearing capacity [3]. Another methods are based on pile driving recording. During hammering process, the pile set is being measured. The pile set is the displacement of

pile top in soil caused by one hammer blow. For the sake of practical problem related to accurate estimation of pile head after one hammer blow, usually the measure of set is assumed as the number of blows necessary to sink the pile by 0.2 m. These data may be then used, among others, to assess the pile capacity on the basis of dynamic formulae. One of fundamental dynamic formulae to estimate the limit capacity is so called Danish formula. It was elaborated by Andreas Knudsen in 1955. This formula is used in Polish standard PN-83/B-02482. The current Polish standard PN-EN 1997-1 allows also using it as a dynamic formula.

CREDIBILITY OF THE METHOD BASED ON PILING RECORDS

In order to examine the usefulness of dynamic formulae based on pile driving logs, they should be correlated with reference values, i.e. the results of static trial loads. The comparison results are provided below. In dynamic formulae, such as the Danish formula, the final value attained is the pile limit capacity. For the comparison the values with real data is possible, it is necessary, while making analysis, to consider those static tests only wherein the limit capacity was attained. The number of piles qualified for comparison was 29. The analysis was carried out by comparing the value of limit capacity from static test load according to the result interpretation rules of the standard PN-83B/02482 and the limit capacity from the dynamic formula (Danish formula). The diagram below illustrates the relation between static test and Danish formula. The dotted line is inclined at an angle of 45° and denotes the situations when capacity results from two different sources are equal. Black dots mean real values for particular piles. A straight line (1) is inscribed into these points:

$$R_{FD} = 0.92 \cdot N_g + 155 \quad (1)$$

The shaded area correspond to the 95% confidence interval for forecasting the limit capacity according to dynamic formulae basing on the limit capacity valued from static test loads.

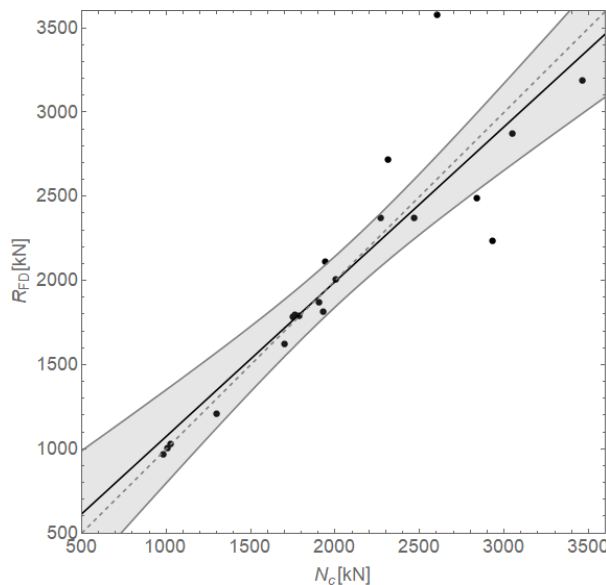


Fig. 2. Relationship between limit capacity from static test and that estimated from dynamic formula

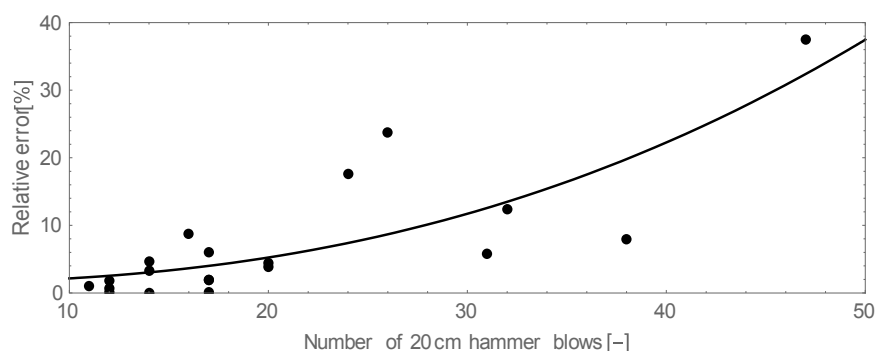


Fig. 3. Relation between the number of 20 cm hammer blows and relative error

The above diagram shows the relationships between the number of hammer blows for the last 20 cm of pile driving, the pile set and the relative error.

CONCLUSION

It stems from the above analysis that results of estimation of limit capacity on the basis of driving records are very similar to those from static load tests. It is pointed out by, among others, the directional coefficient of the straight line in the formula (1), which is close to one, i.e. the situation when both capacities are equal. In addition, application of linear regression model ensures in this case good matching the model as the determination coefficient equals to 0.83. While analysing Figure 2, it can be concluded that the values are most similar to each other when the limit capacity from static tests is less than 2500 kN. It is worth noting that the estimation error definitely increases along with the higher number of hammer blow (Fig. 3). The pile set directly stems from the number of blows, which have an effect on the relation between relative error and pile set. The relationship is described by exponential function.

REFERENCE LIST

1. *Sobala D., Tkaczynski G.*, Interesting Developments in Testing Methods Applied to Foundation Piles IOP Conf. Ser.: Mat. Science and Eng., 245, 022074 (2017)
2. *Fellenius B.H.*, The analysis of results from routine pile loading tests. Ground Engineering, London, 13, No. 6, 19-31 (1980)
3. *Rybak J., Król M.*, Limitations and risk related to static capacity testing of piles-"unfortunate case" studies, MATEC Web Conf., 146, 02006 (2018)
4. *Drusa M., Gago F., Vlček J.*, Contribution to Estimating Bearing Capacity of Pile in Clayey Soils, J. of Civil. and Environ. Eng., De Gruyter Open, 12 (2), 128-136 (2016)
5. *Bagińska I., Baca M., Różański A., Sobótka M.*, Weryfikacja nośności pala ustalonej na podstawie badań CPTU, Przegląd Komunikacyjny, 2013 (3), 26-31 (2013)
6. *Rybak J., Sobala D., Tkaczynski G.*, Static and dynamic testing of driven piles in Poland, The application of stress-wave theory to piles: science, technology and practice, 8th int. conf., Lisbon, Portugal, 8-10 September 2008, Amsterdam : IOS Press, 615-618 (2008)
7. *Baca M., Muszyński Z., Rybak J., Żyrek T., Tamrazyan A.G.*, Cyclic load tests of driven pile base capacity, Advances and trends in engineering sciences and technologies II, Leiden, CRC Press/Balkema, 723-728 (2017)
8. *Drusa M., Vlček J.*, Numerical approach to pile load test using 3D finite element method, Komunikácie 16 (4), 94-97 (2014)
9. *Baca M., Rybak J., Tamrazyan A.G., Żyrek T.*, Pile foot capacity testing in various cases of pile shaft displacement. 16th Int. Multidisciplinary Scientific GeoConf. SGEM 2016 : Albena, Bulgaria, 30 June-6 July, Vol. 1, 945-950 (2016)

CALIBRATION OF SOIL CONSTITUTIVE MODEL BY MEANS OF BACK ANALYSIS OF TESTING RESULTS

Klaudia Jendrysik

*BSc, MSc student, 216952@student.pwr.edu.pl
Wroclaw University of Science and Technology*

INTRODUCTION – SCOPE OF THE WORK

The main purpose of this work is the secondary determination of parameters of a dry-mixed soil-cement material [1, 2]. Such material is obtained as a result of mixing the binder with the native soil without additional provision of water. Changes in the chemical composition are introduced by mixing in the cements, ashes, lime or bituminous grout. After addition of a binder, there can be observed an increase in strength in each type of soil, however the content of organic parts in the native soil has undoubtedly a negative impact on the strength of the soil-cement material [3-5]. Soils with the organic content above 6% are considered difficult to reinforce. Anyway, Deep Soil Mixing dry and Mass Stabilization dry technologies belong to the group of few technologies, which are possible to use and which are profitable in soils with a large part of organics, unfortunately they still are rarely chosen in Poland. Certainly, one of the reasons is the large number of hazards and enforcement restrictions [4, 5]. However, it is necessary to remember that despite the disadvantages, dry technologies also have many advantages - they provide the possibility of working at low temperatures, they do not generate spoil and they are comparatively cheap. The multitude of binders, which are available on the market, as well as the variety of soil conditions that we can encounter, result in the fact that the quantity of materials, which can be obtained, may be considered to be unlimited. A challenge encountered by the designer is associated with the selection of material parameters in the process of design. The conducted calculations are limited by the knowledge concerning initial values of the material.

RESULTS OF LABORATORY TESTS

This test was aimed at determining the compressive strength and parameters of the constitutive model of a soil-cement sample. The results may be used to model this material in computer programs, bearing in mind that this is the upper estimation of strength. A sample was analyzed consisting of the mixture of soil and metallurgical cement CEM III/32.5 N. The soil was characterized by the content of organic part 6.61% and natural moisture content 48.83%. It should be noted that both parameters do not meet the technological recommendations. Due to the high content of organics, this soil is considered to be a material difficult to reinforce, while the natural moisture content of the material is well below the recommended value typical for use in dry mixing. The binder content in the sample amounts to 172 kg/m³. The cement was mixed with the soil in laboratory conditions with the use of an electric stirrer at a constant speed (Fig. 1). The obtained batch was placed in a standardized mould, with the dimensions of 15×15×15 cm, in four layers. Each layer was compacted under the pressure of 18 kPa. The top layer was cut in order to obtain the most even surface possible. The sample matured in the conditions of normal humidity at 18°C - 20°C. After 28 days, the sample was destroyed in the machine intended for uniaxial compression (Fig. 2, 3). The value of displacement of the upper piston and the value of applied force were obtained and recorded from the universal testing machine. The piston moved at a constant speed.



Fig. 1. Soil mixed with the binder



Fig. 2. Testing of uniaxial compression



Fig. 3. Mechanism of destruction of soil-cement composite

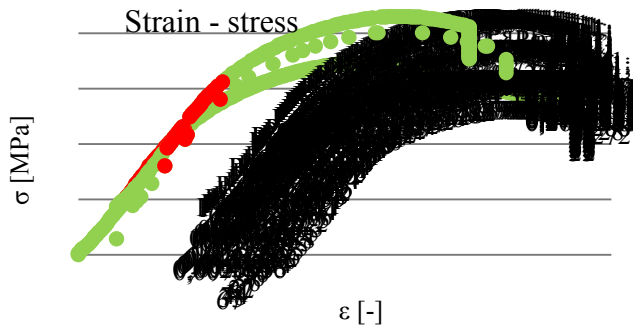


Fig. 4. Stress - strain graph: $R_c = 0.346$ MPa,
 $\varepsilon = 2.74$ %, $E_{50} = 26.27$ MPa

Due to behavior of the material, the strain module was determined using a different method than it is usually used for concrete samples. In the case of soil-cement, it is determined in the area of 50% of the sample's compressive strength. In the graph (Fig. 9), the area of determining the module value is marked in red. The value of E_{50} strain module amounts to 26.27 MPa.

RESULTS OF NUMERICAL CALCULATIONS IN THE CONTEXT OF TESTS IN THE UNIVERSAL TESTING MACHINE

The numerical model of compression of the soil-cement sample was conducted in the ZSoil 2018 software. The analysis was carried out for the basic strength criterion of Coulomb - Mohr and for Drucker - Prager. It was decided to choose these two hypotheses, because they are based on the same parameters, while the Drucker - Prager hypothesis is a modification of the Coulomb - Mohr hypothesis, which makes them comparable. A cube with the dimension of $0.15 \times 0.15 \times 0.15$ m was modelled. Due to the uncomplicated geometry, a rare mesh was selected - 3×3 elements (Fig. 5 and 6). All three degrees of freedom of the nodes were blocked on the bottom and top surface of the model. The mapping of sample compression consists of the task of moving the upper support. The piston in the universal testing machine moved uniformly, thus while knowing duration of the test and strain of the material, a linear function of the support displacement was implemented.

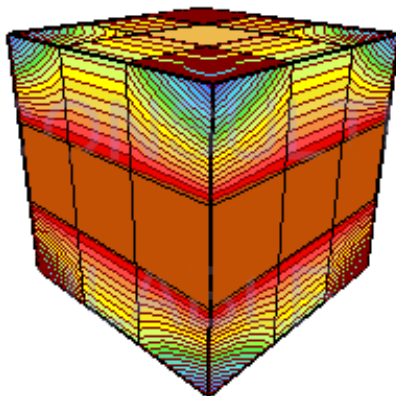


Fig. 5. Stress map according to the Coulomb - Mohr analysis

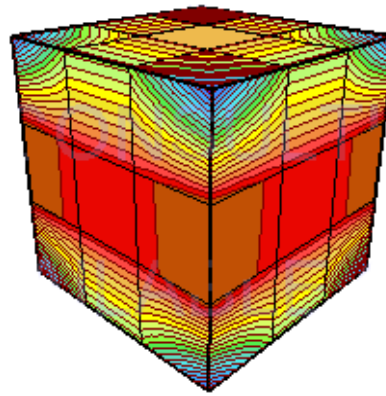


Fig. 6. Stress map according to the Drucker - Prager analysis



An envelope was created for each parameter, which allows to determine the maximum and minimum values of stress. The results of conducted iterations consist of graphs presented below

(Figures 7 - 8), which were created in the Mathematica software. Presented value ranges, in which the material properties were changed are as follows:

- for Coulomb - Mohr criterion: $c=30\div35$ kPa, $\phi=24^\circ\div28^\circ$, $\nu=0.2\div0.4$
- for Drucker – Prager criterion: $c=44\div49$ kPa, $\phi=33^\circ\div37^\circ$, $\nu=0.2\div0.4$

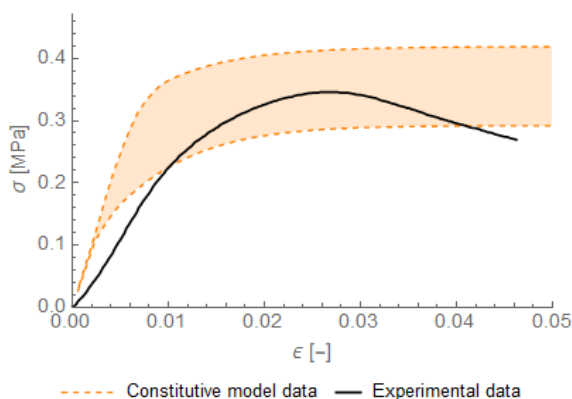


Fig. 7. Stress map (Coulomb – Mohr analysis)

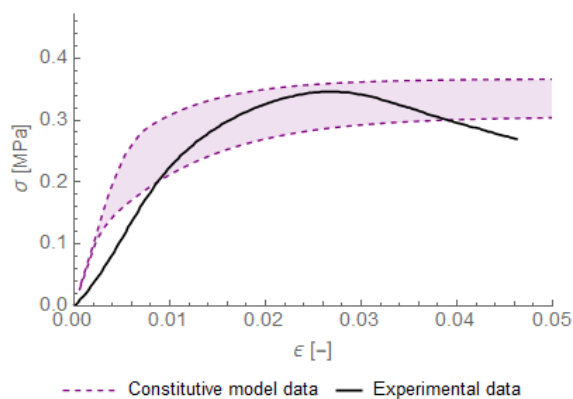


Fig. 8. Stress map (Drucker – Prager analysis)

SUMMARY AND CONCLUSIONS

It can be concluded that in the case of the Coulomb - Mohr hypothesis, the change of cohesion and internal friction angle has greater impact on the obtained stresses than in the case of the Drucker – Prager hypothesis. The envelope behaves differently in the second case - we observe a greater impact of the Poisson's ratio. It should be noted that in the case of the Coulomb - Mohr criterion, we assumed much worse parameters than in the case of the Drucker - Prager criterion. Therefore, it may turn out that the first hypothesis is more conservative. However, it should be remembered that it will not necessarily be safer, because it requires more attention during the selection of the cohesion value, as well as the internal angle friction value, and a small change in these values results in large changes of the value of stresses. Each parameter was changed separately - while having the assumed initial value of Poisson's ratio and internal friction angle, the cohesion was changed, etc. It is not known how the model would behave, e.g. in the case of assumption of the upper cohesion value and the minimum value of internal friction angle. Each case must be subjected to the analysis individually, because the complexity of this issue makes it very easy to make a mistake during the attempts to categorize the parameters of soil-cement, especially in the case of high organic parts amount [4,5].

REFERENCES

1. Jendrysik K., Kiecana M., Szabowicz H. Preliminary results of dry Deep Soil Mixing soil-cement composite testing, MATEC Web of conferences, 251, 01025 (2018)
2. Kiecana M., Kanty P., Łużyńska K., Optimal control time evaluation for “dry DSM” soil-cement composites, MATEC Web of conferences, 251, 01023 (2018)
3. Topoliński S., Gorączko A., Wzmacnianie słabonośnych podłoży organicznych przy użyciu metody mieszania gruntu in situ, Czasopismo Logistyka nr 6, 2014
4. Kanty P., Rybak J., Stefaniuk D., Risk related to deep soil mixing in organic soils. Integraciã, partnerstvo i inovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii, 16-17 noãbrã 2016, Moskva: NIU, MGSU, 894-899, (2017)
5. Kanty P., Rybak J., Stefaniuk D., Some remarks on practical aspects of laboratory testing of deep soil mixing composites achieved in organic soils”, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., **245** (2), art. 022018 (2017)

STRENGTH TESTING OF SOIL-CEMENT COMPOSITES USED FOR IMPROVING MECHANICAL PROPERTIES OF ORGANIC SOILS

Piotr Prokopowicz

BSc, MSc student, 225326@student.pwr.edu.pl
Wroclaw University of Science and Technology

INTRODUCTION

Results of laboratory testing of organic soil-cement samples are presented in the paper. The research program continues on the authors previously reported experiences with cement - organic soil sample testing. Over 150 compression tests have been carried out altogether. Compressive strength and elastic modulus of cubic samples were examined. Samples were mixed and stored in laboratory conditions. The results clearly point to the fact that designing the DSM dry columns in the organic soil may be linked with a considerable risk and needs special precautions. The results happen to be very promising for the DSM dry technology to be used in the process of foundation of bridges and other engineering structures, what was shown in Eng. diploma thesis of the author.

SOME REMARKS ON DEEP SOIL MIXING (DSM)

Dry soil mixing can be used in soft soils of high moisture [1,2]. The typical DSM equipment consists of a binder injectors and a drilling machine, which are adopted to work in adverse soil conditions. The binder is transported using compressed air. Its amount is permanently monitored in order to estimate the total usage per 1 m^3 . The typical diameter of columns is 60-80 cm and maximum depth of implementation is roughly 10 m. The obtained results enabling to carry out this study were taken from laboratory tests performed at the Faculty of Civil Engineering at Wroclaw University of Science and Technology. This is just a small part of a larger investigation of various composite materials (including soil-cement composites for various binders and modes of mixing), which is aimed at boosting the knowledge of their possible implementation in the building industry. MENARD Polska Sp. z o.o. was a partner of the research, providing all the organic soil from their building sites.

In order to derive satisfactory and comparable results and obtain a reliable picture of development of compressive strength for test specimen, six subgroups of specimens will be presented based on cement amount [3,4] and different hardening times are arranged. The whole classification is presented in the following Table 1.

Table 1. Classification of performed tests

Time of maturing (days)		7	14	28	56	84
Series number	Cement amount (kg/m^3)	Number of tested samples				
Group 1	123	5	4	6	5	5
Group 2	130	6	3	6	6	5
Group 3	141	4	2	4	4	3
Group 4	170	8	4	8	8	6
Group 5	180	4	2	4	3	3
Group 6	200	6	3	6	6	4

LABORATORY RESEARCH PROGRAM METHODOLOGY

As the DSM columns are mainly subject to compression [5,6], using the uniaxial compressive test (UCT) we are able to observe lower strength results than during triaxial test. It means that we keep the safety margin for future design. In order to perform UCT, we put our specimen on a special circular pad and start pressing it by means of a slow movement of the upper part of the machine. Using the computer's output we are able to derive the chart of stress σ_l [MPa] as a function of strain ε_l [%] and analyze elastic modulus and compressive strength dependencies on time (Figure 1). Various results were presented in works [7-12].

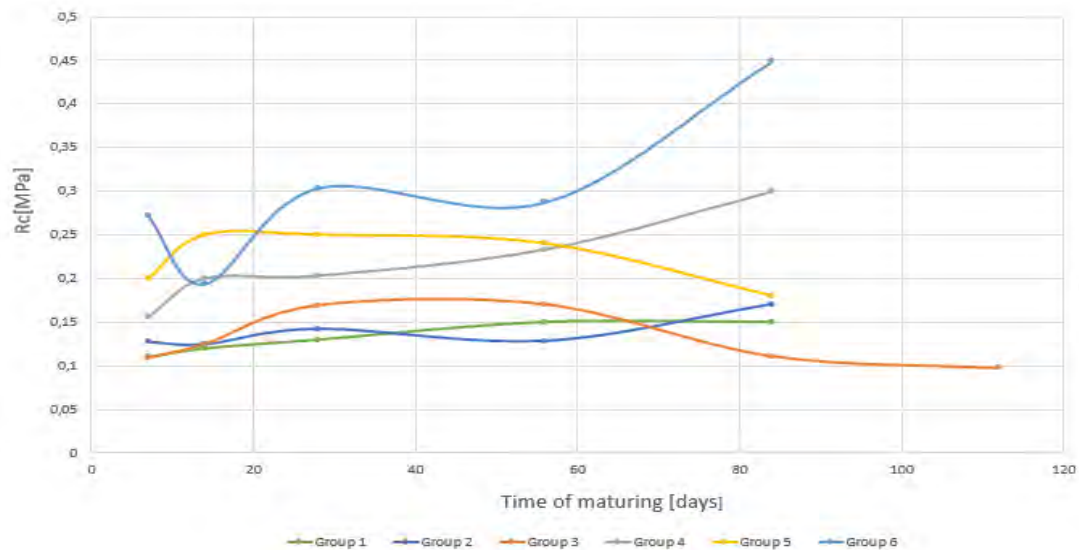


Fig. 1. Increase of measured mean value of compressive strength in time throughout testing program

STATISTIC ANALYSES OF OBTAINED RESULTS

It was possible to check whether the histogram of compressive strength results would fit into the shape of normal (Gaussian) distribution. Standard deviation of results σ for each group was computed. On the basis of those results it was possible to state that 64% of the results are within $\pm 1\sigma$ margin around the mean value. No less than 87% is fitted within $\pm 2\sigma$ margin around the mean value. Theoretical values are 66% and 95%, respectively. Histogram of compressive strength distribution is given on Figure 2 below.

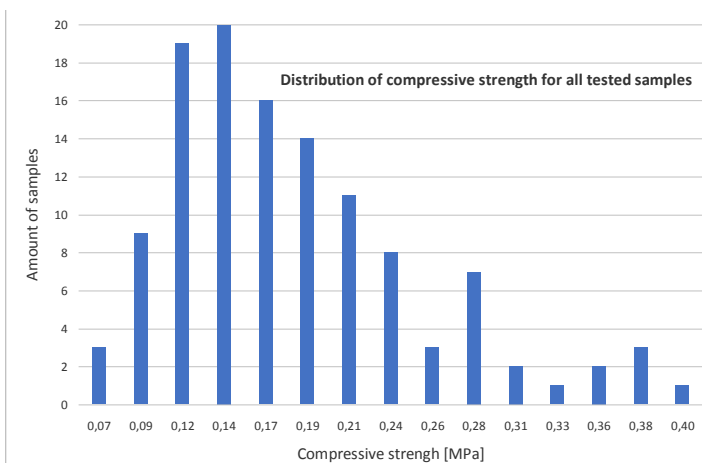


Fig. 2. Histogram of compressive strength distribution for the tested samples.

The presented analysis confirms that, at least for the range of performed test, the results should not be represented by means of normal distribution. Topolnicki in work [6] suggests to use the lognormal distribution. Large diversity of current study results was probably caused by a relatively low uniformity of manufactured samples due to their various weight – the average weight of the samples was $5\text{kg} \pm 0,7\text{kg}$. The weight of the samples varied 14% from the mean value. The heavier samples tend to be stronger

CONCLUSIONS AND FINAL REMARKS

Maximum capacities in most of the cases were gained after 84 days since the composite production. However, for some groups of samples the decrease of their capacity may be observed. It should not be considered as a rule, but poses some questions over the long term behavior of organic soil – cement composites. It was concluded that in most of the cases, the strength gain should be tested for a longer time period, because the impact of environmental conditions might be diminishing for the composite (sample) capacity. The optimal way of improving the reliability of DSM dry method would be the compaction at early stage of setting (increasing density), early over-consolidation and possible inclusions of granular mineral material – preferably sand, gravel or thin particles from demolition works [13]. The increasing amount of cementitious binder may also solve the problem; however current need for sustainable constructions poses serious questions over that solution due to high carbon dioxide footprint [14].

REFERENCES

1. Design Guide: Soft Soil Stabilisation: EuroSoilStab: Development of Design and Construction Methods to Stabilise Soft Organic Soils, IHS BRE Press, (2010)
2. Forsman J., Jyrävä H., Lahtinen P., Niemelin T., Hyvönen I., Mass stabilization manual. http://projektit.ramboll.fi/massastabilointi/materials/mass_stabilization_manual_2015.pdf
3. Jendrysik K., Kiecana M., Szabowicz H., Preliminary results of dry Deep Soil Mixing soil-cement composite testing, MATEC Web Conf., **251**, 01025 (2018)
4. Kiecana M., Kanty P., Łużyńska K., Optimal control time evaluation for “dry DSM” soil-cement composites, MATEC Web Conf., **251**, 01023 (2018)
5. Leśniewska A., Strength and technological issues of soil improvement by means of Deep Soil Mixing Wet technology. Doctor’s Thesis, Gdańsk University of Science and Technology, [in Polish] (2007)
6. Topolnicki M., Geotechnical design and performance of road and railway viaducts supported on DSM columns – a summary of practice, Int. Conf. on Deep Mixing, June 2-5, 2015, San Francisco, 1-20 (2015)
7. Stefaniuk D., Zajączkowski P., Rybak J., Methodology of axial testing of cement-fly ash-soil samples. Stroitel'stvo-formirovanie sredy žiznedeatel'nosti. Moskva, 27-29 aprilâ 2016 r. : sbornik materialov. Moskva : NIU MGSU, 1091-1094 (2016)
8. Kanty P., Rybak J., Stefaniuk D., Some remarks on practical aspects of laboratory testing of deep soil mixing composites achieved in organic soils, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., **245** (2), 022018 (2017)
9. Egorova A.A., Rybak J., Stefaniuk D., Zajączkowski P., Basic aspects of deep soil mixing technology control, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., **245** (2), 022019 (2017)
10. Chaumeny J.L., Kanty P., Reitmeier T., Remarks on wet deep soil mixing quality control, XVI Danube - European Conf. on Geotechnical Engineering, 07-09 June 2018, Skopje, R. Macedonia, Paper No. 039 (2018)
11. Karpisz I., Pyda J., Cichy L., Sobala D., Study of the effect of cement amount on the soil-cement sample strength, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., **365**, 042061 (2018)
12. Brasse K., Tracz T., Zdeb T., Rychlewski P., Influence of Soil-Cement Composition on its Selected Properties. MATEC Web Conf., **163**, 06006 (2018)
13. Kawalec J., Kwiecień S., Pilipenko A., Rybak J., Application of crushed concrete in geotechnical engineering - selected issues, Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., **95** (2), 022057 (2017)
14. Lohunova O., Wyjadłowski M., Modification of vibratory driving technology for sustainable construction works, MATEC Web Conf., 151, 03063 (2018)

SLOPE STABILITY ANALYSIS IN THE CASE OF PROBABILISTIC DESIGN METHOD

Hubert Szabowicz

hubert.szabowicz@gmail.com

Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Civil Engineering, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland

INTRODUCTION

One of the most basic and common geotechnical structures are slopes. They can be used as both protection of excavations or embankments. Properly designed slope is a stable structure without using additional supporting elements such as soil nails or geosynthetics.

Often the design engineer can face the task of determination of the maximum allowable load which can be applied to the top of existing slope – for instance, for the purpose of determine maximum traffic load or to specify maximum allowable mass of stored materials.

According to Eurocode [1], GEO and STR ultimate limit states are to be checked in order to analyse the stability of geotechnical structures. Eurocode [2] allow to use both probabilistic and semi-probabilistic methods of structure modelling. Because of the possibility of determining the probability of failure the probabilistic methods are increasingly used.

NUMERICAL EXAMPLE

In this paper the probabilistic method is used to determine the probability of failure for different values of load applied to the top of the slope changing from 0 kPa to 7 kPa in step of 1 kPa. Regular grid of square elements of size 0.5m together with few triangular and quadrangular elements has been used to model the slope geometry. The geometry and grid of the boundary-value problem is presented in Figure 1.

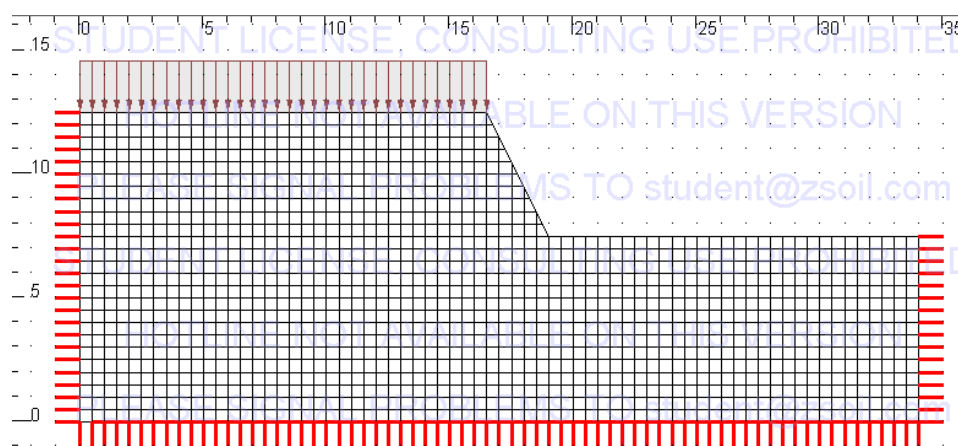


Fig. 1. Computational model

The Coulomb-Mohr elastic-perfectly plastic model with non-associated flow rule (dilatancy angle $\psi = 0$) has been used to describe the soil material. The random parameters in the problem are cohesion and friction angle. It was assumed that these parameters follow normal distribution with values presented in Table 1

Table 1. Strength parameters of ground area

Effective parameter	Average	Standard deviation
Cohesion	$\bar{c} = 25,00kPa$	$\sigma_c = 4,224kPa$
Internal friction angle	$\bar{\phi} = 15,00^\circ$	$\sigma_f = 2,527^\circ$

Random finite element method (RFEM) was employed for probabilistic modelling. Typical fluctuation scale value (i.e. horizontal = 10m and vertical = 1m) and exponential covariance model were assumed. Random fields of strength parameters have been generated using the Fourier series method (FSM). The statistics of slope factor of safety have been calculated using Monte Carlo simulation [3][4]. Series of boundary value problems was solved using Z-Soil software. Safety factor was determined using the shear strength reduction (SSR) method [5].

For every case of load value 500 safety factors have been computed. The results are presented in Figure 2.

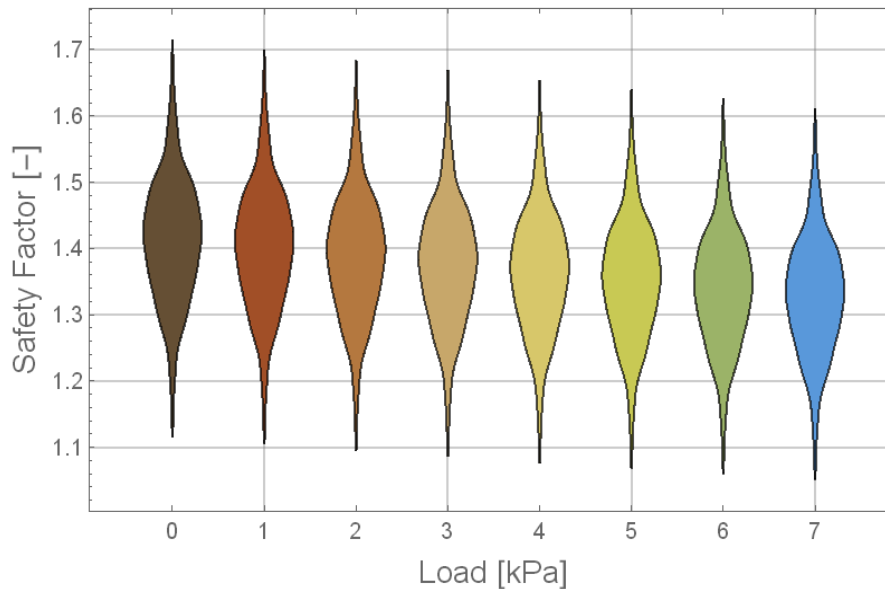


Fig.2. Smooth histograms of Safety Factor

It has been assumed that the distribution of safety factor (SF) can be described by normal distribution with expected value \overline{SF} and standard deviation σ_{SF} . Kolmogorov-Smirnov test has been carried out for every case of load. The value of test varies between 73 ÷ 86%, which means that the hypothesis that obtained results follow estimated normal distribution could not be rejected.

The probabilities of failure $P(SF < 1.0)$ and $7 \cdot 10^{-5}$ -quantiles $SF_{7 \cdot 10^{-5}}$ have been obtained from estimated functions of probability distributions. The probability of failure $P(SF < 1.0) = 7 \cdot 10^{-5}$ corresponds to requirements of Eurocode [2] for RC2 structures and assumed 50-year service life. The results are presented in Figure 3.

Figure 3. a) and b) shows that increase of load value causes linear decrease of expected value and standard deviation of safety factor. According to Figure 3. c) the probability of failure grows exponentially and Figure 3. d) depicts that $7 \cdot 10^{-5}$ -quantile decrease linearly.

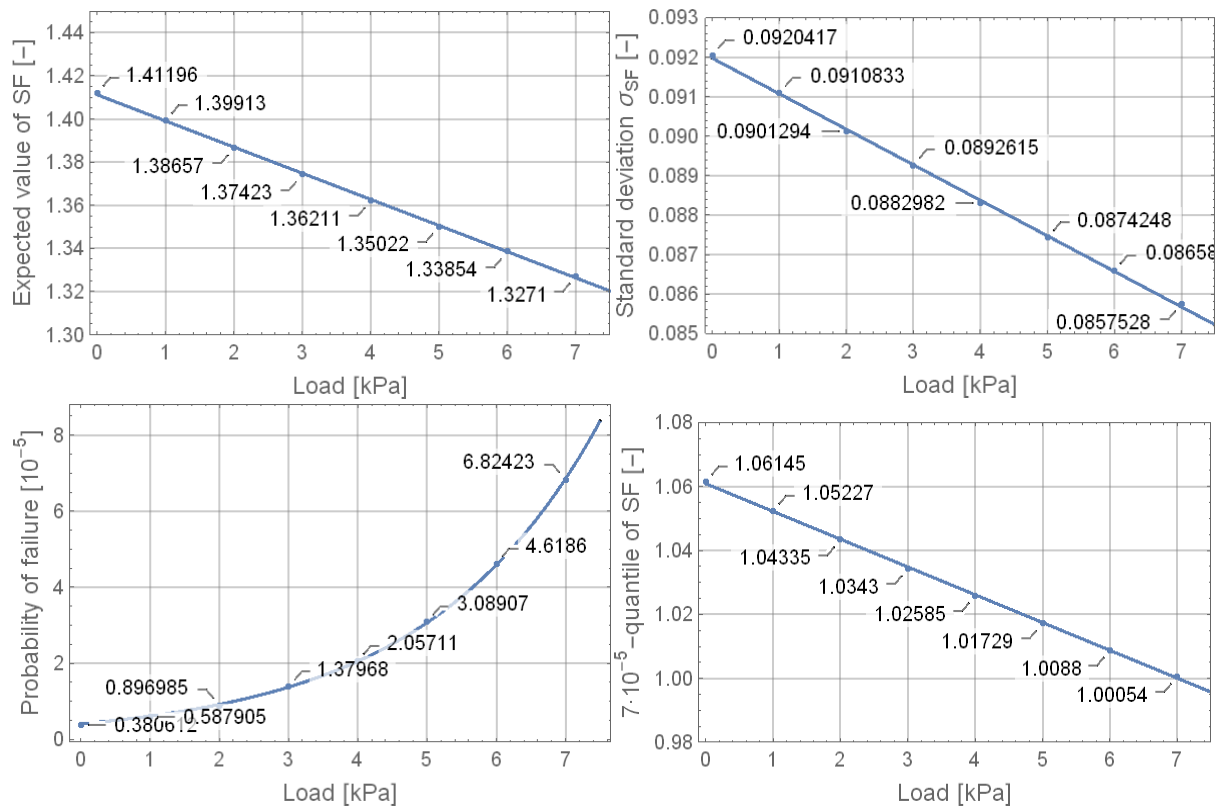


Fig. 3. a) Expected value of SF, b) Standard deviation of SF, c) Probability of failure, d) $7 \cdot 10^{-5}$ -quantile of SF

CONCLUSION

The numerical example presented above shows that the correlations between load and safety factor is linear. Even though the probability of failure grows exponentially, the p -quantile (where p is the possibility of failure) is always linear for each p . This fact can be used to determine maximal acceptable load value for different reliability class of structure and design working life without necessity of additional computations.

The author would like to thank Marek Kawa for his assistance in preparing numerical model and for all his factual remarks.

REFERENCES AND MATERIALS CONSULTED

1. EN 1997, Geotechnical design - Part 1: General rules
2. EN 1990, Basis of structural design
3. *Bagińska, M. Kawa, W. Janecki*, Estimation of spatial variability of lignite mine dumping ground soil properties using CPTu results, *Studia Geotechnica et Mechanica*, 38(1), 3-13 (2016)
4. *S.K. Jha, J. Ching*, Simulating Spatial Averages of Stationary Random Field Using the Fourier Series Method, *Journal of Engineering Mechanics*, 139, 594-605 (2012)
5. *G. Vessia, J. Kozubal, W. Puła*, High dimensional model representation for reliability analyses of complex rock-soil slope stability, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 17(4), 954-963 (2017)

IMPACT OF MICRO-RECYCLING MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITES

Pawel Tomaszewicz¹, Aleksandra Ubysz¹, and Dominik Logon²

¹students

²Sc. Tutor. dominik.logon@pwr.edu.pl

^{1,2}Wroclaw University of Science and Technology, Wybrzeze Wyspianskiego 27, Poland

Abstract. In recent years, many works focus on environmental protection by balancing the development of cement composites with the use of various waste materials. The purpose of own research presented in this paper is to show the possibility of improving mechanical properties of cement composites using micro-waste such as basalt dust and basalt microfibers.

INTRODUCTION

Micro-waste in the form of granules and microfibers is obtained in the production of mineral wool. Micro-waste is a cost and poses a problem, since it is necessary to recycle and utilize it.

The research is based on the current knowledge in the field of dispersed reinforcement, which enables improvement of physical and mechanical properties, i.e. an increase in resistance to brittle fracture and reduction of shrinkage [2]. Use of spatial filling reduces the density of composites and increases their ability to deflection.

LABORATORY TESTS

The tests were carried out on cement pastes formed into small beams, 10 x 10 x 65 mm. The tests were performed after 28 days of maturing on a strength machine with closed-loop servo control displacement.

In the compressive strength test, the compressed surface was 10 mm². The three-point tensile strength test (3P test) was carried out with a spacing of supports of 50 mm. The results obtained are shown in Figure 2.

Composites

Ingredients of cement composites are listed in Table 1. In all compositions, the constant w/c=0.35 and the amount of superplasticizer dosed have been kept. Portland Cement 42.5R was used in the research. The paste matrix was modified with the addition of basalt powder and basalt microfibers. The hybrid composite was formed with the highest possible amount of micro-recycling waste.

Figure 1 presents a micro waste in the form of basalt microfibers of diverse geometry. The fibre length is in the range 0.01÷0.5 mm and their diameter ranges from 0.002÷0.015 mm.

Table 1. Ingredients of cement composites

Composite	w/c	basalt powder [%] (percentage of cement mass)	microfibers [%] (percentage of cement mass)
Matrix	0.35	-	-
Basal powder	0.35	4.5	
Microfiber	0.35	-	2.6
Hybrid	0.35	7.5	5.5

Figure 1 presents also micro-waste in the form of basalt powders with a granulate diameter of 0÷0.4 mm (the highest concentration of granulate with a diameter of 0.145 mm). Typically, granulated substance is empty inside; it is filled with air.

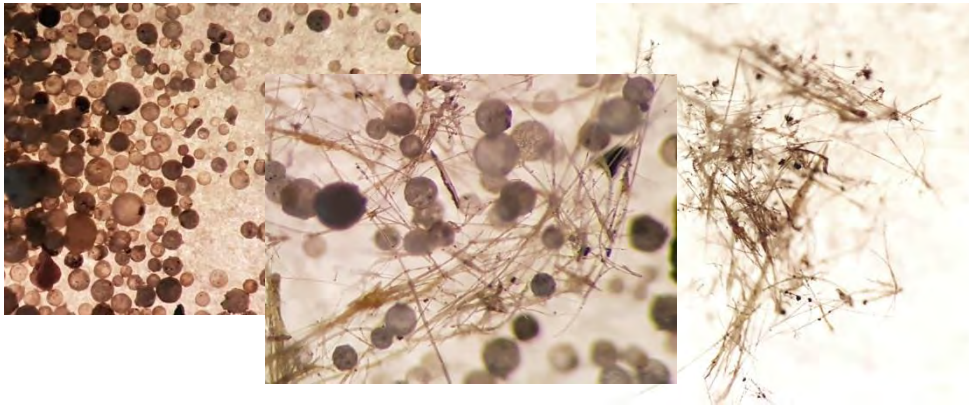


Fig. 1. Micro-waste: basalt powder, basalt microfibers, hybrid

Figure 2 compares the behaviour of cement composites under load (compression 2a and bending 2b). Due to the small differences in deformability (in the compression test), arising from the small geometry of the samples, only the final range of the dependence force–spreader-beam displacement is presented.

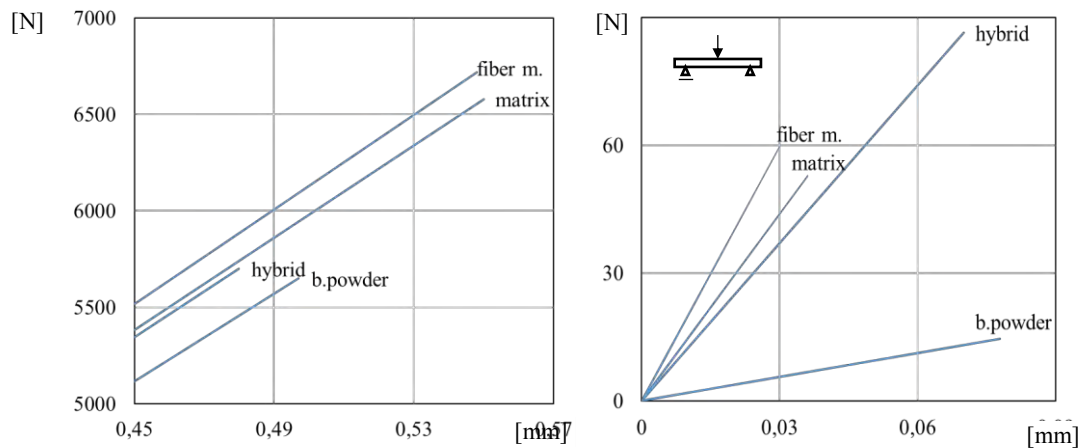


Fig. 2. Force - displacement diagram: a) compressive strength test
b) test of tensile strength at three-point bending.

As can be seen from Figure 2a, addition of microfibers slightly increases compressive strength and reduces susceptibility to deformation. Microfibers carry additional stresses, which indicates that their strength and anchorage in the matrix is reliable. Use of porous basalt micro-granulate significantly reduces compressive strength and slightly increases the deflection of the composite. Hybrid reinforcement does not improve compressive strength, which remains comparable to the original in strength when basalt micro-granules are used. The obtained results show that if compressive strength is to be improved in the case of hybrid filling, the amount of micro-granulate should be reduced in relation to basalt microfibers.

Tensile tests at three-point bending indicate that the addition of microfiber (like in the case of compression) increases strength and reduces deflection. Addition of micro-granules significantly reduces strength and considerably increases the ability to deform. Noteworthy is the hybrid reinforcement, which thanks to synergetic interactions definitely improves the ability to transfer stresses.

The preliminary tests showed the possibility of recycling and modification of mechanical properties of cement composites with the use of basalt micro-waste, however their optimization requires further research also in relation to cement and mortar composites.

CONCLUSIONS

Preliminary tests showed the possibility of significant modification of cement composites with micro-waste (basalt dust and basalt microfibers).

1. Addition of waste (basalt microfibers) in cement matrixes like cement pastes increases compressive strength.
2. Introduction of waste (porous basalt dust) reduces the ability to transfer stresses, while significantly improving the deformability of the matrix.
3. Use of hybrid waste (microfibers and basalt powder) results in a synergy of interactions, causing increased bending tensile strength and reduced compressive strength.
4. The obtained results indicate the need for further research on the content of hybrid waste in cement composites in order to optimize the obtained physical and mechanical properties.

REFERENCE LIST

1. *T. Kowalik, D. Logoń, A. Ubysz*, Feasibility study of the utilization of waste basalt rebars as fibre reinforcement for concrete. MATEC Web of Conferences 251, 01032 IPICSE-2018, (2018).
2. *D. Logoń*, Hybrid reinforcement in SRCC concrete. W: SCMT3: Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Kyoto, Japan, August 18-21, 2013 : proceedings / Japan Concrete Institute, Coventry University, University of Wisconsin Milwaukee, (2013).
3. *F. Grzymiski, M. Musiał, T. Trapko*. Mechanical properties of fibre reinforced concrete with *recycled* fibres. Construction and Building Materials Volume 198, Pages 323-331, (2019).
4. Alireza Mohammadinia, Yat Choy Wong, Arul Arulrajah, Suksun Horpibulsuk, Strength evaluation of utilizing *recycled* plastic waste and *recycled* crushed glass in concrete footpaths. Construction and Building Materials, Volume 197, Pages 489-496, (2019).

POSSIBLE USE OF COMPOSITE WASTE MATERIALS AS DISPERSED REINFORCEMENT FOR CONCRETE

Pawel Tomaszewicz¹, Aleksandra Ubysz¹, and Tomasz Kowalik²

¹students

²Sc. tutor tomasz.kowalik@pwr.edu.pl

^{1,2}Wroclaw University of Science and Technology, Wybrzeze Wyspianskiego 27, Poland

Abstract. The article presents the possibilities of using composite waste materials as dispersed reinforcement for concrete on the example of basalt fibres. The fibres were recovered from damaged basalt rods and added to concrete mix. Tests for compressive strength, the elasticity modulus and tensile strength on bending were carried out. The obtained results were compared with the results of tests on samples with the addition of steel fibres, with an analogous percentage of fibres.

THE PROCESS OF OBTAINING FIBRES FROM WASTE BASALT RODS

The authors of this study were guided by the idea of isolating fibres from basalt rods at the lowest possible labour intensity and the largest possible energy efficiency of the selected method. It is vital that, while processing materials and adapting basalt rods for re-use, energy consumption is as low as possible, which at best is also accompanied by relatively low labour intensity. Preparation of the samples began with cutting the composite rods into 50 mm long sections. This length resulted from literature analyses for steel fibres [1]. The method chosen to obtain the intermediate product was to place the cut up basalt rods in a climatic chamber and expose them to heat treatment at 250°C. High temperature softened the resin joining the fibres and enabled further processing. Separation of the fibres occurred by pressing hot rods through a special device, and as a result fibres with a diameter of 2mm and a length of 50 mm were obtained.



Fig. 1. Waste basalt rods and obtained fibres

TENSILE STRENGTH OF INDIVIDUAL FIBRES

In order to obtain the strength parameters of the obtained fibres, a static tensile test was performed. Fibres with a length of 120mm and a diameter of 2mm were tested. In order to protect the fibres against being crushed in the strength press, the fibres were placed in internally threaded casings, which were afterwards filled with Sikafloor 156 epoxy resin. Due to the liquid consistency of the resin, a good connection between the tested fibres and the casings was ensured.

Table 1. Research results.

No.	Sample	Surface area	Strength	Held pressure
		mm ²	N	MPa
1	001'	7,0291	2537,69	312,8991
		9,1914		
2	002'	18,3809	9559,73	520,0904
3	001	18,1952	8111,12	445,7835
4	002	18,9626	15702,1	828,0563
5	003	18,3008	8176,46	446,7816
6	004	22,74115	12445,5	547,2678

COMPRESSIVE STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY

The tests were carried out on 100x100x 400mm beams and on cubes with a side length equal to 150mm. Concrete is made from aggregate with grain size up to 8mm. The size of aggregate grains significantly affects fibre distribution in the concrete, and better results were obtained for concretes with a smaller aggregate fraction. The use of aggregates with coarse graining results in an uneven distribution of fibres in the concrete mix, which again results in some difficulties in obtaining fibroconcrete with satisfactory strength parameters.

The elastic modulus test was performed on cylindrical samples with a diameter of 150mm and a height of 300mm.

TENSILE STRENGTH ON BENDING

The tests were carried out on 100 x 100x 400 mm concrete beams. The spacing of supports was 300mm, and the load was applied using two concentrated forces. This kind of test eliminates the influence of shear forces in the middle of the span, as according to the laws of statics, in the middle of the span, there is only the bending moment.

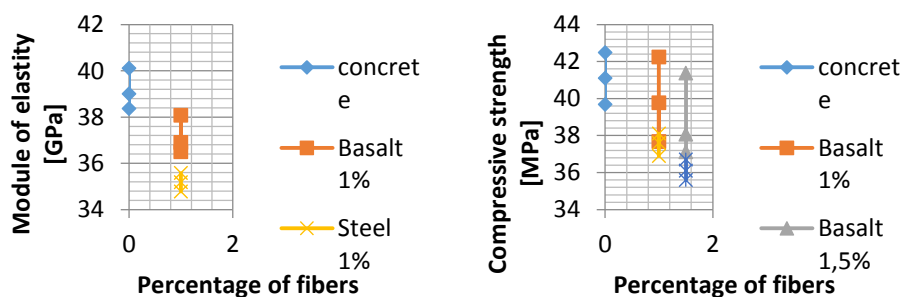


Fig. 2. Compressive strength and E-modul

Dependence force-displacement for a concrete sample with addition of basalt fiber

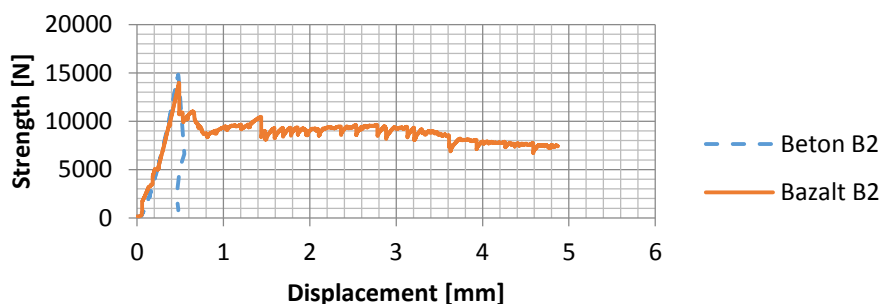


Fig. 3. Dependence force-displacement

CONCLUSIONS

Due to their corrosion resistance and high strength, basalt fibres are increasingly used in construction industry. The presented research shows that waste basalt fibres can be added to concrete as substitute reinforcement in cases where standard dispersed reinforcement cannot be used. For concrete with the addition of basalt fibres, an increase in compressive strength and in the modulus of elasticity can be observed, as compared to concrete with the addition of steel fibres. In the case of bending tensile strength, the sample with the addition of basalt fibres, as compared to the concrete sample without fibres, transfers loads after being cracked. A secondary benefit of adding concrete fibres to concrete, apart from the increase in mechanical parameters, is solving the problem of waste rods utilization.

REFERENCES

1. *T. Kowalik, D. Logon, A. Ubysz.*, Feasibility study of the utilization of waste basalt rebars as fibre reinforcement for concrete. W: VI International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE-2018). Moscow, Russia (2018).

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ

А.С. Алмакаева¹, В.В. Сидоров²

¹студентка 5 курса ИГЭС, totilas96@mail.ru

²канд. техн. наук, доц., научный сотрудник НОЦ «Геотехника», vitsid@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: в статье рассматриваются особенности взаимодействия бетонных конструкций с грунтом, параметры которых определены на основе лабораторных испытаний и применены в виде полученного коэффициента снижения прочности интерфейса.

Цели: изучение прочностных характеристик на контакте грунта и бетона; сравнение полученного значения коэффициента снижения прочности с нормативным значением и определение степени необходимости его учета при решении геотехнических задач численным методом.

Материалы и методы: на приборе одноплоскостного среза был получен коэффициент снижения прочности (R_{inter}), характеризующий условия взаимодействия разнородных материалов на контакте. При помощи численного моделирования показано как влияет учет или не учет, а также правильно заданные характеристики материала контактного элемента на внутренние усилия и перемещения подземных конструкций.

Результаты: результаты испытаний показали, что диаметр частиц оказывает различное влияние на сдвиговую прочность при одном и том же уровне нормальных напряжений. С помощью численного моделирования показано как влияет учет интерфейса на перемещения, деформации конструкций в грунте и на внутренние усилия, возникающие в их сечениях.

Выводы: по полученным результатам сделаны выводы о том, чему нужно уделить большее внимание при проведении лабораторных испытаний, и как влияет учет контактных элементов с правильным набором заданных свойств на внутренние усилия и перемещения подземных конструкций в численном моделировании, а также представлены перспективы дальнейшего исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Взаимодействие между различными материалами конструкций и грунтами является важной проблемой в геотехнике. Она имеет широкое распространение при решении задач, связанных с расчетом подпорных стен, шпунтовых ограждений, «стен в грунте», опускных колодцев и т.п. [1, 2]. На определение предельного сопротивления сдвигу влияет множество факторов, таких как вид грунта, размер частиц, влажность грунта, плотность, относительная шероховатость, материал твердой поверхности, величина нормальных напряжений, однако, по результатам многочисленных исследований наибольшее влияние на сопротивление сдвигу оказывают влажность грунта и относительная шероховатость [3-6].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Данная тема исследовалась в ряде других работ, в том числе и зарубежных, например, в работе Liming Hu and Jialiu Pu (2004) [7] были проведены испытания на сдвиг по стальной пластине при ее различной шероховатости. В данной работе было показано два вида разрушения, в зависимости от относительной шероховатости и визуально определена толщина зо-

ны сдвига грунта. Mohammadi, A, Ebadi, T, Eslami, A (2017) [8] исследовали влияние различной шероховатости бетонной поверхности на сопротивление сдвигу между песком и бетоном в приборе прямого сдвига. В работе Haeri, H ; Sarfarazi, V; Zhu, ZM (2019) [9] сдвиг осуществлялся между глинистым грунтом и бетонной поверхностью, и были сделаны выводы о том, что на предельное сопротивление сдвигу оказывают влияние шероховатость бетона и прикладываемое нормальное напряжение. Кроме того, в ряде других работ определялся коэффициент снижения прочности при разных уровнях нормальных напряжений и полученные значения варьировались от 0,4 до 0,9 [10, 11]. В таблице 9.1 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений представлена таблица значений коэффициента снижения прочности в зависимости от вида грунта, его степени влажности и консистенции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для испытаний использовались мелкие и крупные сухие пески, а в качестве твердой поверхности - бетонная плашка диаметром 71,4 мм и высотой 16 мм с одинаковой шероховатости по всем направлениям. После испытания бетонный образец поворачивался на 30°, так как частицы песка при сдвиге могут образовывать борозды на бетонной поверхности, а также чтобы при следующем испытании частицы сдвигались не по уже сформированной траектории (борозде), а сдвигались по вновь образуемой. Всего было проведено 48 испытаний на приборе одноплоскостного среза со скоростью сдвига - 0,2 мм/мин. Для мелких песков зазор устанавливался величиной 0,2-0,4 мм, а для крупных песков - 1 мм. Величина зазора подбиралась таким образом, чтобы исключить выпадения оттуда частиц, таким образом получаются более корректные.

При расчете геотехнических задач в специализированных программных комплексах для моделирования взаимодействия на контакте 2-х разнородных материалов используются контактные элементы – интерфейсы. Шероховатость контактной поверхности определяется величиной коэффициента снижения прочности в интерфейсе (R_{inter}), изменяющегося в диапазоне от 0, соответствующего абсолютно гладкому контакту, до 1, характеризующей поверхность, как достаточно шероховатую. При учете интерфейса в задачах между материалом конструкций и грунтом будет иметь место отрыв и проскальзывание, за счет чего конструкция будет иметь большую свободу для перемещений. При отсутствии контактных элементов в задаче грунт и конструкция будут иметь общие узловые точки, следовательно, будут перемещаться совместно, и, соответственно, усилия, деформации и перемещения конструкции не будут соответствовать реальному поведению. Для определения влияния R_{inter} на усилия, возникающие в конструкциях, а также на их перемещения и деформации, были смоделированы три показательные задачи, рассчитанные в PLAXIS 2D 2018. Каждая задача рассчитывалась в 3 этапа:

- 1) без постановки интерфейсов;
- 2) с интерфейсом при $R_{inter} = 1$;
- 3) с интерфейсом при $R_{inter} = 0,6$ (средние значения, полученные по результатам лабораторных испытаний).

Характеристики интерфейсам задавались набором данных для материала интерфейса, при этом удельное сцепление равнялось 0 ($c = 0$), а угол внутреннего трения умножался на коэффициент R_{inter} .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты испытаний представлены в таблице 1. Коэффициент снижения прочности R_{inter} получен путем деления предельного сопротивления сдвигу грунта по бетону на предельное сопротивление сдвигу грунта по грунту.

Таблица 1. Результаты испытаний (м-мелкий песок, к-крупный песок)

№	τ_{cp} , кПа		R_{inter}	№	τ_{cp} , кПа		R_{inter}
1М	28,8	16,7	0,58	13М	27,9	9,5	0,34
2М	28,5	19	0,67	14М	27,9	10,2	0,37
3М	28,5	17,4	0,61	15М	27,9	10,3	0,37
4М	27,0	14,1	0,52	16М	27,9	10,5	0,38
5М	27,5	19,5	0,71	17М	27,9	9,5	0,34
6М	27,9	16	0,57	18М	27,9	22,3	0,8
7М	27,9	16,1	0,58	1к	27,9	28,8	1,03
8М	27,9	16,1	0,58	2к	27,9	28,8	1,03
9М	27,9	18,7	0,67	3к	27,9	28,8	1,03
10М	27,9	17	0,61	4к	27,9	28,8	1,03
11М	27,9	16,7	0,60	5к	27,9	28,8	1,03
12М	27,9	14,4	0,52	6к	27,9	25,2	0,9

По результатам испытаний с мелким песком коэффициент снижения прочности R_{inter} варьируется от 0,34 до 0,8. Большинство испытаний показывают результаты значений R_{inter} в диапазоне от 0,52 до 0,71. Получение 6 выбивающихся значений может объясняться соотношением размеров частицы и зазора. При сдвиге в зазор укладывается несколько рядов частиц, поэтому сдвиг происходит как по бетону, так и по грунту, что приводит к завышенному значению предельного сопротивления сдвигу [12]. Однако при уменьшении величины зазора может произойти заклинивание частиц. После отбраковки результатов среднее значение полученного коэффициента снижения прочности равно $R_{inter} = 0,6$, что является схожим с тем, который представлен в таблице 9.1 СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений и равен 0,67.

По результатам 2-ой серии видно, что сопротивление сдвигу между крупным песком и бетонным образцом несколько выше, чем сопротивление сдвигу по грунту. Коэффициент $R_{inter} = 1,03$, т. е. практически равен 1. Такое явление может объясняться тем, что из-за размера зазора, сопоставимого с размерами частиц песка, контакт обеспечивает непосредственное трение между частицей (отдельностью скальной породы) и бетоном.

В 1-ой задаче моделировался котлован с железобетонным ограждением и распорной системой для определения влияния коэффициента снижения прочности на внутренние усилия, возникающие в нем. На рисунке 1 представлены эпюры изгибающих моментов, полученные в ограждении при полной откопке котлована. По ним можно видеть, что с появлением интерфейса на контакте «грунт-стена» изгибающий момент изменяется на 15%, при снижении на контакте прочностных характеристик изгибающий момент увеличивается еще на 10%.

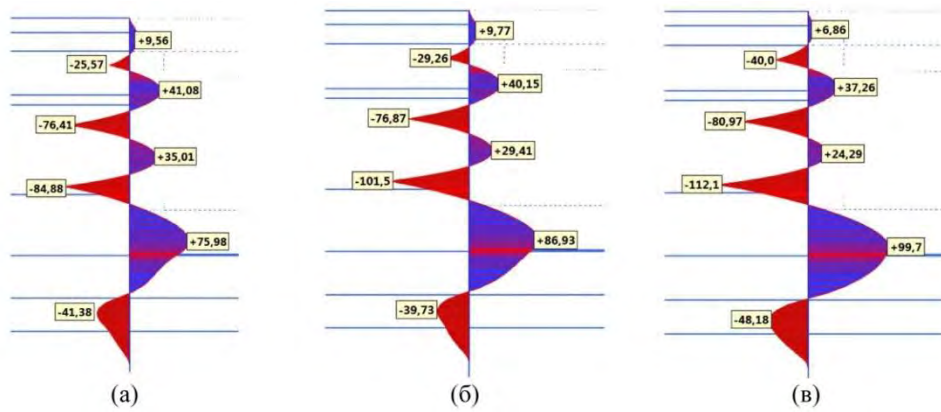


Рис. 1. Изгибающие моменты железобетонного ограждения котлована:
(а) без интерфейсов, (б) с интерфейсом ($R_{inter} = 1$), (в) с интерфейсом ($R_{inter} = 0,6$)

Во 2-ой задаче рассматривалась одиночная железобетонная свая с приложенной на нее нагрузкой, равной 100 т. По результатам расчета определялось изменение осадки сваи в зависимости от учета контактного элемента и его набора характеристик. На рисунке 2 можно видеть, что осадки в задаче без интерфейсов на контакте свая-грунт и в задаче с постановкой контактного элемента при $R_{inter} = 1$ практически равны, о чем свидетельствует близость линий этих кривых, а график кривой, полученной в 3-м этапе расчета, отклоняется от других, и разность между осадками составляет 4%. Однако более важно то, что исчерпание несущей способности и срыв сваи происходит при разных уровнях прикладываемой нагрузки. С учетом интерфейса и снижением прочностных характеристик на контакте несущая способность сваи уменьшается.

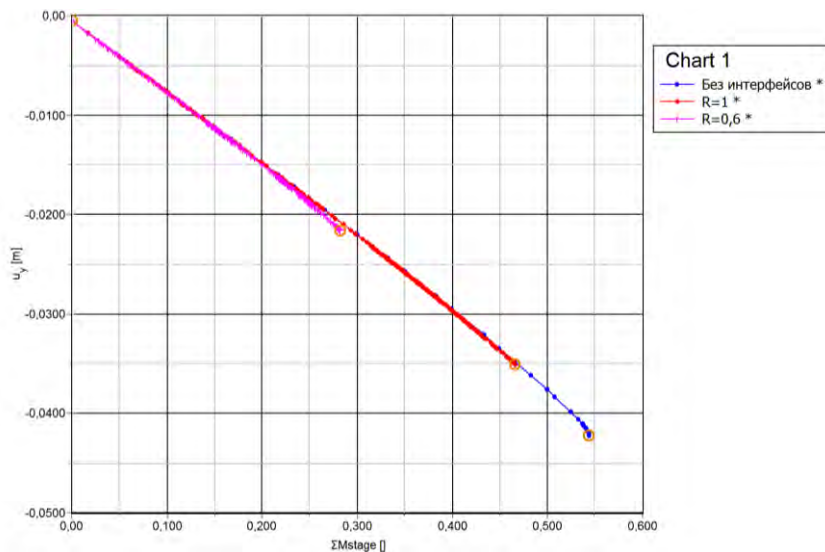


Рис. 2. Графики зависимости величины изменения осадки одиночной сваи от нагрузки

В 3-ей задаче определялись горизонтальные перемещения, вызванные горизонтальным давлением грунта на подпорную стену. На рисунке 3 представлены графики зависимости горизонтального смещения подпорной стены от величины горизонтального давления без учета и с учетом интерфейса с заданным коэффициентом снижения прочности $R_{inter} = 0,6$. Максимальное горизонтальное перемещение в 1-ом случае составило 22,9 мм, а во 2-м – 24,4 мм. Разница составляет всего 6%, но нужно учитывать, что при большем горизонтальном давлении разница между значениями может быть значительно большей.

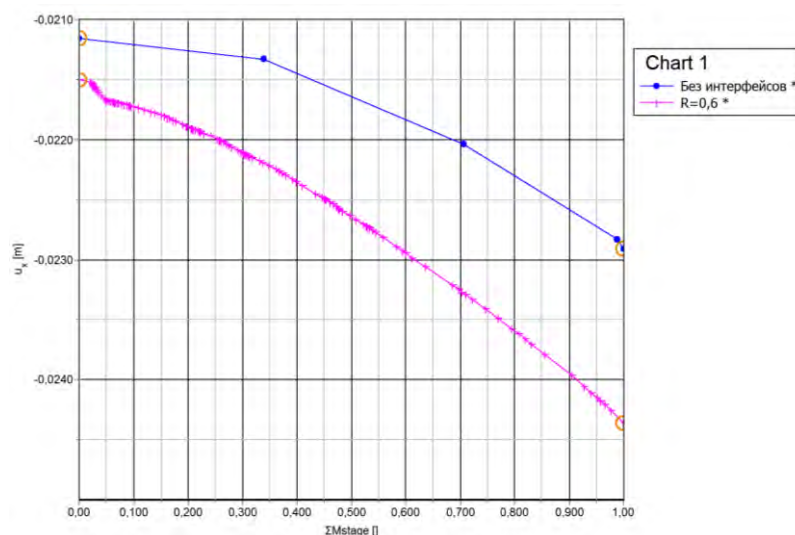


Рис. 3. Графики зависимости горизонтального смещения от оползневое давления

Таким образом, можно сделать вывод, что учет корректных значений интерфейсных элементов при моделировании необходим, т. к. в реальности жесткость на контакте «грунт-конструкция» будет меньше, чем на контакте «грунт-грунт», следовательно на контакте материалов может иметь место проскальзывание, отрыв и соответствующее параметрам контакта перемещение.

ВЫВОДЫ

1. Испытания на одноплоскостной срез показали большой разброс значений для испытаний между мелким песком и бетонным образцом, так как процесс сдвига является чувствительным к величине зазора. Его величина должна выбираться в зависимости от размера зерна: если зазор меньше размера частицы, тогда будет происходить заклинивание частиц, препятствующее формированию некоторого контактного слоя, включаемого в работу, однако, если зазор будет превосходить размер частицы, тогда в зазор будет укладываться несколько рядов частиц, вследствие чего сдвиг будет происходить как по бетонной поверхности, так и по грунту.

2. Испытания, проведенные с крупным песком, показали хорошую повторяемость результатов получаемых значений предельного сопротивления сдвигу и, соответственно, коэффициентов снижения прочности.

3. Численное моделирование показало, что при использовании контактных элементов с учетом снижения прочностных характеристик, величины внутренних усилий или перемещений конструкций увеличиваются, что значительно влияет на дальнейшее проектирование этих конструкции в плане армирования и выбора материала.

4. Кроме коэффициента снижения прочности необходимо учитывать толщину зоны сдвига грунта (толщину интерфейса), однако на данный момент эта тема имеет слабую изученность в международной научной практике, что делает ее интересной для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Miad Saberi, Charles-Darwin Annan, Jean-Marie Konrad* / On the mechanics and modeling of interfaces between granular soils and structural materials, Archives of Civil and Mechanical Engineering Journal, Vol. 18, Issue 4, Sep 2018.
2. *Jiang, SY (Jiang, Shouyan; Du, CB (Du, Chengbin; Sun, LG (Sun, Ligu)* / Numerical analysis of sheet pile wall structure considering soil-structure interaction, Geomechanics and Engineering Journal, Vol. 16, Issue 3, Oct 2018.

3. *Di Donna, A; Ferrari, A; Laloui, L* / Experimental investigations of the soil-concrete interface: physical mechanisms, cyclic mobilization, and behaviour at different temperatures, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 53, Issue 4, Feb 2017.
4. *Ilori, AO; Udoh, NE ; Umengi, JI* / Determination of soil shear properties on a soil to concrete interface using a direct shear box apparatus, *International Journal of geo-engineering*, Vol. 8, Issue 1, Aug 2017.
5. *Chen, XB; Zhang, JS; Xiao, YJ; Li, J* / Effect of roughness on shear behavior of red clay – concrete interface in large-scale direct shear tests, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 52, Issue 8, Aug 2015.
6. *Xu, ZH, Zhang, GD, Liao, W, Liao, AM and al.* / Study on mechanical behaviors of interface between gravel soil and concrete with large-scale simple shear test, *AER-Advances in Engineering Research*, Vol. 78, 2016.
7. *Liming Hu, Jialiu Pu* / Testing and Modeling of Soil-Structure Interface / *Jornal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 130, Issue 8, August 2004.
8. *Mohammadi, A, Ebadi, T, Eslami, A* / Shear strength behavior of crude oil contaminated sand-concrete, interface, *Geomechanics and Engineering Journal*, Vol. 12, Issue 2, Feb 2017.
9. *Haeri, H; Sarfarazi, V; Zhu, Z.M.* / Investigation of shear behavior of soil-concrete interface, *Smart Structures and Systems Journal*, Vol. 23, Issue 1, Jan 2019.
10. *Hisham T. Eid, Ruslan S. Amarasinghe, Khaled H. Rabie, and Dharma Wijewickreme* / Residual shear strength of fine-grained soils and soil–solid interfaces at low effective normal stresses, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 52, Issue 2, Feb 2015.
11. *Potyondy J. G., M.Eng.* / Skin friction between various soils and construction materials, *géotechnique*, Vol. 37, Issue 1, Mar 1987.
12. *Du, P, Liu, XL, Yang, B* / Numerical Simulation Study on the Failure Mode of Soil-structure Contact Interface, *AER-Advances in Engineering Research*, Vol. 15, 2015.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НОРМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ -50°C

И.С. Антонов¹, В.А. Петрова²

¹ студент 3 курса 7 группы ИГЭС

² аспирантка, visiren@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

В предложенной статье рассмотрена работа изгибаемых железобетонных элементов в области отрицательных температур при образовании трещин в растянутой зоне.

Предметом исследования является напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов нормального сечения с трещиной при отрицательных температурах до -50°C .

В качестве опытных образцов использовались железобетонные балки прямоугольного сечения с размерами 10x20 см с двумя арматурными стержнями класса А400 в растянутой зоне с процентом армирования $\mu=1,29\%$. Испытание балок осуществлялось по схеме чистого изгиба при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и -50°C нагружением ступенями по 5..10% от разрушающей нагрузки P_{des} .

В результате были получены распределения деформаций по высоте сечения балки при различных уровнях нагружения. Установлены соотношения изменений высоты сжатой зоны, высоты растянутого бетона, напряжений в бетоне и растянутой арматуре, а также ширины раскрытия трещин в сечении с трещиной испытанных балок, при температуре $T = -50^{\circ}\text{C}$ по сравнению с нормальными условиями.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство в районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера, требует обеспечить долговечность, надежность и экономичность железобетонных конструкций зданий, эксплуатируемых в сложных температурно-влажностных условиях. Мало исследованными до настоящего времени остаются железобетонные элементы нормального сечения при отрицательных температурах на стадии работы с трещиной. В связи с этим актуальным является экспериментальное исследование поведения таких железобетонных элементов при совместном силовом и низкотемпературном нагружениях.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Известно, что с образованием трещин в растянутой зоне изгибаемого железобетонного элемента, он вступает в новую стадию своей работы, которая мало исследована в области отрицательных температур [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве опытных образцов использовались железобетонные балки прямоугольного сечения с размерами 10x20 см. В растянутой зоне балок располагались два арматурных стержня диаметром класса А400. Процент армирования - $\mu=1,29\%$. Испытание балок осуществлялось по схеме чистого изгиба при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и -50°C . Нагружение производилось ступенями по 5...10% от разрушающей нагрузки P_{des} . На каждой ступени нагружения измерялись деформаций бетона и арматуры в сечении с трещиной, а также ширина раскры-

тия нормальных трещин. Экспериментальная установка подробно приведена в работе [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обработки результатов тензорезисторов, расположенных по высоте сечения, определялись деформации по высоте нормального сечения балки при различных уровнях нагружения. На основании полученных распределений деформаций по высоте сечения по опытным диаграммам бетона при сжатии вычислялись напряжения в бетоне и арматуре. Отдельные из этих результатов представлены в таблице 1

Таблица 1. Напряжения в бетоне и арматуре при температуре +20⁰С и -50⁰С

T, °C	$\varepsilon_b \cdot 10^5$	$\varepsilon_s \cdot 10^5$	σ_b , МПа	σ_s , МПа	x, мм
+20	72	150	37,4	300	57
-50	79	108	28,7	238	73

По этим данным строились эпюры напряжений по высоте нормального сечения с трещиной.

На рис.1 приведены эпюры напряжений в бетоне по высоте сечения при моменте $M=10,8\text{кНм}$ ($0,7P_{des}$) в нормальных условиях ($T=20^0\text{C}$) и при отрицательной температуре ($T=-50^0\text{C}$).

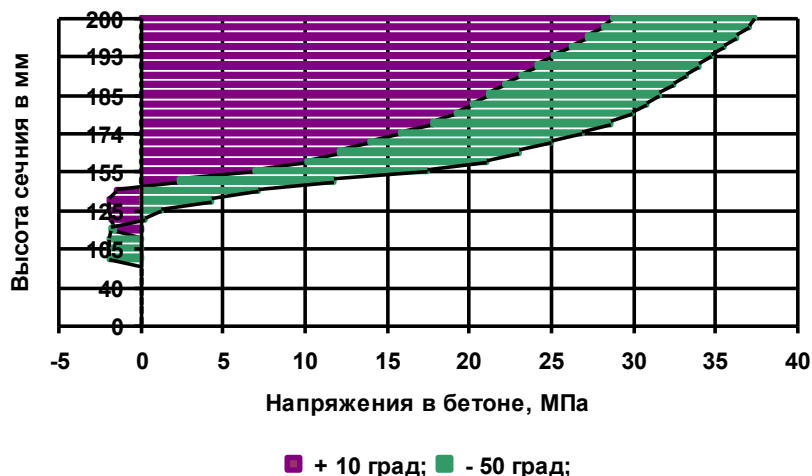


Рис. 1. Эпюры напряжений в бетоне по высоте сечения с трещиной при изгибающем моменте $M=10,8\text{кНм}$

Анализ представленных результатов показывает, что при температуре $T=-50^0\text{C}$ высота сжатой зоны бетона увеличивается на 28%; высота растянутого бетона над трещиной уменьшается на 25%; сжимающие напряжения в бетоне на крайнем верхнем волокне сечения уменьшаются на 23%. Эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны криволинейные. Напряжения в растянутой арматуре уменьшились с 300 МПа (+20⁰С) до 238 МПа (-50⁰С), то есть в 1,27 раза. Такое напряженно-деформированное состояние нормального сечения с трещиной при температуре -50⁰С объясняется появлением сжимающего усилия на уровне арматуры из за разности свободных температурных деформаций арматуры и бетона.

На основании опытных значений ширины раскрытия нормальных трещин, были рассчитаны отклонения ширины трещин в балках испытанных при отрицательной температуре по отношению к ширине раскрытия трещин в нормальных условиях.

$$\Delta_a = \frac{a_{crc}^{-50} - a_{crc}^{+20}}{a_{crc}^{+20}} 100\%, \quad (1)$$

где $a_{\text{крс}}^{+20}$, $a_{\text{крс}}^{-50}$ - ширина раскрытия нормальных трещин в балках соответственно при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и -50°C .

Эти данные в виде диаграммы представлены на рис.2. представлено изменение ширины раскрытие трещин в балках испытанных при отрицательной температуре.



Рис. 2. Отклонения ширины раскрытие трещин в балках (Δ_a)

Из представленной диаграммы видно, что ширина раскрытия трещин при температуре -50°C меньше в среднем на 24% по отношению ширины раскрытия трещин в балках, испытанных при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

ВЫВОДЫ

В сечении с трещиной испытанных балок, при температуре $T = -50^{\circ}\text{C}$ по сравнению с нормальными условиями установлено:

1. Высота сжатой зоны увеличивается на 28%.
2. Высота растянутого бетона над трещиной уменьшается на 25%.
3. Напряжения в бетоне сжатой зоны уменьшаются на 23%.
4. Напряжения в растянутой арматуре уменьшаются в 1,27 раза.
5. Ширина раскрытия трещин в среднем меньше на 24%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Е. Н., Истомин А. Д. Анализ напряженно деформированного состояния изгибаемых элементов с комбинированным армированием на основе диаграмм деформирования фибробетона. // Научное обозрение[Текст]. – 2016. –№ 4. – С. 35-39.
2. Байков В.Н., Додонов М.И., Расторгуев Б.С. и др. Общий случай расчета прочности элементов по нормальным сечениям. // Бетон и железобетон [Текст] – 1987. –№ 5. – С. 16-18.
3. Залесов А.С., Кодыш Э.Н., Лемыш Л.Л. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям. М.: Стройиздат - 1988. 320 с.
4. Истомин А.Д., Кудрявцев А.В. Работа статически неопределимых железобетонных элементов в условиях отрицательных температур // Промышленное и гражданское строительство [Текст]. – 2016. –№ 7. – С. 51-55.
5. Истомин А.Д., Истомин А.С. Температурные усилия в статически неопределимом железобетонном бруске при его замораживании до -500C . // Научное обозрение[Текст]. – 2015. –№ 24. – С. 88-91.
6. Andrey Istomin, Mikhail Medyankin. The influence of pliability of supports on statistically undefined reinforced concrete elements at temperatures under -50°C . XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction - The Formation of Living Environment" (FORM 2018) 25–27 April 2018, Moscow, Russian Federation. Volume 365, 2018.

7. *Истомин А.Д., Александров Е.Н.* Влияние массивности конструкций на температурные деформации бетона при циклическом замораживании и оттаивании // Наука и техника в дорожной отрасли [Текст] – 2018. – № 1. – С. 31-32.
8. *Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Сапожников М.А.* К построению методики расчета стержневых элементов на основе диаграмм деформирования материалов. // Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций. – 1987. – С. 103-107.
9. *Ржаницын А.Р.* Строительная механика. М.: "Высшая школа", 1982. 400 с.
10. *Тамразян А.Г.* Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 8. – С. 30-33.
11. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* К остаточной несущей способности железобетонных балок с трещинами. // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 32-34.
12. *Истомин А.Д.* Влияние знакопеременных температур на напряженное состояние сталебетонных изгибаемых балок // Технология текстильной промышленности - 2018. № 2 (374). С. 219-224.

ПОДАТЛИВОСТЬ ПЛАТФОРМЕННОГО СТЫКА ПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ОГНЕВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Д.О. Гомырина¹, Л.А. Аветисян²

¹студентка, *d.o.gomyrina@mail.ru*

²канд. техн. наук, доц., кафедры железобетонных и каменных конструкций, *avetisyanlevon@inbox.ru*

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: Изучение напряженно-деформированного состояния стыка вертикальных и горизонтальных конструкций крупнопанельного здания при высокотемпературном воздействии.

Цели: Анализ изменения коэффициента податливости платформенного стыка крупнопанельного здания при пожаре. Исследование влияния размера проема в наружной панели на изменение коэффициента податливости при высокотемпературном воздействии

Материалы и методы: Расчет коэффициентов податливости проводится по СП 335.1325800.2017 с учетом влияния температурного воздействия по СТО 36554501-006-2006. Температура конструкций определена в ПК PyroSim.

Результаты: Полученные коэффициенты податливости в комнате с окном при 30 мин воздействии реального пожара на 0,0049, 0,0028 больше, чем в нормальных условиях (для верхнего и нижнего стыка соответственно). В комнате с выходом на балкон значение коэффициента увеличилось на 0,006 для верхнего стыка и на 0,0039 для нижнего.

Выводы: Выявлено, что при воздействии высоких температур чем больше проем, тем значительнее увеличение коэффициента податливости.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение напряженно-деформированного состояния конструкций здания в чрезвычайных ситуациях (ЧС) является одной из важнейших задач строительной отрасли. Для гражданского строительства наиболее распространенный вид ЧС – пожар. По данным МЧС РФ более 80% возгораний в зданиях жилого назначения приходится на многоквартирные жилые дома.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Как показывают исследования, высокотемпературные воздействия существенно меняют физические и механические свойства материалов [1,2,3,4] что может привести к человеческим жертвам и существенному материальному ущербу. Чтобы свести к минимуму вероятность опасных для жизни человека последствий пожара в крупнопанельном здании необходимо обеспечить достаточную несущую способность стыковых соединений. Для этого требуется определить влияние высоких температур на значение коэффициента податливости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Коэффициент податливости для платформенного горизонтального стыка по СП 335.1325800.2017:

$$\lambda_{c,pl} = \left(\lambda'_m + \lambda''_m + \frac{h_{pl}}{E_{pl}} \right) \frac{A}{A_{pl}}, \quad (1)$$

где λ'_m , λ''_m - коэффициенты податливости при сжатии соответственно верхнего и нижнего горизонтальных растворяемых швов; h_{pl} - высота (толщина) опорной части плиты перекрытия; E_{pl} - начальный модуль упругости бетона опорной части плиты перекрытия; A - площадь горизонтального сечения стены в уровне расположения проемов; A_{pl} - площадь платформенных участков стыка, через которые передаются сжимающие напряжения.

Сейчас, в действующих нормах по обеспечению огнестойкости, нет методики по учету высокотемпературного воздействия для цементных растворов. В связи с этим на данном этапе исследования, в расчете с учетом высоких температур, принимаем коэффициенты податливости шва как для нормальных условий.

Определение температуры опорной части плиты производится в ПК PyroSim - интерфейс для программы Fire Dynamics Simulator (FDS, сертификат соответствия № 0896588). В процессе моделирования пожара расположенную в комнате мебель заменяем поверхностями горения с характеристиками, принимаемыми из встроенной в программу библиотеки реакций и поверхностей горения, для здания I-II степени огнестойкости (пожарная нагрузка $HRR = 200 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2}$, скорость распространения $v = 0,0108 \text{ м/с}$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для сравнения изучим наружные панели по Серии 97 (рис. 1) с толщиной несущего слоя $h_n = 120 \text{ мм}$, шириной платформенного участка $h_{пл} = 80 \text{ мм}$ и плиты перекрытия с толщиной опорной части $h_{pl} = 100 \text{ мм}$. Железобетонные элементы выполнены из тяжелого бетона на силикатном заполнителе $E_{pl} = 27500 \text{ МПа}$, $\rho = 2020 \text{ кг/м}^3$, $c = 0,84 \text{ кДж/кг}\cdot\text{С}^\circ$, $\lambda = 0,6 \text{ Вт/м}\cdot\text{С}^\circ$. Заполнение швов выполняется цементным раствором $R_m = 10 \text{ МПа}$.

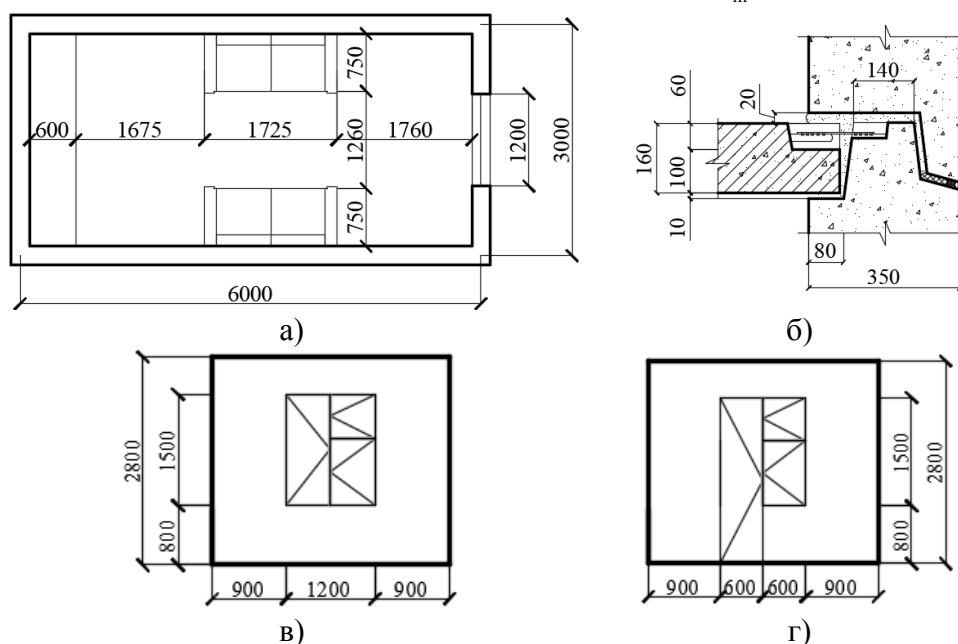


Рис. 1. Рассматриваемая комната:
а) План с мебелью, б) Узел опирания,
в) Наружная панель с окном, г) Наружная панель с выходом на балкон.

Коэффициент податливости растворяемых швов в нормальных условиях при сжатии длительной нагрузкой (характеристика ползучести шва $\varphi_1 = 1$), для средних сжимающих напряжений $\sigma_m \leq 1.15 R_m^{2/3}$ определяется:

Для верхнего растворного шва с толщиной $t_m = 20$ мм:

$$\lambda_{m,t} = 1.15 \cdot 10^{-3} R_m^{-2/3} t_m (1 + \varphi_t) = 0.0099 \text{ мм}^3/\text{Н}.$$

Для нижнего растворного шва с толщиной $t_m = 10$ мм:

$$\lambda_{m,t} + 0.0049 \text{ мм}^3/\text{Н}.$$

Коэффициент податливости стыка по формуле 1 для панели с окном:

$$\lambda_{c,pl1} = \left(0.0099 + 0.0049 + \frac{100}{27500} \right) \frac{0.12 \cdot 3 - 0.12 \cdot 1.2}{0.08 \cdot 3} = 0.0166 \text{ мм}^3/\text{Н}$$

Для панели с выходом на балкон, ширину проема для расчета площади поперечного сечения берем как среднее между шириной окна и балконной двери $0,5(1,2+0,6) = 0,9$ м:

$$\lambda_{c,pl2} = \left(0.0099 + 0.0049 + \frac{100}{27500} \right) \frac{0.12 \cdot 3 - 0.12 \cdot 0.9}{0.08 \cdot 3} = 0.0184 \text{ мм}^3/\text{Н}$$

Геометрические характеристики по СТО 36554501-006-2006 через 30 мин. пожара: $h_{pl} = 80$ мм, $h_n = 102$ мм, $h_{пл} = 56$ мм.

Таблица 1. Коэффициенты податливости стыка через 30 мин. после возгорания

	Панель с окном		Панель с выходом на балкон	
	Верхний стык	Нижний стык	Верхний стык	Нижний стык
Температура, С°	987,3	945	975,3	953
λ_{pl} , мм ³ /Н	0,0215	0,0194	0,0244	0,0223

Сравнительный анализ величин коэффициентов податливости, полученных в нормальных условиях и при 30 мин. воздействии реального пожара, показывает что в комнате с окном значение увеличилось на 0,0049, 0,0028 мм³/Н для верхнего и нижнего стыка соответственно. В комнате с выходом на балкон значение коэффициента увеличилось на 0,006 для верхнего стыка и на 0,0039 мм³/Н для нижнего.

ВЫВОДЫ

Таким образом можно сделать вывод, что при воздействии высоких температур чем больше проем, тем значительнее увеличение коэффициента податливости. Данный фактор необходимо учитывать на этапе проектирования с помощью ограничения размера проема в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисян Л.А., Парфенов С.Г., Пронин А.А. К учету деформативных свойств бетона при расчете железобетонных конструкций в условиях высоких температур // Строительство и реконструкция. 2015. № 6. С. 21-25.
2. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1979. 131 с.
3. Tamrazyan A. Reduce the impact of dynamic strength of concrete under fire conditions on bearing capacity of reinforced concrete columns//Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 475-476. С. 1563-1566.
4. Kabantsev, O.V., Tamrazian, A.G. Allowing for changes in the calculated scheme during the analysis of structural behavior. (2014) Magazine of Civil Engineering, 49 (5), pp. 15-26.

УЧЁТ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ НАДЁЖНОСТИ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ

А.О. Данилкив¹, А.Г. Тамразян²

¹ студент, *Andromee@mail.ru*

² д-р техн. наук, проф., *tamrazian@mail.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

В проведённой работе рассматривается специфика теории надёжности на примере однопролетной изгибаемой железобетонной балки. Существующие методы определения индекса надёжности не учитывают все вариативные параметры конструкции, а именно явление перераспределения моментов. Именно для обозначения важности этой проблемы было произведён анализ.

В качестве объекта исследования была взята статически неопределимая железобетонная балка с длиной пролёта $L = 1,2$ м. Для определения индекса надёжности был применён бета-метод, использующий вероятностный метод - гауссовскую вероятностную модель для расчета решения в замкнутой форме для статически неопределимых систем.

В результате проведённой работы было определено значение индекса надёжности для балки при различном значении перераспределения моментов.

На основании полученных данных сделано заключение, что увеличение процента учёта перераспределения моментов положительно влияет на надёжность строительной конструкции только до определённого значения, после которого значение индекса надёжности снижается. Такой результат является ценным, поскольку существующая тенденция проектирования конструкций направлена на экономию материалов без снижения прочностных характеристик с учётом существующих методов расчёта без учёта новых методов определения надёжности строительных конструкций.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных мер безопасности зданий и сооружений является их надёжность - способность выполнять свои функции за установленное время эксплуатации. Стандартом ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований» рекомендуется рассчитывать надёжность для ситуаций с полной статистической информацией о случайных параметрах расчётных моделей вероятностно-статистическими методами [1].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В работе [2] авторы рассматривали различные факторы, оказывающие влияние на надёжность конструкций статически неопределимых изгибаемых железобетонных балок. Теоретический анализ и практические данные результатов работы позволили сделать выборку определения границ перераспределения моментов для анализа явления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Специфика теории надёжности заключается в учёте и вероятностной оценке всех факторов работы конструкции, и в качестве объекта исследования была взята статически неопределимая железобетонная балка (рис. 1) с армированием (рис. 2).

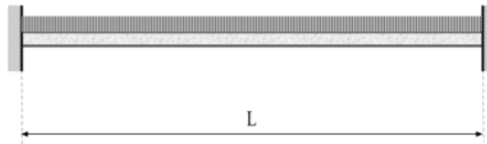


Рис. 1. Исследуемая балка, защемлённая с двух концов с равномерно распределённой нагрузкой.

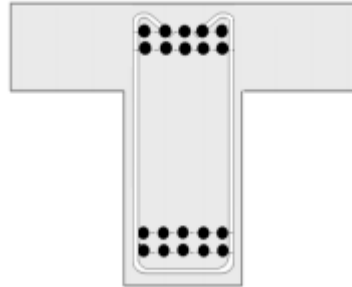


Рис. 2. Армирование исследуемой балки

Статически неопределимая конструкция будет проанализирована с учётом перераспределения моментов и без, чтобы определить, существует ли влияние на индекс надёжности, и оценить его.

При общей постановке задачи условие безотказной работы конструкции записывается в виде:

$$Y(t) = R(t) - S(t) \geq 0, \quad (1)$$

где $R(t)$ - обобщенная несущая способность конструкций; $S(t)$ - обобщенная нагрузка на конструкцию; $Y(t)$ - резерв несущей способности конструкции [3].

Оценками надёжности конструкций являются вероятность безотказной работы $P(t)$ или вероятность отказа работы конструкции $Q(t)$:

$$P(t) = P(Y \geq 0); Q(t) = 1 - P(t). \quad (2)$$

Вычисление оценок надёжности выполняется с использованием функции Лапласа $\Phi(\beta)$:

$$Q(Y < 0) = 0.5 - \Phi(\beta); P(Y \geq 0) = 0.5 + \Phi(\beta). \quad (3)$$

Случайное значение предельного изгибающего момента, воспринимаемого балкой [3]:

$$M_{ult} = f(\sigma_b, \sigma_s) = \sigma_s A_s (h_0 - 0.5x), \quad (4)$$

где σ_b - случайное значение сопротивления бетона сжатию для предельных состояний первой группы; σ_s - случайное значение прочности стержневой арматуры растяжению; A_s - площадь сечения растянутой стержневой арматуры; h_0 - расчетная высота сечения; x - высота сжатой зоны бетона, равная $\frac{\sigma_s A_s}{\sigma_b b}$, где b - ширина сечения. Подставляем значение x в (4):

$$\bar{M}_{ult} = \bar{\sigma}_s A_s h_0 - 0.5 \frac{(\bar{\sigma}_s A_s)^2}{\bar{\sigma}_b b} \quad (5)$$

где $\bar{\sigma}_s$ и $\bar{\sigma}_b$ - математическое ожидание сопротивления бетона и прочности арматуры. Коэффициенты для расчёта стандарта предельного момента:

$$D_s = \frac{\partial \bar{M}_{ult}}{\partial \sigma_s} = A_s h_0 - \frac{\sigma_s A_s^2}{\sigma_b b} = \frac{A_s}{\sigma_b b} (h_0 \sigma_b b - \sigma_s A_s), \quad (6)$$

$$D_b = \frac{\partial \bar{M}_{ult}}{\partial \sigma_b} = \frac{0.5}{\sigma_b^2 b} (\sigma_s A_s)^2, \quad (7)$$

И стандарт предельного изгибающего момента определим как:

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_b \sigma_b)^2 + (D_s \sigma_s)^2}. \quad (8)$$

Для оценки надежности балок определяем характеристику безопасности применим бета-метод, использующий гауссовскую вероятностную модель для расчета решения в замкнутой форме для статически неопределимых систем [4]:

$$\beta = \frac{\bar{M}_{ult} - M}{\hat{M}_{ult}}, \quad (9)$$

где M - расчётное значение изгибающего момента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При определении индекса надёжности с учётом перераспределения моментов следует помнить, что предельные моменты на участках также зависят от площади сечения арматуры, а сумма пролётных и опорных моментов остаётся неизменной. Таким образом, задавая различное армирование на опорах и в пролётах, мы получим соответственно различные значения моментов. Каждый из изменяемых параметров используется в формулах (1) - (9) и напрямую влияет на определение индекса надёжности. В соответствии с накопленными знаниями и существующими исследованиями [2] было принято произвести расчёт для перераспределённых моментов, не отличающихся от соответствующих упругих более чем на 30%, а именно - для 10% и 20%. Результаты расчётов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты вычислений

Учёт перераспределения моментов	0%	10%	20%
Индекс надёжности, β	4,12	4,2	3,96
Вероятность отказа балки, $Q(\beta)$	$32,8 \cdot 10^{-6}$	$28 \cdot 10^{-6}$	$48 \cdot 10^{-6}$

ВЫВОДЫ

Таким образом, было установлено, что явление перераспределения моментов оказывает влияние на надёжность железобетонной балки. Также было выявлено, что увеличение разницы перераспределённого момента и соответствующего ему упругого (даже в пределах допустимых значений) не позволяет установить определённую динамику изменения индекса надёжности. Для дальнейшего выявления зависимости и границ возрастания/убывания значения индекса надёжности от учёта перераспределения моментов требуется рассмотреть образцы при сосредоточенной нагрузке и разными видами закреплений, а также уменьшить шаг учёта перераспределения моментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тамразян А.Г. Расчет элементов конструкций при заданной надежности и нормальном распределении нагрузки и несущей способности. Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 109-115.
2. Тамразян А.Г., Рашидов Б.Т. О влиянии некоторых факторов на уровни перераспределения моментов в статически неопределимых железобетонных балках. Строительство и реконструкция. 2018. № 6 (80). С. 14-21.
3. Тамразян А.Г., Федорова Н.В. Оценка надежности железобетонных конструкций, усиленных углелепластиковым внешним армированием. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 6 (366). С. 226-231.
4. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М., 2004.
5. Nowak, Andrzej. "Target Reliability for New, Existing, and Historical Structures." Civil Engineering 3.19 (2011): 1-10. Biblioteka Politechniki Krakowskiej, 2011

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЁТОВ И ОПТИМИЗАЦИИ БЕТОННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЛОТИН

Т.В. Долгушев¹, В.В. Долгушева²

¹ студент, *dolgushev@yandex.ru*

² студентка, *fedorova.vera19971997@yandex.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: расчёт напряжений и общей устойчивости на плоский сдвиг бетонных гравитационных плотин на скальном основании, решение задач оптимизации.

Цель: создание программного комплекса, позволяющего осуществить расчет конструкций в заданных граничных условиях с возможностью использования данных, полученных из расчетов, выполненных методом конечных элементов.

Материалы и методы: для создания алгоритмов расчета бетонных гравитационных плотин на скальном основании использовались методы сопромата и теории упругости, для создания алгоритмов оптимизации - метод полного факторного эксперимента. При создании расчетного комплекса использовалась среда разработки Embarcadero Delphi, в основе которой лежит язык объектно-ориентированного программирования Delphi или Turbo Pascal.

Результаты: сравнение результатов расчётов ПК Stability Dam и ПК Crack (МКЭ) показали ожидаемое расхождение значений напряжений в основании секции и практически полное совпадение значений коэффициента устойчивости (расхождение не более 2.3%). Проверочные расчеты, произведенные в ПК Matcad и ПК Microsoft Excel, для решения задачи оптимизации практически совпали с решениями ПК Stability Dam, расхождение составляет не более 0,7%, в пользу созданного ПК.

Выводы: расчеты напряжений, устойчивости и решение задачи оптимизации производимые в ПК Stability Dam достоверны. Комплекс может быть использован для проектирования бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях и решениях учебных задач.

ВВЕДЕНИЕ

Расчёты бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях включают в себя несколько этапов:

- 1) Предварительный расчёт, основанный на методах сопромата и теории упругости.
- 2) Проверка и уточнение полученных результатов с помощью программных комплексов, основанных на методе конечных элементов.
- 3) Оптимизация конструкции, то есть подбор наиболее экономичного профиля при выполнении граничных условий.

Расчёты, осуществляемые по данной схеме, включают в себя большое количество идентичных по характеру вычислений. Анализ используемых в инженерной практике программных комплексов, решающих задачу оптимизации, выявил невозможность применения получаемых результатов в реальном строительном процессе. Результаты, получаемые в математических моделях, не учитывающих технологии производства работ в гидротехническом строительстве, нельзя использовать для реальных сооружений. Так, заложение откоса бетонной плотины посчитанное с точностью, до девятого знака после запятой не возможно реали-

зовать в реальном строительном процессе. Это приводит к необходимости преобразования результатов расчётов, под имеющиеся условия строительного процесса.

Возникает потребность в автоматизации расчётов и оптимизации гравитационных бетонных плотин на скальном основании. Реализовать это необходимо с помощью численного моделирования и создания алгоритмов:

- 1) Работающих для всего множества вариантов исходных данных расчётной конструкции.
- 2) Учитывающих не только основное, но и особое сочетание нагрузок.
- 3) Позволяющих решать задачу оптимизации конструкции с учётом технологий производства работ.
- 4) Обеспечивающих достоверные результаты напряжений, коэффициента устойчивости и решения задачи оптимизации
- 5) Позволяющих применять в решении задачи оптимизации не только результаты полученные с помощью методов сопрямата и теории упругости, но и метода конечных элементов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для оценки несущей способности использовался коэффициент надёжности к плоскому сдвигу, который рассчитывался с помощью стандартных методик, приведённых в [5, п.8.11] и [6]. Расчёт нормальных краевых напряжений на контакте "бетон-скала" осуществлялся с помощью формулы внецентренного сжатия [1, стр. 154]. При этом применялась расчётная схема, рассмотренная в [1, п.6.3]. Класс капитальности расчётной секции плотины определялся согласно [4]. Для ограничения вводимых данных использовались следующие источники информации:

- для ширины плотины по гребню с автодорогой [8, п.5.21], без автодороги [5, п.6.1].
- для высоты столба воды в верхнем бьефе относительно высоты секции [5, п.6.2]
- для отступа оси дренажа от оси цементационной завесы [7, п.5.14]
- для учёта сейсмического воздействия [3, Табл.8.2]

Для решения задачи оптимизации использовалась методика полного факторного эксперимента рассмотренная в [2, п.19.2]. Для создания алгоритмов применялись принципы описанные в [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для нахождения нормальных краевых напряжений использовалась формула:

$$\sigma = \frac{\sum V}{b} \pm \frac{6 \times M}{b^2} \quad (1), \text{ где}$$

$\sum V$ - сумма вертикальных сил, нормальных к основанию;

M - момент всех сил, относительно центра тяжести (середины) сечения;

b - ширина секции по подошве.

Для нахождения коэффициента устойчивости использовалась формула:

$$K_{уст} = \frac{\sum V \cdot tg\varphi + c \cdot b}{\sum G} \quad (2), \text{ где}$$

$tg\varphi$ и c - характеристики грунта основания на контакте "скала-бетон"

$\sum G$ - сумма горизонтальных сил, нормальных к оси секции.

Основные нагрузки, использованные при расчёте сооружения в ПК Stability Dam можно классифицировать на следующие группы:

Вертикальные:

- Собственный вес секции
- Пригрузка от воды со стороны верхнего бьефа
- Пригрузка от воды со стороны нижнего бьефа

- Взвешивающее противодействие
- Фильтрационное противодействие

Горизонтальные:

- Давление от воды со стороны верхнего бьефа
- Давление от воды со стороны нижнего бьефа

При проектировании сооружений необходимо учитывать не только основное расчётное сочетание, обусловленное всеми вышеперечисленными нагрузками, но и особое сочетание нагрузок. В ПК Stability Dam возможность учёта особого сочетания нагрузок реализуется с помощью включения в расчёт следующих нагрузок:

- Силовое воздействие воды при форсированном подпорном уровне и нормальной работе дренажных и противофильтрационных устройств
- Сейсмическое воздействие

Сейсмическое воздействие учитывается введением в формулу (2) дополнительного члена (3):

$$K_{уст} = \frac{\sum V \cdot tg \varphi + c \cdot b}{\sum G + K_s \cdot V_{bet}} \quad (3), \text{ где}$$

K_s - учёт сеймики, добавлением сейсмической силы в долях от веса секции;

V_{bet} - вес секции.

Для решения задачи оптимизации использовалась методика полного факторного эксперимента. Составление программы исследований на основе теории планирования эксперимента значительно сокращает требуемое количество экспериментов, по сравнению с другими методиками, за счет одновременного варьирования всеми факторами. Последующая обработка результатов позволяет оценить вес каждого фактора, отбросить несущественные и получить в итоге так называемые интерполяционные зависимости, количественно описывающие поведение исследуемого объекта в области варьирования факторов. Наличие таких зависимостей позволило бы при оценке НДС и несущей способности обходиться без проведения математического эксперимента в каждом конкретном случае.

В терминах теории планирования эксперимента поставленная задача формулируется следующим образом - получение функции отклика:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (4)$$

связывающей выход "у" так называемого "черного ящика" с факторами x_1, x_2, \dots, x_n входами в него. Фактором называется независимая изменяемая величина, принимающая в некоторый момент времени определенное значение. Совокупность всех значений, которые может принимать данный фактор, образует область определения фактора, а совокупность областей определения всех факторов - область эксперимента.

Верхняя и нижняя границы области определения фактора называются соответственно верхним и нижним уровнями данного фактора. Центру области определения соответствует основной, или нулевой, уровень. Полуразность верхнего и нижнего уровней называется интервалом варьирования данного фактора. Масштабы по осям в факторном пространстве удобно выбирать таким образом, чтобы верхнему "натуральному" уровню фактора соответствовало кодированное значение (+1), нижнему (-1), а основному (0). Для факторов с непрерывной областью определения это можно сделать с помощью преобразования

$$x_j = \frac{\bar{x}_j - \bar{x}_{j0}}{i_j}, \quad j = 1, \dots, k, \quad (5), \text{ где}$$

\bar{x}_j - кодированное значение j-го фактора,

\bar{x}_j - натуральное значение j-го фактора,

\bar{x}_{j0} - натуральное значение основного уровня j-го фактора,

i_j - интервал варьирования j-го фактора,

k - количество учитываемых факторов.

Область эксперимента в кодированных величинах представляет собой в факторном пространстве гиперкуб размерностью k .

Далее предполагается, что функция отклика (4) с достаточной степенью точности может быть аппроксимирована в области эксперимента полиномом

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{j,1}^k b_{j1} x_j x_1 + \dots, \quad (6)$$

называемым уравнением регрессии. Члены вида $b_j x_j$ соответствуют линейным эффектам, $b_{j1} x_j x_1 (j \neq 1)$ - эффектам взаимодействия первого порядка, $b_{jj} x_j^2$ - квадратичным эффектам и т.д. Величины b_0, b_j, b_{j1} и т.д. называются коэффициентами уравнения регрессии.

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n y_i x_{ij}}{n}, \quad (7)$$

В зависимости от того, полином какой степени будет использован, функция отклика аппроксимируется линейной, либо квадратичной, либо другой моделью. В данном случае применяется квазилинейный полином (ни один из членов не имеет степени выше единицы).

В ПК Stability Dam факторный эксперимент производится с помощью варьирования трёх факторов, которые необходимо выбрать из пяти возможных, наиболее значимых факторов. За главные, наиболее значимые, приняты факторы, проиллюстрированные на схеме силового воздействия воды (аналогично [5, Рис.6]) применяемой в ПК Stability Dam (Рис 1):

- 1) $m1$ - Заложение низовой грани выше точки перегиба
- 2) $m2$ - Заложение верховой грани ниже точки перегиба
- 3) $Hm2$ - Высота перегиба низовой грани
- 4) $m3$ - Заложение верховой грани
- 5) $Hm3$ - Высота точки перегиба верховой грани
- 6) Синим цветом обозначено поверхностное силовое воздействие воды, включающее:
 - а) давление воды на верховую и низовую грани
 - б) пригрузка плотины со стороны верхнего и нижнего бьефов
- 7) Голубым цветом обозначено воздействие воды по подошве плотины, включающее:
 - а) взвешивающее противодействие
 - б) фильтрационное противодействие

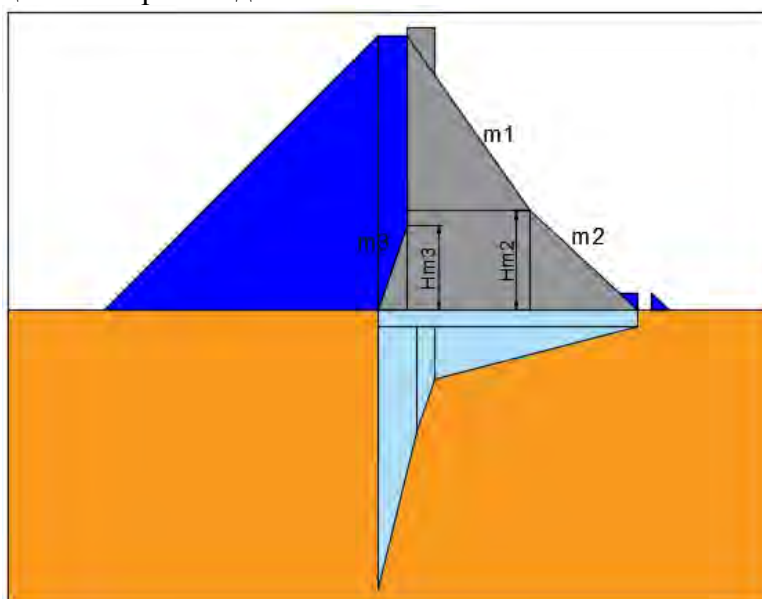


Рис. 1. Используемые факторы варьирования, показанные на профиле, полученном с помощью встроенного в ПК Stability Dam алгоритма визуализации

Решение задачи оптимизации было реализовано с помощью алгоритма, основанного на постепенном переборе всех возможных вариантов сочетаний варьируемых факторов с заданной точностью: для заложения откоса и высоты перегиба, сотые и десятые доли соответственно. Таким образом, осуществляется расчёт порядка десяти миллионов вариантов, что при быстродействии современных ЭВМ занимает не более секунды. Это позволяет получить наиболее простым и надёжным способом решение задачи оптимизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка достоверности значений, полученных с помощью ПК *Stability Dam* осуществлялась следующим образом:

- сравнением расчетов напряжений и устойчивости секции плотины, произведенных в ПК *Stability Dam* и в ПК *Crack*, основанном на методе конечных элементов (Табл. 1);
- сравнением результатов ПК *Stability Dam* с ПК *MathCad* и ПК *Microsoft Excel* при решении задачи оптимизации, при заданных одинаковых полиномах функций отклика (Табл. 2).

Таблица 1. Сравнение результатов расчётов σ'_y и к-та устойчивости в ПК *Stability Dam* и ПК *Crack*

Название использованного ПК	σ'_y [МПа]	К-т устойчивости	К-т устойчивости сейсм.
<i>Stability Dam</i>	-0.281	1.667	1.358
<i>Crack</i>	0.63	1.63	1.39

Таблица 2. Сравнение профилей полученных в результате решения задачи оптимизации в ПК *MathCad*, ПК *Microsoft Excel* и ПК *Stability Dam* после округления

Название использованного ПК	$m1$	$m2$	H $m2$ [м]	V bet [м ³]	$Vbet/Vbet.min$ [%]
<i>Stability Dam</i>	0.63	0.98	43.1	5524.91	100
<i>Microsoft Excel</i>	0.64	1	40	5563.443	100.697
<i>MathCad</i>	0.64	1	40	5563.443	100.697

Различие значений напряжений вызвано тем, что при расчётах методами сопромата и теории упругости, в расчётной схеме учёт основания производится только на контакте "плотина-основание", а при расчёте методом конечных элементов моделируется работа всего скального массива основания.

ВЫВОДЫ

Анализ описанных материалов и методов позволил создать ПК *Stability Dam*, который осуществляет расчёты секции бетонной гравитационной плотины на скальном основании методами сопромата и теории упругости, а так же позволяет решить задачу оптимизации не только с помощью данных методов, но и с учётом результатов полученных с помощью метода конечных элементов. Полученные результаты расчётов и решения задачи оптимизации позволяют сделать вывод не только о их достоверности, но и об обеспечении экономии бетона при нахождении оптимального профиля, для рассматриваемого сооружения экономия составила 20000 м³ бетона.

Таким образом ПК *Stability Dam* позволяет автоматизировать расчеты, производить более качественную оптимизацию и может быть использован для решения задач проектирова-

ния и совершенствования образовательного процесса. Также программой могут пользоваться студенты, осуществляющие проектирование бетонной гравитационной плотины на скальном основании в рамках курсового и дипломного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бесстужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В.* Гидротехнические сооружения Часть 1, 2011, с. 153-164.
2. *Рассказов Л.Н., Орехов В.Г., Анискин Н.А., Малаханов В.В., Бесстужева А.С., Саинов М.П., Солдатов П.В., Толстиков В.В.* Гидротехнические сооружения Часть 2, 2011, с. 113-144.
3. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах.
4. Постановление Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 "О классификации гидротехнических сооружений".
5. СП 40.13330.2012 Плотины бетонные и железобетонные.
6. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения.
7. ВСН 045-72 Указания по проектированию дренажа подземных гидротехнических сооружений, актуализированная редакция от 01.01.2019.
8. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги.
9. *Толстых В.К.* Программирование в среде Delphi, 2010.

СТАЛЕБЕТОННЫЕ ФЕРМЫ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ГНУТО-СВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ

П.В. Зенкин¹, Л.С. Щукина², И.М. Гаранжа³

¹ студент, pz2603@mail.ru

² студент, liliyaschykina@gmail.com

³ канд. техн. наук, доц., garigo@mail.ru

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

² ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Аннотация

Предмет исследования: В статье рассматривается вопрос целесообразности использования в качестве покрытия зданий конструкций стропильных ферм типа «Молодечно» с верхним сжатым поясом, выполненных на основе холодно-гнутого стальных профилей, заполненных бетоном по критериям общей устойчивости ее элементов, жесткости фермы в целом, а также металлоемкости и веса конструкции покрытия.

Цели: Учитывая конструктивные особенности работы узлов ферм из гнуто-сварных профилей оценить возможность уменьшения сечения верхнего пояса ферм за счет добавления в них бетона. Задача снижения материалоемкости имеет два пути решения: снижение толщины профиля при неизменных габаритах, либо уменьшение высоты и ширины профиля.

Материалы и методы: Используя метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе SCAD получены расчетные усилия в элементах верхнего пояса фермы, которые стали основой для подбора их сечений в классическом стальном и трубобетонном вариантах исходя из требований общей устойчивости при сжатии и изгибной жесткости фермы.

Результаты: На основании полученных результатов выявлена степень снижения затрат стали на фермы и увеличения ее веса, в связи с появлением бетона.

Выводы: Выдвинуты предположения о направлениях проведения дальнейших углубленных исследований в изучении действительной работы и напряженно-деформированного состояния трубобетонных ферм.

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство характеризуется увеличением высоты сооружений и пролетов перекрытий. Это требует применения стержней, обладающих высокой несущей способностью при малых поперечных сечениях. Одним из решений этой проблемы является применение трубобетонных конструкций [8-10, 13-15]. В статье представлены результаты анализа изменения несущей способности, жесткости и материалоемкости стержневых конструкций покрытия зданий с использованием пустотелых и заполненных бетоном стальных ГСП на основании существующих отечественных и зарубежных методик [1, 3-7, 11, 13-15].

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной статье рассмотрены фермы типа «Молодечно» пролетами $L = 18$ и 24 м., высота ферм $H = 2$ м., сталь С245, заполнение сжатого пояса - бетон В12.5. Механические характеристики материалов приняты в соответствии с [1-4]. Ферма рассчитана на основные сочетания нагрузок. Снеговая нагрузка принята для Петропавловска-Камчатского: 8 район [16]. Статический расчет ферм, в результате которого получены усилия в стержнях верхнего пояса

и подбирались поперечные сечения, выполнен в программном комплексе SCAD Soft 21 согласно рекомендациям [17].

Используя методику [1] проверена возможность применения подобранных сечений элементов ферм, учитывая особенности работы узлов ферм из ГСП. В результате расчета определялись:

- Несущая способность стенки пояса на продавливание и вырывание.

В случае одностороннего примыкания к поясу двух элементов решетки или более с усилиями разных знаков (см. рис. 1а), а также одного элемента в опорных узлах (см. рис.1б), следует проверять для каждого примыкающего элемента по формуле:

$$\frac{|N|+1.5|M|}{d_b} \leq \frac{\gamma_c \gamma_d \gamma_D R_y t^2 (b+c) \sqrt{2Df}}{(0.4+1.8c/b) f \sin \alpha} \quad (1)$$

где γ_d - коэффициент влияния знака усилия в примыкающем элементе, принимаемый равным 1,2 при растяжении и 1,0 - в остальных случаях;

γ_D - коэффициент влияния продольной силы в поясе

b - длина участка линии пересечения примыкающего элемента с поясом в направлении оси пояса

c - половина расстояния между смежными стенками соседних элементов решетки или поперечной стенкой раскоса и опорным ребром

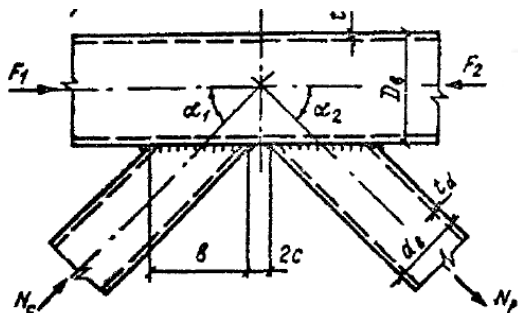


Рис. 1а. Расчетная схема промежуточного узла фермы из ГСП

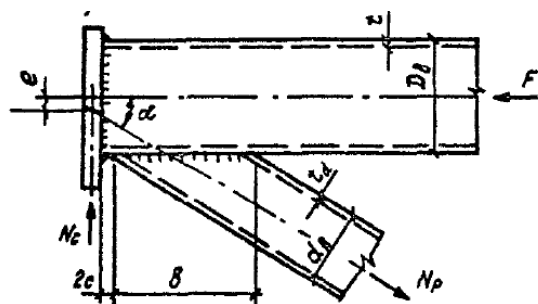


Рис. 1б. Расчетная схема опорного узла фермы из ГСП

- Несущая способность стенки пояса в месте примыкания сжатого элемента решетки. Следует проверять по формуле

$$N \leq \frac{2\gamma_c \gamma_t^k R_y t d_b}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Где γ_t - коэффициент влияния тонкостенности пояса, для отношений $D/t \geq 25$ принимаемый равным 0,8, в остальных случаях - 1,0

k - коэффициент, принимаемый в зависимости от тонкостенности пояса D/t и расчетного сопротивления стали R_y , по формулам, соответствующим трём областям, приведенным на рис. 2.

- Несущая способность элемента решетки в зоне примыкания к поясу. Следует проверять по формуле:

$$|N| + \frac{0.5|M|}{d_b} \leq \frac{\gamma_c \gamma_d^k R_{yd} A_d}{1 + 0.013 D/t} \quad (3)$$

где R_{yd} - расчетное сопротивление стали элемента решетки

A_d - площадь поперечного сечения элемента решетки

t – толщина стенки элемента решетки

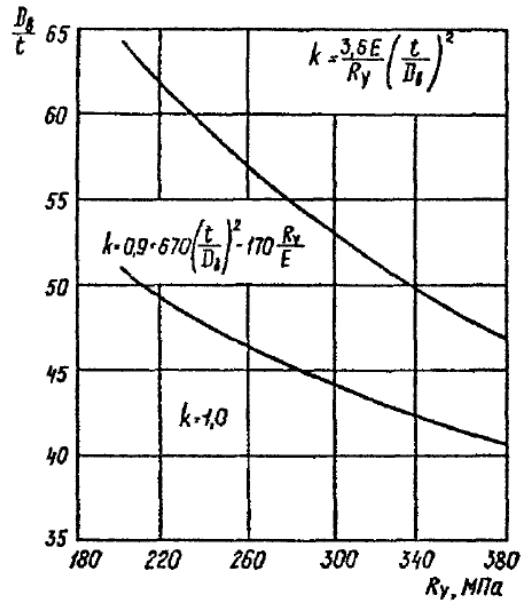


Рис. 2. К определению коэффициента k

- Несущая способность сварных швов крепления решетки к поясу.

$$|N| + \frac{0.5|M|}{d_b} \frac{0.75 + 0.01 \frac{D}{t}}{\beta_f k_f \left(\frac{2b_d}{\sin\alpha} + d \right)} \leq \gamma_c R_{wf} \gamma_{wf} \quad (4)$$

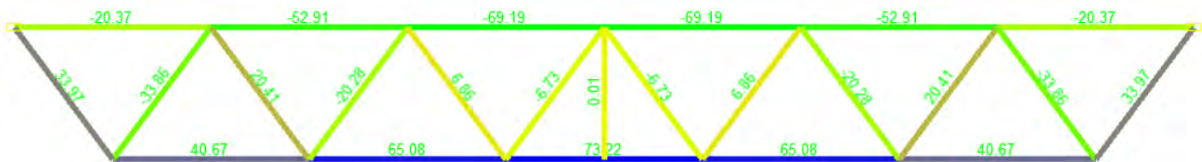


Рис. 3а. Цветовое отображение значений продольных усилий фермы пролетом 18м

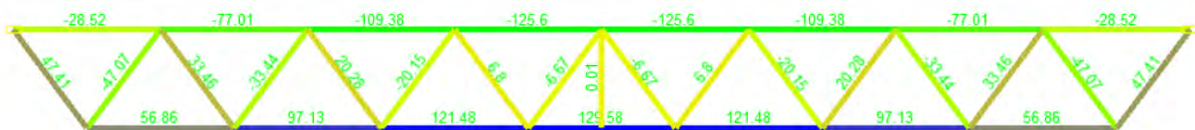


Рис. 3б. Цветовое отображение значений продольных усилий фермы пролетом 24м

Таблица 1. Подобранные сечения квадратного профиля

<p>Пролет 18 м</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сжатый пояс – 160x8 • Растянутый пояс – 140x6 • Опорный раскос – 120x6 • Другие элементы решетки – 100x4 • Стойка – 80x3 	<p>Пролет 24 м</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сжатый пояс – 200x11,5 • Растянутый пояс – 180x10 • Опорный раскос – 140x6 • Другие элементы решетки – 120x6 • Стойка – 80x3
---	---

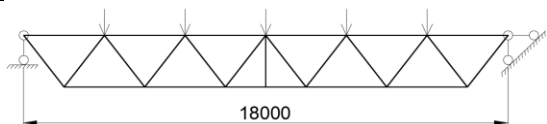


Рис. 4. Расчетная схемы фермы пролётом 18м

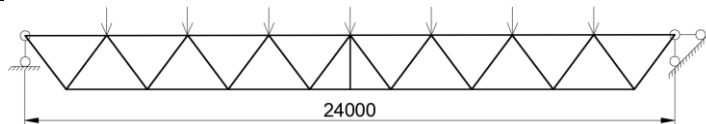


Рис. 5. Расчетная схемы фермы пролётом 24м

При добавлении бетона в верхний пояс становится ясно, что такие факторы, как продавливание пояса и потеря устойчивости его стенок не являются определяющими, и наиболее приоритетным становится вопрос вырывания участка пояса.

Задача снижения материалоемкости имеет два пути решения: снижение толщины профиля при неизменных габаритах, либо уменьшение высоты и ширины профиля. В результате, возможное изменение пояса не дало возможности варьировать одной лишь толщиной, и, в дальнейшем, подбирались трубобетонные элементы сечением из квадратного профиля минимального размера, проходящие по вырыванию стенки и несущей способности по каждой из существующих методик. Однако, конструктивные особенности фермы из ГСП не позволяют сделать ширину пояса меньше или равной ширине раскоса.

Существующие методики расчета трубобетонных элементов при центральном сжатии.

- Методика [4]:
 - Определяется расчетное сопротивление бетона в трубе по формуле:

$$R_b^* = 0.65B \left(1 + 16.1 \mu_{pb} \beta \right) \tag{5}$$

Где:

B – класс бетона;

$\mu_{pb} = \left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1$ – коэффициент армирования бетона;

D – наружный диаметр трубы;

$d = D - 2t$ – диаметр бетонного ядра;

β – коэффициент, зависящий от класса бетона на прочность при сжатии;

- Определяется несущая способность колонны (продольная сила, которую сможет выдержать колонна):

$$N_{stb} = \gamma_{bs} \left(R_b^* A_b + \gamma_{s2} R_y A_{st} \right) \tag{6}$$

где:

γ_{bs} – коэффициент условия работы бетона и трубы;

R_b^* – расчетное сопротивление бетона в трубе;

γ_{s2} – коэффициент условий работы стали трубы, учитывающий снижение расчетного сопротивления стали при сложном напряженном состоянии;

A_b – площадь сечения бетонного ядра;

R_y – расчетное сопротивление стали;

A_{st} – площадь поперечного сечения трубы;

- Методика нормативного документа «ЦНИИпроектстальконструкция» [5]: несущая способность сжатой трубобетонной колонны определяется выражением:

$$N \leq N_{per} = \varphi \gamma_{bs} (R_b^* A_b + \gamma_{s2} R_s A_s) \quad (7)$$

здесь φ – коэффициент продольного изгиба, R_b^* – расчетное сопротивление бетона в трубобетоне:

$$R_b^* = 0.65B(1 + \mu_{pb} \alpha);$$

где $\alpha = 0,35$;

B – класс бетона по прочности,

μ_{pb} – коэффициент армирования

Методика [3]

Расчет производится по формуле:

$$N_{ult} = R_{pc} A_p + R_{bp} A_b \quad (8)$$

$$R_{pc} = R_y - \frac{R_y}{4} \left(1 - \frac{7.5e}{D_p - 2t_p} \right); \quad R_{bp} = R_b - \Delta R_b \left(1 - \frac{7.5e}{D_p - 2t_p} \right)$$

здесь

$$\text{где } \Delta R_b = R_b \left(2 + 2.52 e^{-\frac{1}{c}(R_p A_p + R_b A_b)} \right) \frac{t_p}{D_p - 2t_p} \frac{R_p}{R_b}$$

- Приведение трубобетонного сечения к стали [1, 8, 10]:

Согласно этому подходу составное поперечное сечение трубобетонной колонны приводится к одному материалу – стали.

При расчете в упругой стадии принимается площадь стали A_s , площадь бетона A_b . Расчетное сопротивление стали R_s , бетона R_b . Коэффициент приведения $\eta = E_b/E_s = 0,11$.

Расчет производится по формуле:

$$\frac{N}{A_n} \leq R_n \gamma \quad (9)$$

- Расчет как железобетонной конструкции с жестким армированием [5]:

Расчет производится по формуле:

$$N_0 \leq A R_b \gamma_{b1} + A_{s,tot} R_{sc} \quad (10)$$

- Методика [14], предложенная китайскими учеными Min Yu, Xiaoxiong Zha, Jianqiao Ye, Yuting Li для расчета прочности и устойчивости трубобетонных элементов с произвольным поперечным сечением (включая пустотелые трубы) при осевом нагружении:

Расчет несущей способности исходя из требований общей устойчивости стержня производится по формуле:

$$N_{st} = \varphi_{sc} f_{sc} A_{sc} = \varphi_{sc} \left(1 + 0.5 k_e \frac{\xi}{1 + \xi} \right) (f_y A_s + f_{ck} A_c) \quad (11)$$

Здесь $\xi = \frac{A_s f_y}{A_c f_{ck}}$ где A_s – площадь поперечного сечения стального профиля; A_c –

площадь поперечного сечения бетонного ядра; f_y – расчетное сопротивление стали; f_{ck} – расчетное сопротивление используемого бетона;

$$k_e = k_h k_n$$

где $k_n = \frac{n^2 - 4}{n^2 + 20}$ – коэффициент, учитывающий количество граней сечения; n – количество

граней;

φ_{sc} – коэффициент продольного изгиба, величина которого зависит от количества n граней стальной оболочки трубобетонного элемента;

$$\varphi_{sc} = \frac{1}{2\lambda_{sc}^2} \left(\overline{\lambda_{sc}^2} + K \overline{\lambda_{sc}} + 1 - \sqrt{(\overline{\lambda_{sc}^2} + K \overline{\lambda_{sc}} + 1)^2 - 4\overline{\lambda_{sc}^2}} \right) \quad (11.1)$$

здесь; $K = 0.25 - 0.09 K_h K_n$

$$\overline{\lambda_{sc}} = \frac{L_0}{\pi} \sqrt{\frac{N_0}{E_{sc} I_{sc}}}, \text{ где } E_{sc} = \frac{(E_c I_c + E_s I_s)}{I_{sc}}$$

- Методика [13] предложенная Min Yu, Xiaoxiong Zha, Jianqiao Ye, Chunyan She для расчета прочности и устойчивости трубобетонных элементов круглого поперечного сечения:

$$N_{st} = \varphi_{sc} \left(1 + 0.5 \frac{\xi}{1 + \xi} \right) (f_y A_s + f_{ck} A_c) \quad (12)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для фермы пролетом 18 метров из-за условия вырывания участка пояса и конструктивных особенностей минимально возможное сечение – 140x7. Однако анализ методик показал следующие результаты:

- По методике ДБН согласно проверке на устойчивость удовлетворяет условию трубобетонный профиль сечением 110x7
- Согласно расчету по методике ЦНИИПСК из-за условия устойчивости стержня не представляется возможным использовать сечение меньше, чем 140x7
- Результат расчета стержня как железобетонного элемента с жестким армированием показал невозможность из-за условия устойчивости использования сечения даже 140x7
- Китайская методика для круглого сечения показала большой запас в устойчивости, и возможность использования сечения 80x7

- Согласно китайской методике для полигонального сечения условию устойчивости удовлетворяет сечение 120x7
- Производя расчет стержня, используя характеристики приведенного сечения, убедились, что использование даже сечение 140x7 не представляется возможным из-за условия общей устойчивости
- Методика СП «Сталежелезобетонные конструкции» дала такой же результат, как и китайская методика для полигональных сечений.

Для фермы пролетом 24 метра из-за условия вырывания участка пояса и конструктивных особенностей минимально возможное сечение для большинства методик – 180x10.

Однако анализ показал следующие результаты:

- По методике ДБН согласно проверке на устойчивость удовлетворяет условию трубобетонный профиль сечением 180x10
- Согласно расчету по методике ЦНИИпск из-за условия устойчивости стержня не представляется возможным использовать сечение меньше, чем 180x10
- Результат расчета стержня как железобетонного элемента с жестким армированием показал невозможность из-за условия устойчивости использования сечения даже 180x10
- Китайская методика для круглого сечения показала большой запас в устойчивости, и возможность использования сечения 150x10. Данное сечение, в том числе, прошло по условию вырывания
- Согласно китайской методике для полигонального сечения из-за условия устойчивости не удастся использовать сечение меньше, чем 180x10
- Производя расчет стержня, используя характеристики приведенного сечения, убедились, что использование даже сечение 180x10 не представляется возможным из-за условия общей устойчивости
- Методика СП «Сталежелезобетонные конструкции» дала такой же результат, как и китайская методика для полигональных сечений.

Сравнительная характеристика масс верхнего пояса представлена в табл. 2.

Таблица 2. Массы ферм пролетами 18 и 24 м

18 метров	24 метра
Без бетона: 656.28 кг.	Без бетона: 1526.64 кг.
С бетоном: 1199.6 кг.	С бетоном: 2715.4 кг.

Сравнительная характеристика прогибов фермы представлена в табл. 3.

Таблица 3. Прогибы ферм пролетами 18 и 24 м

18 метров	24 метра
Без бетона: 39.7 мм.	Без бетона: 63.9 мм.
С бетоном: 37.8 мм.	С бетоном: 59.6 мм.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показали, что использование трубобетона в качестве элемента верхнего пояса для ГСП ферм данных пролётов не является целесообразным. В последующих исследованиях предполагается проверка возможности использования сталежелезобетона для опорных раскосов, а также провести аналогичные вышеизложенным расчеты для ферм пролётами 30, 36 метров и более, по итогам чего будут делаться выводы, имеет ли свое место бетон в композитных конструкциях покрытия. Кроме

того, необходимо изучить влияние появления трубобетонного пояса на надежность и живучесть конструкции покрытия, а также из изменение ее динамических характеристик, рассматривая бетон, как возможный вариант демпфера при необходимости гашения колебаний фермы.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-23-81*). – М. : Минстрой России, 2011. – 254 с.
2. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила проектирования (актуализированная редакция СНиП 51-01-2033). – М. : Минстрой России, 2012. – 152 с.
3. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования – М. : Минстрой России, 2016. – 133 с.
4. ДБН В.2.6-160:2010 Сталізалізобетонні конструкції. Основні положення. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 99 с.
5. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой / НИЖБ, ЦНИИПромзданий. – М.: Стройиздат, 1978. – 54 с.
6. *Стороженко Л.И.* Железобетонные конструкции с внешним армированием / *Л.И. Стороженко* // К.: УМКО ВО, 1989. – 98 с.
7. *Стороженко Л.И., Семко А.В.* Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций / *Л.И. Стороженко, А.В. Семко* // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. – Полтава: ПолНТУ, 2005. – Т13 (63). – С. 59-67.
8. *Стороженко Л.И.* Трубобетонные конструкции / *Л.И. Стороженко* // К. : Будивельник, 1978. – 81 с.
9. *Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я.* Расчет трубобетонных конструкций / *Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.Я. Черный* // К. : Будивельник. 1991. – 120 с.
10. *Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Труль В.А.* Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. М.: Стройиздат, 1974. 144 с.
11. *Семко О.В.* Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій / *О.В. Семко* // К.: Сталь, 2004. – 318 с.
12. *Mander, J.B.* Theoretical stressstrain model for confined concrete [Text] / *J.B. Mander, J.N. Priestley, R. Park* // Engineering Structures. -1989. -11. -p. 1804 -1825.
13. *Min Yu, Xiaoxiong Zha, Jianqiao Ye, Yuting Li.* A unified formulation for circle and polygon concrete-filled steel tube columns under axial compression [Text] // Engineering Structures.- 2013. - 49. - p. 1-10.
14. *Min Yu, Xiaoxiong Zha, Jianqiao Ye, Chunyan She.* A unified formulation for hollow and solid concrete-filled steel tube columns under axial compression [Text] // Engineering Structures. - 2010. - 32(4). - p. 1046 - 1053.
15. *Garanzha I.M.* About approaches to the calculation of composite tubes in Ukraine and abroad // Metal Constructions. 2014, vol.20, No1, p.45-53.
16. СП 20.13330.2017 Нагрузки и воздействия (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). – М.: Минстрой России, 2016. – 113 с.
17. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / *А.В. перельмутер, В.И. Сливкер* // К. : Сталь. 2002. – 600 с.

ВОДООТЛИВНЫЙ КОМПЛЕКС ШАХТЫ ИМ. В.И. ЛЕНИНА НА ПОДРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ГРУППЫ ШК, Г. ГОРЛОВКА

А.С. Златьев

магистрант кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений,

Kuhar.Anna.V@yandex.ru

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Аннотация

Предмет исследования: напряженно-деформированное состояние водоотливного комплекса шахты им. Ленина и его конструктивных элементов при воздействии неравномерных деформаций земной поверхности подрабатываемой территории группы ШК.

Цель: поиск решений позволяющих снизить усилия и напряжения в конструкциях здания, вызванные воздействием подработки, до допустимых значений.

Материалы и методы: разработана расчетная модель системы «здание – фундамент – основание» в ПК Лира, определены коэффициенты жесткости основания и вынужденные перемещения от влияния подработки с помощью ПК Descon, проверка прочности сечений конструктивных элементов была выполнена в ПК SCAD Office.

Результаты: при воздействии уступа величиной 10 см в некоторых конструктивных элементах здания усилия существенно превышают прочность сечений этих элементов, поэтому, рассмотрен вариант снижения жесткости основания путем уменьшения ширины подошвы фундамента и устройства под ним песчаной подушки с требуемыми деформационными характеристиками.

Выводы: Уменьшение ширины подошвы фундамента и жесткости основания позволило увеличить врезаемость фундамента в основание, уменьшить неравномерность осадок в месте образования уступа и таким образом снизить усилия в конструктивных элементах.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Донецкой области широко распространены подрабатываемые территории, на которых здания подвергаются дополнительным воздействиям от деформаций земной поверхности [1]. Наиболее неблагоприятными для зданий являются сосредоточенные деформации земной поверхности – уступы, возникающие в результате сдвижения горных пород по трещинам, образовавшимся над горной выработкой [2]. Мероприятия по защите зданий от сосредоточенных деформаций земной поверхности являются довольно дорогостоящими, поэтому вопрос их совершенствования является актуальным [3, 4].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Большой вклад в развитие методов расчета зданий, взаимодействующих с основанием на подрабатываемых территориях, внесли Клепиков С.Н. [5], Милюков Д.А., Петраков А.А. [1], Olivier Deck [6] и др. В работе Петракова А.А. [7] показано, что одним из путей снижения усилий в конструкциях здания, подверженного деформациям земной поверхности, является учет нелинейности работы конструкций и основания. В работах Клепикова С.Н. [5] и Гарагаша Б.А. [8] показано, что снизить усилия в конструкциях можно снижая жесткость основания, в том числе и за счет учета нелинейного деформирования. Упрощенные методы определения нелинейных деформаций основания рассмотрены в работах [5, 9, 10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе объектом исследования является здание строящегося здания водоотливного комплекса шахты им. Ленина, г. Горловка. По данным инженерно-геологических изысканий, выполненных институтом «Донгипрошахт», основанием фундаментов, является полускальный грунт (песчаник маловлажный сильно выветрелый, неоднородный с плотностью $\rho=2.33$ г/см³, пределом прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии $R_c=3$ МПа и модулем деформации $E=40$ МПа). При устройстве котлована под здание водоотливного комплекса в грунтовом массиве были выявлены трещины (рис. 1), в результате чего площадка строительства была отнесена сначала к группе подрабатываемых территорий IVк, а затем по мере увеличения выявленных трещин к группе IIIк. В проект здания были внесены изменения, предусматривающие конструктивные меры защиты от величины уступа до 5 см (группа IVк) [2], но после изменения группы подрабатываемой территории на более тяжелую с возможной величиной уступа 5-10 см потребовалась разработка дополнительных мероприятий.

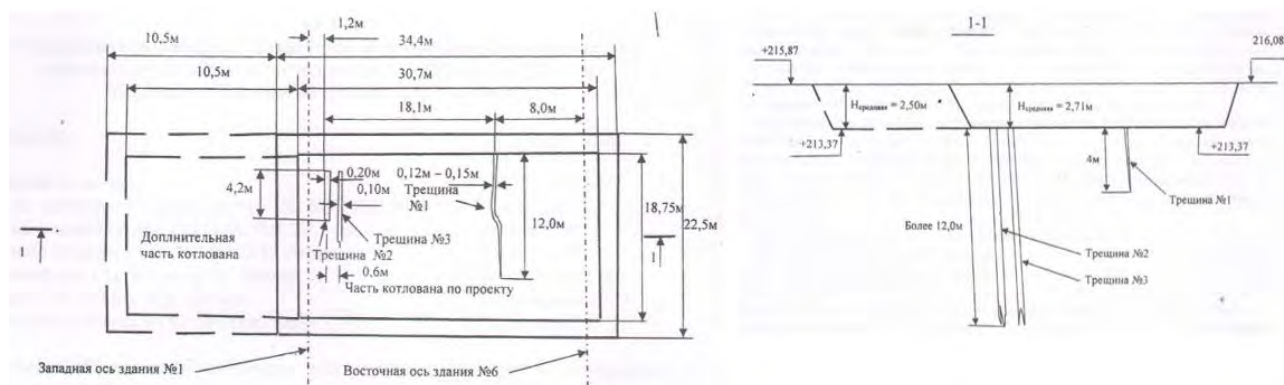


Рис. 1. Схема котлована под здание водоотливного комплекса шахты им. Ленина с указанием обнаруженных трещин на дне котлована

С целью определения усилий в основных несущих конструкциях объекта была разработана расчетная модель системы «здание – фундамент – основание» в ПК Лира. Расчет выполнялся методом конечных элементов. При этом конструкции фундаментов из перекрестных лент, цокольного и карнизного железобетонных поясов моделировались стержневыми элементами соответствующей жесткости. Стены из полнотелых бетонных блоков с армированием швов моделировались пластинами с соответствующими жесткостными характеристиками и с учетом расположения проемов. Жесткость покрытия в расчете не учитывалась. Основание моделировалось стержневыми конечными элементами с шагом ≈ 1 м по длине ленточного фундамента, жесткость которых принималась в зависимости от коэффициента жесткости основания, соответствующего действующему давлению, и площади заменяемого участка основания. Моделирование уступа производилось как вынужденное перемещение опорных сечений элементов, моделирующих основание, на величину уступа [5]. При учете уступа в случае возникновения растягивающих усилий в элементах, моделирующих основание, их жесткость принималась близкой к нулевой исходя из предположения, что грунт на растяжение не работает [2].

Коэффициенты жесткости основания определялись в ПК Descon [10]. Так как без учета уступа при ширине фундаментов 1,2 м давление по подошве изменяется в диапазоне ≈ 90 -150 кПа соответствующие осадки фундаментов составили всего 2-5 мм (рис. 2). Высокая жесткость основания приводит к существенной концентрации дополнительных усилий в конструкциях здания в месте возникновения уступа. Так как одним из путей снижения жесткости основания является повышение давления на него, особенно в стадии нелинейной работы (рис. 3), была предпринята попытка повышения давления на основание путем

уменьшения ширины подошвы фундамента до 0.7 м. При этом перераспределение давлений по подошве фундаментов приводило к возникновению нелинейных деформаций [11].

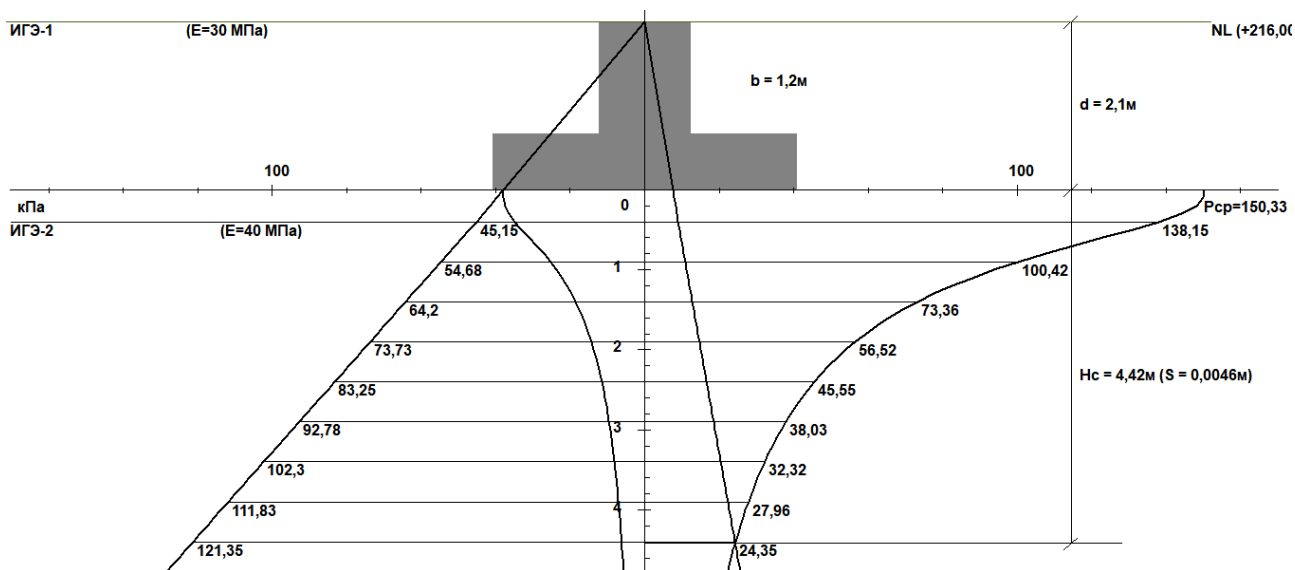


Рис. 2. Расчетная схема для определения осадки основания при давлении 150 кПа

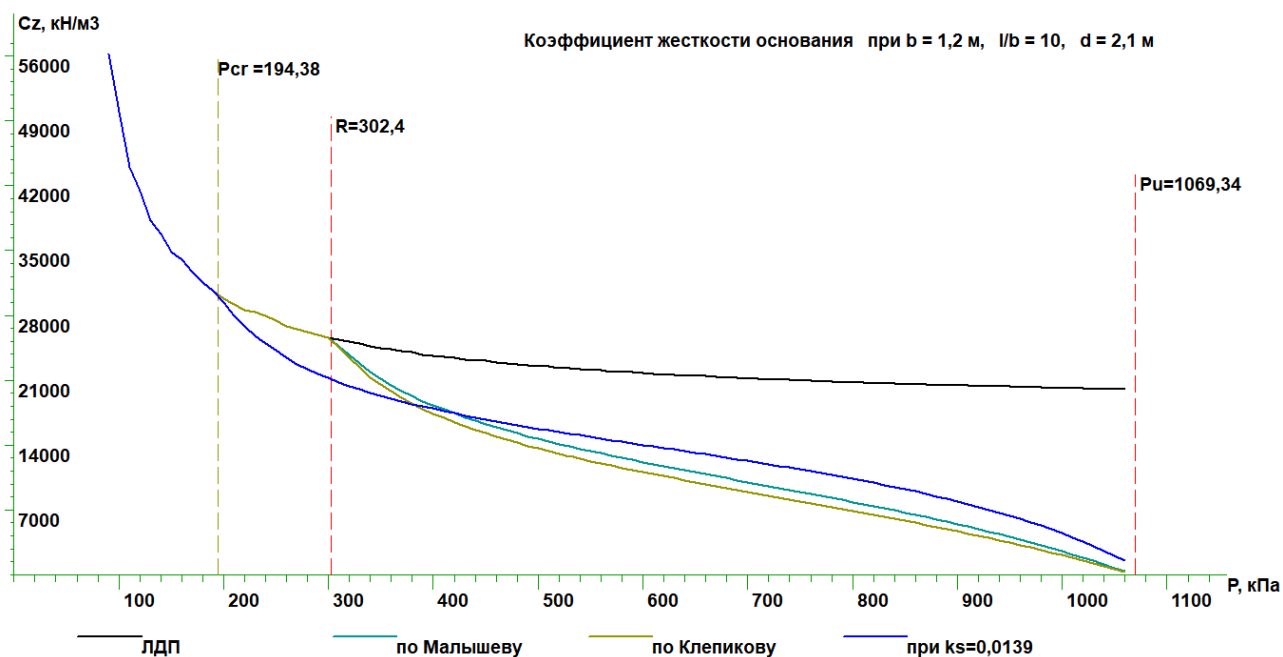


Рис. 3. Зависимость коэффициента жесткости основания от давления: для линейно-деформируемого полупространства и с учетом нелинейных деформаций по Малышеву М.В., Клепикову С.Н. и авторской методике

Зависимость коэффициента жесткости основания от давления определялась: для линейно-деформируемого полупространства и с учетом нелинейных деформаций по Малышеву М.В. [9], Клепикову С.Н. [5] и методике, разработанной на кафедре ОФиПС ДонНАСА [10].

Уменьшение ширины подошвы позволило снизить жесткость основания примерно в 1,5 раза, и соответственно снизить усилия в конструкциях здания, однако при этом усилия в фундаментных лентах и карнизном поясе по-прежнему превышали прочность их сечений.

В связи с этим был рассмотрен вариант дальнейшего снижения жесткости основания за счет устройства под фундаментом песчаной подушки толщиной до 1 м с модулем деформации не более 20 МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные вертикальные деформации и усилия в основных несущих элементах исследуемого здания с учетом деформаций земной поверхности от влияния подработки группы Шк представлены на рис. 4 – 5 и табл. 1.

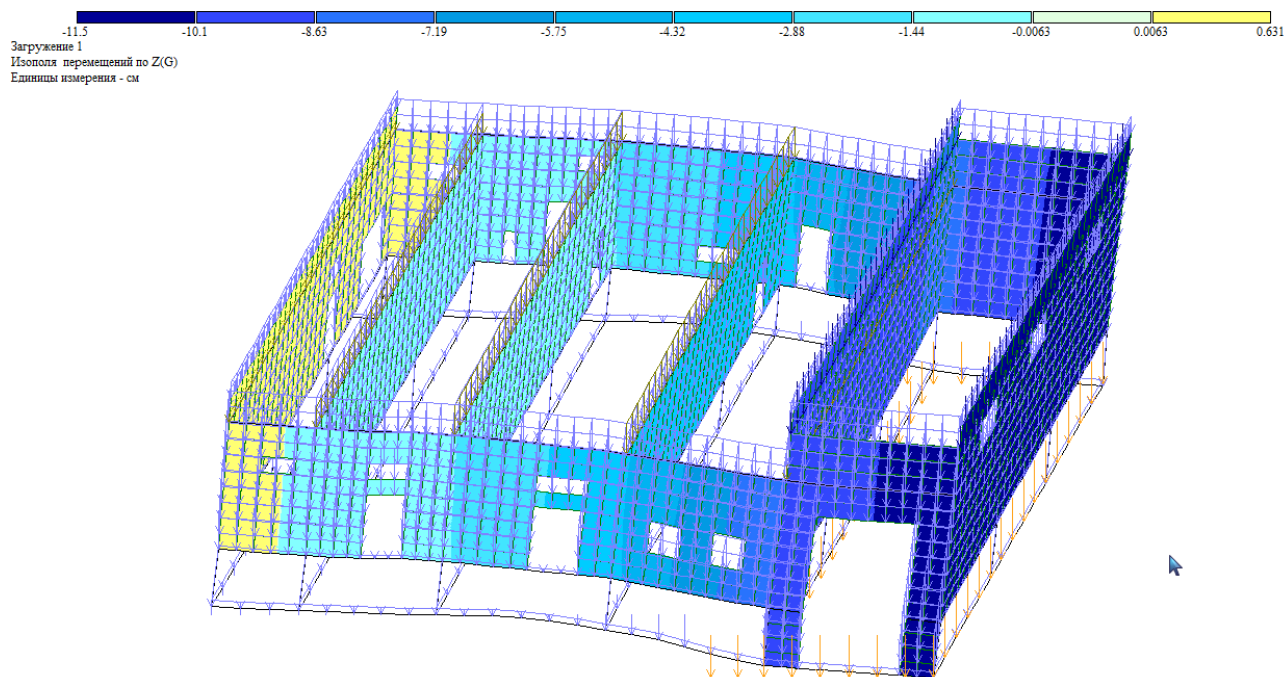


Рис. 4. Вертикальные перемещения при образовании уступа поперек здания при ширине подошвы фундамента 1,2 м без устройства песчаной подушки

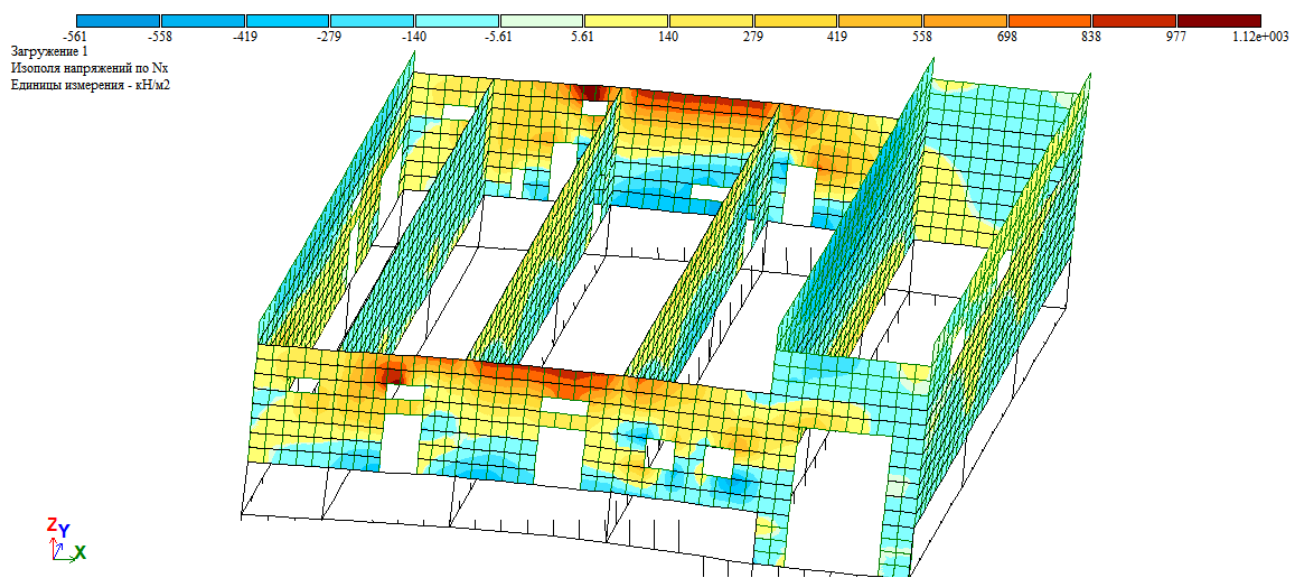


Рис. 5. Изополюс горизонтальных напряжений при образовании уступа поперек здания при ширине подошвы фундамента 0,7 м без устройства песчаной подушки

Из нескольких рассмотренных вариантов окончательно были приняты фундаментные ленты шириной 0,7 м и высотой 0,9 м с устройством под ними песчаной подушки толщиной 1 м. Уменьшение ширины подошвы фундамента привело к повышению давления по подошве, уменьшению расчетного сопротивления и предельного критического давления. Это позволило увеличить врезанность фундамента в основание и снизить усилия в конструкциях здания до значений, приведенных в табл. 1. При этом жесткость основания снизилась по от-

ношению к первоначальному варианту примерно в 3 раза на участках, на которых давление по подошве не превысит расчетное сопротивление основания, и примерно в 5-6 раз на участках с давлением по подошве, превышающим расчетное сопротивление основания.

Таблица 1. Наиболее неблагоприятные значения усилий в конструктивных элементах здания при образовании уступа поперек здания

Конструктивный элемент	Усилия в элементе		
	N, кН	M, кНм	Q, кН
Фундаментная лента	-205	264	-403
	-168	-517	454
Подколонник	-1233	70	61
Цокольный пояс	-896	-372	232
Карнизный пояс	1076	-3.9	-1
Армирование швов	11		

Прочность сечений конструктивных элементов здания, проверенная с помощью ПК SCAD Office, для окончательного варианта устройства фундаментов шириной 0,7 м на грунтовой подушке толщиной 1 м с модулем деформации грунта не более 20 МПа обеспечивается. С учетом уменьшения ширины сечения фундаментных лент была увеличена их высота до 0.9 м с сохранением площади продольного верхнего и нижнего армирования.

ВЫВОДЫ

Уменьшение ширины подошвы фундамента и жесткости основания путем устройства песчаной подушки с модулем деформации не более 20 МПа позволило увеличить врезаемость фундамента в основание, уменьшить неравномерность осадок в месте образования уступа и таким образом снизить усилия в конструктивных элементах здания до допустимых значений. Это позволило минимизировать изменения в проектной документации и сократить сроки ее корректировки.

Дополнительные затраты на устройство песчаной подушки компенсируются за счет снижения расходов от простоя строительной техники на объекте и более быстрого ввода объекта в эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милюков Д.А., Петраков А.А. Строительство и защита жилых и гражданских зданий на подрабатываемых территориях. 1981. 104 с.
2. ДБН В.1.1-5-2000. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Часть 1. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. 2000. 64 с.
3. Гладких Л.Н., Корецкий Д.С. Проблемы строительства на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах // Материалы международной научно-практической конференции "Проблемы строительного производства и управления недвижимостью" 2010. С. 86 – 90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22671753>
4. Баярин И.Я., Патраков А.Н. Усиление строительных конструкций зданий жилых домов на подрабатываемых территориях // Вестник пермского государственного технического университета. строительство и архитектура. 2010. № 1. С. 78 – 84. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17010218>
5. Клепиков С.Н. Расчет сооружений на деформируемом основании. 1996. 204 с.

6. *Olivier Deck, Harlalka Anirudh*. Numerical study of the soil–structure interaction within mining subsidence areas // *Computers and Geotechnics*, No. 37, 2010. pp. 802-816. Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2010.07.001>
7. *Петраков А.А.* Сложное нагружение строительных конструкций и оснований: автореф. дис. Киев, 1994. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30250168>
8. *Гарагаиш Б.А.* Надежность пространственных регулируемых систем «основание-сооружение» при неравномерных деформациях основания. В 2-х томах. Учебное издание. М.: Издательство АСВ, 2012. 416, 472 с.
9. *Malyshev M.V.* Prediction of the settlement of shallow foundations using both limiting-state criteria // *Soil Mech Found Eng* (1996) 33: pp. 1-5. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/BF02354277>
10. *Яркин В.В.* Методические указания по выполнению расчетов оснований фундаментов мелкого заложения с применением ПО "DesCon". Макеевка: ДонНАСА, 2002. 20 с.
11. *Нестеров Р.С.* Оценка несущей способности подработанного основания заглубленного ленточно-го фундамента: автореф. дис. 2014. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30409609>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПОДБОРЕ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

М.А. Ильин¹, А.Г. Тамразян²

¹ магистрант 1 курса ИСА, *maxim11091996@outlook.com*

² д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ЖБК, *tamrazian@mail.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: Существующая методика оптимизации и расчета железобетонных элементов может быть значительно ускорена путем введения в инженерную практику современных математических алгоритмов поиска оптимума сложных функций. В частности, рассматривается оптимизация сечений железобетонных балочных конструкций по критерию минимальной стоимости материалов с использованием современных эвристических алгоритмов.

Цели: Совершенствование существующих методик оптимизации при расчете и конструировании железобетонных балок путем применения современных эвристических алгоритмов с учетом стоимостного критерия материалов конструкции.

Материалы и методы: Эвристический алгоритм поиска гармонии при оптимизации сечений однопролетной шарнирно опертой по концам железобетонной балки.

Результаты: Представлены результаты выполнения алгоритма оптимизации сечений балки при действии широкого диапазона изгибающих моментов (варианты армирования, стоимости).

Выводы: Определены оптимальные параметры сечения (армирование, класс бетона, размеры) с учетом минимизации стоимостного показателя используемых материалов, показана эффективность применения эвристических алгоритмов при инженерных расчетах.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование железобетонных элементов – комплексная задача обеспечения безопасности технологичности конструкции с минимальными затратами [1]. При этом немаловажную роль играет опыт инженера-проектировщика. Как правило, проектирование железобетонных элементов включает в себя две основные стадии: назначение предполагаемых геометрических параметров поперечного сечения и подбор требуемого армирования. Предполагая геометрические размеры сечения, мы уже сталкиваемся с вопросом оптимального выбора [2-3]. К тому же, требуемая площадь армирования не может быть точно соблюдена при использовании предлагаемого на рынке стального арматурного проката с четко постоянными (фиксированными) параметрами. Помимо того, что бетон и сталь, применяемые в составе железобетонного элемента, имеют различное механическое поведение, они также различаются и по стоимости (сталь, обычно, дороже).

Зачастую, при выполнении критериев безопасности и технологичности при проектировании, экономическая эффективность железобетонных элементов существенно снижается. Методики поиска наиболее экономичного выбора тех или иных параметров конструкции, в основном, достаточно трудоемки и громоздки, особенно при большом количестве рассматриваемых вариантов конструкции.

Для решения задач оптимизации железобетонных элементов наиболее быстрым и простым путем, в настоящее время успешно разрабатываются и применяются современные эвристические (т.н. «метаэвристические») алгоритмы.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Большой вклад в совершенствование оптимизационных эвристических алгоритмов для инженеров вносят разработки А. Kaveh. В последних исследованиях [4-5] были рассмотрены задачи оптимизации железобетонных рам многоэтажных зданий при помощи алгоритмов столкновения частиц (CBO – colliding body optimization), роя частиц (PSO – particle swarm optimization), поиска заряженной системы (CSS – charged system search) и ВВ-ВС-алгоритма (big bang – big crunch). Исследованиями Х-С. Yang [6] доказана практическая применимость метаэвристических алгоритмов поиска гармонии (harmony search – HS), ВАТ-алгоритма при оптимизации железобетонных стен и колонн. Эти методики доказали свою расчетную эффективность, однако при введении определенных ограничений к рассматриваемой конструкции. К тому же, в отечественной практике проектирования железобетонных элементов подобные алгоритмы не используются.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для демонстрации эффективности эвристических алгоритмов, обратимся к распространенной задаче об изгибе однопролетной шарнирно опертой по концам железобетонной балки. Основные варьируемые параметры задачи показаны на рис. 1. Расчетная схема примера приведена на рис. 2.

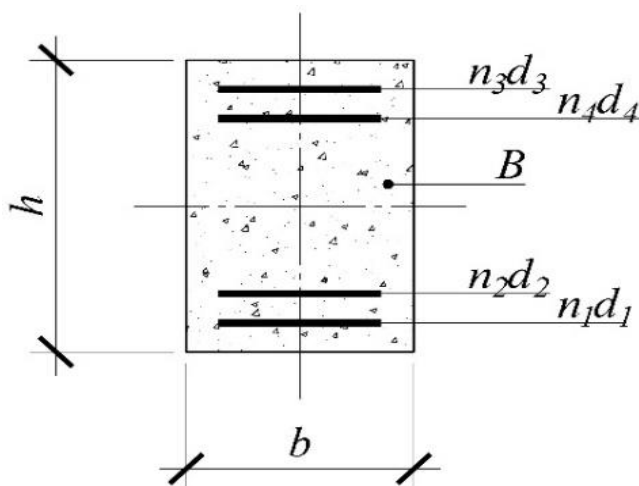


Рис. 1. Переменные параметры расчета

- h – высота сечения;
- b – ширина сечения;
- n_i – число стержней армирования;
- d_i – диаметр стержней армирования
- B – класс бетона по прочности на осевое сжатие

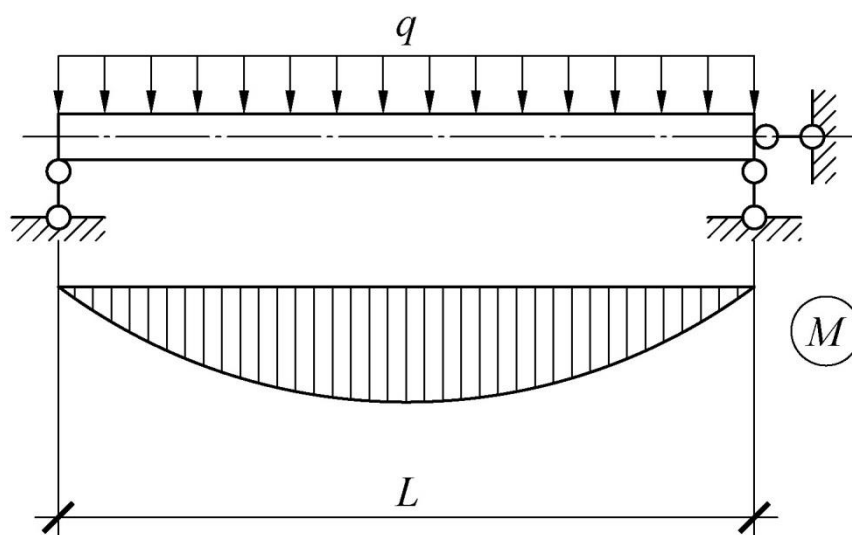


Рис. 2. Расчетная схема балки
 q – внешняя нагрузка; L – величина пролета;
 M – изгибающий момент от действия внешней нагрузки

Под конечной целью расчета предполагается минимизация стоимости материалов балки на 1 м.п. в наиболее опасном участке по пролету. В качестве целевой функции принимается простейшая функция стоимости материалов 1 м.п. балки C :

$$C = C_b(hb - 0,25\pi \sum n_i d_i^2) + 0,25\pi C_s \gamma_s \sum n_i d_i^2,$$

где C_b – стоимость 1 м³ бетона «в деле», [у.е./м³]; C_s – стоимость 1 т стали «в деле», [у.е./м³]; γ_s – удельный вес стали, [т/м³].

Для данного примера рассмотрим эвристический алгоритм поиска гармонии (HS), впервые введенный Z-W. Geem [7]. Для подобного алгоритма в первую очередь задаются проектными постоянными (обозначены в табл. 1), диапазонами вариации основных переменных величин, а также специфическими параметрами алгоритма. Случайным образом генерируется начальная матрица варьируемых параметров конструкции h, b, n_i, d_i, B , записываемая в память алгоритма, затем проверяется условие выполнения алгоритма (цель оптимизации).

Цель оптимизации принято считать достигнутой, когда максимальная разница между стоимостью последних пяти вариантов одной итерации алгоритма составит менее 2%.

Если условие не выполняется, то генерируется новое решение путем изменения одного из варьируемых параметров с определенной вероятностью. Новое решение записывается в память алгоритма поверх предыдущего – самого дорогого, в сравнении с остальными. Далее алгоритм повторяется до того момента, когда будет достигнута цель оптимизации.

В этап генерации новых решений включена проверка несущей способности изгибаемого железобетонного элемента по нормальным сечениям в соответствии с действующими нормами, а также проверка конструктивных требований. Простейшая блок-схема алгоритма представлена на рис. 3.

Таблица 1. Постоянные параметры алгоритма

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Ширина сечения	b	мм	250-350
Высота сечения	h	мм	350-500
Защитный слой	a	мм	35

Диаметр стержней рабочей арматуры	d	мм	10-30
Диаметр хомутов	d_w	мм	10
Расч. сопротивление стали	R_y	МПа	435
Расч. сопротивление бетона сжатию (класс бетона В)	R_b	МПа	8,5-22,0 (В15-В40)
Модуль упругости стали	E_s	МПа	200000
Удельный вес стали	γ_b	т/м ³	7,86
То же, бетона	γ_s	т/м ³	2,50
Стоимость 1 м ³ бетона	C_b	у.е.	40
Стоимость 1 т стали	C_s	у.е.	400



Рис. 3. Простейшая блок-схема алгоритма

Специфическими параметрами алгоритма задается вероятность обращения к памяти и вероятность изменения варьируемых параметров задачи [7].

В целях конкретной задачи отыскивается оптимальное сечение однопролетной статически определимой железобетонной балки, проверяемой на действие изгибающих моментов в диапазоне $M = 50-500$ кНм с шагом 50 кНм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты выполнения алгоритма приведены в табл. 2. Анализ результатов показывает необходимость установки второго ряда стержней арматуры в растянутой зоне бетона при действии изгибающего момента свыше 250 кНм. Установка второго ряда стержней в сжатой зоне при действии моментов в данном диапазоне не требуется. Кроме того, основной целью оптимизации найдены наиболее экономичные варианты армирования сечения исходя из стоимости материалов (бетона и стали) балки.

Необходимо отметить, что, при необходимости рассмотрения более узкого диапазона действующих изгибающих моментов в балке (например, 50-100 кН с шагом в 10 кН), возможно уточнение оптимизационной схемы. Это позволяет условно разделить балку по длине на несколько рабочих участков с различным армированием.

Таблица 2. Результаты выполнения алгоритма

M , кНм	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
R_b , МПа	17,0	17,0	17,0	17,0	19,5	17,0	17,5	19,5	19,5	19,5
h , мм	350	400	500	500	500	500	500	500	500	500
b , мм	250	250	250	250	250	300	300	350	350	350
d_1 , мм	20	16	18	28	25	22	25	25	28	28
d_3 , мм	30	26	26	24	14	12	16	12	16	28
n_1	2	4	4	2	3	5	4	5	5	5
n_3	-	-	-	-	2	2	3	6	5	2
d_2 , мм	18	10	12	10	12	14	12	10	10	16
d_4 , мм	12	10	20	25	16	25	20	16	16	22
n_2	2	4	2	3	2	2	4	3	2	3
n_4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_u , кНм	57,3	111,2	167,7	222,4	279,8	333,5	388,9	455,2	500,1	556,2
C , у.е./м.п.	5,2	6,9	8,2	9,6	11,6	13,6	15,9	18,1	20,2	22,8

ВЫВОДЫ

Выше рассмотрена возможность эффективного практического использования современных эвристических алгоритмов оптимизации для расчета строительных конструкций на примере результатов применения алгоритма поиска гармонии (HS) для подбора сечения железобетонной балки по наибольшему изгибающему моменту и с учетом минимальной стоимости материалов.

В дальнейшем стоимостные показатели, введенные в алгоритм, можно дополнить любыми другими неучтенными параметрами (например, стоимостью опалубки, выполнения ра-

бот, транспортирования и прочих затрат), а расчетную схему конструкции усложнить до рам многоэтажных многопролетных зданий и включить проверки дополнительных критериев. Наибольший интерес будет представлять практическое сравнение нескольких эвристических методик между собой, а также с существующими и применяемыми проектными решениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tamrazyan A., Filimonova E.* Searching method of optimization of bending reinforced concrete slabs with simultaneous assessment of criterion function and the boundary conditions. // *Applied mechanics and materials.* – 2014. – Т. 467. – С. 404-409.
2. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Структура целевой функции при оптимизации железобетонных плит с учетом конструкционной безопасности. // *Промышленное и гражданское строительство.* – 2013. – № 9. – С. 14-15.
3. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Метод поиска резерва несущей способности железобетонных плит перекрытий. // *Промышленное и гражданское строительство.* – 2011. – № 3 – С. 23-25.
4. *Kaveh A.* *Advances in Metaheuristic Algorithms for Optimal Design of Structures.* Second Edition. – Springer International Publishing AG, 2017. – ISBN 978-3-319-46172-4.
5. *Kaveh A.* *Applications of Metaheuristic Optimization Algorithms in Civil Engineering.* – Springer International Publishing AG, 2017. – ISBN 978-3-319-48011-4.
6. *Xin-She Yang, Gebrail Bekdas, Sinan Melih Nigdeli.* *Metaheuristics and Optimization in Civil Engineering.* // *Modelling and Optimization in Science and Technologies.* Volume 7. – Springer International Publishing Switzerland, 2016. – ISBN 978-3-319-26243-7.
7. *Zong Woo Geem.* *Music-Inspired Harmony Search Algorithm. Theory and Applications.* – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. – ISBN 978-3-642-00184-0.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

О.О. Коновалова¹, А.Г. Тамразян²

¹ студентка, *olesya.tech@yandex.ru*

² д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой железобетонных и каменных конструкций, *tamrazian@mail.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: Изучение оптимизации проектных параметров балочных плит перекрытий с использованием генетических алгоритмов.

Цели: Анализ принципов совершенствования проектирования, возможностей их применения в решении вопроса подбора оптимальных параметров проектируемой конструкции. Изучение метода генетического алгоритма и составление итерационной схемы для оптимизации процесса проектирования балочных плит перекрытий.

Материалы и методы: Принципы расчета проектируемой конструкции, установка ограничений к подбираемым параметрам устанавливались в соответствии с СП63.13330-2012. Программа для определения возможности процесса оптимизации балочных плит по реализации метода полного подбора создана в системе Microsoft Access.

Результаты: Создана программа по подбору оптимальных параметров балочных плит перекрытий путем реализации метода полного перебора. При сравнении результатов расчета запроектированной конструкции в программно-вычислительном комплексе ЛИРА САПР и созданной программе различия составили менее 3%. Рассмотрен и принят к разработке для решения поставленной задачи метод генетических алгоритмов. Изучена и составлена итерационная схема для реализации метода генетических алгоритмов.

Выводы: Выявлено, что для оптимизации проектных параметров применим и наиболее рационален метод генетических алгоритмов, позволяющий найти оптимальный вариант за наименее возможное число итераций.

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании зданий и сооружений основной задачей является подбор оптимальных параметров элементов конструктивной системы. Под оптимальными понимаются параметры проектируемой конструкции, удовлетворяющие установленным нормами ограничениям, при ее минимально возможной в данных условиях стоимости.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Как показывают исследования, на сегодняшний день оптимизационные методы являются актуальным и активно развивающимся направлением в области проектирования строительных конструкций [1,2]. Таким образом, так как при использовании оптимизационных методов реализуется минимизация массы деформируемых объектов, актуально их применение для приведения к оптимальному значению одного из наиболее важных параметров объектов проектирования – стоимости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках данного исследования была поставлена и проанализирована задача оптимизации процесса проектирования строительных конструкции, в частности – железобетонных балочных плит перекрытий.

В общем виде задача следующая: оптимизировать процесс проектирования балочных плит при заданной для перекрытия площади с учетом максимально возможного коэффициента ее использования, включая подбор классов арматуры, бетона, толщины плиты и ее геометрических параметров (и как следствие, сетки колонн).

Для данной проектируемой конструкции общая функция цели представлена следующим образом:

$$P = \{ P_B + P_A \} \rightarrow P_{\min}, \quad (1)$$

где P – плановая себестоимость проектируемой конструкции; $P_B; P_A$ – стоимости используемых для проектируемой конструкции бетона, арматуры соответственно

В случае адаптации данного условия к выбранной теме, а именно, при параметрической оптимизации проектируемой конструкции, значения функций $P_B; P_A$ можно записать в виде:

$$P_B = f\{B; L; H; h_{пл}\}; P_A = f\{A; A_{ст}; L; H\} \quad (2)$$

где $B; A$ – дискретные множества допустимых для выбора параметров бетона и арматуры соответственно; $A_{ст}$ – площадь сечения арматуры оптимального варианта плиты; $L; H; h_{пл}$ – геометрические параметры проектируемой конструкции: длина, ширина и высота плиты соответственно.

Для решения поставленной задачи в качестве примера монолитного балочного перекрытия рассматривается следующая конструкция: монолитная железобетонная плита перекрытия опирается на межколонные балки размерами поперечного сечения 300x500 мм, расположенные в двух направлениях. В свою очередь, контурные балки опираются на железобетонные колонны сечением 300x300 мм. Размеры поперечных сечений элементов рассматриваемой системы приняты конструктивно для возможности рассмотрения и решения данной задачи.

Принятые согласно [3] ограничения следующие:

1. Проверка выполнения требований по прочности (при действии изгибающего момента и поперечных сил соответственно);
2. Проверка выполнения требований по деформативности (расчет по образованию и раскрытию трещин, расчет по прогибам);
3. Ограничение минимальной толщины проектируемого элемента.

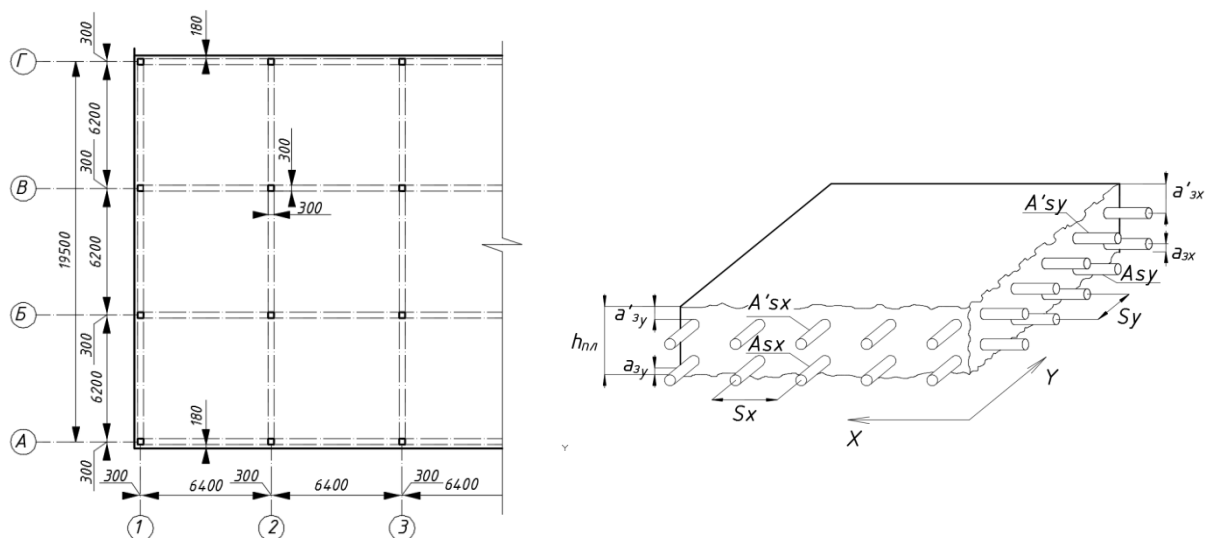


Рис. 1. Схемы рассматриваемой системы перекрытия и подбираемого армирования плиты

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решение выражается многоэкстремальной функцией и для оптимизации процесса нахождения ее глобального оптимума применим метод полного перебора, лежащий в основе многих современных методов поиска решений.

К рассмотрению принята ячейка плиты крайнего пролета (для возможности рассмотрения жесткого защемления ее по контуру). Расчетные пролеты плиты по короткой и длинной сторонам равны габаритам плиты в свету между балками – 6,2 м и 6,4 м соответственно.

Таким образом, при соотношении длинной и короткой сторон рассматриваемой конструкции $l_d/l_k = 6,40/6,20 \leq 2,0$ она рассматривается, как работающая в 2 направлениях. Нагрузка принята согласно [4] равномерно распределенной по площади, равной 5,0 кПа.

Максимальные опорные и пролетные моменты вычисляются путем умножения полной расчетной нагрузки на коэффициенты перехода, зависящие от соотношений длинной и короткой сторон соответственно, по таблице Маркуса-Лезера. Таким образом:

$$P = P_{c.v} + q \cdot l_d \cdot l_k = 1,1 \cdot 2,5 \cdot 6,2 \cdot 6,4 + 1,3 \cdot 0,5 \cdot 6,2 \cdot 6,4 = 109,12 \cdot h_{пл} + 25,792 \quad (3)$$

$$M_d = P \cdot \alpha_d = (109,12 \cdot h_{пл} + 25,792) \cdot 0,017383; \quad M_k = P \cdot \alpha_k = (109,12 \cdot h_{пл} + 25,792) \cdot 0,018416 \quad (4)$$

$$\bar{M}_d = P \cdot \beta_d = (109,12 \cdot h_{пл} + 25,792) \cdot 0,040216; \quad \bar{M}_k = P \cdot \beta_k = (109,12 \cdot h_{пл} + 25,792) \cdot 0,04299 \quad (5)$$

Вычислив усилия и задавшись ограничениями, была разработана программа в системе ACCES по подбору оптимальных проектных решений плиты на основе перебора возможных варьируемых параметров.

Корректность полученных данных проверена путем расчета и анализа модели запроектированной плиты в программно-вычислительном комплексе ЛИРА-САПР с заданием подобранных высоты сечения плиты, классов арматуры и бетона.

Рис. 1. Программа в системе Microsoft Access по реализации метода полного перебора

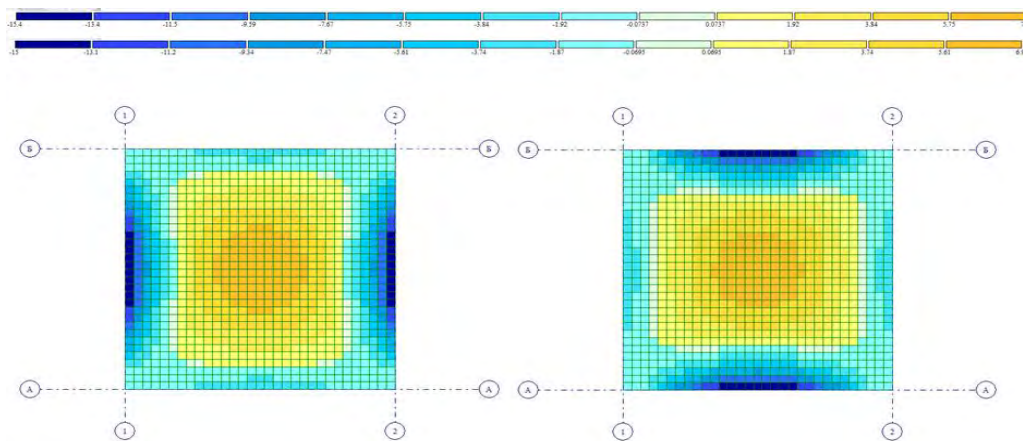


Рис. 2. Изополя изгибающих моментов в плите в направлении осей X и Y

Таблица 1. Сравнение результатов

№ п/п	Рассматриваемый способ решения поставленной задачи	Действующий момент [(кН·м)/м]		Требуемая площадь армирования [см ² /м]	
		Пролет	Опора	Пролет	Опора
1	Программа реализации полного перебора	Пролет	Опора	Пролет	Опора
		7,34	15,37	2,49	3,85
2	«ЛИРА САПР»	7,37	15,40	2,52	3,93
Итого расхождение результатов		0,4%	0,3%	1,1%	1,8%

Так как проектируемые пролеты при вводе в алгоритм подбора являются также варьируемыми параметрами, а изменение всех переменных величин для наиболее точного и корректного подбора стремится к 0, следовательно, применение метода полного перебора становится не только нерациональным, а неприменимым, ввиду стремящегося к бесконечности количества решений и, как следствие, количества итерации и затрачиваемого времени.

Одним из способов проектирования в строительстве, позволяющим усовершенствовать метод перебора, исключив его недостатки, является генетический алгоритм.

Генетический алгоритм — это алгоритм, позволяющий найти удовлетворительное решение к аналитически неразрешимым или сложнорешаемым проблемам через последовательный подбор и комбинирование искоемых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Данный метод относится к классу эвристических алгоритмов и является достаточно молодым и весьма перспективным направлением в области оптимизации и моделирования.

Основным преимуществом перед полным перебором ГА имеет в следующем: он позволяет построить процедуру проектирования так, чтобы на каждом его последующем этапе объем информации о конструкции возрастал, в то же время исключая неудовлетворительные варианты, выявленные в ходе проектирования. Таким образом, сочетаются две тенденции – генерация многообразия вариантов и усечение выявленного множества.

Генетические алгоритмы получили развитие в середине 60-х годов 20-го в. благодаря трудам Джона Холланда. Они имитируют эволюционный процесс при особом акценте на генетические механизмы, т.е. наследование и рекомбинацию генов. Осуществляется это некоторым числом групп возможных вариантов (далее - популяций) и (далее - особей) соответственно. Как и эволюционные алгоритмы вообще, ГА применяются для поиска глобального экстремума функции многих переменных (модель решения, которую и содержит поставленная задача).

Рассмотрено построение итерационной схемы для рассматриваемых балочных плит перекрытий.

1. В блоке 1 составляется база данных о переменных параметрах, а именно $\{h_{пл}\}, \{L_{пл}\}, \{H_{пл}\}, \{B\}, \{A\}$ и устанавливаются ограничения к ним.

2. В блоке 2 создается начальное поколение, где каждый вариант плиты представляется в виде особи, состоящей из одной хромосомы (строковой переменной), содержание которой определяется значениями варьируемых параметров $\{h_{пл}\}, \{L_{пл}\}, \{H_{пл}\}, \{B\}, \{A\}$.

3. Определяются популяции, используемые в данной итерационной схеме.

Под популяцией понимается группа вариантов конструкций (особей), которые рассматриваются на каждой итерации алгоритма (в каждом поколении).

В блоке 3 создается популяция П1 – группа особей, формируемая в каждой итерации на основе генетических операторов. Под генетическими операторами понимаются процедуры, реализующие обмен генами (значениями параметров).

4. В блоке 4 выполняется проверка особей популяции П1 на соответствие установленным ограничениям (ограничение допустимой области вариантов).

5. В случае положительного исхода производится вычисление стоимости особей популяции П1, которая сравнивается с максимально ограниченной, и в случае положительного результата по этому ограничению, значение ее стоимости фиксируется.

В случае несоответствия ограничениям, производится мутация (случайная замена 1 из параметров на лучший) и создание популяции П2, которая запускается на новую итерацию в Блок 1.

6. Алгоритм действует до различия между 2 соседними значениями менее 1%. По достижении подобного результата, записываются подобранные параметры особи с наименьшей стоимостью с присвоением ей значения оптимального варианта.

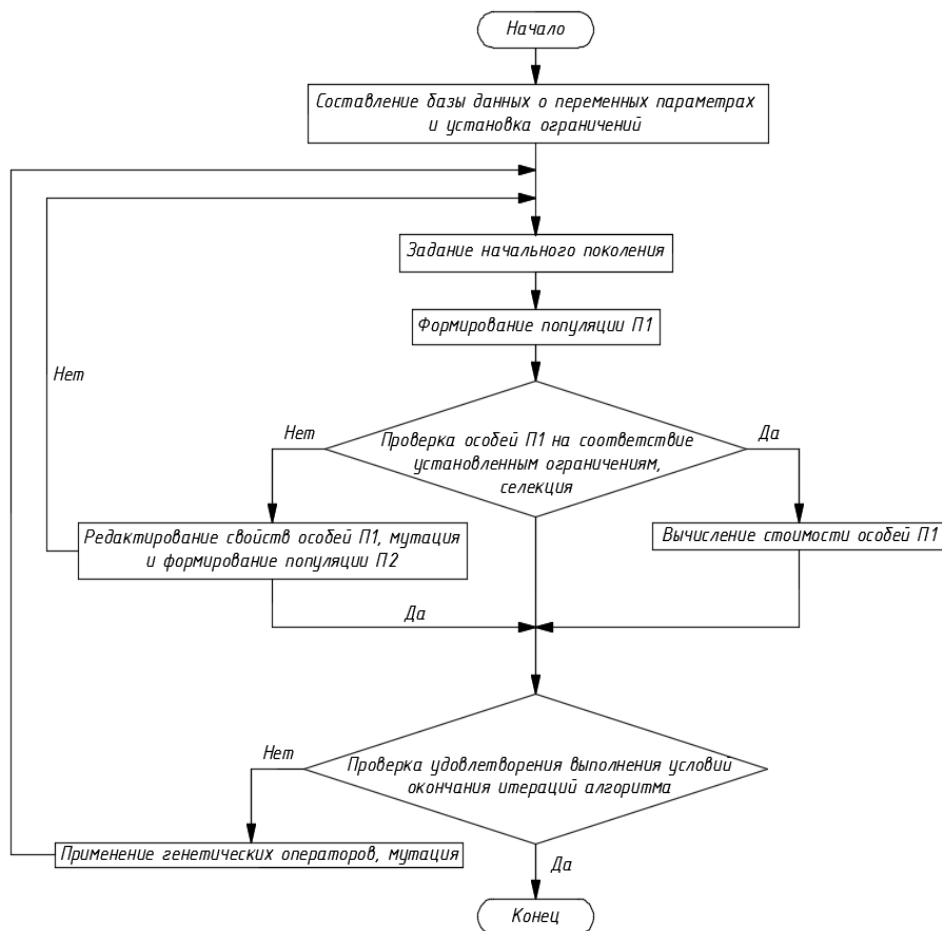


Рис. 3. Итерационная схема реализации метода генетических алгоритмов

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод, что применение метода генетических алгоритмов для оптимизации проектных параметров балочных плит перекрытий не только позволяет найти решение поставленной задачи, но и является наиболее рациональным ввиду наименее возможного количества затрачиваемого времени, итераций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Структура целевой функции при оптимизации железобетонных плит с учетом конструкционной безопасности. // Промышленное и гражданское строительство. 2013. – № 9. – С. 14-15.
2. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Метод поиска резерва несущей способности железобетонных плит перекрытий. // Промышленное и гражданское строительство. – 2011. – № 3. – С. 23-25.
3. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М. Минстрой России. – 2015. – 162 с.
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 01.07-85. – М. Минрегион России. – 2016. – 80 с.

УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУБОПРОВОДОВ

Ю.С. Корытова

студентка, juliakorytova@gmail.com

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

Аннотация

На данный момент остро стоит проблема эксплуатации трубопроводных систем в связи с ужесточенными требованиями к их экологической безопасности, которая реализуется за счет надежности эксплуатируемого трубопровода. Необходимо обеспечить бесперебойную работу трубопроводов и минимизировать дефекты, связанные со старением трубопровода, коррозии металлов, появляющиеся под действием антропогенных факторов и т.д., а также аварийные случаи, в том числе те, которые влияют на окружающую среду. Существует необходимость в разработке управления эксплуатационной надежностью и экологической безопасностью трубопроводов, в результате работы которой, при помощи диагностирования проблем и современных методов ремонта, удастся снизить риск загрязнения окружающей среды и продлить сроки бесперебойной службы трубопроводов. Эти меры позволяют в значительной степени модернизировать эксплуатацию инженерных систем и максимально снизить риски экологического ущерба.

ВВЕДЕНИЕ

К каждому объекту эксплуатации подведены инженерные системы, особенности эксплуатации которых связаны со свойственными им: высокой концентрацией, протяженностью, особенностью геологических факторов и со сложностью решений по технологии сооружения этих систем.

Большинство газопроводов, водопроводные и канализационные системы прокладываются подземным способом, в связи с экологическими требованиями зона прокладки магистралей признается территорией особого наблюдения за экологической обстановкой, также она специфична условиями эксплуатации, которые должны гарантировать безопасность для окружающей среды. На данный момент основной задачей эксплуатации является предупреждение аварийных ситуаций и исправное техническое состояние объектов, которое обеспечивает бесперебойную работу. При проведении работ, направленных на поддержание и восстановление эксплуатационных качеств систем, происходит влияние и воздействие нагрузок техногенного характера на природные элементы, что приводит к потенциальной опасности и изменению характеристик, необходимых для обеспечения нормальной среды жизнедеятельности.

К планово-предупредительным работам водопроводных и водоотводных систем относятся заделку мест утечек, укрепление отдельных мест, а также обновление антикоррозионного покрытия, при капитальном ремонте производят химическую прочистку или гидropневматическую очистку трубопроводов, полную замену изолирующих покрытий, а также перекладку участков сети. Для стальных труб характерны свищи и сквозное ржавление, для чугунных нарушение герметичности раструбного соединения. Случаи утечки сточных вод, бытовых отходов являются причиной поднятия уровня грунтов.

В случаях старения нефтяных трубопроводов и газопроводов, при обнаружении свищей, трещин или неплотных соединений появляется опасность загрязнения почв, водных объектов. Специфика проведения определения дефектов и капитального ремонта магистралей газопроводов заключается в его полном или частичном вскрытии, что приводит к нару-

шению естественного залегания грунтов.

Целью работы является обзор альтернативных видов диагностики состояния (внутритрубные диагностические, аэрокосмические способы) и ремонта (бестраншейная санация) трубопроводов, которые позволят контролировать экологический ущерб во время эксплуатации трубопроводов при их системном внедрении.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

С целью исследования бестраншейных методов диагностики и ремонта трубопроводов были изучены нормативно-законодательные акты Российской Федерации [1], государственные стандарты [2,3], связанные с контролем загрязнения окружающей среды и внутритрубной диагностикой трубопроводов, строительные нормы при обзоре работы магистральных трубопроводов [4]. На основе публикаций в научно-технических журналах [5-7] рассмотрены основные экологические проблемы, появляющиеся в ходе эксплуатации трубопроводов. Передовые отечественные и зарубежные технологии диагностики и наблюдения за эксплуатируемыми трубопроводами приводятся в [8-10]. А также изучены материалы, при помощи которых возможно обеспечение бестраншейного ремонта [11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существует необходимость в создании системы управления эксплуатационной надежностью и экологической безопасностью трубопроводов, суть которой - в решении ситуаций разных характеров и поддержка стабильного состояния трубопроводных систем, при полном сохранении компонентов природы: от диагностики технических проблем системы до решения аварийных случаев. Эксплуатационная надежность подразумевает возможность выполнения технических задач и сохранения главных свойств инженерных сетей во время их эксплуатации.

Первостепенным действием по организации безопасности работы трубопроводов и управлением надежностью является диагностика технического состояния трубопроводов. Она достигается с помощью полной диагностической системы, которая основывается на полностью бестраншейных методах: аэрокосмические методы, внутритрубные диагностические звуковые и магнитные систем (рис. 1), на основании которых работают геоинформационные системы (ГИС) (рис. 2) и системы глобального геодезического и географического позиционирования.



Рис. 1. Магнитный дефектоскоп

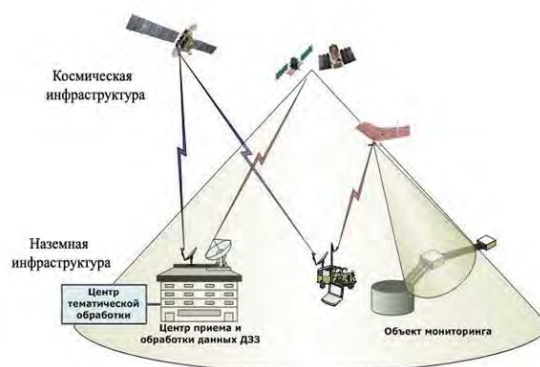


Рис. 2. Принцип работы ГИС

Наиболее распространёнными бестраншейными методами диагностики трубопроводов являются внутритрубные диагностические системы: магнитные, звуковые и электромагнитные. Методы внутритрубной диагностики направлены на определение размеров и месторасположения дефектов в стенках труб, а также на выявление и оценку факторов, оказывающих влияние на возникновение и развития коррозионных процессов. Внутритрубная диагностика осуществляется за счет рассеяния магнитного потока, ультразвукового сигнала или ионизирующего излучения гамма-лучей.

Геоинформационные системы (ГИС) только получают свое повсеместное распространение. Это автоматизированные системы, в функции которых входит сбор, хранение, анализ и графическая визуализация в виде карт или схем, а так же информация об объектах на графических материалах. Создание специализированных ГИС для трубопроводных систем позволит видеть общую картину и обстановку на конкретном участке (рис. 3), способствует оптимизации действий на аварийных участках, что позволяет снизить время на решение и распространение экологических проблем.

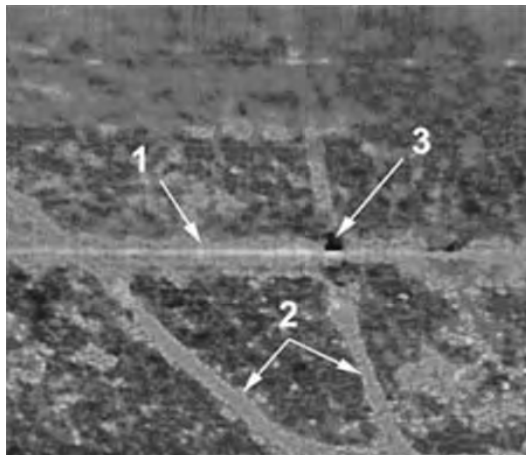


Рис. 3. Обнаружение протечки нефтепровода (№ 3) при помощи визуализации в ГИС

Для безопасности элементов природной среды вблизи эксплуатируемых трубопроводов необходимо проводить экологический мониторинг согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Мониторинг включает процедуры контроля, связанные непосредственно с окружающей средой: контроль состояния недр, водных биоресурсов, земель и т.д. Включает в себя оценку эффективности проводимых природоохранных мероприятий; поиск, получение (сбор), хранение, обработку (обобщение, систематизацию) и анализ информации об объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, о характере, видах и объеме такого воздействия, оценку состояния окружающей среды и прогнозирование его изменений под воздействием природных и (или) антропогенных факторов.

Вторым важным этапом управления эксплуатационной надежностью и экологической безопасностью является применение новых модернизированных методов ремонта участков трубопроводов, с минимизацией негативного влияния на окружающую среду.



Рис. 4. Траншейный способ замены трубопровода

Традиционным способом является производство ремонта инженерных систем траншейным способом (рис. 4). В сравнении с новейшими бестраншейными системами традиционный способ имеет ряд видимых экологических недостатков: нарушение почвенного слоя, уничтожение зеленых насаждений, разрушение естественного залегания грунта. При этом име-

ется недостаток в виде высоких экономических затрат и времени производства ремонтных работ.

Бестраншейная санация обеспечивает в условиях ограниченного пространства возможность повышения продуктивности, экономичности и экологичности процесса (рис. 5), в ходе которого не нарушаются естественное залегание грунта, сохраняются имеющиеся зеленые насаждения и растительный слой. По сравнению с траншейными способами ремонта также снижается риск повреждения соседних коммуникаций, возможно применение в плотной городской среде, проведение ремонтных работ при нестабильных состояниях грунта, сохраняются твердые покрытия.



Рис. 5. Бестраншейный способ ремонта трубопровода

Существует множество бестраншейных методов, используемых в реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, а так же газовых и нефтяных трубопроводов: протаскивание новых трубопроводов при помощи разрушения старого, нанесение точечных изолирующих покрытий, метод рулонной навивки сплошных материалов на поврежденные трубопроводы, протаскивание предварительно сжатой трубы в реконструируемый старый трубопровод и т.д. Широкий спектр применения получают новые бестраншейные инструменты: штанговые разрушители, тросовая лебедка, расширительная гильза, пневмопробойники (рис. 6) и т.д.

Выбор оборудования для ремонта и замены бестраншейным способом зависит от материала заменяемого трубопровода и окружающей среды вокруг сети, а так же близости нахождения других инженерных коммуникаций.



Рис. 6. Пневмопробойник при замене трубопровода

Для оптимизации ремонтного процесса систем следует производить постоянную оценку воздействия на окружающую среду. Под оценкой воздействия следует понимать мероприятия для определения уровня экологической безопасности работ по замене систем или его ремонту. Во время определения оценки воздействия следует учитывать повседневные и особые режимы работы оборудования; деятельность производителей ремонтных работ; челове-

ческий фактор; инфраструктуру, материалы и оборудования, используемые в месте проведения ремонта; опасности. Глобальный смысл оценки заключается в ее предупредительном и последовательном характере.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен обзор по методам и материалам исследования, в ходе которого изучены: внутритрубные диагностические рассеивающие звуковые и магнитные методы, способ автоматизации информации получаемой аэрокосмическими диагностическими методами при помощи геоинформационных систем (ГИС), бестраншейные способы ремонта и замены трубопроводов. Данные методы отвечают требованиям безопасности по оценке воздействия на окружающую среду вблизи трубопроводов.

ВЫВОД

При сочетании точных методов диагностики инженерных систем и новейших ремонтных технологий появляется возможность осуществления деятельности системы управления эксплуатационной надежностью и экологической безопасностью трубопроводов. Это позволит в значительной степени модернизировать эксплуатацию инженерных систем и поможет избежать множественных экологических проблем, возникающих на пути стабильной эксплуатации трубопроводов. Расширение возможностей диагностирования проблем приводит не только к уменьшению рисков загрязнения окружающей среды, а так же позволяет снизить затраты на их решение. Современные методы бестраншейного ремонта позволяют ликвидировать места утечек, произвести частичную или полную замену трубопровода в любых условиях с минимальным уровнем воздействия на природную среду вблизи трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 10 января 2002 года №7-ФЗ «Охрана окружающей среды» // СЗ РФ. – 2002. – ст.63.
2. ГОСТ Р 8.589-2001 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения. -Введ.01.06.2002. -М.: Стандартинформ, 2008.
3. ГОСТ Р 55999-2014 Внутритрубное техническое диагностирование газопроводов. Общие требования. - Введ.01.02.2015. - М.: Стандарты, 2014.
4. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* - М., 2013.
5. *Абрамян С.Г., Потапов А.Д.* Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология. // Вестник МГСУ. -2014.- №4. -С 94.
6. *Абрамян С.Г.*, Экологическое обеспечение строительства линейно-протяженных сооружений. // Вестник МГСУ. 2009. № 3. - С. 114-117
7. *Ланцова И.В., Котлярский С.А., Тулякова Г.В.* Проблемы разработки экологического обоснования проектирования магистральных трубопроводов// Экологические системы и приборы.- 2008. № 7. - С. 35-39.
8. *Орлов В.А., Дежина И.С.* Передовые технологии инспекции трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 2. – С. 76-78
9. *Чистякова А.В., Орлов В.А., Чухин В.А.* Диагностика технического состояния металлических трубопроводов. // Природообустройство. 2016. № 2. С. 48-49
10. *Куприяновский В.П., Тищенко П.А., Синягов С.А., Раевский М.А* Система мониторинга и управления реализацией проектов в строительной индустрии на основе ГИС-технологий. // ArcReview. 2015. 2 (73).
11. Сайт группы компаний СТФ [Электронный ресурс]. – М.: ООО «ЦентрТехФорм», – Режим чтения: http://ctf-russia.ru/upload/me_dialibrary/83d/83defaaf0a3298d4d9f7ed868d2a9ea9.pdf, свободный.

ПОВЫШЕНИЕ МОНОЛИТНОСТИ КЛАДКИ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ШВАХ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

И.И. Лазэр¹, Б.К. Джамуев²

¹студентка, *lazer.ionela@gmail.com*

²канд. техн. наук, доц., *dbk-07@mail.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предметом исследования в данной работе являются прочностные характеристики кладки стен из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения при использовании в швах современных полимерцементных растворов. Полимерцементные клеи, в отличие от классических вяжущих (цементно-песчаных растворов), обладают более высокой адгезией, которая позволяет повысить монолитность кладки по сравнению с цементно-песчаными растворами.

Основная цель данной работы – получение расчетных значений средней прочности на осевое растяжение (нормальное сцепление) и обоснование рациональности использования повсеместно современных клеевых составов взамен цементно-песчаных.

В качестве основных материалов были использованы ячеистобетонные блоки автоклавного твердения классом по прочности на сжатие В1.5, В2.5, В3.5 с размерами 150х150мм; полимерцементные клеи пяти производителей: «SR-67 PRO», «Sibir», «Axton», «Боларс», «Super Titan». Попарно склеенные блоки с заранее вырезанными пазами для захватного устройства, а также эталонные монолитные образцы, испытывались на осевое растяжение (нормальное сцепление).

В результате проведенных испытаний во всех образцах произошел обрыв по телу бетона, а не шва. По полученным данным было установлено, что для блоков классов В2.5 и В3.5 расчетные сопротивления на осевое растяжение больше в 1,2-1,3 раза, а для блоков В1.5 значения получились меньше, чем при использовании цементно-песчаных растворов.

Показатели прочности на осевое растяжение имеют прямую зависимость от прочностных характеристик блоков, применяемых в кладке. За счёт повышенной адгезии, которой обладает полимерцементные клеи монолитность конструкции увеличивается, а значит и увеличивается прочность кладки в целом.

ВВЕДЕНИЕ

Ячеистый бетон - это один из высокотехнологичных материалов, широко используемых в строительстве. Данный материал обладает внушительным количеством свойств, одними из которых являются легкость и высокие теплотехнические показатели. Такие показатели являются востребованными на рынке строительства. До, относительно, недавнего времени, основным вяжущим был цементно-песчаный раствор, используемый и по сей день, но уже значительно уступающий современным полимерцементным растворам и пенополиуретановым клеям. Несмотря на то, что использование современных вяжущих распространено повсеместно, их прочностные показатели не отражены в соответствующих нормативных документах.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Экспериментальные исследования прочности и деформативности кладки стен из ячеистобетонных блоков при различных силовых воздействиях приведены в работе [2]. Также предложены рекомендации к составам клеевых растворов, которые обеспечивают высокие показатели прочности.

В работе [3] приводятся теплотехнические расчеты в качестве дополнительного обоснования целесообразности применения полимерцементных растворов. Несмотря на более высокую стоимость клеев по сравнению с классическими цементно-песчаными растворами, их использование является более рациональным за счет повышенной адгезии, увеличивающей монолитность кладки, и за счет хорошего сопротивления теплопередаче.

К современным клеевым растворам также относятся полиуретановые клеи, которые в отличие от полимерцементных имеют ряд преимуществ, например, такие как отсутствие «мокрых» процессов. Это позволяет увеличивать скорость производства работ на строительной площадке. Но при этом их существенным недостатком является их высокая стоимость.

Авторы данной работы [4] провели ряд испытаний ячеистых блоков с использованием в качестве вяжущего полиуретанового клея, в том числе провели теплофизические испытания, испытания на огнестойкость и воздухопроницаемость. На основании проведенных экспериментов были сформулированы выводы о том, что использование клея в швах кладки целесообразно, за счет хороших теплоизоляционных свойств и уменьшением сроков производства работ. При этом авторы указали, что требуется проведение дополнительных испытаний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье рассматриваются испытания на осевое растяжение (R_t^u) образцов кубиков из пенобетона с размерами ребер 150x150мм различных классов по прочности на сжатие (B1.5, B2.5, B3.5) с использованием в швах полимерцементных (клеевых) растворов нескольких производителей. Предварительно подготовленные кубики с выпиленными пазами под захватное устройство, попарно склеивались (согласно рекомендациям производителей клеев) между собой при нормальных условиях и испытывались по истечении 28 суток после набора прочности. Непосредственно перед самим испытанием измерялись размеры образцов и растворных швов. Также для эксперимента использовались монолитные эталонные образцы «восьмёрки» с размерами ребер 150x300 мм. Далее образцы помещались в захватное устройство. Результаты испытаний, а именно максимальные усилия, при которых происходили разрывы кубиков, представлены в таблице 1.

В качестве кладочного раствора были использованы следующие составы:

– Клей для блоков из ячеистого бетона «SR-67 PRO» производства ООО «КиМег» (МО, г. Королев). В состав клея входят: высококачественный цемент, фракционированный песок, полимерные и минеральные добавки.

– Монтажный клей «Sibir» производства ООО «ФАВОРИТ» (МО, г. Ногинск). В состав клея входят: цемент, фракционированный песок, комплекс модифицирующих добавок.

– Клей монтажный цементный «Axton» производства «ПЛ групп» (г. Москва). В состав клея входят: цемент высокого качества, фракционированный песок, комплекс полимерных добавок.

– Клей для блоков монтажный «Боларс» производства ООО «Эй-Джи строймаркет» (МО, д. Ратмирово). В состав клея входит: высококачественный цемент, фракционированный песок, высокоэффективные модифицирующие добавки.

– Клей для блоков «Super Titan» производства ООО «Авангард» (МО, г. Мытищи). В состав клея входит: цементно-песчаная основа и специальные химические добавки.

Клей наносился на поверхность блоков с помощью зубчатой кельмы с такой величиной зубьев, чтобы обеспечить толщину слоя полимерцементного клея в 1-3мм. Такая толщина

шва является оптимальной для кладки и позволяет предотвратить образование мостиков холода. Окончательное положение блоков фиксировалось с помощью резинового молотка.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 1. Результаты испытаний опытных образцов на осевое растяжение (нормальное сцепление)

Наименование	Средняя прочность на осевое растяжение, $R_{t,cp}^u / R_t$, (кПа) кубиков кл. В1.5	Средняя прочность на осевое растяжение, $R_{t,cp}^u / R_t$, (кПа) кубиков кл. В2.5	Средняя прочность на осевое растяжение, $R_{t,cp}^u / R_t$, (кПа) кубиков кл. В3.5
Серия I - эталон	106,6/48,5	180,4/82	220,3/100,1
Серия II - клей «SR-67 PRO»	104,5/47,5	185,4/84,3	204,6/93
Серия III – клей «Sibir»	121,2/55,1	199,8/90,8	224,0/101,8
Серия IV – клей «Axton»	115,0/52,3	210,4/95,6	227,8/103,5
Серия V – клей «Боларс»	131,4/59,7	196,8/89,5	230,9/104,95
Серия VI – клей «Super Titan»	113,2/51,5	194,2/88,3	233,3/106,1

В соответствии с таблицей 15 СП 15.13330.2012 [1] полученные значения временного сопротивления (средний предел прочности) (R_t^u) образцов были приведены к расчетному значению (R_t) путем деления на коэффициент 2,2 для кладки из крупных и мелких блоков из ячеистых бетонов.

Согласно полученным данным полимерцементные растворы значительно повышают монолитность кладки из ячеистобетонных блоков (во всех образцах произошел разрыв по телу бетона), что позволяет увеличить прочность и устойчивость конструкции в целом. Наиболее высокие показатели прочности на осевое растяжение (нормальное сцепление) кубиков класса В1.5 были получены на клее фирмы «Боларс» – 59,7 кПа, класса В2.5 на клее фирмы «Axton» – 95,6 кПа, класса В3.5 на клее фирмы «SuperTitan» – 106,1 кПа. Эти значения (по результатам кубиков класса В2.5 и В3.5) в 1,2-1,3 раза больше расчетных сопротивлений кладки на цементно-песчаных растворах, представленных в таблице 11 действующего СП 15.13330.2012 [1]. По результатам испытаний кубиков класса В1.5 результаты получились меньше, представленных в СП [1], что является подтверждением того, что прочность кладки зависит напрямую не только от используемого вяжущего, но и от прочности блоков, применяемых в кладке.

ВЫВОДЫ

Данные результаты испытаний позволяют сделать шаг в направлении к тому, чтобы рассмотреть возможность дополнения действующих нормативных документов прочностными характеристиками кладки из ячеистобетонных блоков при использовании современных клеевых растворов.

ЛИТЕРАТУРА

- СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. 2012. 81 с.
- Джамуев Б.К. Прочность и деформативность стен из ячеистобетонных блоков при статических и динамических воздействиях. ОАО «НИЦ «Строительство». 2012. 235 с.
- Пономарёв А.А., Коновалов Н.П., Полонов В.М. Обоснование применения полимерцементных клеев для кладки стен из ячеистого бетона // Строительство и архитектура. 2012. №8(67). С. 111-114
- А.С. Горшков, Н.И. Ватин. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клее. //Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5. С.5-18.

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩЕГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ПОЯСА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ СЕЙСМОЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ

С.Р. Мингазова

студентка, *salima.mingazova@yandex.ru*

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

Аннотация

В данной работе освещены вопросы применения различных систем активной сейсмозащиты, в том числе опор в виде скользящего пояса в уровне фундамента, для защиты зданий и сооружений, расположенных в сейсмоопасных районах.

Широко распространенный вид сейсмозащиты в виде резинометаллических опор (РМО) сложны в устройстве и не всегда выгодны с экономической точки зрения. Предлагаемый альтернативный способ сейсмозащиты в виде сейсмоизолирующего скользящего пояса, исследуемый в данной работе, прост в устройстве и обладает экономичностью используемых материалов. Однако для рассматриваемой системы отсутствует в полном объеме необходимые расчетные обоснования.

Целью исследования является выявление особенностей сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента, применяемых при строительстве в сейсмоопасных районах.

Теоритическая база исследования основана на трудах отечественных и зарубежных ученых по рассматриваемой тематике.

Результатами исследования является выявление эффективности применения сейсмоизолирующего скользящего пояса в уровне фундамента при строительстве в сейсмоопасных районах и их расчетного обоснования.

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

Катастрофические последствия землетрясений известны нам всем. 30% территории Российской Федерации расположена в сейсмоопасных районах, где имеется вероятность возникновения землетрясений с интенсивность до 9 баллов по шкале MSK-64. В связи с этим обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений, строящихся в сейсмоопасных районах, является одной из актуальных и практически значимых задач в строительстве. В настоящее время для обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений применяют различные системы активной сейсмозащиты. В нашей стране и в некоторых других странах наиболее широко используются сейсмозащиты в виде резинометаллических опор, однако высокая стоимость используемых материалов и сложность установки стали причиной поиска альтернативного вида сейсмозащиты – сейсмоизоляции в виде скользящего пояса в уровне фундамента, для которого в настоящее время отсутствуют в полном объеме необходимые расчетные обоснования.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В настоящее время накоплен значительный опыт по разработке и применению различных видов систем сейсмозащиты зданий и сооружений, расположенных в сейсмоопасных

территориях. Разработкой и исследованием активных сейсмозащит занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Проблеме обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений посвящены труды Я.М. Айзенберга [1, 2], Ф.Ф. Аптикаева [3], Г.А. Джинчвелашвили и О.В. Мкртычева [4, 5], А.Г. Тяпина [6, 7], А.М. Уздина [8], О.А. Савинова [9], В.И. Смирнова [10], В.С. Плевкова и А.И. Мальганова [11], Дж. М. Келли [12], Н. Кани [13] и других уважаемых ученых. В научных трудах В.С. Полякова [14], В.П. Чуднецова [15], В.Д. Кузнецова и Чэнь Сятин [16] рассмотрено применение сейсмоизолирующего скользящего пояса для сейсмостойкости зданий и сооружений. Несмотря на это, вопросы, касающиеся обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений остаются актуальными и на сегодняшний день.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При использовании сейсмоизоляции снижение сейсмического воздействия на здания и сооружения достигается путем введения в конструкции зданий 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), система гравитационного типа (Рис.3), система с динамическими гасителями колебаний (Рис.4), система с подвесными опорами (Рис.5), система маятниковых скользящих опор (Рис.6), система резинометаллических опор (Рис.7), в том числе и система с устройством скользящего пояса (Рис.8).

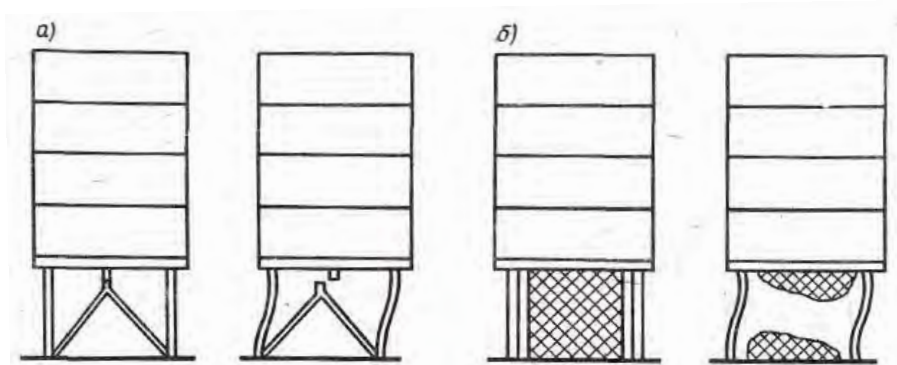


Рис. 2. Сейсмозащита здания с помощью выключающихся связей, представляющих собой:
а) специальные выключающиеся элементы; б) разрушающиеся панели-связи

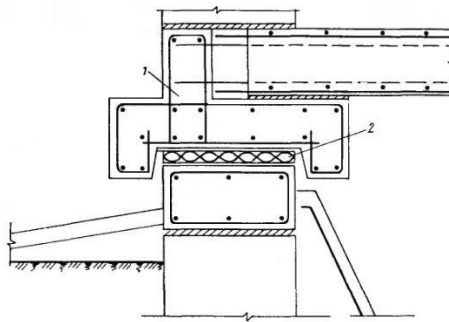


Рис. 3. Сейсмоизоляция гравитационного типа:
1) надземные конструкции здания; 2) эллипсоиды вращения

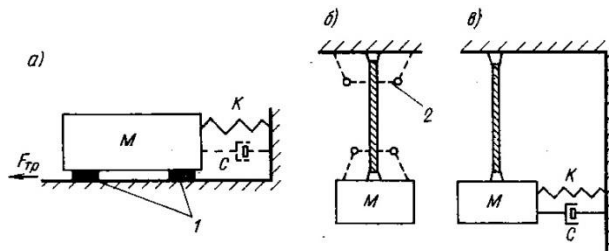


Рис. 4. Схема динамических гасителей колебаний:
а) пружинного; б) маятникового
в) комбинированного типов. 1 – скользящая опора; 2 – промежуточная опора

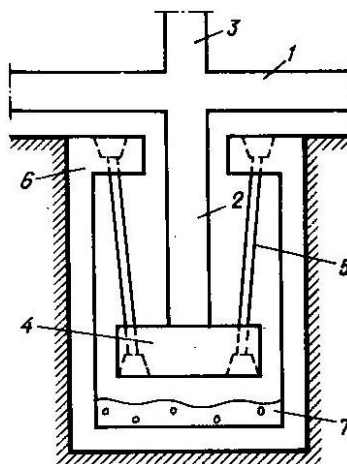


Рис. 5. Сейсмоизолирующий фундамент с подвесными опорами:
1) ростверк; 2) опора под колонну; 3) колонна; 4) плита под опорой;
5) преднапряженный железобетонный тяз; 6) верхняя плита колодца; 7) слой песка

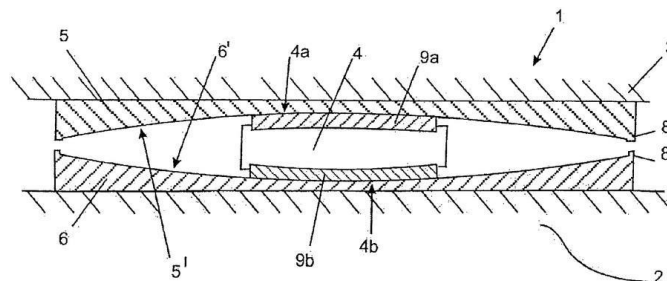


Рис. 6. Конструкция одномаятниковой скользящей опоры. 1 – опора; 2 – фундамент;
3 – здание; 4 – опорный башмак; 4а, 4б – контактные поверхности;
5, 6 – опорные плиты скольжения; 5', 6' – поверхности скольжения; 8 – ограничители по наружным краям;
9а, 9б – элементы скольжения из антифрикционного материала

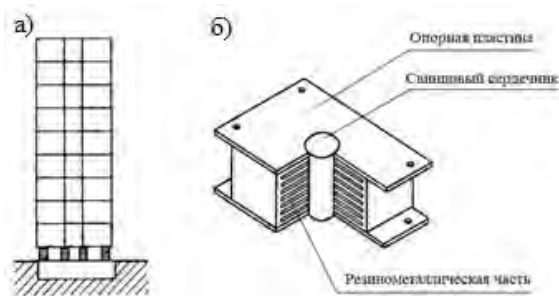


Рис. 7. Сейсмоизоляция зданий с помощью резинометаллических опор:
а) схема устройства опор; б) общий вид конструкции опоры

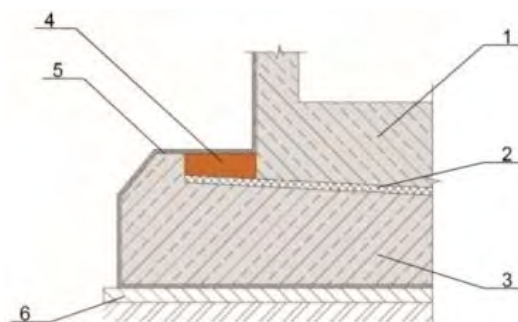


Рис. 8. Схема сейсмоизолирующего скользящего пояса:
1) нижняя часть здания в уровне фундамента; 2) фторопластовые пластины;
3) фундамент; 4) демпфер (песок крупный); 5) гидроизоляция; 6) бетонная подготовка

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.8). В качестве компонента минимизации трения используют различные материалы: эластичное покрытие графит, нержавеющую сталь, фторопластовые пластины (PTFE) и другие. 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.

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 полученных расчетов 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 сейсмостойчивости зданий и сооружений. По характеристикам ожидаемого сейсмического воздействия на конкретной площадке строи-

тельства, 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, Стройиздат, 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. *Антикаев 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* «Скользющий пояс фторопластом сейсмостойкого здания»// Инженерно-строительный журнал, №3, 2011.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА

А.Н. Начарова

студентка, *nacharova2019@mail.ru*

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

Аннотация

В докладе рассматриваются физико-механические характеристики бетона полученные с использованием полимерной добавки “Элотекс”. Целью использования данной добавки является получение бетона, обладающего повышенной деформативностью и низким модулем упругости. Возможность с помощью определенных добавок и его состава регулировать деформативными свойствами является новым направлением в материаловедении. Эксперименты доказали, что прочность на сжатие и растяжение существенно снижается при данном количестве добавки. При этом предельная деформативность увеличивается, а модуль упругости снижается. Делается вывод, что использование данной добавки отрицательно сказывается на прочность бетона.

Ключевые слова: бетон, прочность, деформативность, полимерная добавка.

Одним из перспективных направлений повышения долговечности бетонных и железобетонных конструкций является возможность регулирования деформационными свойствами. Снижение модуля упругости, повышения предельной относительной деформации сжатия и растяжения позволяет повысить трещиностойкость бетона и железобетона.

В практике строительства широко используют различного рода добавки, которые способны повысить прочность, увеличивать морозостойкость и водонепроницаемость, изменять реологию бетонной смеси и т.д. К сожалению класса добавок, которые бы способствовали изменению деформационных свойств (модуля упругости, предельной деформативности при сжатии и растяжении, ползучести) в настоящее время нет. Важно определить круг добавок минерального и органического происхождения, которые способствуют изменению деформативных характеристик.

Регулировать модуль упругости и предельную деформативность можно различными способами, но не всегда за снижением модуля упругости повышается предельная деформативность при сжатии. Кроме того, возможны случаи, когда в условиях кратковременного нагружения повышения предельной деформативности не наблюдается, а в условиях длительного воздействия отмечается существенное увеличение ползучести [7]. Поэтому оценивать предельную деформативность необходимо также и в условиях длительного нагружения. Понизить модуль упругости можно используя низко модульные заполнители крупный и мелкий, например, керамзит, но при этом существенно снижается прочность на осевое растяжение

Исследования физико-механических характеристик керамзитобетона показывают на весьма существенное снижение модуля упругости, но при этом прочность на осевое растяжение и растяжение при изгибе довольно существенно снижается. Это вполне объяснимо, поскольку заполнитель керамзит имеет низкую прочность и большую пустотность. Внешняя нагрузка при осевом растяжении за счет низкого модуля упругости концентрируется на матрице, что создает в ней повышенное напряжение и превосходит предел прочности. Доля восприятия керамзитом нагрузки значительно меньше и после разрыва матрицы происходит разрушение керамзита. Таким образом, со снижением модуля упругости, за счет пористости заполнителя происходит снижение прочности как при сжатии так и при растяжении и следо-

вательно, для того чтобы поле деформации и напряжения было равномерным, заполнитель должен иметь модуль упругости сопоставимый с матрицей или выше его и обладать хорошей адгезией.

Выбор возможных добавок, способных изменять деформативные характеристики позволяет повысить трещиностойкость и долговечность конструкций и сооружений. Необходимо выявить возможный перечень добавок их концентрацию и технологию введения в бетонную смесь, а также провести сравнительные эксперименты по оценке модуля упругости и предельной деформативности при кратковременном и длительном нагружении.

В работах [4 – 5] было отмечено, что заменяя крупный заполнитель растворной частью, а также используя модификатор бетона МБ-50С в состав которого входит микрокремнезем, зола-уноса и суперпластификатор С-3, а также используя воздухововлекающие или газообразующие добавки, можно регулировать модулем упругости и мерой ползучести. Варьируя дозировкой модификатора, возможно снизить модуль упругости на 20% и изменять меру ползучести в пределах 40-60%. Данные исследования были проведены для бетона класса В80.

Наиболее перспективным направлением в повышении прочности на осевое растяжение и растяжение при изгибе, а также в направлении снижения модуля упругости и повышения предельной деформативности могут стать полимерцементные бетоны [1 – 3].

Полимерные добавки, вводимые в бетон, образуют на поверхности зерен цемента, заполнителя, а также в порах капилляров тонкую пленку, которая обладает хорошей адгезией и способствует повышению сцепления заполнителя с цементным камнем. Благодаря этому у бетона появляется ряд улучшенных качеств. Повышается непроницаемость и морозостойкость, повышается адгезия к старому бетону, стойкость к истиранию и воздействию динамических нагрузок, снижению модуля упругости и повышению прочности на осевое растяжение с увеличением предельной деформативности.

Для оценки влияния полимерной добавки “Элотекс” на основе сополимеров винилацетата и этилена были изготовлены 2 серии образцов-призм размером 10x10x40см. В второй серии отсутствовала полимерная добавка, а в цемент первой серии вводился порошок “Элотекс” в количестве 2,68 % от массы цемента который перемешивался с цементно-песчаным раствором, а затем добавлялся щебень и вода. Обе серии имели один и тот же состав 1: 1,60: 2,95 при водоцементном отношении 0,511. Использовался портландцемент М400 в количестве 390 кг/м³. В качестве заполнителя использовался фракционированный гранитный щебень 5-10, 10-20мм кварцевый песок средней крупности. Для увеличения подвижности бетонной смеси вводился готовый раствор суперпластификатора С-3. Осадка конуса с полимерной добавкой составила 16 см, а без добавки 6 см. Бетонная смесь перемешивалась в гравитационной бетономешалке с последующим уплотнением на виброплощадке. После распалубки образцы хранились в течении месяца в мокрых опилках, а далее в лабораторных условиях в течении 2-х месяцев. Средняя плотность образцов 1 серии составила 2,32 г/см³, скорость ультразвука 3988 м/сек, а для 2 серии соответственно 2.39 г/см³ и 4475 м/сек.

В каждой серии было по 10 образцов-призм, которые разделили на три группы для испытания на сжатие по методике получения полных диаграмм деформирования бетона (ПД ДБ) [6], на осевое растяжение и растяжение при изгибе. Для измерения деформации использовались тензорезисторы с базой 50 мм и индикаторы часового типа с ценой деления 0,001мм. В процессе испытания проводилось ступенчатое нагружение с выдержкой на ступени 5 минут. Методика подготовки и испытания образцов на осевое растяжение и растяжение при изгибе представлена в статье [10].

Для получения предельных относительных деформаций соответствующих пиковой нагрузке и деформаций на нисходящей ветви при 0,85 R_b, была использована методика [6] которая позволяет определить данные деформации.

По результатам испытаний были определены физико-механические характеристики которые представлены в Таблицах 1.2. Для каждого вида нагрузжений построены графики „ $\sigma - \varepsilon$ „ Рис 1-5

Таблица 1. Физико-механические характеристики бетона, полученные при сжатии

	R_b , МПа	E_b , МПа	ν	$\varepsilon_{b0} \cdot 10^{-5}$	$\varepsilon_{b0}^{-0,85} \cdot 10^{-5}$
1 серия	26,46	24,53	0,218	262,9	319,9
2 серия	37,36	30,87	0,209	235,2	291,0

Таблица 2. Физико-механические характеристики бетона, полученные при осевом растяжении и растяжении при изгибе

	Осевое растяжение		Растяжение при изгибе	
	R_t МПа	$\varepsilon_{t0} \cdot 10^{-5}$	R_{tf} МПа	$\varepsilon_{tfo} \cdot 10^{-5}$
1 серия	2,20	9,2	4,50	24,9
2 серия	2,85	9,3	4,60	24,1

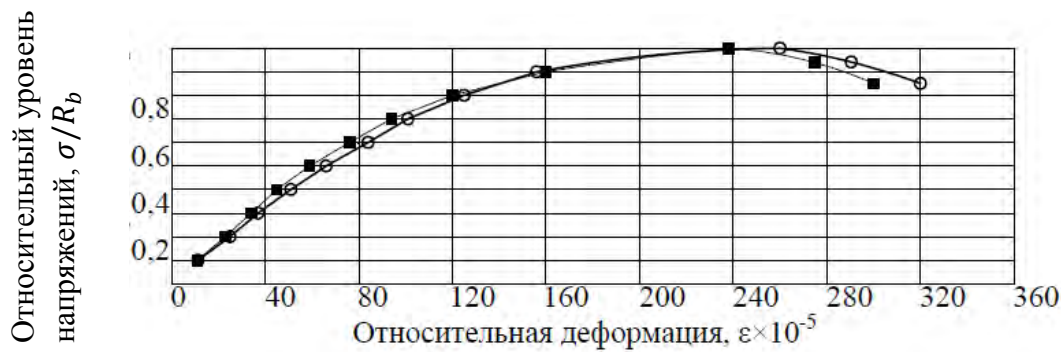


Рис. 1. Полная диаграмма деформирования бетона $\sigma/R_b - \varepsilon$: о- 1-я серия; ■- 2-я серия

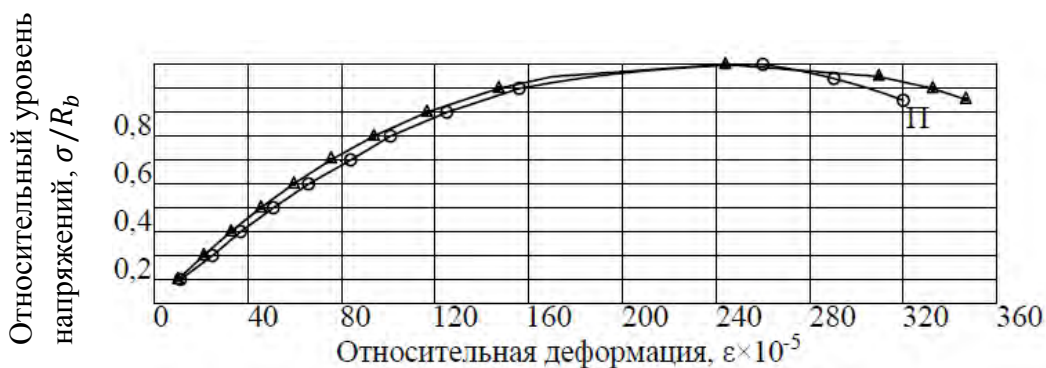


Рис. 2. Полная диаграмма деформирования бетона $\sigma/R_b - \varepsilon$ (1 серия): о-эксперимент; Δ-по формуле(1)



Рис. 3. Полная диаграмма деформирования бетона $\sigma/R_b - \varepsilon$ (2 серия): ■- эксперимент; Δ -по формуле (1)

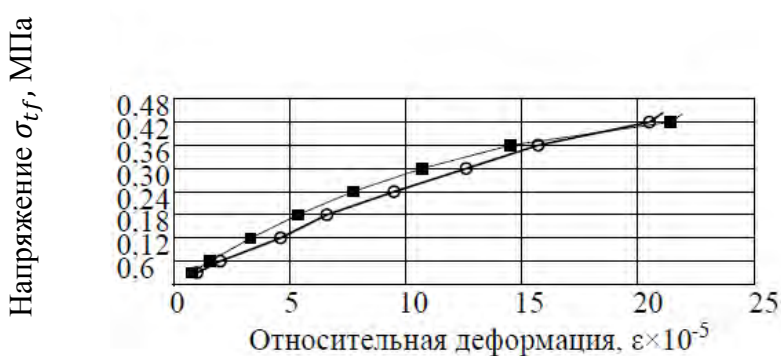


Рис. 4. Диаграмма деформирования бетона $\sigma - \varepsilon$ на растяжение при изгибе: о-1-я серия; ■-2-я серия.

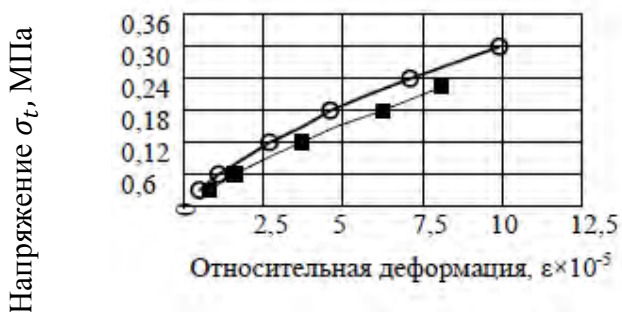


Рис. 5. Диаграмма деформирования бетона $\sigma - \varepsilon$ при осевом растяжении: ■- 1-я серия; о- 2-я серия

Как видно из Таблиц 1,2 введение полимера “Элотекс” существенно снижает прочность на сжатие и осевое растяжение. Прочность на сжатие снизилась на 29,2%, а на осевое растяжение на 20,4%, при этом модуль упругости при сжатии снизился на 20,4%.

Анализируя результаты исследований по оценке предельной относительной деформативности соответствующей пиковой нагрузке и деформации на нисходящей ветви при $0,85R_b$, можно отметить повышение этих характеристик соответственно на 11,8 и 9,9%. Сравнивая предельные относительные деформации при осевом растяжении и растяжении при изгибе можно заметить их равенство, что не смотря на снижение прочности на осевое растяжение, компенсируются за счет снижения модуля упругости у 1 серии с полимером.

Для аналитического описания полной диаграммы деформирования бетона на сжатие в статьях [9 – 10] было предложено уравнение (1), которое позволяет определить по полученным R_b и E_b промежуточные значения относительной деформации и деформации соответствующие пиковой нагрузке и уровню ниспадающей ветви $0,85R_b$. На Рис 2,3 представлены

кривые полных деформаций в соответствии с уравнением (1) и по результатам эксперимента. Как видно из Рис 2,3 между аналитическим выражением и экспериментальными данными наблюдается удовлетворительное совпадение.

$$\varepsilon_{\eta} = 0,0225 \sqrt[3]{\frac{R_b}{E_b}} \times \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{\sigma}{R_b}} \right) \quad (1)$$

-где ε_{η} -относительная деформация при уровне σ/R_b , знак (-) используется на восходящем участке, а (+) на нисходящем.

Таким образом, эксперименты доказали, что использование полимера “Элотекс” в данном количестве хотя и способствовало снижению модуля упругости и предельной относительной деформации ε_{b0} , но существенно снижает прочность на сжатие и осевое растяжение. Что не позволяет рекомендовать данный полимер к использованию, для увеличения предельной деформативности и снижения модуля упругости.

Можно предположить, что из-за существенной разницы в модулях упругости и прочности матрицы, заполнителя и полимера, создать однородное поле деформаций с равномерным распределением напряжений весьма не просто и введение экономически обоснованного количества полимера навряд ли возможно, а следовательно использование полимеров для снижения модуля упругости и увеличения предельной деформативности маловероятно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Безгодов И.М., Дмитренко Е.Н., Начарова А.Н.* Регулирование деформационных свойств бетона // Технологии бетонов. 2018. №11-12. С. 50-52.
2. *Каприелов С.С., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кузнецов Е.Н.* //О регулировании модуля упругости и ползучести высокопрочных бетонов с модификатором МБ-50С. // Бетон и железобетон. 2003. №6. с.2-7.
3. *Каприелов С.С., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кузнецов Е.Н.* //О регулировании модуля упругости и ползучести высокопрочных бетонов с модификатором МБ-50С. // Бетон и железобетон. 2003. №6. с.8-12.
4. *Попов К.Н.* Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики. Учебное пособие для СПГУ -М.: Высшая школа, 1987. 72с.
5. *Баженов Ю.М.* Технологии бетонов М.: Изд. АСВ, 2003. -500с.
6. *Батраков В.Г.* Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд. переработанное с дополнениями –М.: 1998. -768 с.
7. *Безгодов И.М., Андрианов А.А.* Некоторые особенности исследования высокопрочных бетонов при длительном нагружении. //Бетон и железобетон- пути развития. Научные труды 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 2005. Том 2. с.342-346.
8. *Безгодов И.М., Левченко П.Ю.* К вопросу о методике получения полных диаграмм деформирования бетона. 2013. №10. С. 34-36.
9. *Безгодов И.М., Пахратдинов А.А., Ткач Е.В.* Физико-механические характеристики бетона на щебне из дробленого бетона. // Вестник МГСУ, 2016. №10, с.24-33.
10. *Безгодов И.М.* К вопросу оценки предельной относительной деформации бетона при сжатии для различных классов бетона // Бетон и железобетон. -2015 -№5.-С.9-11.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ГСП

И.Г. Павлова

аспирант кафедры технологии и организации строительства pavlova.i@rambler.ru
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

Аннотация

Представленная статья посвящена исследованию вопросов применения основных конструктивных решений гнутосварных профилей (далее – ГСП) в современном строительстве, выявлению основных преимуществ и недостатков применения данного типа конструкций. Рассмотрены и проанализированы действующие в настоящее время нормы и правила проектирования строительных конструкций из ГСП, выполнен анализ исследований зарубежных и отечественных ученых в области производства ГСП для строительных металлоконструкций.

Предмет исследования: элементы и конструкции из замкнутых ГСП. Выявление основных преимуществ и недостатков применения данного типа конструкций.

Цели: изучение основных особенностей конструктивных решений ГСП, определение преимуществ и недостатков строительных конструкций из данного вида профилей.

Материалы и методы: комплексный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области производства металлических конструкций, требований государственных стандартов, технических условий и сводов норм и правил Российской Федерации и Украины, европейских стандартов.

Результаты: характеристики сечений ГСП варьируются из-за отличий от сортаментных значений листового проката, отклонений от номинальных (сортаментных) размеров профилей и нарушений геометрии профилей. В дальнейших исследованиях предполагается вычислить коэффициент надежности ГСП различных производителей, по результатам измерения линейных размеров их сторон и толщин для изучения эффективности, обнаружить возможные нарушения в технологии производства данного вида конструкций.

Выводы: выполнен комплексный анализ основных конструктивных решений ГСП для строительных металлоконструкций в современном строительстве (условиями рационального конструктивного решения являются повышение скорости, снижение трудоемкости и стоимости переделов изготовления и монтажа каркаса сооружения, критерием технологичности является соблюдение требований надежности по прочности и устойчивости на основе расчетов по действующим нормативным документам), в результате которого определены преимущества и недостатки строительных конструкций из стальных гнутых замкнутых сварных профилей, рассмотрено их применение в современном строительстве.

ВВЕДЕНИЕ

Основываясь на подробном изучении проблематики, исследование в области производства металлических конструкций позволило обратить внимание на выявление основных преимуществ и недостатков применения профилей стальных гнутых замкнутых, определить особенности технологии их производства, составить полный типологический анализ для дальнейших научно-практических исследований и постановки задач.

Одним из показателей рационального выбора формы и размеров элементов является уменьшение полезной массы, отхода материала, трудоемкости и себестоимости сварных заготовок и узлов. Указанным рекомендациям соответствуют элементы простой геометрической формы прямолинейные, цилиндрические, конические и полусферические с длинными прямыми и замкнутыми кольцевыми стыковыми и тавровыми соединениями между ними.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Заявленная статья основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области производства металлических конструкций: проф. А. А. Уманского, С. Ф. Березовского и Ф. М. Кропылева, М. М. Сахновского [6], Н. С. Москалева [4], А. С. Марутяна, Я. Брудка [11], М. Лоусона и А. Билыка [2], И. С. Тришевского [8; 9], В. М. Клыкова, Н. С. Стрелецкого [7], А. Р. Ржаницына и др., требованиях: государственных стандартов и технических условий, сводов норм и правил, европейских стандартов.

Исследование построено с учетом технического регламента о нормах безопасности зданий и сооружений Украины и Российской Федерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ГСП изготавливаются из стали, которая обладает высокой несущей способностью, хорошей огнестойкостью, прочностью при широком диапазоне температур, высокой пластичностью, свариваемостью и более низкой теплопроводностью по сравнению с алюминиевыми сплавами. Проведен комплексный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области производства металлических конструкций, требований государственных стандартов, технических условий и сводов норм и правил Российской Федерации и Украины, европейских стандартов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ основных конструктивных решений ГСП для строительных металлоконструкций в современном строительстве.

Поиски путей уменьшения расхода металла и стоимости конструкций при одновременном улучшении их качества привели к широкому внедрению листовых коробчатых конструкций взамен решетчатых, а в решетчатых конструкциях – к значительному увеличению применения гнутых и ГСП взамен открытых уголкового и швеллерных.

Основными условиями рационального конструктивного решения являются повышение скорости, снижение трудоемкости и стоимости переделов изготовления и монтажа каркаса сооружения. К составляющей части таких условия относятся:

- типизация отправочных элементов по стандартам заводов-изготовителей конструкций, для обеспечения изготовления на поточных линиях;
- поставка укрупненными отправочными элементами в пределах наибольших габаритов для грузов, перевозимых автотранспортом и по железной дороге;
- применение оптимизированных способов монтажа – поточно-блочного и конвейерного;
- применение передовой техники и технологии изготовления и монтажа – автоматической и полуавтоматической сварки, механизированной кислородной резки, кондукторной сборки и образования монтажных отверстий для болтовых соединений, крупноблочного и безвыверочного монтажа и пр. [6].

Критерием технологичности является соблюдение требований надежности по прочности и устойчивости на основе расчетов по действующим нормативным документам.

Стержни легких стальных конструкций выгоднее изготавливать из ГСП. Форму профиля следует подбирать исходя из назначения несущего элемента. Если стержень работает на осевое растяжение, то ему придают форму трубы круглой либо прямоугольной [10].

Трубчатый профиль - круглый, шестигранный, квадратный или прямоугольный, больше подходит для осевого сжатия. Общая устойчивость достигается увеличением размеров поперечного сечения, местная устойчивость обеспечивается шириной граней, не превосходящей необходимого отношения к ее толщине или ужесточающих продольных гофров.

Профили балок подбираются таким образом, чтобы избежать потери устойчивости сжатых полок и стенки. Для повышения устойчивости полки их кромки ужесточают отгибами. Полкам можно придать форму трехгранной призмы. Такая форма позволяет увеличить устойчивость верхней горизонтальной грани. Кроме того, наклонные грани заменяют верхнюю часть стенки в наиболее напряженной зоне, понижают ее высоту, что увеличивает ее устойчивость [4].

Применение ГСП в строительстве.

ГСП разрабатывались непосредственно для ответственных конструкций специального назначения, например, купола зданий, каркасы, фермы, другие виды металлоконструкций. Рационально их применять в решетчатых фермах покрытий промышленных и сельскохозяйственных зданий с легкими кровлями по прогонам и беспрогонными, а также в связях покрытий промышленных зданий. ГСП могут найти применение в безраскосных фермах, связях по колоннам, а также в качестве прогонов под легкие кровли из неметаллических материалов (когда крепление кровли не обеспечивает развязки прогона из плоскости при $\frac{l}{b} \leq 75$, где l – пролет, b – ширина сечения элемента), стоек конструкций высотных стеллажей механизированных складов, элементов стержневых пространственных конструкций, рамных конструкций опор трубопроводов и линий электропередач, стоек фахверков, в элементах, работающих на кручение и др. [5].

Раньше стальной профиль применялся редко, так как существенным недостатком стальных профилей была коррозия, в отличие от аналогичных конструкций из алюминия. В настоящее время при изготовлении стальных профилей используется гальванизированная сталь, которая в сочетании с порошковой окраской или покраской эпоксидными красителями высокой стойкости практически сводит на нет риск появления коррозии.

Стальные профили широко применяются в качестве усиливающих элементов в алюминиевых и комбинированных системах, в то время как в облицовочных фасадах они не получили широкого распространения.

Использование замкнутых ГСП в конструкциях создает широкий диапазон архитектурных возможностей во внутреннем или внешнем конструктивном оформлении, позволяет возводить сооружения большого пролета, воспринимающие высокие нагрузки. Элементы из ГСП особенно эффективны в пространственных системах, где основным является требование равноустойчивости, а также в конструкциях зданий и сооружений, подверженных действию агрессивной среды, так как обтекаемая поверхность профиля с минимальным внешним периметром обладает высокой долговечностью [2]. Это могут быть промышленные здания и сооружения, склады, эстакады, торговые залы, выставочные павильоны, спортивные сооружения, мачты и башни, мосты, подъемники и др.

Преимущества и недостатки элементов и конструкций из ГСП.

Квадратные и прямоугольные ГСП обладают выгодными геометрическими характеристиками поперечного сечения. Распределение материала по периметру профиля обеспечивает высокие показатели радиусов инерции относительно площади поперечного сечения. Это позволяет эффективно использовать квадратные и прямоугольные трубы в сжатых и сжато-изогнутых стержнях. Замкнутость поперечного сечения повышает устойчивость этого вида профиля к воздействию кручения. С точки зрения конструктивных решений форма поперечного сечения квадратных и прямоугольных труб позволяет получать очень эффективные узлы решетчатых конструкций методом приторцовки при полном отсутствии фасонки, накладок, ребер [7]. Масса решетчатых конструкций из этих труб ниже на 20-25%, чем у конструкций, изготовленных из горячекатаных профилей, а поверхность элементов таких конструкций на 30-40% меньше, чем у других профилей [8]. Это снижает стоимость антикоррозионной защиты.

Относительно малая поверхность конструкций из квадратных и прямоугольных труб существенно снижает затраты по нанесению огнезащитных покрытий, стоимость которых достаточно высока. А поскольку в подобных конструкциях практически отсутствуют щели и пазухи, в которых скапливаются пыль и грязь и развиваются процессы коррозии, такие трубы не требуют защиты от коррозии внутренней поверхности.

Достоинства применения ГСП в строительстве:

- высокая прочность и эргономичность;
- минимальное количество сварных швов и возможность качественного их исполнения и контроля;
- возможность сварки встык под любым углом;
- снижение общей массы конструкции на 25-30%, что является совершенно значительным показателем, применительно к строительству, т.к. уменьшаются затраты не только непосредственно на металл, но и на размер фундамента (экономия средств на устройство фундамента составляет порядка до 10% от всей стоимости сооружения. При возведении башенных, мачтовых, антенных сооружений с применением ГСП за счет снижения «парусности» обеспечивается экономия средств на устройство фундамента до 50%);
- высокая стойкость к механическим нагрузкам за счёт наличия угловых рёбер жёсткости;
- уменьшение ветровой нагрузки;
- возможность изготовления метало – бетонных конструкций путем заполнения бетонном внутренней полости трубчатых элементов для повышения несущей способности сжатых элементов;
- преимущества при нанесении противопожарных, антикоррозионных и других покрытий, т.к. площадь поверхности конструкций из ГСП на 30-40% меньше площади подобных объектов, сооруженных с применением других видов металлопроката, что значительно снижает очень высокие затраты [9];
- отсутствие трещин, пазух и щелей, что дает возможность делать санитарную обработку и дезинфекцию качественно, содержать объект в чистоте, соблюдая требования и нормы санитарии и гигиены;
- сокращение времени монтажных работ, что позволяет намного быстрее вводить в эксплуатацию объекты, ускорить окупаемость вложенных средств и сэкономить на затратах труда;
- минимальное количество деталей в конструкции;
- высокая эстетичность и архитектурная выразительность таких конструкций, что позволяет находить при строительстве нестандартные решения для архитекторов и дизайнеров, причем для этого не требуются дорогостоящие решения;
- увеличение освещенности до 20% в сравнении конструкциями из других видов металлопроката в сооружениях с арочными сводами и ребристыми куполами с применением светопрозрачных покрытий. Это объясняется отсутствием дополнительных поверхностей в угловых соединениях и позволяет обеспечить экономию затрат на освещение помещений, так же приносит дополнительные эстетические преимущества;
- оптимальное применение при совершении логистических операций (транспортировка, погрузка-разгрузка, складирование), в связи с их уменьшенным весом по сравнению с таким же объемом металлопроката.

Исследования показали, что рамные или панельные системы с применением ГСП строятся на 30-40 % быстрее, чем, например, кирпичные здания, и строительство с применением полностью модульных систем проходит на 60-70 % быстрее, чем при использовании традиционных технологий строительства [11].

Скорость строительства является важной для строительства больших жилых зданий, а также для таких зданий, как студенческие общежития, которые должны быть построены и сданы в эксплуатацию до начала учебного года [3].

Но, при всех очевидных плюсах, такие профили, как и любые изделия из металла, подвержены коррозии. Соответственно, это приводит к ухудшению или нарушению эксплуатаци-

онных свойств. Для решения указанной проблемы, на сегодняшний день производители налаживают производство оцинкованных профильных труб. Если в недалеком прошлом оцинкованные трубы применялись в основном для систем водогазоснабжения, то сегодняшние технологии позволяют производить оцинкованные профильные трубы для применения практически во всех областях деятельности человека. Данная технология цинкования, увеличивает срок службы конструкций из металлического профиля в разы [1].

Строительные металлические конструкции, запроектированные на основе одних и тех же норм, могут значительно отличаться одна от другой степенью вероятности появления и развития аварии в случае отказа какого-либо конструктивного элемента. Такие случаи происходят по различным причинам, в том числе из-за ошибок, возникающих при создании или во время эксплуатации конструкции. ГСП имеют тонкие стенки, поэтому они в большей степени подвержены деформациям и чувствительны ко всякого рода погрешностям. Если в процессе изготовления возникнет отклонение в размерах конструкции, возникающий эксцентриситет в узлах легких соединений приведет к большим перенапряжениям в тонкостенных элементах легких стальных конструкций и в отдельных гранях тонких сечений может произойти потеря местной устойчивости или разрыв.

ВЫВОДЫ

Анализ научных данных позволил определить, что ГСП – это современный и востребованный строительный материал. Он используется в качестве основы строительных конструкций, начиная от зданий и заканчивая ограждениями, детскими площадками, столбами для фонарей. Размеры сторон замкнутых профилей варьируются от 50 до 400 мм. Чаще всего для производства гнутого металлического сварного профиля используется листовая стальная прокат в рулонах толщиной от 3 мм.

В то же время характеристики сечений ГСП варьируются из-за отличий от сортаментных значений листового проката, отклонений от номинальных (сортаментных) размеров профилей и нарушений геометрии профилей.

В дальнейших исследованиях предполагается вычислить коэффициент надежности ГСП различных производителей, по результатам измерения линейных размеров их сторон и толщин для изучения эффективности, обнаружить возможные нарушения в технологии производства данного вида конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. DIN EN 10219-2 Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels – Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties (ДСТУ EN 10219-2:2009 «Профили полые сварные холодного формования из нелегированных и мелкозернистых сталей для конструкций. Часть 2. Размеры, предельные отклонения и характеристики (EN 10219-2:2006, IDT)»)
2. Лоусон М., Билык А. Стальные конструкции в архитектуре // Украинский Центр Стального Строительства – К: НПП Интерсервис, 2015. – 135 с.
3. Мировая практика стального строительства. Жилые здания : рекомендации архитекторам, проектировщикам и М64 строителям // Ассоциация развития стального строительства [пер. с англ. : И.И. Ведяков, Д.В. Конин, А.Д. Яковлев]. – М : АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2015. - 58 с. : ил.
4. Москалев Н.С., Попова Р.А. Стальные конструкции легких зданий: Учебное пособие. - М.: АСВ, 2003. - 216 с.
5. Руководство по проектированию стальных конструкций из гнутосварных замкнутых профилей. – М.: ЦНИИпроектстальконструкция, 1978. – 24 с.
6. Сахновский М. М. Легкие конструкции стальных каркасов зданий и сооружений. – К.: Будівельник, 1984.– 160 с. : ил.
7. Стрелецкий Н. С., Стрелецкий Д. Н. Проектирование и изготовление экономичных металлических конструкций. – М.: Стройиздат, 1964 г. – 361 с.
8. Тришевский И. С. и др. Гнутые профили проката: Справочник. – М.: Металлургия, 1980. – 351с.
9. Тришевский И. С., Клепанда В. В. Металлические облегченные конструкции: Справочное пособие. – К.: Будівельник, 1978. – 112 с.

10. *Трофимов В. И., Каминский А. М.* Лёгкие металлические конструкции зданий и сооружений. – М.: АСВ, 2002 г. – 573 с.
11. *Брудка Я.* Трубчатые стальные конструкции. – М.: Стройиздат, 1975 г. – 103 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Д.А. Простакишина

аспирант, *d.prostackishina@yandex.ru*

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Аннотация

В статье представлено исследование работы элемента составного симметричного сечения из стального тонкостенного холодногнутого сигма-профиля в условиях осевого сжатия с изгибом. Основными особенностями данных профилей являются начальные геометрические несовершенства, а также неравномерное распределение механических свойств материала по сечению. Нормативной документацией регламентируется необходимость учета данных факторов, однако, методика их учета при расчете элементов отсутствует.

Целью исследования является изучение влияния начальных геометрических несовершенств профилей и неравномерного распределения механических свойств материала по сечению на пространственную работу элемента.

В ходе работы использовались: аналитический метод, реализованный в научно-технической литературе по расчету тонкостенных профилей; метод численного моделирования; методы лабораторных испытаний механических свойств стали.

В результате исследования определены наиболее неблагоприятные случаи влияния начальных геометрических несовершенств на величину напряжений в элементе, а также получены предварительные результаты изменений механических свойств по сечению, а именно эффект упрочнения в местахгиба и на прилегающих к ним участках.

Сделан вывод необходимости учета начальных геометрических несовершенств профилей, вследствие существенного увеличения напряжений. Учет зон упрочнения сжатой зоны сечения позволяет анализировать закритическую работу элемента, а также использовать резервы прочности материала.

ВВЕДЕНИЕ

ЛСТК представляют собой конструкции, изготавливаемые из тонколистовой стали толщиной до 3 мм, шириной 500 мм и более путем холодной гибки на прокатных станах с последующей оцинковкой. При изготовлении данных конструкций используется сталь марок 250-350 и 08пс. Конструкции из ЛСТК выступают эффективной альтернативой традиционным горячекатаным профилям в случае, когда использование последних нерационально. Строительство с применением ЛСТК является наиболее индустриализованным и легко управляемым процессом, так как включает в себя максимальную заводскую готовность. Сооружения, возводимые из ЛСТК, представляют собой легкие каркасы, рамы которых объединяются между собой в пространственную систему. В качестве основных несущих конструкций каркаса из ЛСТК наиболее часто используются спаренные профили, соединенные между собой в симметричное сечение болтами, самонарезающими винтами, а также заклепками.

В то же время существуют проблемы, ограничивающие развитие тонкостенных конструкций в Российской строительной индустрии, основной из которых является недостаточ-

ная проработанность нормативной базы по проектированию элементов из ЛСТК в части учета основных их особенностей. К таким особенностям относятся: потеря общей устойчивости, устойчивости формы сечения, а также местной устойчивости отдельных участков сечения, находящихся в сжатой зоне; наличие начальных геометрических несовершенств профилей, возникающих в следствие наличия упругих и упругопластических деформаций при изготовлении элементов путем холодной прокатки; неравномерное распределение механических свойств по сечению профиля, что связано с упрочнением материала в зонах изгиба. Введенный в 2016 году Свод правил «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования», в основу которого положен европейский стандарт EN 1993-1-3:2006, регламентирует необходимость учета начальных геометрических несовершенств, однако, методика их учета отсутствует.

Неравномерное распределение механических свойств по сечению профиля возможно учитывать, обосновывая значения нормативного и расчетного сопротивлений путем статистической обработки, используя распределения их минимальных значений, аналитическая методика для их учета отсутствует. Таким образом, корректную оценку реального поведения конструкций можно выполнить только при наличии экспериментальных данных, что в значительной мере усложняет процесс проектирования, а, следовательно, и развитие данной отрасли строительства.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросы, связанные с расчетом устойчивости, рассматривались в работах таких исследователей, как Г.И. Белый [1, 2], Э.Л. Айрумян [3, 4, 5], А.А. Кикоть [6], Косых П.А [7, 8, 9], В.В. Schafer [10, 11] и др. [12, 13, 14]. В публикациях Г.И. Белого рассмотрены основные особенности элементов из тонкостенных профилей, а также влияние потери местной устойчивости участков сжатой части сечения на общую устойчивость элементов на примере одиночного швеллерного профиля, исходя из чего был сделан вывод о значительном влиянии случайных искривлений на местную устойчивость сжатой пластины сечения. В работе использовался метод численного моделирования, для изучения влияния начальных дефектов на потерю местной устойчивости пластины в расчетную схему вводились начальные искривления. Результаты оценки несущей способности тонкостенных профилей на основе компьютерного моделирования одиночного швеллерного профиля приведены в публикации [7], рассмотрено влияние величины начальных несовершенств профилей на величину критической силы. Так же приведена диаграмма упругопластической работы стали 08пс, основанная на параметрах, полученных при натурных испытаниях образцов на растяжение, предел текучести стали R_y превышает значение ГОСТ на 51%, а временное сопротивление R_u на 43%, что возможно вследствие наличия зон упрочнения на участках сечения профиля. В статье [10] приведен обзор развития метода «direct strength», реализованного в Североамериканских нормах, данный метод сравнивается с методом эффективного сечения. Метод «direct strength» основан на методе конечных полос, который реализуется в программных комплексах, а, следовательно, более прост в алгоритмизации, чем метод эффективного сечения. На основе сравнения этих методов между собой и с результатами, полученными методом численного моделирования был сделан вывод об их сходимости. Исследования, направленные на изучение распределения механических свойств стали по сечению холодногнутых элементов, производились советскими учеными в середине 20 века [15, 16, 17]. На основании данных работ был сделан вывод о наличии зон сечения с различной степенью упрочнения: места изгиба, прилегающие к ним участки, а также прямолинейные участки сечения, в которых упрочнение незначительно.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования принят элемент из двух спаренных сигма-профилей высотой 300 мм (Рис. 1), длиной $L=15h=4500$ мм. Геометрические характеристики сечения приведены в таблице 1. Материал – сталь 350 по ГОСТ Р 52246-2016. Расчетная схема объек-

та исследования представлена на рисунке 1, закрепление в плоскости действия момента принято шарнирное на концах элемента, из плоскости действия момента – через 1500 мм. Данный тип закрепления обусловлен работой элементов в составе каркасов из ЛСТК – крепление к фундаменту, сопряжение элементов рамы, раскрепление из плоскости связевыми элементами. Загружение элемента объясняется характерными условиями работы внецентренно-сжатых элементов в составе рамно-связевого каркаса.

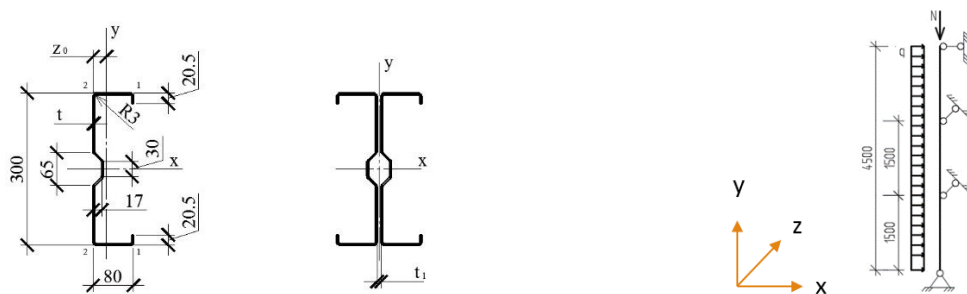


Рис. 1. Геометрические размеры сигма-профиля, форма сечения и расчётная схема объекта исследования

Таблица 1. Геометрические характеристики полного сечения

$A, \text{см}^2$	$W_y, \text{см}^3$	$W_x, \text{см}^3$	$I_y, \text{см}^4$	$I_x, \text{см}^4$
20,03	28,36	167,34	226,88	2510,05

Аналитический расчет производился на основании метода, реализованного в нормативно-технической литературе по расчету элементов из ЛСТК. Данный метод заключается в учете эффективных геометрических характеристик сечения, что предусматривает замену участков сечения на отдельные пластины с различным закреплением. Для сжатых участков сечения геометрические характеристики полного сечения заменяются на редуцированные, что отражает явление потери местной устойчивости пластин. Для участков сечения, находящихся в растянутой зоне полные и редуцированные характеристики пластин совпадают. На редуцированных участках сечения переход к эффективной площади осуществляется путем умножения полной толщины и ширины пластины на коэффициент редукиции $\rho < 1$. Данный коэффициент зависит от соотношения напряжений в пластине, ее гибкости, граничных условий закрепления, а также коэффициента потери устойчивости. Коэффициент редукиции определяется последовательными итерациями с учетом жесткости связей редуцированного сечения, при этом учитывается снижение несущей способности и уменьшение сжимающих напряжений путем умножения на коэффициент снижения несущей способности $\chi_{d,n}$ до тех пор, пока не будет выполняться условие:

$$\chi_{d,n} \approx \chi_{d,(n-1)} \cdot \chi_{d,n} \leq \chi_{d,(n-1)}. \quad (1)$$

Учет начальных местных геометрических несовершенств профиля производился исходя из соотношения:

$$\frac{e_0}{L} = \frac{1}{250}. \quad (2)$$

Начальные геометрические несовершенства задавались соответственно 5 классу точности изготовления согласно ГОСТ 23188-2012, для объекта исследования максимальные искривления составляют 30 мм. В рамках аналитического расчета начальные искривления задавались дополнительным эксцентриситетом продольной сжимающей силы. В ходе аналитического расчета было рассмотрено три расчетных случая:

- элемент, работающий в условиях осевого сжатия;
- элемент, работающий в условиях сжатия с изгибом без учета его начальных геометрических несовершенств;
- элемент, работающий в условиях сжатия с изгибом с учетом его начальных геометрических несовершенств;

ческих несовершенств.

Основным расчетом по первой группе предельных состояний для элементов, работающих в условиях сжатия, является расчет на устойчивость, так как потеря устойчивости для таких элементов происходит раньше потери прочности, и именно при потере устойчивости происходит исчерпание несущей способности сжатых элементов. Анализ устойчивости элементов из тонкостенных профилей проводился на основе численного моделирования в программном комплексе Eurosoft Stark. Для моделирования был выбран наиболее подходящий четырехузловой оболочечный конечный элемент. Для расчета была создана группа моделей, в том числе элемент без начальных несовершенств и элементы с различными видами начальных несовершенств.

Расчет на устойчивость производился для объекта исследования без учета начальных несовершенств в упругой стадии, далее для объекта исследования с учетом местных несовершенств, несовершенств формы, а также общих несовершенств по длине элемента. Исходя из анализа первой формы потери устойчивости, для начальной модели задавались дополнительные деформации, после чего заново производился расчет на устойчивость.

На основе исследований распределения механических свойств по сечению тонкостенного холодногнутого элемента, проведенных другими исследователями, был определен план и программа эксперимента по оценке прочности характерных зон сечения профиля (Рис. 2).

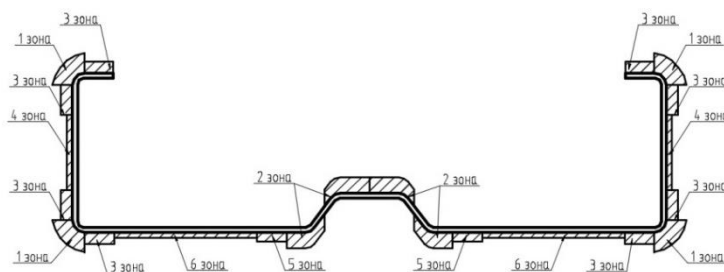


Рис. 2. Характерные зоны сечения для учета механических свойств

В сечении сигма-профиля выделены следующие характерные зоны: 1) в местахгиба под углом 90° ; 2) в местахгиба под углом $>90^\circ$; 3) участки, примыкающие к угловым зонам 90° на расстоянии до $6t$; 4) прямолинейные участки на полках профиля; 5) участки, примыкающие к угловым зонам $>90^\circ$ на расстоянии до $6t$; 6) прямолинейные участки стенки профиля.

Прочностные характеристики металла определялись косвенным методом твердометрии с использованием динамического измерителя твердости ЭЛИТ-2Д и прямым методом испытаний на растяжение с использованием разрывной машины И1147М-50-01-1. Измерения твердости производились на цельных фрагментах, а также на вырезанных полосах с предварительным удалением цинкового слоя с поверхности измерения. Для создания массивной твердой опоры, необходимой для измерения твердости тонколистовой стали, цельный образец бетонировался (Рис. 3,а), а образцы полос притирались через слой консистентной смазки к массивной поверхности из инструментальной стали (Рис. 3,б). Ширина полосы оставляет 15 мм, длина 180 мм, образцы отбирались вдоль проката и использовались в последующем при испытании на разрыв (Рис. 3,в). Для испытания образцов криволинейной формы в разрывной машине их концы расплющивались.

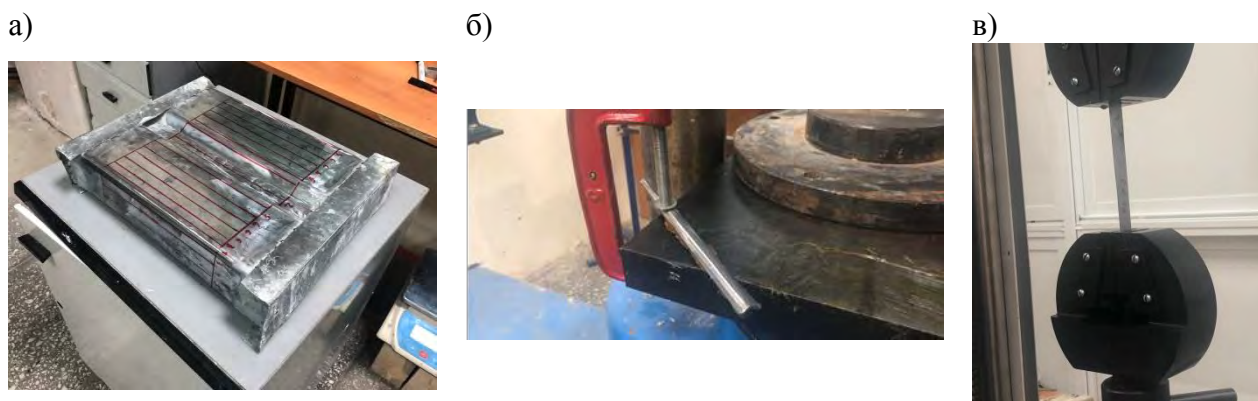


Рис. 3. Экспериментальные образцы

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате аналитического расчета было выделено два характерных случая распределения напряжений в зависимости от приложения продольной сжимающей силы (Рис.4):

- случай 1 – смещение продольной силы от центра тяжести сечения на 30 мм по оси y без углового смещения;
- случай 2 – смещение продольной силы от центра тяжести сечения вдоль оси x с угловым смещением на $\pm 45^\circ$.

Эффективные геометрические характеристики для обоих случаев представлены на рисунке 4 и в таблице 2.



Рис. 4. Эффективное поперечное сечение элемента при сжатии с изгибом с учетом начальных геометрических несовершенств

Таблица 2. Геометрические характеристики эффективного сечения при сжатии с изгибом с учетом начальных геометрических несовершенств

Случай	$A, \text{см}^2$	$W_y, \text{см}^3$	$W_x, \text{см}^3$	$I_y, \text{см}^4$	$I_x, \text{см}^4$
1	9,84	17,78	42,45	142,24	943,22
2	8,75	9,73	48,54	93,15	958,27

Для случаев сжатия с изгибом с учетом начальных геометрических несовершенств профилей происходит уменьшение эффективной площади на 15 и 24% в сравнении со случаем без учета начальных несовершенств. Максимальные напряжения в эффективном сечении наблюдаются для случая 2 при учете несовершенств в плоскости, перпендикулярной плоскости изгиба с угловым смещением $\pm 45^\circ$. Графики изменения напряжений в сечении при действии продольной силы с изгибом в зависимости от степени редуцирования сечения и нали-

чия начальных геометрических несовершенств приведены на рисунках 5, 6.

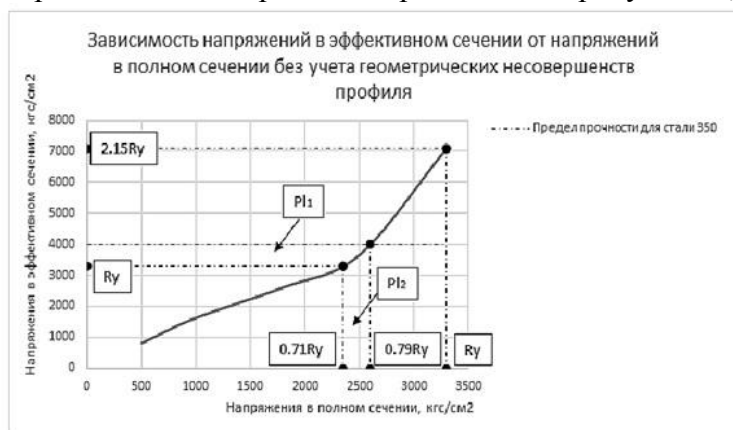


Рис. 5. Зависимость напряжений в эффективном сечении от напряжений в полном сечении без учета начальных геометрических несовершенств

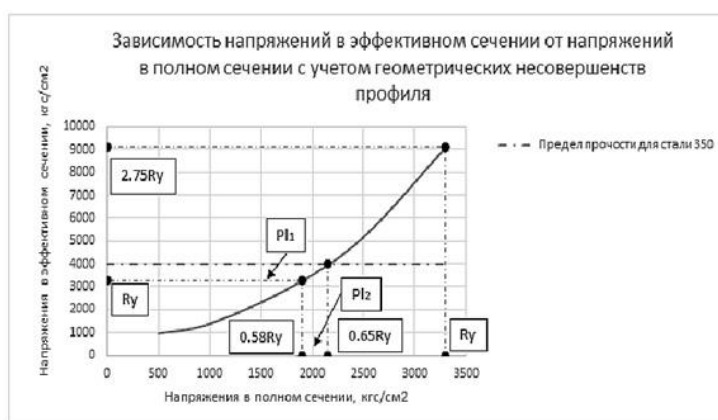


Рис. 6. Зависимость напряжений в эффективном сечении от напряжений в полном сечении с учетом начальных геометрических несовершенств

Расчет напряжений в эффективном сечении при сжатии с изгибом без учета начальных геометрических несовершенств показал, что прирост напряжений происходит вследствие потери местной устойчивости отдельных элементов сечения, при этом упругопластическая работа материала наступает при достижении напряжений в полном сечении, равных $0,71R_y$. При учете начальных несовершенств материал переходит в зону упругопластической работы при напряжениях в полном сечении, равных $0,58R_y$. Прирост напряжений связан с возникновением дополнительных усилий ΔM_x и ΔM_y .

В ходе численного моделирования было проанализировано шесть первых форм потери устойчивости и выбрана первая – преобладающая. На основании чего был сделан вывод о том, что наименьшие напряжения наблюдаются в элементе без несовершенств, так как производится учет только местной потери устойчивости, и напряжения в элементе увеличиваются на 25%.

При наличии местных несовершенств профиля, несовершенств формы, а также общих несовершенств равных 1 см и совокупности общих несовершенств (1 см) и несовершенств формы, наблюдается схожий прирост напряжений до 50%, наихудший случай представляет собой элемент с общими несовершенствами. То есть при расчете элемента, учитывая начальные несовершенства, необходимо учитывать данную форму несовершенств.

На данном этапе исследования распределения механических свойств по сечению профиля получены результаты и приведена их статистическая обработка для зон №№1, 2, 3 (Рис. 2). Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты исследований распределения механических свойств по сечению

Номер зоны	Значение твердости, НВ		Значение предела текучести $\sigma_{0.2}$, МПа	Значение временного сопротивления σ_w , МПа
	Цельный образец	Пластинчатый образец		
1	195-228	136-217	470-525	500-540
3	182-200	116-181	420-475	460-500
6	175-199	153-181	370-420	440-510

ВЫВОДЫ

Аналитический расчет и численное моделирование показали существенное влияние начальных геометрических несовершенств на значение напряжений в сечении исследуемого элемента. В зависимости от положения дополнительного эксцентриситета относительно главных центральных осей полного сечения эффективная площадь снижается на 16-26%. Максимальный прирост напряжений от влияния начальных геометрических несовершенств составил 18%.

При анализе результатов численного моделирования элементов был сделан вывод о том, что наиболее неблагоприятный случай несовершенств – общие несовершенства по длине элемента, таким образом, при моделировании элементов необходимо задаваться данным видом несовершенств и производить расчет на устойчивость по деформированной схеме.

Предварительные результаты исследований неравномерного распределения механических свойств стали по сечению подтвердили наличие зон упрочнения, так в зонах с максимальным упрочнением минимальное значение временного сопротивления увеличивается на 19%, условного предела текучести на 34%. Данный факт позволяет учитывать резервы несущей способности сжатой зоны сечения тонкостенных элементов и анализировать их работу с учетом развития пластических деформаций, что является перспективой дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый Г.И. Особенности работы стержневых элементов конструкций из оцинкованных гнутых профилей // Вестник гражданских инженеров. 2012. №3(32). С. 99-103.
2. Белый Г.И. Новые положения в инженерной методике расчета на устойчивость стальных стержневых элементов конструкций из холодногнутого профиля // Вестник гражданских инженеров. 2017. №2 (61). С.75-80.
3. Айрумян, Э.Л. Рекомендации по расчету стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // СтройПрофиль. 2009. № 8(78). С. 12-14.
4. Айрумян, Э.Л. Особенности расчета стальных конструкций из тонкостенных гнутых профилей // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2008. №3. С. 2-7.
5. Айрумян Э. Л. Перспективы ЛСТК в России // СтройПрофиль. 2013. №10. С. 12-17.
6. Кикоть А.А., Григорьев В.В. Влияние ширины пояса и параметров стенки на эффективность стального холодногнутого профиля Сигма-образного сечения при работе на изгиб // Инженерно-строительный журнал. 2013. №1. С. 97-101.
7. Кашеварова Г.Г., Косых П.А. Определение несущей способности легких стальных тонкостенных конструкций на основе компьютерного моделирования // International Journal for Computation Civil and Structural Engineering. 2014. №10(2). С. 85-92.
8. Кашеварова Г.Г., Косых П.А. Влияние местной потери устойчивости на несущую способность пластин сложной конфигурации // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. №1. С. 84-94.
9. Косых П.А. Сравнение несущей способности легких стальных тонкостенных профилей различной конфигурации на основе компьютерного моделирования // Вестник ТГАСУ. 2015. №2. С. 135-143.
10. Schafer B.W. Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design // Journal of Constructional Steel Research. 2008. №64. С. 766-778.

11. *Schafer B.W.* Computational modeling of cold-formed steel: characterizing geometric imperfections and residual stresses // *Journal of Constructional Steel Research*. 1998. №47. С. 193-210.
12. *Rondal J., Duubina D., Ungureanu V.* Imperfections and computational modeling of cold-formed steel members.
13. *Young Bong Kwon, Bong Sun Kim, Gregory J. Hancock* Compression tests of high strength cold-formed steel channels with buckling interaction // *Journal of Constructional Steel Research*. 2009. №65. С. 278-289.
14. *Krishanu Roy, Tina Chui Huon Ting, Hieng Ho Lau, James B.P. Lim* Nonlinear behaviour of back-to-back gapped built-up cold-formed steel channel sections under compression // *Journal of Constructional Steel Research*. 2018. №174. С. 257-276.
15. *Богоявленский К.Н.* Определение механических свойств листовых материалов для расчета маршрутов холодного деформирования // *Обработка металлов давлением*. 1963. С. 133-138.
16. *Богоявленский К.Н.* Расчет на прочность гнутых профилей с учетом упрочнения // *Обработка металлов давлением*. 1961. С. 83-89.
17. *Тришевский, И.С.* Изменение механических свойств в процессе профилирования // *Механические свойства гнутых профилей проката*. 1977. С. 58-61.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А.А. Рындин

студент, Ryndin-Andrej1998@mail.ru

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

Аннотация

Проводится анализ литературы по исследованию физико-механических характеристик бетона при повышенных температурах. На основании проведенных экспериментальных исследований при температуре 20, 50, 80 °С при сжатии по методике полных диаграмм деформирования бетона и растяжении при изгибе делаются выводы о существенном изменении основных прочностных и деформативных характеристик. Построены диаграммы деформирования при заданных температурах и определены предельные деформации, соответствующие пиковой нагрузке и нисходящей ветви на уровне 0.85 R_b. Предлагается уравнение для оценки относительных деформаций при промежуточных значениях уровня нагружений.

Ключевые слова: прочность, деформативность, модуль упругости, повышенная температура.

Физико-механические характеристики существенным образом зависят от повышения температуры. Даже при температурах 80-100 °С прочностные и деформативные характеристики существенно снижаются. В таких сооружениях как железобетонные стволы дымовых труб, корпуса высокого давления из преднапряжённого бетона, защитные оболочки АЭС, градирни и т.д. бетон находится под воздействием повышенных температур и, следовательно, проектирование данных сооружений необходимо проводить с учетом специфики данного объекта. Российскими нормативными документами допускается использовать тяжелый бетон до 200 °С (СП 27.13330.2017). Учёт влияния температуры на бетон оценивается с помощью коэффициента условия работы.

Анализ литературных источников [1-13] показывает неполноту и определенную противоречивость опытных данных. Основными факторами большого разброса является: влажность, класс бетона, структурный состав, различия в методике проведения опытов и другие. Очень мало уделялось исследованиям деформативности бетона, его полных диаграмм деформирования, что не позволяет корректно оценивать напряженно-деформированное состояние конструкций на различных этапах нагружения.

Малочисленные исследования поведения бетона при осевом растяжении и растяжении при изгибе указывают, что даже при температурах 80-90 °С наблюдается снижение прочности в условиях нагрева, причем существенно больше чем при сжатии.

В работе [2] отмечается, что при исследовании влияния повышенной температуры особое внимание уделяется прочности материала и конструкций. В тоже время вопросам деформативности и трещиностойкости уделяется пока недостаточно внимания. Учитывая, что повышенные температуры оказывают влияние, не только на прочность, но и на деформативные характеристики, необходимо при расчете корректировать диаграммы деформирования бетона. В тоже время, отсутствие нормативных документов (ГОСТ) по определению полной диаграммы деформирования бетона при нормальной температуре и повышенных сдерживают возможности корректного расчета железобетонных конструкций.

Для исследования физико-механических характеристик бетона при повышенных температурах были изготовлены две камеры. Одна камера предназначалась для исследования прочности и деформативности на растяжение при изгибе. В камеру помещалось устройство для испытания на растяжение при изгибе. Внутри камеры устанавливался вентилятор для пе-

ремешивания воздуха с целью создания равномерного температурного поля. Температура внутри камеры регулировалась термопарой, электронным блоком и нагревательным элементом.

Вторая камера предназначалась для исследования полных диаграмм деформирования бетона (ПДДБ) при сжатии в условиях повышенных температур. Внутри камеры помещалось устройство, которое позволяло получать диаграммы деформирования с нисходящей ветвью [13].

Методика проведения экспериментов состояла из нескольких этапов. После установки устройства вместе с образцом-призмой внутрь камеры, проводилось центрирование, а затем начинался процесс нагревания. Скорость нагрева камеры составляла 10 °С/час, что позволяло избежать резкого перепада температуры по сечению образца. После достижения требуемой температуры продолжалось измерение деформаций до их стабилизации. В момент нагрева и выдержки температуры в самом образце имело место два вида деформаций. Первый вид деформации линейное расширение, а второй усадка от интенсивного испарения влаги. Время на подъём температуры и её выдержки составляло 18-20 часов. За это время температурные и усадочные деформации успевали стабилизироваться. Далее производилось ступенчатое нагружение с выдержкой на ступени в течении 5 минут.

Для измерения относительных деформаций использовались тензорезисторы с базой 50мм. На первом этапе прочностные и деформативные характеристики бетона оценивались при температурах 20, 50 и 80 °С.

Опытные образцы 10x10x40 см изготавливались из бетона одного состава в одном замесе. В состав бетона входил цемент М500 в количестве 319 кг/м³, кварцевый песок средней крупности и фракционированный гранитный щебень 5-10 и 10-20 в соотношении 1:2,23:3,92. Водоцементное отношение составляло 0,561. Для повышения подвижности бетонной смеси использовался суперпластификатор С-3. Осадка конуса была 3 см. Бетонная смесь перемешивалась в гравитационной бетономешалке с последующим уплотнением металлических форм на виброплощадке. После хранения образцов-призм в нормальных условиях они подготавливались к испытаниям. Все образцы обмерялись, взвешивались и прозвучивались. Средняя плотность составила 2,38 г/см³, а скорость ультразвука 4283 м/сек.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены прочностные и деформативные характеристики при температурах 20, 50 и 80 °С при сжатии и растяжении при изгибе. Результаты экспериментов представлены в Таблицах 1,2.

Физико-механические характеристики при сжатии.

Таблица 1

	R_b , МПа	E_b , МПа	$\epsilon_{b0} \cdot 10^{-5}$	$\epsilon_{b0}^{-0.85} \cdot 10^{-5}$
T=20 °С	35,47	31,8	267	339
T=50 °С	31,37	27,5	264	348
T=80 °С	30,52	27,5	244	312

Физико-механические характеристики на растяжение при изгибе.

Таблица 2

T=20 °С		T=50 °С		T=80 °С	
R_{tf} , МПа	$\epsilon_{tf} \cdot 10^{-5}$	R_{tf} , МПа	$\epsilon_{tf} \cdot 10^{-5}$	R_{tf} , МПа	$\epsilon_{tf} \cdot 10^{-5}$
5,0	28,3	3,7	26,8	3,2	76,4

Как видно из таблиц призмная прочность и модуль упругости снижаются при повышении температуры. Так призмная прочность снизилась при 50 °С на 11,6%, а при 80 °С на 14%. Модуль упругости соответственно на 13,5 %. Предельные относительные деформации, соответствующие пиковой нагрузке и нисходящей ветви при 0,85 R_b , мало отличались, хотя при 80 °С данные величины заметно ниже. Из анализа результатов экспериментов, проводимых другими исследователями можно заключить что наши данные не плохо согласуются с результатами предшествующих исследователей [7].

В таблице 2 и на Рис. 1 предоставлены результаты испытаний на растяжение при изгибе. Из полученных данных можно сделать вывод, что прочность снижается значительно больше на растяжении при изгибе, чем при сжатии при одних и тех же температурах. Так, при температуре 50 °С прочность на растяжение при изгибе снизилась на 26%, а при 80 °С на 36%.

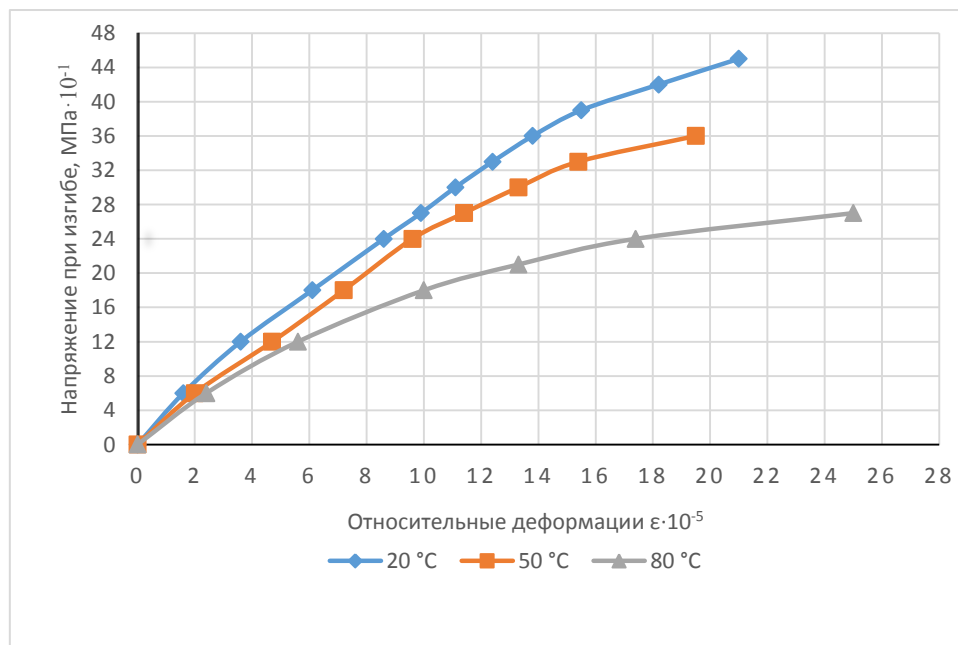


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона на растяжение при изгибе

Анализируя полные диаграммы деформирования бетона при нормальной и повышенной температурах Рис. 2, можно заметить, что характер изменения диаграмм мало отличается друг от друга, если не считать падение призмной прочности. Если представить ПДДБ в координатах $\frac{\sigma}{R_b}$ -ε Рис. 3, то можно заметить, что вне зависимости от температуры криволинейные диаграммы накладываются друг на друга, что даёт возможность утверждать, что они изменяются по одному закону.

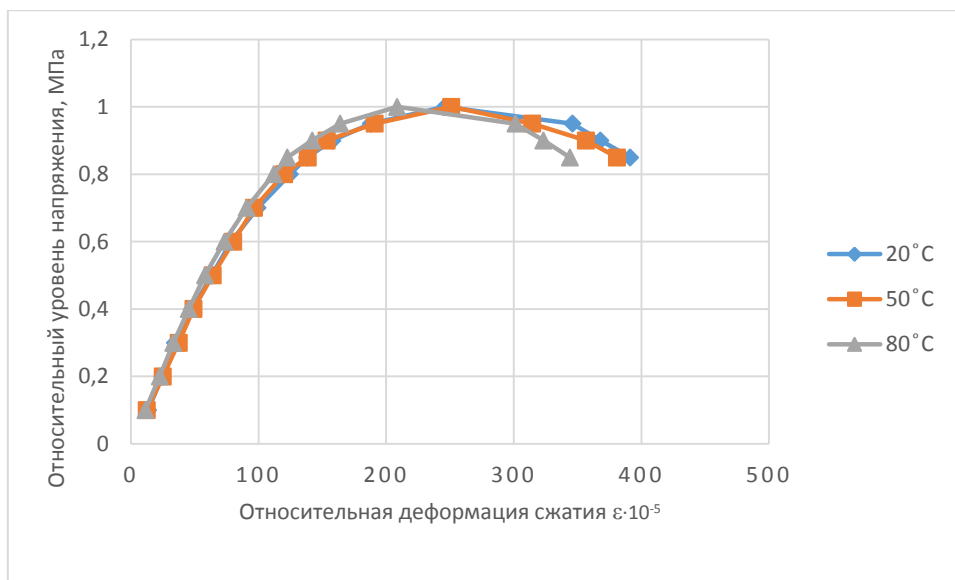


Рис. 2. Полные диаграммы деформирования бетона при повышенных температурах в координатах $\frac{\sigma}{R_b}$ - ϵ

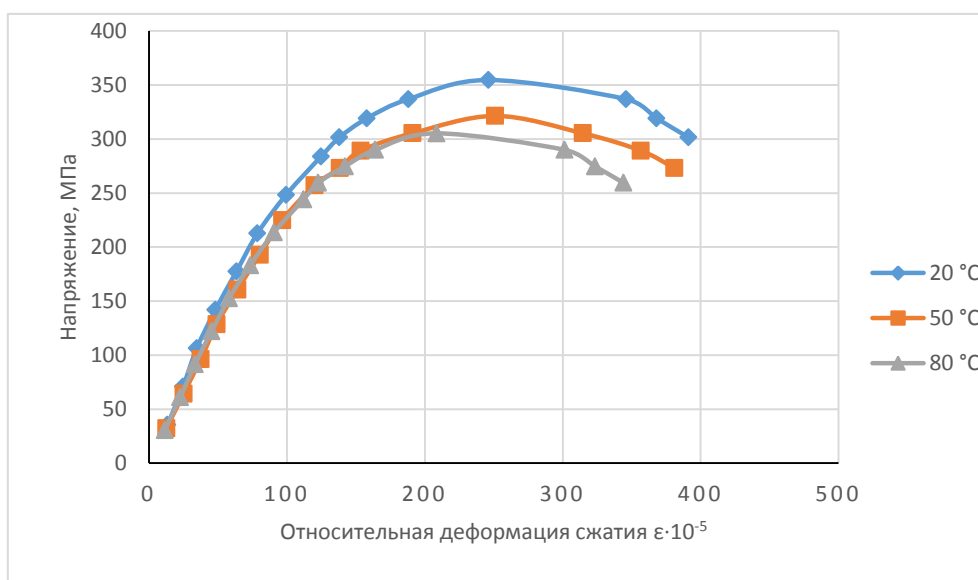


Рис. 3. Полные диаграммы деформирования бетона при повышенных температурах в координатах σ - ϵ

Для аналитического описания полной диаграммы деформирования бетона при повышенных температурах можно воспользоваться уравнением (1), предложенным в статье [12]

$$\epsilon_n = 0,0225^3 \sqrt[3]{\frac{R_b}{E_b}} \times \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{\sigma}{R_b}} \right) \quad (1)$$

Здесь, в скобках знак «-» устанавливается на восходящем участке, а «+» на нисходящем. Учитывая, что призмочная прочность и модуль упругости одновременно снижаются, приблизительно на одну и ту же величину, соотношение между призмочной прочностью и модулем упругости под корнем существенно не изменяется и, следовательно, относительные деформации соответствующего уровня напряжений будут совпадать. Результаты экспериментов Рис. 3 подтверждают возможность использования выражения (1) и для диаграмм, полученных при повышенных температурах. Что же касается других классов бетона, то здесь вероятно, как и для бетонов при нормальной температуре можно будет регулировать степень подкоренного выражения, представленного в скобках, как (2).

$$n = 3,5 - \frac{R_b \times 10^3}{E_b} \quad (2)$$

Таким образом, можно сделать вывод, что прочность при повышенных температурах снижается, как при сжатии, так и при растяжении при изгибе. Причем на растяжение прочность снижает значительно больше, чем на сжатие. Значения предельных относительных деформаций, соответствующие пиковой нагрузке и нисходящей ветви на уровне $0.85R_b$, в пределах исследуемых температур, изменяются незначительно. Для аналитического описания диаграмм деформирования бетона можно воспользоваться уравнением, предложенным для нормальной температуры с использованием призменной прочности и модуля упругости для соответствующей температуры.

Второй этап, аналогичные исследования планируется провести при температурах 20, 80 и 140 °С, а третий при 20, 140 и 200 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуков Н.И., Кузнецов В.Е., и др.* Физико-механические свойства бетона для корпусов реактора из преднапряженного железобетона. Вопросы атомной науки и технологии. //Серия «Проектирование и строительство», 1984 выпуск 1(17), с. 67-75.
2. *Кричевский А.П., Корсун В. И.* Прочность и деформативности тяжелого бетона в условиях плоского напряженного состояния при действии температур. //Сб. «Расчет, проектирование и испытание железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата.» Ташкент, 1985, с. 100-103.
3. *Безгодов И.М., Малашкин Ю.Н.* Особенности поведения бетона массивных сооружений в условиях воздействия повышенной температуры и сложного напряженного состояния. Сб. «Прочность и температурная трещиностойкость бетонных гидротехнических сооружений при температурных воздействиях.» «ПТТС-88». //Ленинград, Энергоатомиздат, 1989, с. 173-175.
4. *Милованов А.Ф.* Железобетонные температуростойкие конструкции //М., 2005г., с.234.
5. *Иванов М.А.* Влияние повышенных температур на прочностные свойства сталефибробетона. //Изв. вузов сер. Строительство и архитектура, 1984, №12. С. 129-131.
6. *Корсун В.И., Корсун А.В.* Влияние масштабного фактора и повышенных температур на прочность и деформации высокопрочного модифицированного бетона. //Вестник МГСУ 2014. №3. С.179-188.
7. *Трекин Н.Н., Онана О.Ж.* Использование деформационной модели для определения трещиностойкости изгибаемых элементов с учетом повышенных температур // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №6. С. 34-38.
8. *Тупов Н.И.* О влиянии повышенной температуры на прочность и деформативные свойства. // Бетон и железобетон 1967. №3 с. 42-43.
9. *Чунюк И.М., Волошин П.П., Олар Е.А.* Прочность и деформативные свойства бетона при повышенных температурах. // Сб. «Совершенствование строительных конструкций и строительного производства». Кишинев. 1984. С.71-76.
10. *Кочан Е.А., Соловьева Л.Д.* Влияние Повышенной температуры на деформационные свойства изолированного от высыхания бетона. // Энергетическое строительство, 1986, №12, с. 69-71.
11. *Левчич В.В., Халид Беннаби, Максимович Б.Ю.,* Влияние температуры и влажности среды на модуль деформаций бетона. //Сб. трудов Резервы прогресса в архитектуре и строительстве, Вестник Львовского политехнического института. 1989, №233. С. 60-61.
12. *Безгодов И.М.* К вопросу оценки предельной относительной деформации бетона при сжатии для различных классов бетона // Бетон и железобетон 2015, №5. С. 9-11.
13. *Безгодов И.М., Левченко П.Ю.* К вопросу о методике получения полных диаграмм деформирования бетона // Технологии бетонов, 2013. №10. С.34-36.

ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И ПРОЦЕНТА АРМИРОВАНИЯ НА ДЕСТРУКЦИЮ БЕТОНА

А.М. Таранова¹, А.Д. Истомина²

¹ студентка 3 курса 7 группы ИГЭС, taranovaanastasia257@gmail.com

² Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, nauka07@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

В предложенной статье рассмотрена работа влияния процента армирования на деструктивные процессы в бетоне при циклическом замораживании и оттаивании.

В качестве опытных образцов использовались призмы размером 10x10x40 см. Состав бетона по весу составил 1:1,2:2,2. В состав бетона вводились суперпластификатор С-3 и газообразующая добавка ГКЖ:-94 в количестве 0,15% и 0,7% от массы цемента. Возраст бетона к моменту испытаний составил 18 месяцев. Марка бетона по морозостойкости составила F500. Призмы армировались четырьмя стержнями класса В500, расположенных по углам поперечного сечения. Защитный слой составлял 10мм.

Опыты по исследованию влияния циклического замораживания и оттаивания (ЦЗО) на работу бетона и железобетона показывают, что в бетоне при воздействии отрицательных температур наблюдается рост остаточных деформаций в виде деструктивного расширения бетона [1,2,3]. Это связано с увеличением объема воды при ее замерзании в порах бетона. Часть деформаций расширения носит необратимый характер и проявляется в виде остаточных деформаций в оттаявшем бетоне [1]. Величина остаточных деформаций расширения бетона является критерием деструкции бетона при ЦЗО. Например, один из способов определения марки бетона по морозостойкости основывается на определении величины накопленных остаточных деформаций расширения бетона.

На величину остаточных деформаций расширения бетона (деструкции) при ЦЗО в железобетонном элементе существенно влияет процент армирования сечения, вид напряженного состояния бетона (сжатие или растяжение) и уровень напряжений в нем [4].

Арматура замедляет развитие деструктивных процессов в бетоне, а именно уменьшает остаточные деформации его расширения при знакопеременных температурных воздействиях.

ВВЕДЕНИЕ

В странах, где период климатической зимы в северных регионах сменяется относительно теплыми среднесуточными температурами необходимо обеспечить долговечность и надежность железобетонных конструкций. Поэтому на сегодняшний день актуальным является экспериментальное исследование влияния процента армирования на деструктивные процессы в бетоне.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Влияние массивности конструкций на температурные деформации бетона при циклическом замораживании и оттаивании подробно представлено в работе Истомина А.Д. и Александрова Е.Н. [1]. Для изучения влияния способа водонасыщения бетона и деформации его ползучести при сжатии в условиях малоциклового силового, температурного нагружения обратилась к источникам [2, 3]. Зависимость границ микротрещинообразования бетона от

его прочности и вида напряжённого состояния изучено [4]. Проблемы и перспективы бетона и железобетона рассмотрены и проанализированы в работе Тамразяна А.Г.[5]. Влияние отрицательных температур на изменение конструктивных свойств в бетоне, несущую способность железобетонных конструкций, на напряженное состояние сталебетонных изгибаемых балок представлены [6,7,8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки влияния процента армирования на величину остаточных деформаций расширения бетона были проведены исследования с бетонными и железобетонными призмами. В качестве опытных образцов использовались призмы размером 10x10x40 см. Состав бетона по весу составил 1:1,2:2,2. Водоцементное отношение - 0,32. В состав бетона вводились суперпластификатор С-3 и газообразующая добавка ГКЖ:-94 в количестве 0,15% и 0,7% от массы цемента. Возраст бетона к моменту испытаний составил 18 месяцев. Марка бетона по морозостойкости составила F500. При этом варьировался процент армирования от 0% до 3,14%. Призмы армировались четырьмя стержнями класса В500, расположенных по углам поперечного сечения. Защитный слой составлял 10мм. Диаметр четырех стержней и процент армирования сечения призмы представлены в таблице.

Диаметр арматурного стержня и процент армирования призмы

$d_s, \text{мм}$	0	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu, \%$	0	0,28	0,5	0,78	1,13	1,54	2,01	2,54	3,14

Призмы оборудовались индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм на базе 290 мм и помещались в термокамеру при температуре воздуха 150С. В качестве удлинителей использовались кварцевые трубки. Температура понижалась до -500С. При -500С выдерживались 30 минут до полного выравнивания температуры по сечению образцов. После чего температура повышалась до 150С. Производилось измерение остаточных деформаций.

Остаточные деструктивные деформации расширения железобетонных образцов при исчерпании бетоном своей морозостойкости можно записать в виде:

$$\varepsilon_{sb,d} = \gamma_{\mu} \cdot \varepsilon_{b,d}, \quad (1)$$

где γ_{μ} – коэффициент, учитывающий влияние процента армирования на деструкцию бетона при ЦЗО;

$\varepsilon_{b,d}$ – остаточные деформации деструктивного расширения неармированного бетона в ходе ЦЗО.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенных исследований получены экспериментальные данные по величине коэффициента, учитывающего влияние на деструкцию бетона при ЦЗО процента армирования (γ_{μ}). На рис.1 представлены данные опытных значений коэффициента γ_{μ} .

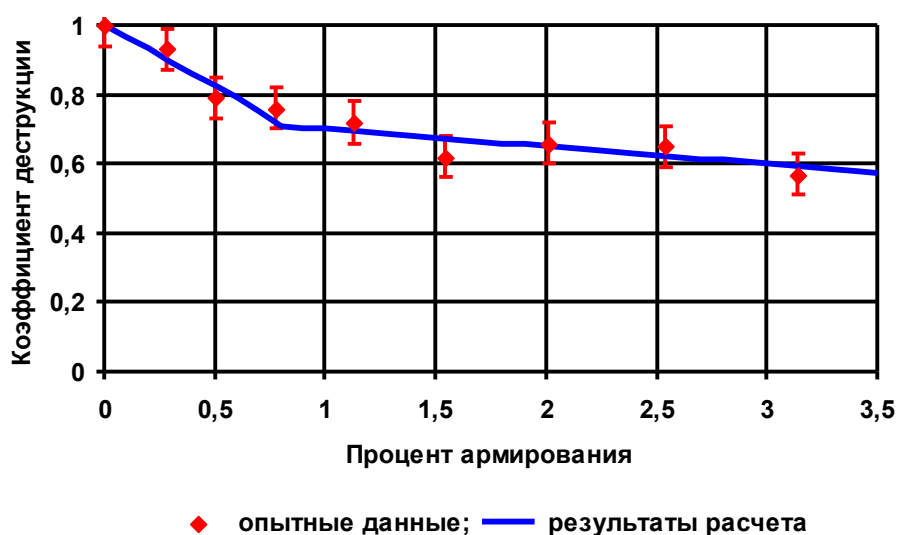


Рис. 1. Зависимость коэффициента γ_μ от процента армирования

Из приведенных на рис.1 опытных данных видно, что наблюдается две области изменения коэффициента γ_μ : при проценте армирования $\mu \leq 0,8\%$ и при $\mu > 0,8\%$. При $\mu \leq 0,8\%$ наблюдается наибольшая скорость уменьшения деструкции бетона ($\gamma_\mu / \mu = 0,89$). При $\mu > 0,8\%$ развитие деструктивных процессов в бетоне значительно уменьшается ($\gamma_\mu / \mu = 0,07$), то есть скорость развития деструктивных процессов в бетоне уменьшается в 12,7 раз.

По результатам опытных данных методом наименьших квадратов получены две линейные зависимости:

$$\gamma_\mu = 1 - 0,35 \cdot \mu \quad \text{при } 0\% \leq \mu \leq 0,8\%, \quad (2)$$

$$\gamma_\mu = 0,75 - 0,05 \cdot \mu \quad \text{при } \mu > 0,8\%, \quad (3)$$

где μ – процент армирования нормального сечения призм.

На основании формул (2) и (3) были рассчитаны значения коэффициента деструкции и построен график его зависимости от процента армирования элемента (см. рис. 1).

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением процента армирования деструктивные процессы в бетоне при циклических замораживаниях и оттаиваниях уменьшаются. Наибольшее снижение деструктивных процессов в бетоне железобетонного образца при ЦЗО происходит в интервале процента армирования $0\% \leq \mu \leq 0,8\%$, на котором скорость уменьшения деструкции бетона составила $\gamma_\mu / \mu = 0,89$. При $\mu > 0,8\%$ развитие деструктивных процессов в бетоне существенно уменьшается, скорость деструктивных процессов в бетоне составила $\gamma_\mu / \mu = 0,07$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Истомин А. Д., Александров Е.Н. Влияние массивности конструкций на температурные деформации бетона при циклическом замораживании и оттаивании // Наука и техника в дорожной отрасли, 2018. №1. С. 31-32.
2. Истомин А.Д., Александров Е.Н., Огурцова Л.П. Влияние способа водонасыщения бетона и отрицательной температуры на его деформативно-прочностные характеристики // Наука и техника в дорожной отрасли, 2018. №4. С. 40-42.

3. *Истомин А. Д.* Экспериментальные деформации ползучести бетона при сжатии в условиях малоциклового силового и температурного нагружения // Научно-технический журнал Вестник МГСУ, № 2, Т. 1, 2011. с. 142-144.
4. *Истомин А.Д., Беликов Н.А.* Зависимость границ микротрещинообразования бетона от его прочности и вида напряжённого состояния // Научно-технический журнал Вестник МГСУ № 2, Т. 1, 2011. с. 159-162.
5. *Тамразян А.Г.* Бетон и железобетон: проблемы и перспективы // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. –№ 8. – С. 30-33.
6. *В.М. Попов, М.Г. Плюснин.* Оценка несущей способности железобетонных конструкций в естественных условиях холодного климата.// Вестник гражданских инженеров. – 2014 № 2(43). – С.42-47.
7. *Пинус Б. И., Пинус Ж. Н., Хомякова И. В.* Изменение конструктивных свойств бетонов при охлаждении и замораживании // Вестник Иркутского государственного технического университета 2015. № 2(97). С. 111-116.
8. *Истомин А.Д.* Влияние знакопеременных температур на напряженное состояние сталебетонных изгибаемых балок // Технология текстильной промышленности - 2018. № 2 (374). С. 219-224.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ, РАСТЯЖЕНИИ И ИЗГИБЕ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

А.С. Федорович

студент, Fedorovich19977@yandex.ru

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

Аннотация

Из предшествующих исследований (в основном для случаев одноосного сжатия или растяжения) известно, что физико-механические характеристики бетона при динамическом нагружении существенно изменяются в сторону увеличения в зависимости от скорости приложения нагрузки. В тоже время общепризнанных методик получения данных характеристик не существует. В данной работе рассматриваются методические особенности проведения динамических испытаний, предлагаются стенды для проведения экспериментов и пути реализации многих проблем по исследованию прочностных и деформационных характеристик, как для материала, так и для элементов конструкций.

Ключевые слова: бетон, динамическое нагружение, прочность, деформативность, скорость нагружения.

Исследования прочностных и деформативных характеристик бетона в условиях динамического нагружения носят разрозненный характер и из результатов имеющихся экспериментальных данных трудно выявить какую-либо взаимосвязь между различными видами нагружения. Если для статических испытаний получены соотношения в виде уравнений, то для динамических эти соотношения полностью отсутствуют. Ещё более сложной экспериментальной задачей, является получение предельных относительных деформаций [1]. Анализ результатов динамических испытаний показывает, что основным фактором увеличения прочности является скорость нагружения. При этом, если рассматривать различные виды нагружения: осевое сжатие, растяжение и растяжение при изгибе, можно прийти к выводу, что коэффициент динамического упрочнения k_d при одной и той же скорости нагружения будут отличаться существенным образом. Результаты экспериментов показывают [2,3], что наибольшее увеличение k_d получено, при динамическом испытании на осевое растяжение, а при сжатии эта величина наименьшая. Зависимости по изменению k_d от скорости нагружения предлагаются в основном для сжатия. Испытания на осевое растяжение довольно непростая задача даже при статических нагружениях, не говоря уже о динамических.

Корректные испытания бетона на осевое растяжение связаны с определёнными трудностями, которые в основном сводятся к осуществлению устройств захвата и центрирования по физической оси образца. В ГОСТ 10 180-90 приводится несколько вариантов захвата образца при испытании на осевое растяжение, но они не имеют возможности изменять деформации по граням образца, что затрудняет возможность найти физическую ось и получить равномерное поле напряжений во всём сечении.

Для этих целей может быть использована методика подготовки и испытания на осевое растяжение, предложенная в работе [4].

Значительно проще исследовать динамическую прочность на растяжение при изгибе, но встаёт вопрос о взаимосвязи коэффициентов динамического упрочнения для различных видов нагружения и их переходных коэффициентов. Так для статических испытаний соотношение между прочностью на растяжение при изгибе R_{if} , к прочности на осевое растяжение R_t , эта величина равна приблизительно 1,7 [5].

Из результатов различных исследователей не удастся сделать общее представление о модуле упругости, коэффициенте поперечной деформации и предельных деформациях при динамическом нагружении.

При сравнении коэффициентов динамического упрочнения для различных видов нагружения (сжатия, растяжения или растяжения при изгибе) встаёт вопрос по какому фактору их сравнивать. Для статических испытаний прочность и предельная деформативность для вышеперечисленных напряженных состояний резко отличается. В работах [2,6,7,8] изменения k_d , дается в зависимости от времени разрушения t , либо от скорости деформаций $\dot{\epsilon}$, или от скорости напряжений $\dot{\sigma}$.

В качестве примера рассмотрим, какими будут скорости напряжений и скорости деформаций при одном и том же времени разрушения равном 0,1 сек.

В Таблице 1 приведены результаты испытаний бетона на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе в условиях статического нагружения.

Таблица 1. Результаты испытаний бетона на сжатие, растяжение и растяжение при изгибе в условиях статического нагружения

R_b , МПа	R_t , МПа	$R_{t\phi}$, МПа	$\epsilon_b \times 10^{-5}$	$\epsilon_t \times 10^{-5}$	$\epsilon_{t\phi} \times 10^{-5}$
26,46	2,65	4,56	229	10,7	26,6

Допустим, что k_d для всех видов нагружения при одном и том же времени динамического нагружения $t = 0.1$ сек. Для сжатия k_d при данном времени нагружения приблизительно равен 1,16 и примем второе допущение, что предельные деформации при динамическом нагружении остаются равными статическим предельным деформациям. Тогда в соответствии с Таблицей 2 можно заключить, что сравнивать различные виды нагружения по одному и тому же параметру невозможно и некорректно.

Таблица 2. Критерии оценки параметров динамического нагружения

Сжатие	Осевое растяжение	Растяжение при изгибе
$R_{bd}=30,69$ МПа	$R_{td}=3,07$ МПа	$R_{tfd}=5,29$ МПа
$\dot{\sigma}=306,9$ МПа/сек $\tau=0,1$ сек	$\dot{\sigma}=30,69$ МПа/сек $\tau=0,01$ сек	$\dot{\sigma}=52,9$ МПа/сек $\tau=0,0172$ сек
$\dot{\epsilon}=2290 \times 10^{-5}$ ед./сек $\tau=0,1$ сек	$\dot{\epsilon}=107 \times 10^{-5}$ ед./сек $\tau=0,0046$ сек	$\dot{\epsilon}=266 \times 10^{-5}$ ед./сек $\tau=0,0116$ сек

Из всего вышеизложенного можно заключить, что для каждого вида нагружения необходима своя зависимость изменения коэффициента динамического упрочнения, зависящая от того или иного параметра. Пока недостаточно экспериментальных исследований для того, чтобы понять и найти показатели, которые бы объединили виды напряженных состояний и можно было перейти от одного вида нагружений к другому.

Подробнее остановимся на методах нагружения бетона при динамических испытаниях.

Одной из основных задач всякого экспериментального исследования является методика проведения эксперимента. Чем основательней проработаны методические вопросы, тем выше надежность полученных экспериментальных данных. Именно методика [3] часто является причиной некорректных результатов экспериментальных исследований.

Исследования прочностных и деформативных характеристик бетона при динамическом воздействии неразрывно связаны с испытательными стендами и методикой регистрации усилий и деформаций. Для однократного динамического нагружения часто используются копры с падающим грузом (бабой) [9,10,11]. Применяют копры, как со свободно падающим грузом, так и с грузом, падающим по направляющим. В вертикальных копрах образец устанавливают

на опоры и разрушают падающим с определенной высоты грузом известной массы. Недостатком данных конструкций является то, что для увеличения нагрузки требуется повышать высоту и массу груза, что существенно сказывается на габаритах и массе стенда, требующего отдельного виброзащитного фундамента. Кроме того, затруднительно проводить испытания при времени нагружения 0,1-1,0 сек и использовать данные стенды для статических испытаний. При таком испытании довольно трудно осуществить приложение нагрузки по физической оси образца [4,6,12]. Промышленностью, как в нашей стране, так и за рубежом выпускаются испытательные машины позволяющие проводить циклические динамические испытания, на которых можно осуществлять и однократное динамическое нагружение (УРС100/100). Но эти машины довольно дорогие и энергоемкие.

Для экспериментальных исследований динамической прочности и деформативности бетона Безгодовым И.М. были разработаны ряд испытательных стендов, позволяющих проводить динамические и кратковременные испытания на осевое сжатие, растяжения и растяжения при изгибе бетонных образцов-призм.

Дополняя стенды мембранными установками, можно проводить испытания: при сложных напряженных состояниях в условиях двух- и трехосного сжатия, напряженных состояниях «сжатие-растяжение, и два сжатие-растяжение, где осевая нагрузка может прикладываться, как статически, так и динамически. Стенд для испытания на растяжение при изгибе может быть дополнен навесным оборудованием для приложения статической сжимающей или растягивающей нагрузки вдоль оси образца-призмы с последующим воздействием динамической нагрузки как сосредоточенной, так и распределенной в поперечном направлении (изучение эффекта распора). Стенд позволяет осуществить как шарнирное, так и жесткое закрепления концов призм.

Основным узлом рассмотренных стендов является мультипликатор (устройство для увеличения нагрузки в гидродомкрате) (Рис.1). Данное устройство устанавливается между испытываемым образцом и грузом, падающим по направляющей, и состоит из двух цилиндров: малого (1), в котором перемещается поршень (2) под действием падающего груза (3) и большого (4). Большой по (сравнению с малым имеет во много раз большую площадь, но малое перемещение поршня (5). При равном давлении масла в двух цилиндрах получается значительный выигрыш в силе за счёт разности площадей малого и большого цилиндров.

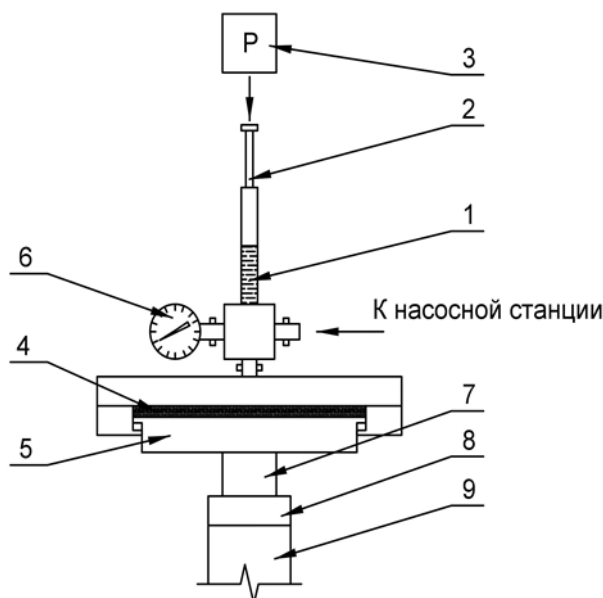


Рис. 1. Мультипликатор.

1-малый цилиндр; 2-поршень малого цилиндра; 3-груз; 4-большой цилиндр; 5-поршень большого цилиндра; 6-манометр; 7-датчик силы; 8-торцевая пластина (оголовок); 9-образец.

В результате использования данного устройства появляется возможность при незначительном падающем грузе (25-100кг) достигать усилий в большом гидродомкрате до 30-35тонн. Варьируя площадью плоского домкрата, можно запроектировать динамические стенды различной мощности, причём масса стендов невелика 50-150 кг и не требует отдельного фундамента, что позволяет устанавливать их на междуэтажное перекрытие.

На (Рис.2) представлен динамический стенд для испытания бетона на сжатие. Он состоит из несущих плит (1,2), связанных между собой шпильками (3). На нижней несущей плите установлен сферический шарнир (4), на который устанавливается бетонный образец (5). К верхней несущей плите закрепляется плоский гидродомкрат (6), а к его поршню, который одновременно является плавающим шарниром, монтируется датчик силы (7). Плоский гидродомкрат через распределитель (8) связан с малым цилиндром (9), внутрь которого помещен поршень (10). В верхней части поршня закреплен сферический шарнир (11). Шпильки несущих плит связаны со шпильками, поддерживающими ограничительную плиту (12), которая служит упором при движении падающего груза (13). Для гашения ударной нагрузки на ограничительную плиту укладываются прокладки из пористой резины (14).

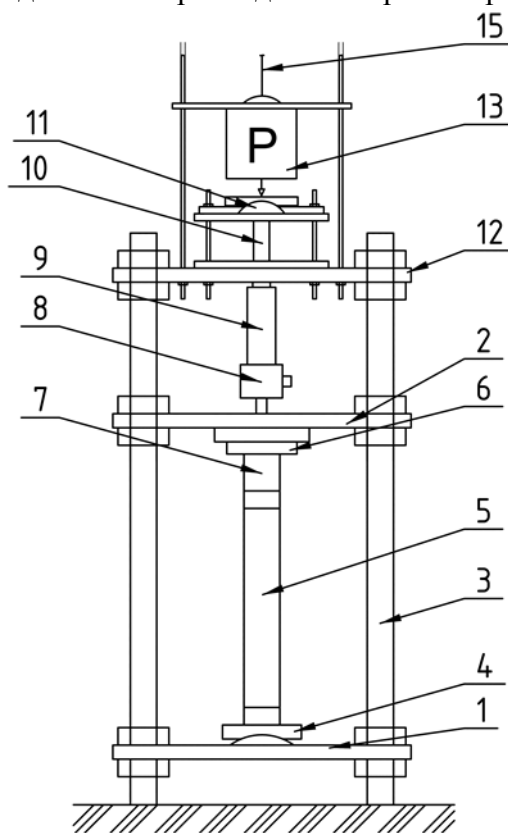


Рис. 2. Стенд для динамических испытаний бетона на сжатие.

1,2-несущие плиты; 3-шпильки; 4-нижний сферический шарнир; бетонный образец; 6-плоский гидродомкрат; 7-датчик силы; 8- распределитель; 9-малый цилиндр; 10-поршень; 11-верхний сферический шарнир; 12-ограничительная плита; 13-груз; 14- прокладка из пористой резины; 15-стальной трос

Стенд для испытания бетонных образцов на осевое растяжение при динамическом нагружении (Рис.3) представляет собой сборную конструкцию, состоящую из двух траверс (1,2), соединенных между собой четырьмя шпильками (3). Между траверсами монтируется бетонный образец (4) к которому на эпоксидной смоле приклеены металлические оголовки (5,6). Оголовки связаны с верхним (7) и нижним шарниром (8). Нагружающий блок состоит из плоского гидродомкрата (9), к которому монтируется кольцевой датчик силы (10). Плоский гидродомкрат связан через распределитель (11) с малым цилиндром (12). В верхней части стенда смонтирован ограничительный столик (13), который позволяет удерживать выход

малого поршня (14) и ограничивать перемещения падающего груза (15). Для гашения удара падающего груза укладывается прокладка (16) из пористой резины.

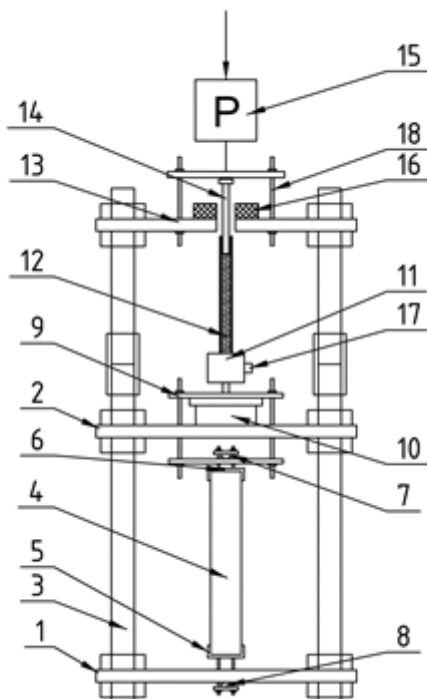


Рис. 3. Стенд для динамических испытаний бетона на растяжение.

1,2-траверсы; 3-шпильки; 4-бетонный образец; 5,6-оголовки; 7,8-шарниры; 9-плоский гидродомкрат; 10-датчик силы; 11-распределитель; 12-малый цилиндр; 13-ограничительный столик; 14-малый поршень; 15-груз; 16-прокладка из пористой резины; 17-штуцер; 18-ограничитель поршня.

Последовательность испытания состоит из следующих этапов. После монтажа испытуемого образца и его центровки по физической оси с помощью четырех индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм и нижнего сферического шарнира (8), который имеет возможность смещаться, подключаются датчик силы и наклеенные на образец тензорезисторы к регистрирующей аппаратуре. Проводится статическое нагружение образца для определения модуля упругости. Далее индикаторы часового типа демонтируются и проводится подготовка к динамическому нагружению. Для этого падающий груз (15) поднимается на определенную высоту и фиксируется стопором. Через штуцер (17) подается масло в малый цилиндр (12) и плоский гидродомкрат (9). Малый поршень (14) выходит, фиксируется ограничителем движения поршня (18). После запуска регистрирующей аппаратуры сбрасывается груз (15), который с помощью малого поршня (14) создаёт необходимую нагрузку для разрушения в плоском гидродомкрате (9). Здесь при создании растягивающей нагрузки используется принцип реверса. Ограничительный столик (13) на который уложена прокладка из пористой резины (16) служит для гашения удара и сохранности оборудования.

Испытание на осевое растяжение часто вызывает затруднения у исследователей и поэтому проводят испытания на растяжения при изгибе. Если при статических испытаниях для перехода от растяжения при изгибе к осевому растяжению используется переходной коэффициент $R_{ff} / R_t = 1.7$, то для динамических испытаний подобного коэффициента не существует по ряду причин. Рассмотрим работу стенда для динамических испытаний на растяжение при изгибе, который изображен на (Рис. 4.)

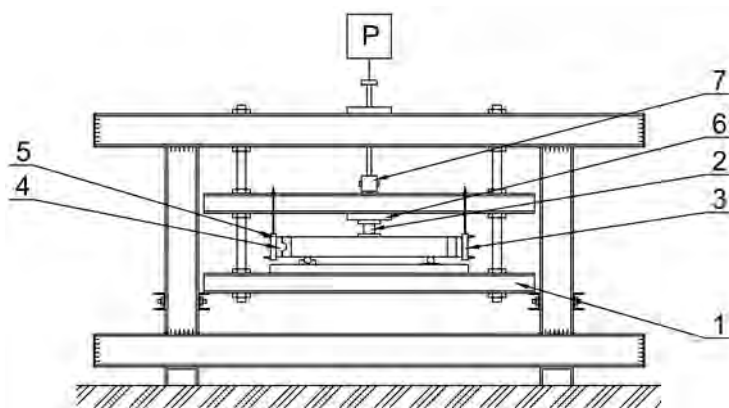


Рис. 4. Стенд для динамических испытаний на растяжение при изгибе. 1-бетонный образец; 2-датчик силы; 3-плоский гидродомкрат; 4-сферический шарнир; 5-несущие шпильки; 6-большой поршень; 7-распределитель; 8-малый поршень.

Если ограничиться только испытаниями на растяжения при изгибе в условиях динамического нагружения, то можно использовать установку, предложенную в статье [1], дополнив её мультипликатором (Рис.1.)

Возможности стенда изображенного на (Рис.4) значительно шире. Кроме обычных испытаний бетонных образцов-призм на растяжение при изгибе в условиях статического и динамического нагружения, на нём можно проводить испытания при продольном сжатии или растяжении с последующим приложением изгибающего момента, изучения эффекта распора при шарнирном, жестком или комбинированном заделках концов балки. Для этого достаточно установить навесное оборудование. На рис.4 изображено навесное оборудование для исследования изгибающих напряжений и деформаций при шарнирной заделке концов балки. Стенд позволяет моделировать воздействие динамического удара автомобиля в колонну многоэтажного гаража и другие случаи, встречающиеся на практике.

Регистрация нагрузки и деформаций производилась с использованием многоканального усилителя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), которые разработано и изготовлены ЗАО «Руднев-Ширяев» (г. Москва).

Датчики силы выполнены из дюралюминиевого сплава, Д16Т который имеет довольно высокий уровень линейного деформирования ($\sigma_t = 320$ МПа). При модуле упругости 70×10^3 МПа можно достиг высокой чувствительности, подбирая соответствующую площадь.

Таким образом, разработанные испытательные стенды и методики проведения экспериментов позволят проводить исследования прочностных и деформационных характеристик бетона в условиях динамического нагружения. Полученные результаты существенно обогатят наши знания о работе бетона при динамических нагружениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Созонов П.С., Пинус Б.И.*, Влияние скорости нагружения на конструктивные свойства бетона // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6 (101). С. 117-120.
2. *Логунова В.А., Руденко В.В., Радионов А.К., Соколов И.Б.*, Динамическое сопротивление гидротехнического бетона // Гидротехническое строительство. 1994. № 6. – С. 11-13.
3. *Квирикадзе О.П.* Прочность и модуль деформаций бетона при разных скоростях нагружения // Бетон и железобетон. 1974. №6. – С. 38-39.
4. *Малашкин Ю.Н., Безгодов И.М., Цветков К.А.* Методические особенности исследования деформативно-прочностных характеристик бетона при динамическом нагружении в условиях сложных напряжённых состояний // Естественные и технические науки: 2007. № 1. – С. 182-190.
5. *Безгодов И.М.* О соотношениях прочностных и деформационных характеристик при сжатии, растяжении и изгибе // Бетон и железобетон. 2012. № 2. – С. 2-5.
6. *Безгодов В.А., Андрианов А.А.* Некоторые особенности исследования высокопрочных бетонов при длительном нагружении // Бетон и железобетон –пути развития. Научные труды 2-ой Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 2005. – С. 342-346.

7. *Кириллов А.П.* Прочность бетона при динамических нагрузках // Бетон и железобетон: 1987. № 2. – С. 38-39.
8. *Рахманов В.А., Розовский Е.Л., Цупков И.А.* Влияние динамического воздействия на прочностные и деформативные свойства тяжёлого бетона // Бетон и железобетон. 1987. № 7. С. 19-20.
9. *Баженов Ю.М.* Бетон при динамическом нагружении. – М.: Стройиздат, 1970. С. 272.
10. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник. В 2 кн. / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн.2. С. 439.
11. *Белов Н.Н., Югов Н.Т., Копаница Д.Г., Югов А.А.* Расчёт прочности конструкций из бетонных и железобетонных плит при высокоскоростном ударе // Прикладная механика и техническая физика. 2005. Т. 46. № 3 (271). С. 165-173.
12. *Цветков К.А., Баженов А.В., Безгодов И.М.* О проблеме построения диаграммы деформирования бетона при однократном динамическом воздействии с учётом влияния предварительных напряжений от действия статической нагрузки // Вестник МГСУ, 2012. № 7. – С. 182-187.

Секция 5. HYDROTECHNICAL CONSTRUCTION AND MELIORATION

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНИТЕЛЕЙ НА НАСОСНЫХ АГРЕГАТАХ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РУЗ

Д. Ахмедов, Ж. Аъзамов

студенты 4-курса факультета "ГТС"

*Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства,
Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д. 39*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения торцевых уплотнителей вместо сальниковых на насосных агрегатах при модернизации насосных станции в нашей Республике.

Республика Узбекистан относится к аридной (засушливой) зоне по климатическим условиям. По этому, для развития сельского хозяйства необходимо иметь развитую ирригационную (оросительную) систему. Ирригационная система Республики Узбекистан состоит из более чем 75 магистральных и меж хозяйственных каналов протяженности 36 тыс. км. Протяженность внутрихозяйственных каналов 180 тыс. км. На этих каналах находится более 200 гидротехнических сооружений. В состав этих ГТС входят более 1600 насосные станции, имеющие более 5 тыс. насосных агрегатов которые используются в орошение мелиоративных систем нашей страны.

Из общего количество 4,3 млн. гектар 2,7 млн. гектар (55 процентов) орошаемых земель орошается при помощи насосов. По этому вопросы машинного орошения имеет приоритетный значения для нашей страны. Основные проблемы эксплуатации связаны тяжелыми условиями окружающей среды и в первую очередь с высокой температурой и большим содержанием механических примесей в перекачиваемой воде.

На многих насосных станциях используется насосы с сальниковым уплотнением с водяным охлаждением. К сожалению, сальниковый узел при своей простоте имеет ряд недостатков[1].

- Высокое трение. При постоянном вращении вала с большой скоростью из-за повышенного трения в сальниковом узле происходит его разогрев, что в свою очередь ведёт к ещё большему увеличению трения. Нагрев можно уменьшить охлаждением сальникового узла, либо при помощи специальной системы охлаждения (ведёт к существенному удорожанию узла), либо при помощи герметизируемой среды (ведёт к протечкам, что недопустимо в случае агрессивных или ядовитых сред).

- Необходимость частой замены сальниковой набивки и подтяжки сальникового узла.

- Сокращение срока службы набивки в условиях агрессивных сред.

- Износ вала или рубашки вала (зависит от конструкции).

- использование много количество воды для охлаждения подшипников

Торцевое уплотнение является устройством, создающим вращающееся уплотнение, расположенное между двумя частями (статичной и подвижной). Торцевые уплотнения элиминируют недочеты сальниковой набивки. При помощи торцевого уплотнения потеря жидкости снижается до уровня установленных экологических стандартов, а также могут сокращаться расходы на техническое содержание.

Торцевое уплотнение имеет свои плюсы, если сравнивать его с сальником. У торцевых уплотнений отсутствуют вышеперечисленные недостатки и, не смотря на то, что применение

торцевых уплотнений ведёт к усложнению конструкции и удорожанию герметизирующего узла, их применение в большинстве случаев является оправданным.

Так, в торцевом уплотнении полностью отсутствует или ограничена утечка рабочей жидкости, сокращено трение и потеря мощности насоса, а также затраты на сервисное обслуживание. Торцевое уплотнение можно эксплуатировать при более высоком уровне давления и в условиях более агрессивных сред практически на всех типах насосов.

Торцевое уплотнение – один из самых распространённых типов уплотнительных элементов в технике. Этот тип уплотнений широко применяется в насосах, компрессорах, технологическом оборудовании химических производств. В некоторых отраслях, таких как химическая промышленность, эти уплотнения играют ведущую роль. [2]

ОСНОВЫ ТОРЦЕВОГО УПЛОТНЕНИЯ

Особенностью конструкции торцевого уплотнения является то, что герметичность достигается за счет плотного прижатия двух деталей (вращающейся и неподвижной) по торцевым плоскостям. Пара трения, выполняющая роль основного уплотнительного элемента, изготавливается из специальных материалов и с высоким качеством обработки поверхностей трения для обеспечения максимальной герметичности. Как правило, уплотнения этого типа применяются для герметизации быстро вращающихся валов машин, таких как валы насосов, компрессоров, различных химических аппаратов (реакторов, мешалок и т.д.). Это связано с тем, что все остальные типы уплотнений, не столь эффективны и не могут обеспечить высокий уровень герметичности, что особенно актуально при герметизации агрессивных или ядовитых сред.

Все уплотнения данного вида имеют три базовые составляющие: наборы первичного (запрессованная деталь и уплотнительное кольцо) и вторичного уплотнения (сальниковая набивка и уплотнительные кольца) и герметизирующую часть (манжеты, гофрированные трубки, кольца, шпильки, пружины).

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТОРЦЕВОГО УПЛОТНЕНИЯ

Первичное герметизирующее уплотнение осуществляется посредством использования двух плоских полированных поверхностей. Данные поверхности функционируют как сложный путь, который перпендикулярен пути жидкости. Между плоскостями создается трущийся контакт, который сокращает утечку до минимальных показателей. Одна из поверхностей в корпусе установлена неподвижно, другая зафиксирована и осуществляет вращательные движения вместе с валом. Одна поверхность изготовлена из износостойкого материала, другая из твердого материала (угольный графит и карбид кремния соответственно). Разные материалы при производстве стационарной и вращающейся прокладок используют для того, чтобы предотвратить слипание поверхностей.[3]

В обычных торцевых уплотнениях полированные плоскости смазываются граничным слоем газа либо жидкости. В процессе разработки торцевых уплотнений, обладающих необходимыми параметрами устранения протечек, проектировщик должен продумать принцип смазывания поверхностей.

Имеется три уплотнительных контура, из которых два - являются вспомогательными. Первый – уплотнение неподвижного кольца торцевого уплотнения, жестко закреплённого в корпусе и выполненного из набивки или прокладки прямоугольного или круглого сечения. Второй - уплотнение подвижного кольца торцевого уплотнения, имеющего возможность поступательного движения (под воздействием пружины) параллельно оси вала, для создания необходимого для герметизации давления на неподвижное кольцо. Это уплотнение также выполняется из набивки, уплотнительных колец или манжет, поскольку в паре вал – подвижное уплотнительное кольцо имеют место только незначительные осевые перемещения. И третий контур – собственно торцевое уплотнение, где герметичность обеспечивается за счёт плотного контакта торцевых поверхностей подвижного и

неподвижного колец. Герметичность в таком соединении может быть достигнута только при высоком качестве обработке прилегающих поверхностей. Неровности 1мкм нарушают нормальную работу торцевого уплотнения. Поверхности трения подвергаются шлифовке и притирке, и имеют высокую чистоту обработки, они могут быть плоскими, сферическими или конусными. Плоские поверхности применяются чаще, т.к. при доводке легче получить хорошую чистоту поверхности трения, ширина кольцевой поверхности трения не должна быть большой (меньше 6 - 8 мм). Причём одна из поверхностей выполняется, как правило, из более износостойкого материала. Для изготовления пар трения используют различные марки стали, чугуна, углеродных (углеграфитовых) материалов, твёрдых сплавов (карбид вольфрама), а также полимеры и керамику. Выбор пары трения зависит от конкретных условий эксплуатации. [2]

В зависимости от условий эксплуатации применяют различные типы торцевых уплотнений.

1. Одинарное торцевое уплотнение.
2. Двойное торцевое уплотнение.
3. Уплотнение картриджного (патронного) типа.
4. Торцевое газовое уплотнение (газодинамическое, сухое и др.)
5. Магнитожидкостное уплотнение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве заключения делаем следующие выводы: при использовании торцевых уплотнений герметичность достигается за счет плотного прижатия двух деталей (вращающейся и неподвижной) по торцевым плоскостям. И это дает очень большие преимущества в решении проблем связанных с машинным водоподъёмом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чебаевский В.Ф. и др. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. -М.: «Колос», 2000, 376 с.
2. www.sealing.su
3. www.ence-pumps.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОРОШЕНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Ф.Ё. Бобокулова¹, С.Ш. Майнисова²

¹ студентка, *international@e-tiiame.uz, feruza379@mail.ru*

² студентка, *international@e-tiiame.uz, setoramaynisova@gmail.com*

^{1,2} *Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д. 39*

Аннотация. При орошении поливная вода оказывает воздействие на растения, создавая благоприятные водный и воздушный режимы почвы, микроклимат приземистого слоя воздуха, температуру почвы, на физико-химические и биологические процессы в почве. Увлажнение повышает потенциальное плодородие почвы, обеспечивает растения доступной влагой, активно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Урожай при орошении получают в 2–5 раз выше, чем без орошения. Способ орошения влияет и на приземные слои воздуха, а именно на их температуру и степень влажности. В статье рассматривается среди всех овощных культур наиболее распространенные способы полива. Помимо дождевания это поверхностные способы полива, мелкодисперсный и капельное орошение. Каждый из методов полива оказывает разное влияние на режимы почвы (солевой, температурный и питательный) и на сами растения.

Цель: Экономия водных ресурсов с использованием водосберегающих ирригационных технологий при возделывании культур и повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы: По сравнению с несколькими методами орошения, а именно, методы поверхностный, капельный, мелкодисперсный и дождевого орошения.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Поверхностный Способ.

Поверхностное орошение по бороздам применяют при следующих условиях:

- поле после капитальной планировки;
- уклон в пределах от 0,002 до 0,008;
- грунтовые воды залегают на глубине ниже 4 метров.

В данном случае расстояние между бороздами и их глубина будет зависеть от нескольких факторов – во внимание берется не только почва, но и засеиваемые овощные культуры. Так расстояние определяют в зависимости от водно-физических свойств почвы и применяемой технологии выращивания. Что касается глубины борозд, то ее выбирают исходя из способа посева овощных культур и рельефа [1].

Система поверхностного полива не предполагает больших расходов. Но при этом достоинстве у такого метода сразу несколько недостатков:

- поверхность поля требует тщательной планировки;
- вода расходуется не экономно;
- полив проводится неравномерно;
- почву потребуется защищать от водной эрозии (постоянно) и от вторичного засоления (периодически).

В условиях большого промышленного агрохозяйства данный метод практически не используется. В то же время его охотно применяют владельцы небольших приусадебных участков и фермерских хозяйств.

Полив дождеванием.

За последние годы количество площадей, обрабатываемых таким образом, на юге стабильно сокращается с одновременным переходом на новую технику зарубежного производства. Подобная модернизация подразумевает использование дождевальных широкозахватных машин и специальных шланго-барабанных установок [3].

Ученые утверждают, что системы полива дождеванием эффективны для степной зоны, и об этом же говорит и передовой производственный опыт. В зоне степи таким образом особенно эффективно можно поливать зеленные культуры, редис, белокочанную капусту, морковь и столовую свеклу. Чем дождевание лучше, чем поверхностный способ полива:

- вода расходуется экономнее;
- почва меньше страдает от водной эрозии;
- полив более равномерный;
- прирост урожайности выше.

Однако этот метод не лишен и недостатков:

- высокая энерго и металлоемкость;
- из почвы испаряется до 70% влаги;
- есть зависимость от силы ветра
- повышение шансов развития болезни у растений.

Мелкодисперсное орошение.

По сравнению с прочими способами микроорошения этот способ мало распространен. Однако к нему прибегают в рамках комплексного орошения наряду с капельным.

В данном случае поверхность листьев овощных культур смачивается микроскопическими каплями. Это позволяет им не скатываться, а оставаться пока вода полностью не испарится, одновременно охлаждая листья.

Такие методы орошения сельскохозяйственных культур проводятся при определенных условиях – днем в зной, при температуре воздуха превышающей оптимальную, которая требуется для развития растений. Процесс фотосинтеза, таким образом, протекает в более благоприятных условиях – влага с поверхности земли испаряется меньше, а влажность воздуха вырастает примерно на 30%.

К мелкодисперсному орошению прибегают еще и как к способу защитить сверхранние рассадные культуры от заморозков [4].

Капельное орошение.

У многих фермеров, выращивающих овощные культуры, капельное орошение на больших площадях как метод полива считается самым прогрессивным. Его выбирают за многочисленные преимущества, которых лишены поверхностные методы увлажнения почвы и растений:

- экономичность – расходуется примерно наполовину меньше воды, света и удобрений, снижаются эксплуатационные расходы и затраты на обустройство системы и ее техническое обслуживание;
- эффективность – за счет доступа воды к корням растений она может достичь до 98%;
- повышение урожайности овощных культур до трех раз с одномоментным улучшением качества продукции;
- обеспечение благоприятных условий для почвы в соответствии с ее потребностями;
- автоматизация и механизация всех процессов, что благоприятствует контролю над экологическими нагрузками;
- уменьшение степени засоренности почвы и снижение вероятности заболевания растений – как следствие экономия на расходе средств защиты;
- независимость процесса от силы ветра;
- система дренажа может быть обустроена проще;
- эрозия почвы и поднятие грунтовых вод исключены;

- в качестве поливной воды можно использовать слабоминерализованные воды;
- систему можно организовать на земле со сложным рельефом, на склоне, на малопродуктивной по составу почве [1].

Устойчивое развитие обеспечивается сочетанием экологической безопасности и высокой экономической эффективности. Полностью отвечая этим двум условиям, капельное орошение востребовано для пропашных сельскохозяйственных культур.

Однако при всех своих достоинствах капельное орошение не лишено и недостатков, а именно:

- поливная вода должна пройти тщательную подготовку – только так можно гарантировать работу системы без перебоев;
- на начальном этапе требуется вложить большую сумму денег;
- отработавшие поливные трубопроводы подлежат утилизации;
- нарушение технологии капельного орошения может повлечь за собой последствия – вырастет нагрузка на систему «почва-растение-атмосфера».

Различают несколько видов капельного орошения, и у каждого из них будет своя цель:

- полив перед посадкой (посевом);
- полив после посадки (посева);
- подкормочный;
- промывной;
- вегетационный;
- провокационный;
- «защитный» (внесение средств защиты для растений и химической защиты).

Перед посадкой.

Полив перед посадкой и после нее проводится для того, чтобы увлажнить верхний слой почвы для достижения оптимального уровня влажности. Таким образом, и рассада хорошо приживется, и в будущем лучше будут развиваться растения, что в свою очередь благоприятно отразится на получении урожая.

Вегетационный.

Без вегетационных поливов при выращивании с/х культур, в том числе овощей и картофеля, не обойтись как без основополагающих.

Они позволяют поддерживать необходимый уровень влажности почвы, в котором она нуждается на протяжении всего вегетационного периода растений, а частота их определяется несколькими факторами:

- метеорологические условия – сила ветра, температура воздуха, его влажность;
- биологические особенности выращиваемой культуры;
- фаза развития;
- глубина увлажнения корней;
- схема посадки (посева);
- размещение трубопроводов для полива.

Подкормочный.

Что касается подкормочных поливов, то таким образом – вместе с поливной водой – в почву попадают удобрения. Растворяясь, они обеспечивают нужное питание в оптимальной концентрации. Современное овощеводство невозможно без таких поливов, особенно при использовании комплексной технологии выращивания овощных культур.

Провокационный.

Чтобы удалить из почвы сорняки практикуют провокационные поливы – от одного до трех. Увлажняют верхние слои почвы на глубину от 10 до 20 см, поскольку большая часть сорняков пускает корни именно там. Для борьбы с проросшими нежелательными гостями используют гербициды. Помогает и культивация почвы. Такие методы орошения работают

лучше всего в случае с повторными культурами, срок посева или посадки которых приходится на летнее время.

Промывочный.

Если почва просолена, то используют промывочные поливы, которые направлены на удаление (вымывание) из нее растворимых слоев, чтобы они не затрагивали слой почвы с корнями растений.

ВЫВОД

Среди методов орошения капельное орошение положительно влияет на подачу, растениям и их окружающей среде. Орошение не оказывает негативного влияния на структуру почвы, а также на создание благоприятных условий для развития растений. Вместо этого он создает благоприятную для растений аэрозольную среду в почве, не подрывает плодородие почвы и предотвращает чрезмерное накопление влаги в почве. При поливе культур с помощью капельного орошения вы можете добиться более высоких урожаев и получить больше урожаев без снижения общего плодородия почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шукурлаев Х.И., Бараев А.А., Маматалиев А.Б.* Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации. - Тошкент: 2007. -300 с.
2. САНИИРИ - Сборник научных трудов по капельному орошению (1995)
3. *Гордеев А.Б.* Орошение овощных культур дождеванием // А.Б.Гордеев, К.В.Губер. - М.: Россельхозиздат, 1980.-72 с.
4. <https://uagro.pro>
5. <https://agromart.uz>

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ КОРАТАГ

Р.Б. Джумабоева, М.Б. Джумабоева

студентки

Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства,
Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязи, д. 39

Аннотация. В данной статье был проведен статистический анализ гидрологического режима реки Куратаг в Сурхандарьинской области. В результате расчетов были изучены среднее многолетнее потребление воды, норма стока, коэффициент изменчивости, график межгодовых колебаний стока, климатические условия. На основании результатов обследования, Кривая линия эмпирической поддержки по классификации В.Л.Шулса была построена. Мы видели объем потоков в многоводных и маловодных годах, результаты их повторения и обеспечения. Используя результаты исследований И. В. Дружина, Г. Калинина, Д. Ю. Ратковича, мы определили периодические изменения речного стока. Полученные результаты были сведены в таблицы и диаграммы.

Ключевые слова: речной бассейн, гидрологический пост, гидрологический режим, теоретическая кривая водоснабжения, коэффициент возврата, модульный коэффициент, гидрологический ряд, годовой сток, водопотребление.

Сурхандарьинская область расположена в южной части Республики Узбекистан и именно поэтому по своим климатическим условиям, довольно сильно отличается от других регионов республики. Сурхандарьинская область - единственная область в стране, расположенная в субтропической климатической зоне. Глядя на климатические условия в Сурхандарье, мы видим, что бассейн неравномерно распределен в бассейнах Центральной Азии. Это связано с тем, что бассейн окружен горами с трех сторон и массой воздуха на юге. Если на склонах гор, окружающих бассейн, выпадает много осадков, то в плоской части его центра выпадение осадков редко.

Для управления водными ресурсами недостаточно иметь доступ к информации о ее нормах стока только при эффективном использовании речной воды, а так же необходимо знать величину стока за многие водные и маловодные годы, результаты их воспроизводства и обслуживания. Речной сток меняется из года в год под воздействием различных природных и антропогенных факторов. Воздействие абсолютной высоты рельефа является [1].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Реакцию Средно-Азийских рек на абсолютных поверхностях первым сумел рассчитать В.Л.Шулс. Основаны на его исследованиях, Шулс предлагал в что поток Коратог изменял свои стоки в течении 1913-2016 годы. Например, в 1983-году сток воды составила 23,9 м.куб/с, а в 1984 это было равно 24м.куб/с. На реке Коратог в 2000 году было самые минимальное расходование воды (9,4 м.куб/с) , а самое большое количество расходования было в 1992 году, 43,9м.куб/с. В реке в 1983-2016 годах среднее значение расхода воды составляла 24,7 м.куб/с, и это произошло где-то в 2009 году.

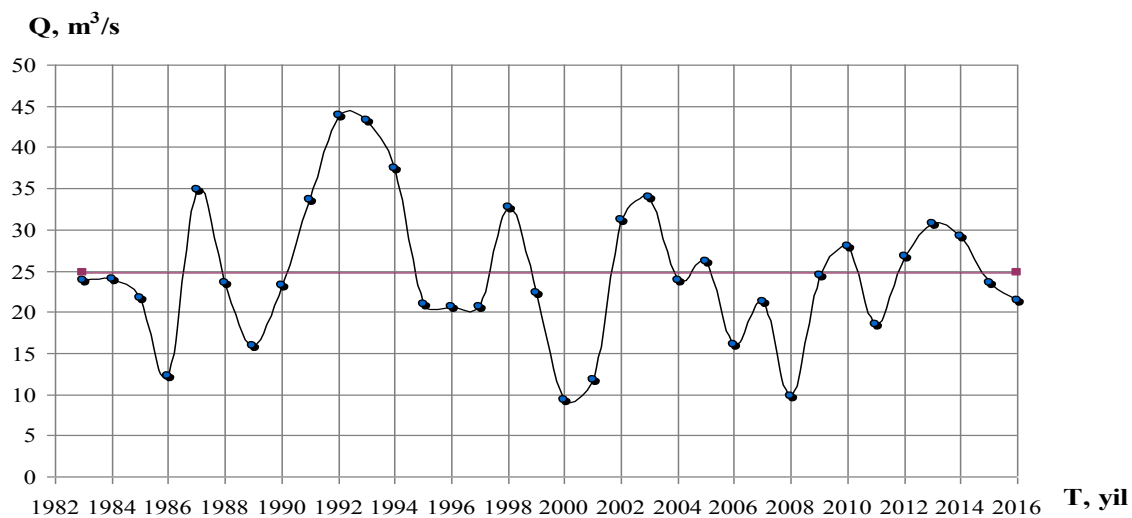


Рис. 1. Ежегодное изменение стока реки Каратаг

Основаны на гидрометрических информации, когда исследованные годы были достаточно длинными ($n > 25-30$), оценка коэффициента изменчивости потока реки рассчитываются по теории вероятности и значение его вычисляется так:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(K_i - 1)^2}{n - 1}},$$

здесь: K_i – коэффициент модуля, который определяется как $K_i = Q_i/Q_0$; n - количество лет наблюдения.

Выводы известных ученых И. П. Дружина, Г. Калинина, Д. Ю. Ратковича показывают, что периодическое изменение речного стока повторяется в 23, 57, 1012 и 2228 годах. Предложенная кривая основана на данных наблюдений. Поток речного стока рассчитывается с использованием следующего выражения в процентах:

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100\%,$$

здесь: m - количество серийных номеров определенно количеством потоков, наблюдаемых в реках в определенный год; n - годы гидрологических наблюдений.

Среднегодовой расход на гидрологическом посту водохранилища рассчитывается следующим образом:

$$Q_{орт} = \frac{\sum Q_i}{n} = \frac{839,8}{34} = 24,7 \text{ м}^3 / \text{с},$$

Результаты расчетов показывают, что среднегодовой поток через пост наблюдения воды реки Каратаг составлял 24,7 м³ / с (1983-2016). Следующее выражение использовано для расчета годового коэффициента колебаний:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(K-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,868}{33}} = \sqrt{0,117} = 0,34$$

Таблица 1. Расчет C_v по пост наблюдения воды реки Каратаг

№	Годы	Q, м ³ /с	Q _i по убыва- нию	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	$P = \frac{m-0,3}{n+0,4} * 100\%$
1	1983	23,9	43,9	1,777	0,777	0,604	2,035
2	1984	24	43,3	1,753	0,753	0,567	4,942
3	1985	21,7	37,4	1,514	0,514	0,264	7,849
4	1986	12,2	34,9	1,413	0,413	0,171	10,756
5	1987	34,9	33,9	1,372	0,372	0,139	13,663
6	1988	23,6	33,6	1,360	0,360	0,130	16,570
7	1989	15,9	32,7	1,324	0,324	0,105	19,477
8	1990	23,2	31,2	1,263	0,263	0,069	22,384
9	1991	33,6	30,7	1,243	0,243	0,059	25,291
10	1992	43,9	29,2	1,182	0,182	0,033	28,198
11	1993	43,3	28	1,134	0,134	0,018	31,105
12	1994	37,4	26,8	1,085	0,085	0,007	34,012
13	1995	20,9	26,1	1,057	0,057	0,003	36,919
14	1996	20,7	24,5	0,992	-0,008	0,000	39,826
15	1997	20,7	24	0,972	-0,028	0,001	42,733
16	1998	32,7	23,9	0,968	-0,032	0,001	45,640
17	1999	22,4	23,9	0,968	-0,032	0,001	48,547
18	2000	9,4	23,6	0,955	-0,045	0,002	51,453
19	2001	11,8	23,6	0,955	-0,045	0,002	54,360
20	2002	31,2	23,2	0,939	-0,061	0,004	57,267
21	2003	33,9	22,4	0,907	-0,093	0,009	60,174
22	2004	23,9	21,7	0,879	-0,121	0,015	63,081
23	2005	26,1	21,4	0,866	-0,134	0,018	65,988
24	2006	16,1	21,3	0,862	-0,138	0,019	68,895
25	2007	21,3	20,9	0,846	-0,154	0,024	71,802
26	2008	9,77	20,7	0,838	-0,162	0,026	74,709
27	2009	24,5	20,7	0,838	-0,162	0,026	77,616
28	2010	28	18,5	0,749	-0,251	0,063	80,523
29	2011	18,5	16,1	0,652	-0,348	0,121	83,430
30	2012	26,8	15,9	0,644	-0,356	0,127	86,337
31	2013	30,7	12,2	0,494	-0,506	0,256	89,244
32	2014	29,2	11,8	0,478	-0,522	0,273	92,151
33	2015	23,6	9,77	0,396	-0,604	0,365	95,058
34	2016	21,4	9,4	0,381	-0,619	0,384	97,965
Σ		839,8				3,688	
Сред		24,7				0,342	

Расчетные данные показывают, что значение коэффициента изменчивости (0,34). Среднеквадратическая погрешность ряда по данным гидрологических постов реки Коратог выглядит следующим образом:

$$E_Q = \frac{100 * C_v}{\sqrt{n}} = \frac{100 * C_v}{\sqrt{34}} = \frac{100 * 0,34}{5,83} = 5,83\% < 10\%$$

В результате <10% условие выполнено, то есть среднегодовая величина расхода составляет 24,7 м³/с, от нормы расхода.

Чертеж линии выравнивания проведен так, чтобы идентифицировать годы, наблюдаемые на реке Коратаг (Рисунок 2).

Для характерных лет были выбраны следующие критерии:

- 1) $Q \leq 33\%$, т.е. потребление воды составляет менее 33 процентов от многоводного;
- 2) $33\% \leq Q \leq 67\%$ Если выполнено условие средноводные;
- 3) $Q \geq 67\%$ Если выполнено условие маловодные;

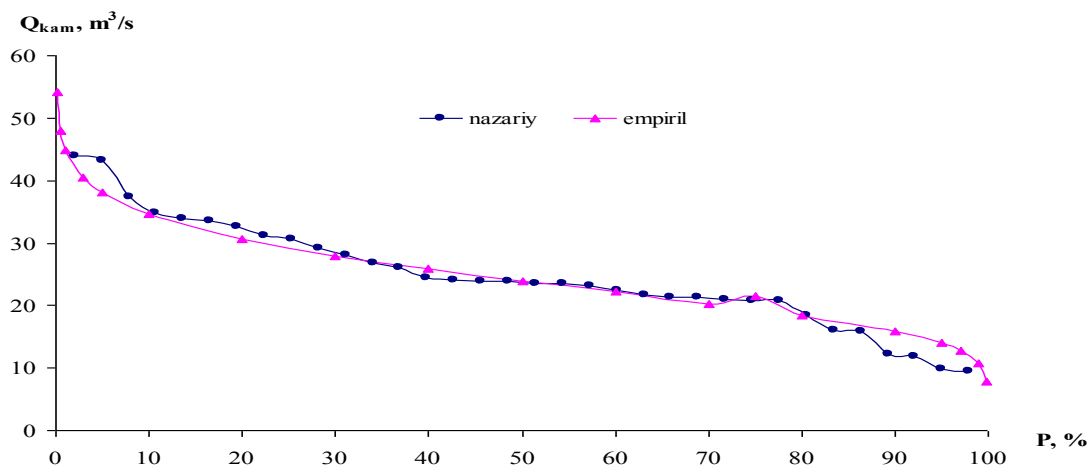


Рис. 2: Кривая поддержания потока реки Коратаг

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из графика, среднегодовое потребление воды в реке Коратаг составляет около 24,7 м³/с при 50% ной подаче. Результаты гидрологических расчетов показывают, что, если связь между коэффициентом изменчивости (C_v) и коэффициентом асимметрии (C_s) совпадает, эмпирические точки оказываются ближе к кривизне теоретического предложения. Если экспериментальные точки находятся далеко от теоретической кривой, то соотношение между C_v и C_s несовместимо. В целом, среднегодовое потребление воды в реке Коратаг в 1983-2016 гг. характеризуется $C_v = 0,34$. Таким образом, в реке Коратаг коэффициент вариации, который отражает среднемесячного потребления воды в августе, является самым большим. Весной коэффициенты вариации относительно невелики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акбаров А.А., С.К. Ташкент Каримов Руководство по гидрологии Ташкент Узгидрозем. 1990-95б
2. Алимухамедов И.Р. Практические и лабораторные занятия по общей гидрологии. -Ташкент: ТошГУ, 1986. -44 с.
3. Баратов П., Маматкулов М., Рафиков А. Природная география Центральной Азии. Учитель, 2002. - 435 с.
4. Ровдевенский А.В., Чеботарев А.И. Статистическая методология и гидрология. -Л.: ГМИЗ, 1974. - 424 с.
5. Шульс В.Л., Маурапов Р.М. Среднеазиатская гидрография. Ташкентский учитель, 1969. - 328 с.

РАЗВИТИЕ ОВРАГОВ ПО ГУСТОТЕ И ПЛОТНОСТИ НАМАНГАНСКИХ АДЫРОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН.

О.О. Махмудов¹, А. Дадаходжаев²

¹студент, taxmudovomadjon@gmail.com

²научный руководитель, доц.

^{1,2}Наманганский инженерно-строительный институт, Республика Узбекистан, г. Наманган, ул. Ислама Каримова, 12

В статье изучаются закономерности линейных форм эрозии с выявлением их морфологических и морфометрических характеристик, а также плотность и густота Наманганских оврагов.

Namangan adirlarida jarlarning uzunligi, qalinligi, zichligi bo'yicha tarqalishi va ularning morfologiya va morfometriyasi haqida maqolada so'z yuritilgan.

Regularity appearing growth and development of ravine in the hills. It is considered to be essential the regularity of erosion lineal forms with exposure of the ravine compactness and thickness by morphological and morphometric characteristics.

Ключевые слова: Адыр, густота, плотность, морфометрия, морфология, эрозия, овраг, рельеф.

Tayanch sozlar: Adir, zichlik, uzunlik, qalinlik, morfologiya, morfometriya, eroziya, jarlik, rel'ef.

Key words: Hills(adir- highlands wherw people grow various fruits and vegetables) morphometry, morphology, erosion, rsvine, relief.

Наманганские адыры расположены в северо-восточной части Наманганской области. Как известно, главным критерием в борьбе с овражной эрозией является единовременное внедрение противо - овражных мероприятий по всей стокообразующей поверхности адыров. Для определения закономерности проявления роста и развития оврагов необходимо изучить закономерности линейных форм эрозии с выявлением их морфологических и морфометрических характеристик, а также плотности и густоты оврагов. В результате изучения распространения оврагов на адырах, нами были составлены карты плотности и густоты оврагов в масштабе 1:10000. Для характеристики заовраженности адыров были использованы показатели густоты и плотности оврагов.

Таблица № 1

№ п/п	Степень порожённости территории оврагами	Густота км/кв.км	Плотность ед/кв.км	Площадь %
1	Практически безовражная	Менее 0,1	Менее 0,1	Менее 0,5
2	Слабозаовраженная	0,11-0,30	0,11-0,60	0,51-3,00
3	Заовраженная	0,31-1,00	0,61-1,50	3,01-10,0
4	Среднозаовраженная	1,01-3,00	1,51-5,00	10,01-20,0
5	Сильнозаовраженная	3,01-5,00	5,01-10,0	20,01-30,0
6	Очень сильнозаовраженная	5,01 и более	10,01 и более	30,01 и более

Наманганские адыры разделены нами по густот на 6 градации: I-Менее 0,1 км/м²; II- 0,11-0,30 км/м²; III-0,30-1,0 км/м²; IV -1,01-3,0 км/м²; V-3,01-5,0 км/м²; VI- более 5,01 км/м².

По плотности разделены на 6 градаций: I - Менее 0,1 шт./км², не заовраженные; II - 0,11 - 0,60 шт./км², слабо заовраженные; III - 0,61 -1,5 шт./км², заовраженные; IV -1,51 - 5,0 шт./км², среднезаовраженные; V - 5,01 -10,0 шт./км², сильно заовраженные; VI - более 10,01 шт./км², очень сильно заовраженные.

Для разработки карт эрозией необходимо изучить закономерности проявления, роста и развития линейных форм эрозии, с выявлением их морфологических и морфометрических характеристик.

Морфология и морфометрия оврагов на адырах тесно связана со структурой и с расчлененностью рельефа местности, площадью водосборного бассейна, литологией подстилающих пород и видов хозяйственного использования.

На примыкающихся адырах морфологические показатели имеют несимметричную, неразветвленную в плане, прямую или слегка извилистую линию, в несколько раз расширенную в средней части и суженную в устье. В поперечном профиле здесь овраги имеют U-образную форму, несимметрично врезающуюся в лессовидные суглинки. Напротив, присаевые овраги или у подножья адыров имеют часто V-образную форму с одинаковыми характеристиками показателя в плане. На кратковольных адырах овраги часто имеют шаровидную и эллипсовидную форму. В некоторых случаях, на средней части склонов овраги могут быть в виде растянутого овального треугольника. У растущих донных оврагов на лессовидных суглинках они имеют прямоугольную форму.

Морфометрия оврагов на примыкающихся адырах прямо пропорциональна к глубине местных базисов эрозии, степени расчлененности рельефа и проведению ирригационных сооружений. Из обследованных 695 оврагов около 60 % имели среднюю длину не более 25 м. Согласно закона прямолинейного движения концентрированного стока временных водных потоков на сильно заовраженных землях количество удлиненных оврагов с истечением времени уменьшается до 9 % . Поэтому использование космофотоснимков в дешифрировании линейных форм эрозии на адырах мало эффективно, т.к. разрешительная способность 1: 200000 снимков незначительна при дешифровке коротких (менее 25 м. длину) адырных оврагов.

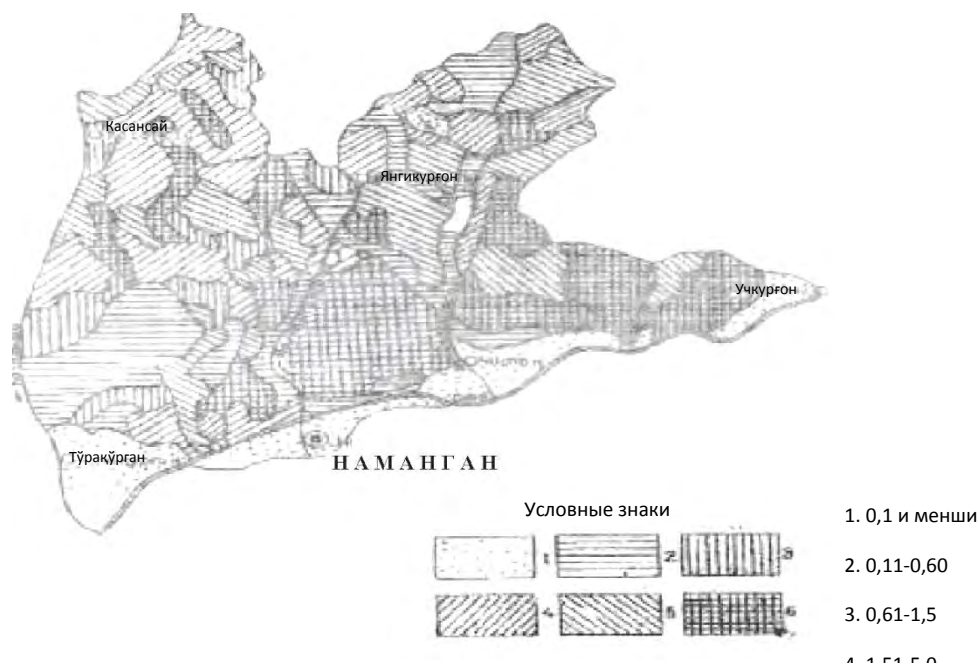


Рис. 1. План Наманганских адыров с нанесением плотности и густоты оврагов

Для выявления закономерности распространения оврагов на адырах Наманганской области нами были составлены карты плотности и густоты оврагов в масштабе 1:100000 (рис.1).

Такие крупномасштабные карты позволили нам учесть линейные формы эрозии менее 10 м. Согласно карте плотности всей исследуемой северо-восточной части Наманганской области максимальные показатели (более 10 шт. / кв. км.) встречаются на орошаемых землях Чартакского, Айкиранского, Учкурганского примыкающих адыров с легко размываемыми светлыми сероземами на лессоведных породах. Здесь плотность овражной сети достигает 63,1 шт. / кв. км., что считается одним из самых высоких показателей в регионе. Такая высокая плотность оврагов, по нашим рекомендации [1] не позволяют часто применять методы коренной мелиорации с сохранением почвенного слоя приовражных участков.

Густота, т.е. протяженность оврагов на единицу площади, на исследуемой территории также максимальна на орошаемой площади. Несмотря на малую удлинненность адырных оврагов, они образуют единую разветвленную систему. Наименьшая густота оврагов на Касансайских адырах и на предгорье Чаткальского хребта из-за высокой противоэрозионной устойчивости конгломератов и неогеновых пород.

Для общей характеристики заовраженности адыров нами были использованы показатели густоты, плотности и частоты оврагов (табл.1). Такая комплексная оценка овражной сети служит основой выбора ключевых участков, составления районных схем противоовражных мероприятий и уточнения по этапности проведения мелиоративных мероприятий на заовраженных адырных землях.

Особенности проявления роста и развития оврагов на адырах заключается в том, что при ирригационном освоении территории они минуют первые стадии развития (промоина и врезания висячего оврага вершиной). Процесс оврагообразования может происходить настолько интенсивно и незаметно для учета они обретают 2-3 стадию своего развития. Такие формы оврагов в большинстве случаев типичны для ирригационных оврагов на местах прорыва оросительных трубопроводов. Так, в массиве Чартак за ночь образовался овраг III - стадии длиной 64 м., т.е. выработался профиль равновесия. Многолетние полевые инструментальные наблюдения показали, что средняя трехлетняя интенсивность прироста оврагов в длину на примыкающих адырах был равен 3,4, на коротковолновых адырах -2,1, тогда как на предгорьях составлял лишь - 1,3 м / год. Самая максимальная среднегодовая интенсивность линейного прироста оврагов отмечена в 1990 - 2010 годах -4,3 - 5,2 м / год, в период социально - экономического и политического хаоса в стране[2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нигматов А., Любимов Б., Дадаходжаев А.* "Рекомендации по оценке картированию и восстановлению овражных и техногенно нарушенных земель" Ташкент. И.П.А Ан.Уз. 1994 г.
2. *Нигматов А., Дадаходжаев А.* "Адирларда жарларнинг ва уларни тубдан мелеорапия килиш" Ташкент "Университет" 2010 й.
3. *Дадаходжаев А.* и др. "Тупрок, эрозияси ва унга қарши кураш чоралари". ФарПИ. Научно техническое журнал №3 сон 2013 й.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПАССИВНЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН

Л.Б.Муратов¹, Ш.С.Кузиев².

¹докторант, *mirotov07.03@bk.ru*

²молодой специалист, *sh.quziyev.91@mail.ru*

^{1,2} *Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39*

Аннотация. В статье обосновано необходимость совершенствования пассивного рабочего органа почвообрабатывающие машины, путем комплектации сочетания рабочих элементов сконструировать усовершенствованную конструкцию рабочего органа, который производит обработку почвы с рыхлением и подрезанием дна или же рыхлением с оборотом пласта в левую или в правую сторону.

Предметом исследования являются конструктивно-технологические параметры и режимы работы пассивного рабочего органа почвообрабатывающих машин с усовершенствованием конструкции.

Цели: разработка конструкции усовершенствованного пассивного рабочего органа и обоснование параметров для повышения качества работы и производительности труда.

Материалы и методы: культивацию нужно обязательно делать перед посевом или перед посадкой, чтобы почва была мягкой и свежей, тогда и урожай будет хорошим. Поэтому, в этом направлении культивация с пассивным рабочим органом очень приемлемо. Облегчить работу земледельцев призваны культиваторы с усовершенствованным пассивным рабочим органом, которые способны сократить время на обработку габаритного участка со сложной почвой. В данном исследовании используются методы теоретической механики, теории механизмов и машин, деталей машин, математической статистики и испытания сельскохозяйственной техники.

Результаты: у усовершенствованного пассивного рабочего органа угол резания по всей длине крыла будет не одинаковым, как у обычных серийных рабочих органов, также вместо трех рядов серийных рабочих органов можно установить только два ряда усовершенствованных пассивных рабочих органов.

Выводы: применение усовершенствованного пассивного рабочего органа дает возможность повысить интенсивность разрушения и качество обработки почвы, уменьшает габаритные размеры машины, сокращает длину пути заглубления и выглубления, а также уменьшает ширину поворотной полосы.

ВВЕДЕНИЕ

В сельскохозяйственном процессе республики проводятся широко масштабные мероприятия по уменьшению затрат труда и энергии, сбережению расходов, возделыванию сельскохозяйственных культур на основе передовых технологий и высокопроизводительных сельскохозяйственных машин. Обработка почвы всегда занимала много сил и времени у сельхозпроизводителей, поскольку исключить такой процесс – невозможно. Облегчить работу земледельцев призваны культиваторы, которые наделены массой функций и опций, и способны сократить время на обработку габаритного участка со сложной почвой.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Современные почвообрабатывающие машины, такие как чизели-культиваторы и культиваторы для междурядной обработки почвы содержат пассивные рабочие органы [1], снабженные стрельчатыми лапами, закрепленными на стойке. По мере совершенствования конструкции упомянутых почвообрабатывающих машин совершенствовались и их рабочие органы и в последние годы в порядке экспериментов начали использовать на этих культиваторах универсальных рабочих органов, состоящих из различных составных рабочих элементов, каждая из которых закрепляется к стойке в зависимости от вида выполняемых агротехнологических приемов. Наиболее ярким представителем такого рабочего органа является рабочий орган фирмы «BELLOTA» (Испания) [2].

Этот рабочий орган состоит из следующих составных рабочих элементов, закрепленных на стойке: стрельчатая лапа, рыхлительная лапа, сапожок, долото, грудь рыхлительная и оборотная, крылья правые и левые, отвал правый и левый.

Путем комплектации сочетания тех или иных рабочих элементов можно сконструировать такую конструкцию рабочего органа, который производит обработку почвы с рыхлением и подрезанием дна или же рыхлением с оборотом пласта в левую или в правую сторону. В результате, в зависимости от вида настройки рабочего органа можно получить то или иное состояние обрабатываемой почвы.

Однако, несмотря на существенный прогресс в совершенствовании конструкции, как первый, так и второй тип пассивного рабочего органа имеют существенные недостатки. Главным из них является то, что у них крылья лапы имеют по всей длине рабочей поверхности одинаковый угол резания. Поэтому крошение почвы, согласно теории В.П.Горячкина [3], происходит в начальном этапе вхождения лапы в почву, а в дальнейшем она перемещается по поверхности крыла без существенного разрушения. Поэтому для повышения качества рыхления почвы увеличивают рядности установки этих рабочих органов на раме машины. Вследствие этого почвообрабатывающие машины, снабженные такими рабочими органами, имеют большие габаритные размеры, значительную длину пути заглубления и выглубления рабочего органа, а также сравнительно большую ширину поворотной полосы.

Для устранения указанных недостатков в БМКБ «Агромаш» совместно с ТИИМСХ-был разработан усовершенствованный пассивный рабочий орган с принципом работы, основанным на эффекте Баушингера [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Усовершенствованный пассивный рабочий орган (рис. 1) состоит из стойки 7, к которой посредством крепежных элементов 5 закреплен сапожок 8, к которому крепятся долото 1, а также правые 2 и левые 11 крылья.

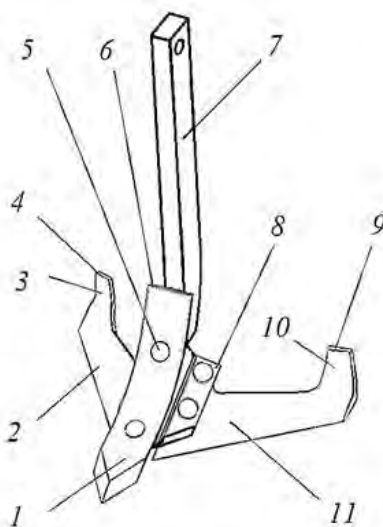


Рис. 1. Усовершенствованный пассивный рабочий орган

Концевой участок рабочей поверхности крыльев 2, 11 выполнены в виде пластинчатых выступов 4, 9 с вогнутой криволинейной поверхностью с высотой h_6 , не превышающей высоту h_0 верхней щеки 6 долота 1. При этом ширина пластинчатых выступов b_6 не более ширины долота b_0 , а рабочие поверхности 3 и 10 пластинчатых выступов выполнены в виде вогнутой поверхности.

Угол резания крыла β этого рабочего органа в зоне между долотом и пластинчатым выступом постоянен и равен $\beta_0=25-30^\circ$, а у пластинчатых выступов его значения постоянно меняются ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$) по закону параболы в пределах от 25 до 70° .

Усовершенствованный пассивный рабочий орган работает следующим образом.

Во время работы усовершенствованного пассивного рабочего органа (рис.2), долото 1 разрыхляет почву, раздвигает их в сторону правого 2и левого 11крыла. Крылья подрезая, деформируют почву в момент поступления их на поверхность крылья, а в дальнейшем часть отрезанной и деформированной почвы встречается с пластинчатыми выступами 4, 9и, проходя по их поверхности, они, интенсивно разрушаясь, падает о дно борозды.

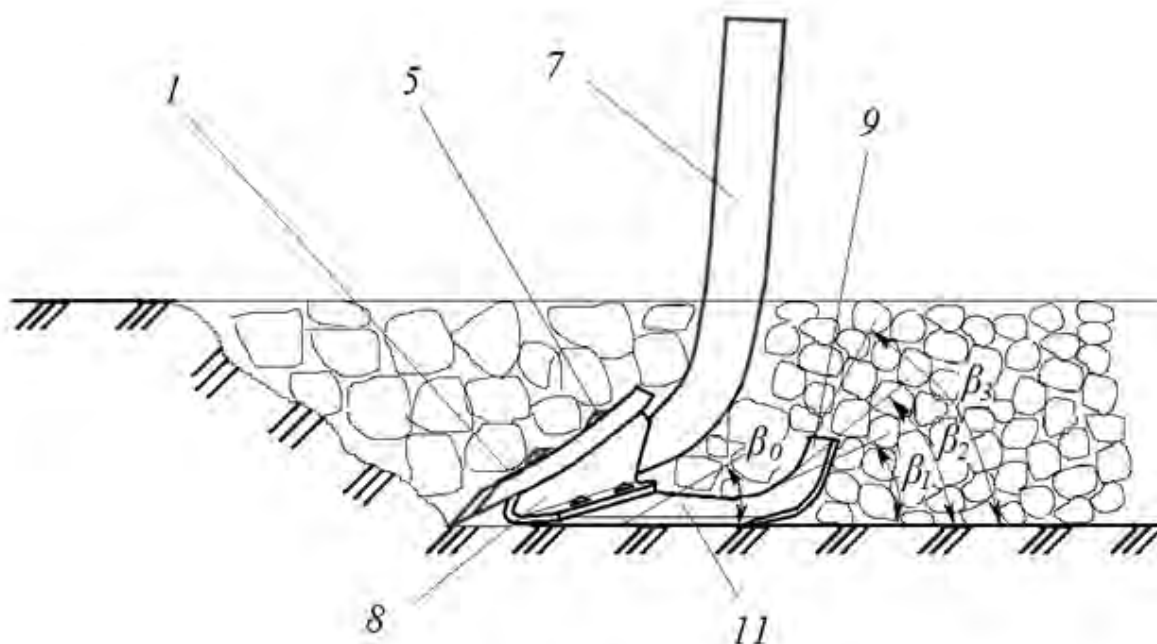


Рис. 2. Технологическая схема работы усовершенствованного пассивного рабочего органа

Интенсивность разрушения почвы усовершенствованным пассивным рабочим органом объясняется следующими соображениями. У усовершенствованного пассивного рабочего органа угол резания по всей длине крыла будет не одинаковым, как у обычных серийных рабочих органов, а в начале одним, в конце у пластинчатых выступов 4, 11 другим. При этом из-за того, что рабочие поверхности крыльев выполнены в виде пластинчатых выступов 4, 11 с вогнутой криволинейной поверхностью 3 и 10, угол резания β у них постоянно меняется. Причем по продолжительности рабочей поверхности пластинчатых выступов он будет постоянно расти, т.е. $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$. Поэтому у крыльев серийных рабочих органов из-за постоянства угла резания деформация почвы происходит только в начальном этапе в момент вступления отрезанного от массива пласта почвы на рабочую поверхность крылья, а в дальнейшем она просто скользит по ней без дополнительного разрушения. Тогда как у пластинчатых выступов 4, 11 с вогнутой криволинейной поверхностью из-за постоянно растущего угла резания $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$ почва до схода с поверхности крыла постоянно деформируется, приводя к ее интенсивному крошению.

Следует также отметить, что пласты почвы находящиеся над крыльями между долотом 1и пластинчатыми выступами 4, 11 испытывает кроме напряжения сжатия и напряжению изгиба. Следовательно, по всей ширине захвата крыла почва будет испытывать различное

напряженное состояние, вызывая эффекта Баушингера [5] сопровождающимся с интенсивным разрушением почвы.

Выполнение пластинчатых выступов 4, 11с высотой $h_e < h_d$, не превышающей верхней щеки бдолота l , создает имитацию работы не одного, а сразу трех долот. Выполнение же ширина пластинчатых выступов не более ширины долота $b_e < b_d$ исключает сгуживанию почвы перед рабочим органом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИИ

Обычно у серийных рабочих органов для повышения качество крошения почвы увеличивает рядности расположения рабочих органов, то у усовершенствованного пассивного рабочего органа наличие пластинчатых выступов 4, 11с вогнутой криволинейной поверхностью и высотой, не превышающей верхней щеки бдолота l , заменяет работу целого ряда рабочих органов.т.е. вместо трех рядов серийных рабочих органов можно установить только два ряда усовершенствованных пассивных рабочих органов. Уменьшение рядности расположения рабочих органов на раме машины приводит к уменьшению ее габаритных размеров, следовательно, длину пути заглубления и выглубления рабочего органа, а также сокращает ширину поворотной полосы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, применение на чизеле-культиваторе и на культиваторах для междурядной обработки почвы усовершенствованного пассивного рабочего органа повышает интенсивность разрушения, следовательно, качество обработки почвы, уменьшает габаритные размеры машины, сокращает длину пути заглубления и выглубления, а также уменьшает ширину поворотной полосы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кленин Н.И., Сакур В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос, 1980. – 521 с.
2. BELLOTA Agrisolutions. Guipuzcoa.Espana, 2008. –127 p.; e-mail: marketing. agrisolutions @ bello-ta.com. Internet: [http:// www. bellota.com](http://www.bellota.com).
3. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
4. Панов И.М. Выбор энергосберегающих способов обработки почвы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. №8. С.32-35.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР СЫРДАРЬЯ-АЙДАРКУЛЬ-АМУДАРЬЯ В УЗБЕКИСТАНЕ

Б. Назаров¹, Б. Шодиев¹, Д. Краснолобова²

¹Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39

²ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» 195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация. Резкое ухудшение экологической обстановки в Приаралье, из-за ухудшения объёма поступающего стока в Аральское море, является актуальной проблемой региона. Инженерное решение данной проблемы является целью настоящей работы. Анализ существующих данных этой проблемы и предложение приемлемого и практичного решения составляет основу методики исследования. В статье рассматриваются проблемы водных ресурсов Узбекистана, связанные с ростом водопотребления и развитием водного дефицита в Приаралье и вопросы продовольственной безопасности Республики Узбекистан. В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов предложены: варианты решения для улучшения экологической обстановки в нижнем течении рек бассейна Аральского моря; решения проблемы обеспечения продовольственной безопасности Республики Узбекистан; открытие дополнительных рабочих мест и установление взаимосвязи между крупными реками бассейна Аральского моря.

Ключевые слова: бассейн, река, Аральское море, система, проточность, магистральный канал, мертвые озера, степень минерализации.

ВВЕДЕНИЕ

Вода не только самая распространенная, но и самая важная в природе жидкость. Достаточно констатировать факт о том, что в воде зародилась жизнь. Она очень часто крепко объединяет судьбу многих народов и стран, а также не знает границ [1]. Ярким примером являются реки Бассейна Аральского моря (Амударья и Сырдарья), находящиеся на территории Центральной Азии (ЦА) и Афганистана. Основные водные артерии республики – это трансграничные реки Амударья и Сырдарья, получают более 3/4 общего поверхностного стока, поступающего с гор. Их притоки берут свое начало вне территории Узбекистана, с вершин горных систем Тянь-Шаня, Гиссаро-Алая, Памира, Гиндукуша. При выходе на равнину часть их вод по каналам разбирается на орошение, другая часть испаряется или впитывается в почву. Поэтому многие реки, постепенно иссякая, теряются в песках (заканчиваются слепыми устьями). Основные реки бассейна Аральского моря зарегулированы путем ирригационного и гидроэнергетического строительства гидротехнических сооружений [2; 3]. Наиболее выгодный режим пропусков водохранилищ для выработки гидроэнергетики абсолютно неприемлем для орловского земледелия, что вызывает необходимость конструктивного подхода, в соответствии с общепризнанными нормами международного водного права. Одна из основных рек бассейна Аральского моря – Сырдарья, самая протяженная река в Средней Азии. Вместе с ее главным притоком – Нарыном, длина русла Сырдарьи составляет 3019 км. Площадь водосборного бассейна в горной части охватывает территорию в 219 тыс. км², а степень зарегулированности стока составляет 0,94 (т.е. естественный сток зарегулирован почти полностью). Несоответствие вегетационного периода с потребностью выработки электроэнергии существует в бассейне реки Сырдарья, что возникло из-за изменения режимов эксплуатации водохранилищ [3]. Работа сооружений в энергетическом режиме, влечет за собой: сброс дополнительного объёма в русло реки (до 5 м³) в не вегетационный период; нехватку воды в период массовых поливов орошаемых земель. Кроме этого, наблюдается ди-

намичный рост степени минерализации воды Аральского моря. Наступило время для решения вышеуказанных проблем бассейна Аральского моря, что является главной целью настоящей работы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.

Изучение результатов натуральных исследований гидрологического и гидрохимического режимов реки Сырдарья и Аральского моря, и принятие решения, которое основано на обсуждении этих данных и позволяет улучшить современную ситуацию, является методикой исследования настоящей работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЙ

В связи с повышением степени зарегулированности гидрологического режима реки, произошли существенные изменения среднего многолетнего стока в реке Сырдарья (рисунок 1), что привело к резкому снижению объема стока в Аральском море (рисунок 2).

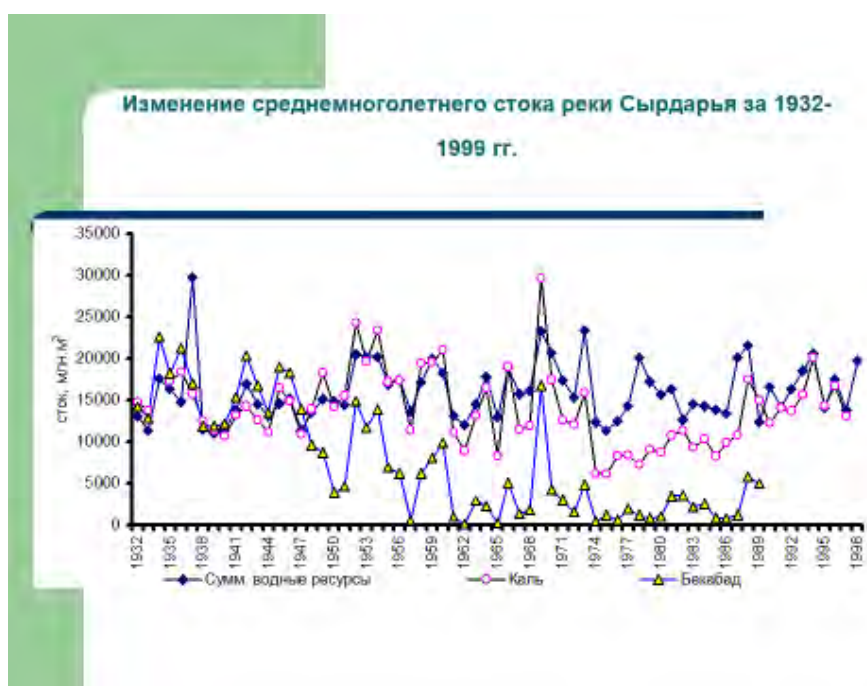


Рис. 1. Динамика средне-многолетнего стока реки Сырдарьи

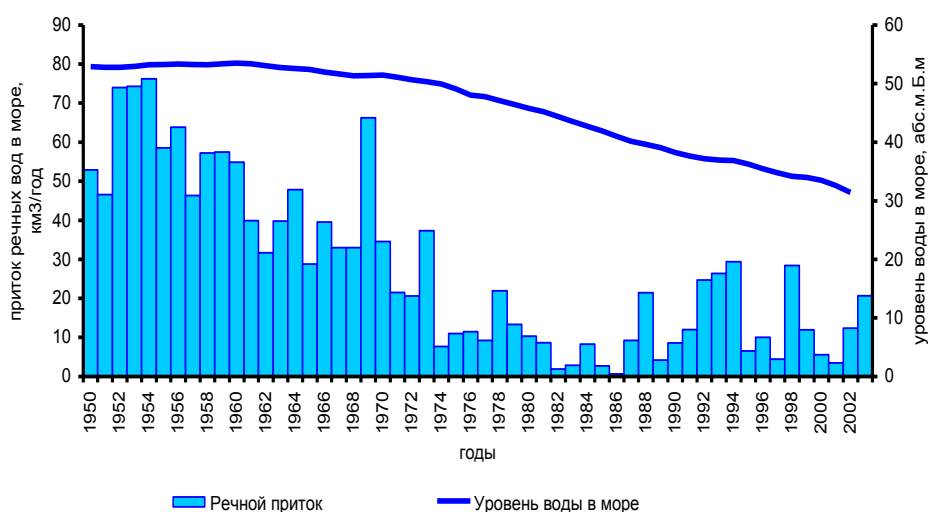


Рис. 2. Динамика поступления речного стока воды в Аральское море и изменение уровня воды в море

Как видно из последнего графика, объём поступающей воды каждый год интенсивно уменьшается, в результате чего падает уровень воды в море [4,5].

Кроме этого, следует отметить, что, как показывает анализ натуральных данных, год за годом интенсивно меняется степень минерализации стока воды в бассейнах рек Аральского моря (рисунки 3;4).

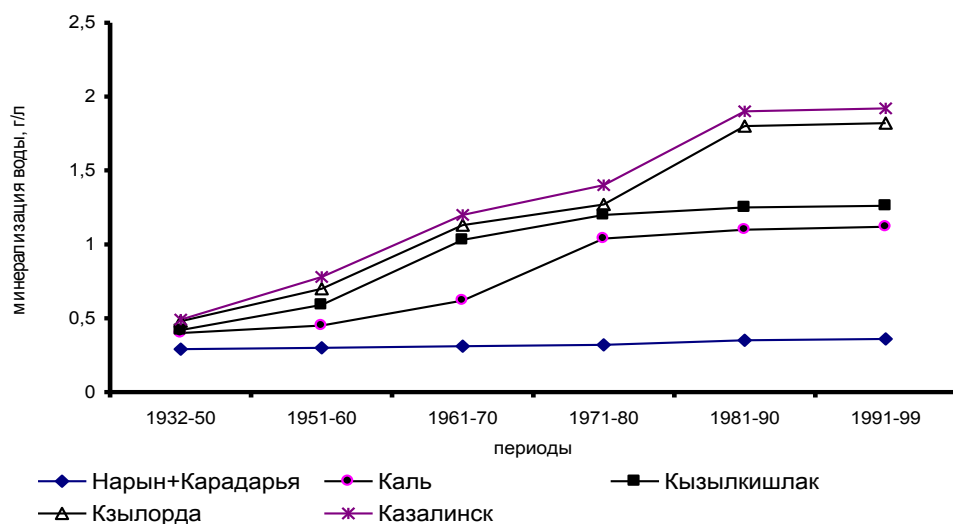


Рис. 3. Средне-многолетние изменения минерализации воды реки Сырдарьи по створам

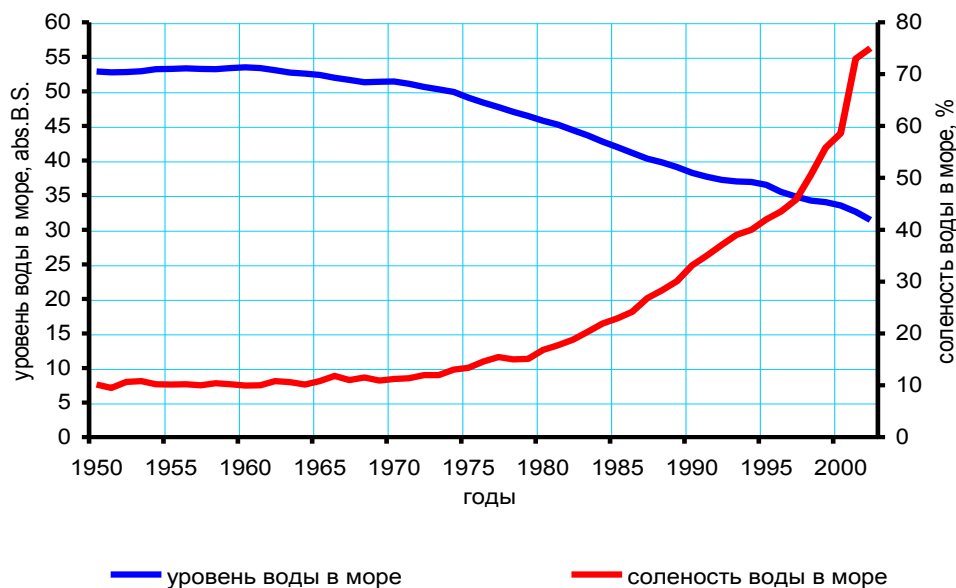


Рис. 4. Динамика уровня и минерализации воды в Аральском море

Одна из главных рек бассейна Аральского моря - Амударья, теряет основную часть своего объема воды на территориях Узбекистана и Туркменистана, в целях удовлетворения ирригационных нужд агропромышленного комплекса. Динамичный рост водопотребления, в конечном итоге, приведет к появлению и росту водного дефицита, а также к ухудшению экологической ситуации (деградации) в населенных пунктах, находящихся на пойменных территориях нижнего течения бассейна реки Амударьи – в Приаралье, то есть, на основной населенной территории Республики Каракалпакстан и части Хорезмской области.

По мнению авторов настоящей статьи, для решения возникающих проблем бассейна Аральского моря, необходима разработка концепции, позволяющей объединить вышеназванные реки, способствующие формированию проточного Айдаркуля.

В результате переброски части стока воды Сырдарьи через Арнасайско-Айдаркульскую систему в, так называемый, конечный пункт стока реки Зарафшан, и объединение этого озера с Амударьей, появляется реальная возможность формирования водной системы Сырдарья – Айдаркуль – Заравшан – «мертвые озера» – Амударья – Приаралье. В состав новой водохозяйственной системы будут входить несколько «мертвых» озер на территории Бухарской и Навоийской областей. Преимуществом данной концепции является то, что помимо сброса дополнительного объема воды (около 100-150 м³/с) в Приаралье, через территорию Узбекистана, появится возможность освоения территории под орошение, вдоль проектируемого канала и развития рыбного хозяйства в проточном Айдаркуле, а также, в нескольких озерах, которые объединятся с новым магистральным каналом вышеназванной системы.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Можно сделать вывод о том, что при успешной реализации всего предложенного, решится задача улучшения экологической обстановки в Приаралье. С течением времени сформируется проточное Айдаркульское озеро с пресной водой, создастся водохозяйственная система для широкого развития водного хозяйства, что может поспособствовать открытию новых сельскохозяйственных площадей в республике, создав при этом несколько сотен новых рабочих мест, тем самым можно решить важную народнохозяйственную задачу отрасли.

Будет сформирована водная система Сырдарья – Айдаркуль – Заравшан – «мертвые озера» – Амударья – Приаралье с проектированием и построением магистрального канала вышеназванной системы, который обеспечит самотеком объединение трех крупных рек бассейна Аральского моря. Кроме этого, проектируемый магистральный канал будет иметь КПД, что поможет снизить коэффициент фильтрации и поспособствует увеличению объема водозабора для нужд народного хозяйства, расширению орошаемых площадей, развитию рыбного хозяйства, улучшению экологической обстановки Приаралья. Осуществление данной концепции будет способствовать совершенствованию механизма интегрированного управления водными ресурсами бассейна рек Аральского Моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Микулов А.* Самая удивительная на свете жидкость. Советская Россия. М. 1978. с. 191.
2. Отчетные материалы исполнительного комитета Международного фонда спасения Арала (ESIFAS), 2011.
3. O'ZBEKISTON, IRRIGASYASI, ИРРИГАЦИЯ УЗБЕКИСТАНА. IRRIGATION IN UZBEKISTAN; Ташкент 2007.
4. Национальный Отчет Министерства Сельского и Водного хозяйства Республики Узбекистан, Ташкент, 2012.
5. *Хамраев Ш.Р.* Вода для окружающей среды и природного комплекса Центральной Азии.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Э. Озодов

магистрант, ezoz-1995@mail.ru

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Республика Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39

Аннотация. В данной статье приведены результаты работ по моделированию автоматической системы насосных станций предназначенных для экологической среды Арала. В системе учтены комбинированные варианты водопользования для орошения и для питьевых нужд одновременно. Предмет исследования: питьевые насосные станции ближайших мест экологической зоны Аральского моря. Цель создания автоматической системы для питьевые насосные станции где соль в составе воды выше 100 промилле.

Ключевые слова: Насосная станция, Аральское море, автоматическая система комбинированного пользования, Codesys.

Всем известно что экологическая ситуация в Аральском море считается критической, основной причиной этой катастрофы является осушение одного из больших морей мира. Эта катастрофа повлекла за собой более негативные последствия особенно повышение соли в составе воды ареала, результате этого флора и фауна данные экологической зоны сильно ухудшилось.

Это непосредственно повлияло на физиологические показатели населения в том числе из-за нехватки питьевой воды у местного населения были обнаружены те или иные заболевания кроме того было ограничено агрокультурная деятельность.

Одним из оптимальных решений этой проблемы являются восполнение ресурсов при помощи подземных вод но даже эта методика не является достаточно эффективной и рентабельным.

В составе подземных вод этих регионов обнаружена соль превышающую нормы для питьевого применения, учитывая тот факт что население находится в разных точках региона.

В регионах не реализована централизованная система питьевой воды и канализации, создания вода очистительных объектов в этом регионе является нерентабельным и проблематично с точки зрения технологических решения.

Для устранения выше упомянутой проблемы и создание специальной системы для экологической зоны Аральского моря кафедра автоматизации технологических процессов в производстве Ташкентская институт ирригации и механизации сельского хозяйства разработал специальную систему автоматизации, которое может комбинировать две системы водочистки и орошения для сельских угодий и для потребления местного населения[1].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Создание системы автоматики для насосного агрегата индивидуального пользования которая может комбинировать себе водочистку и орошение для экологической зоны Аральское море.

Система водочистки представляет из себя насосный агрегат и реверсивный осмосис (rivers osmosis), система орошения тоже подключена к насосному агрегату и представляет из себя бак концентратор солёной и питьевой воды до нужной кондиции.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В данной системе используются специальные датчики для индикации качества воды и

требуемый режим на основе этих данных системы запускает нужный алгоритм встроенный в контроллер.

Всасывающая труба насосного агрегата оснащена дифференциальным датчиком рН который является индикатором качества воды и именно этот датчик будет определять в каком режиме будет работать система.

После насосного агрегата труба с повышенным давлением делится на две части в которых находятся двухпозиционные электромагнитные клапаны EV220В 6-22 — серия двухпозиционных двухходовых электромагнитных клапанов с сервоприводом и резьбовым присоединением от 1/4” до 1”. Эта серия клапанов предназначена, в частности, для производителей серийного оборудования, где важна надежность при умеренных значениях расхода, которые реагируются на показатели рН датчика и режимом выбранным пользователем.

Позиционный клапан после активация будет селективно работать по потреблению питьевой воды или орошение, вследствие чего будет использована та или иная техника вышеуказанного типа рисунок 1.

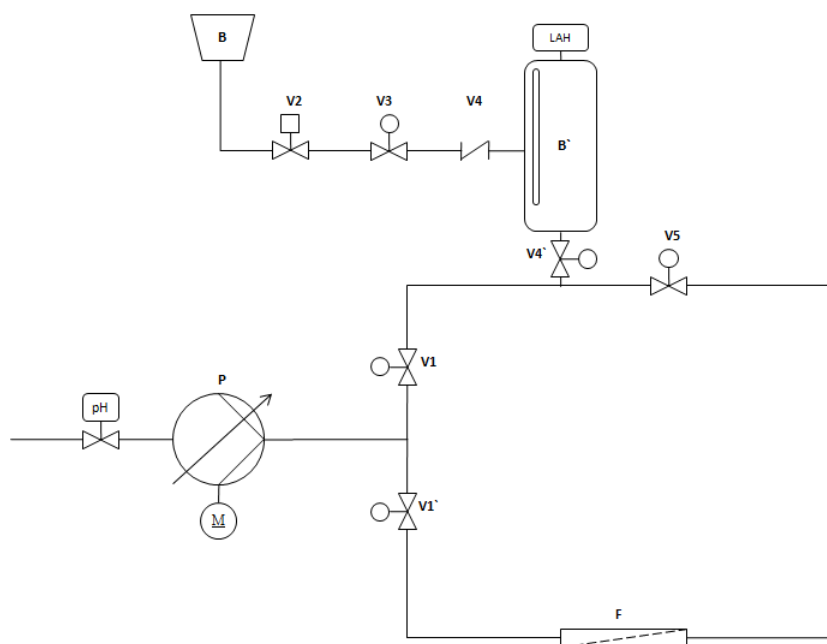


Рис. 1. Схема комбинированного пользования

При активации режима водоочистки насосный агрегат должен поднять давление до определённого показателя но при остальных режимах он должен понизить давление для регулирования процесса будет использоваться специальные частотный преобразователь компактногитипа оснащённый контроллера Овен с программным обеспечением codesys, при высоком содержании соли в воде давление в насосную агрегате будет намного выше что повысит фильтрацию внутри реверсивного осмосиса, при низком показателе соли в составе воды можно понизит давление для экономии электроэнергии.

В контроллере Овен были учтены эти показатели и частотный преобразователь был синхронизирован с показателями рН датчика и режим работы двигателя будет основан на этих показателях рисунок 2 [3] .

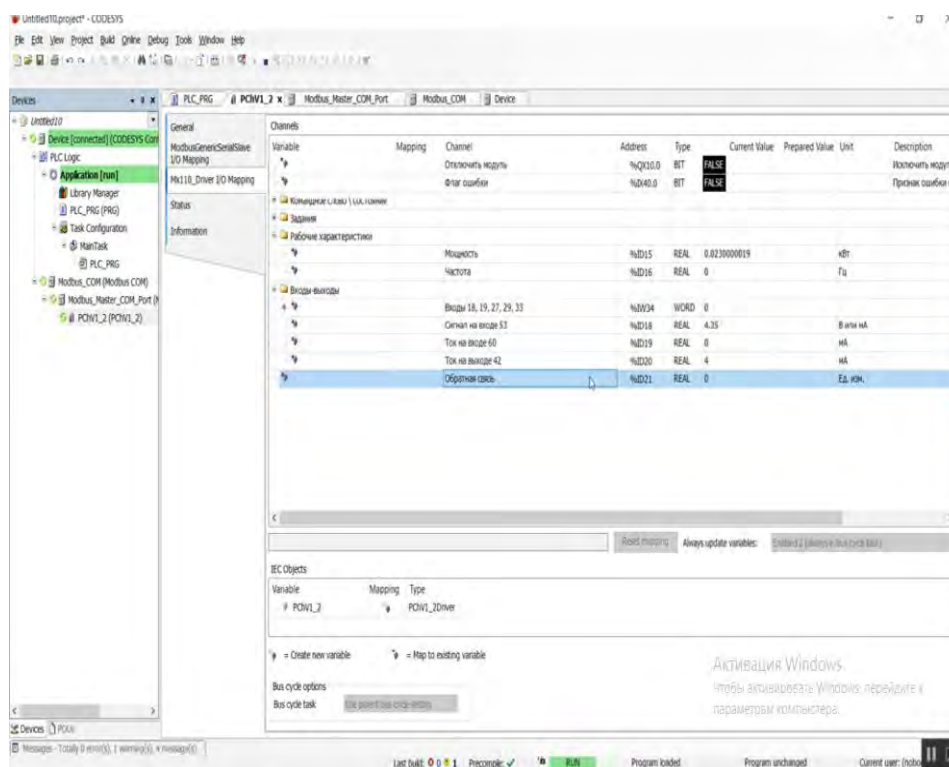


Рис. 2. Обозначения битов входов и выходов ПЧ

Для режима орошения используются двух позиционный клапан после чего вода отправляется отдельную емкость с определенным объемом чистой воды при идентификации количество соли в воде будет дан лимит для соленой воды что при смешивании будет создан концентрат воды допустимые для орошения в этой емкости будет находиться ультразвуковой датчик Siemens который будет регулировать объем воды на основе показателей рН датчика и встроенных лимитов. Объём воды будет контролироваться ультразвуковым датчиком уровня Siemens Sitrans Probe LU широко используются для измерения и контроля объема жидких и сыпучих веществ в резервуаре и уровня заполнения емкости.

Принцип работы ультразвуковых уровнемеров основан на том, что звуковые волны отражаются от препятствия, которыми являются объекты измерения. Излучатель ультразвукового уровнемера, расположенный в корпусе датчика, посылает ультразвуковые волны, часть которых отражается от объекта измерения и возвращается назад в приемник. В датчике принятый отраженный сигнал преобразуется встроенной электроникой в напряжение. Таким образом, интегрированный контроллер измеряет время, за которое сигнал проходит путь от излучателя, отражается от объекта и возвращается в приемник.

Данная система концентрирования питьевой воды с солёной водой была моделирование в программе Fluidlab рисунок 3 [2]. Все показатели датчиков будут отправлены по системе GSM для ведения мониторинга качества воды.

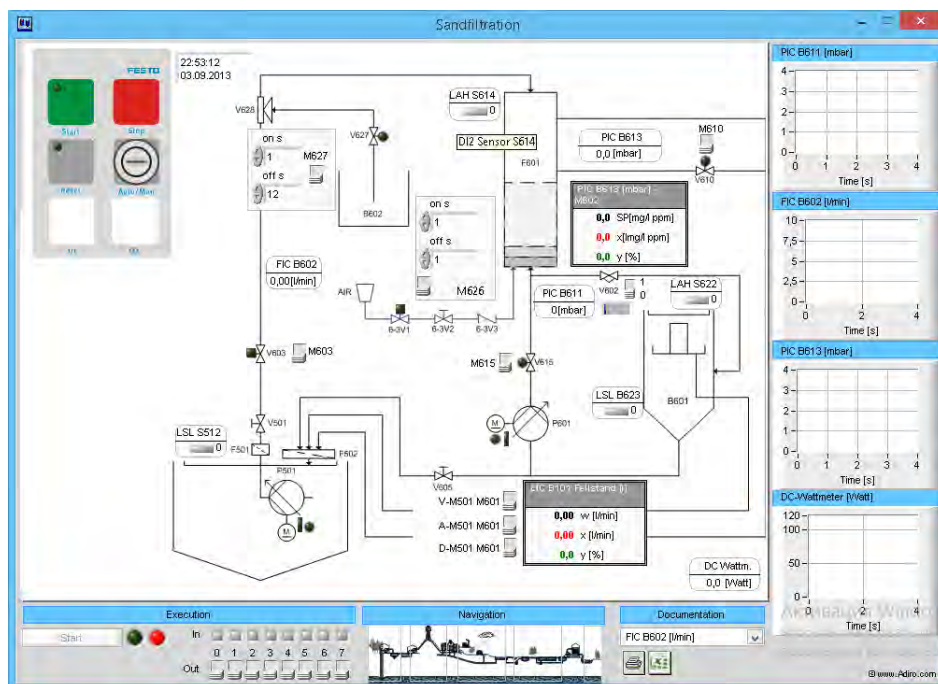


Рис. 3. Концентрация питьевой воды

Учитывая продолжительность работы двигателя и показатели pH датчика можно составить график предела работы фильтра реверсивного осмоса извнять его при определенных моментах благодаря GSM можно определять эти данные в оперативном состоянии И тем самым обеспечивает непрерывную подачу питьевой воды

ВЫВОДЫ

Данная система дает возможность обеспечить население Аральского моря питьевой водой и не только питьевой водой но и ресурсом для агропромышленной деятельности в одном насосном агрегате. Благодаря GSM- модулю мы можем анализировать показатели насосного агрегата, что даст возможность оперативно получать данные и решать технические проблемы более краткосрочном времени.

Стоит отметить то что данная работа совмещает в себе индикацию датчиков и создания тех или иных операций на основе показателей датчиков для контроллера Овен. Но стоит отметить то, что это схема имеет кое-какие недостатки а именно учитывается только показатель соли и в частности pH система может быть усовершенствована с комбинации других датчиков, таких как полного химического анализа и датчик давления внутри цистерны концентрации солёной чистой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gaziyeva.R.T "Avtomatika asoslari va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish" Tashkent 2014
2. "Manual of Fluidlab" Festo didactic, Germany-2018
3. Руководства по Codesys 3,5 первый старт, Russia 2018

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

И.Д. Раимова¹, Ф. Ахматов¹, Л.А. Луценко²

¹Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39

²ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» 195251 Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Аннотация. Комплексное использование водных ресурсов в условиях динамичного роста их дефицита является актуальной задачей. Разработка перспективного плана планомерного использования водных ресурсов в целях ирригации и гидроэнергетики является целью настоящей работы. Анализ современной ситуации использования водных ресурсов и определение аспектов их рационального использования являются методикой исследования настоящей работы. Излагаются основные проблемы, возникающие в связи с вводом нового водохранилища на верхнем течении реки Вахш - притока Амударьи. Приводятся гидрологическая характеристика и современное состояние основных оросительных каналов Туркменистана и Узбекистана. Предлагается возможный вариант улучшения экономического, планомерного, взаимосогласованного и рационального интегрированного управления водными ресурсами реки Амударьи в целях ирригации и гидроэнергетики. Предложен обоснованный вариант переброски Амударьинской воды с водохранилища и возможными гидроэлектростанциями в руслах существующих и новых каналов.

Ключевые слова: ирригация, гидроэнергетика, вода, орошения, трансграничные водные ресурсы, распределение, насосные станции, гидроэлектростанции.

ВВЕДЕНИЕ

Река Амударья, являющаяся одной из самых больших рек Центральной Азии, имеет общую протяженность $L_A = 2743$ км и общую площадь бассейна $\Omega_A = 300\,000$ км². Формируется она от слияния нескольких рек Таджикистана и Афганистана [1].

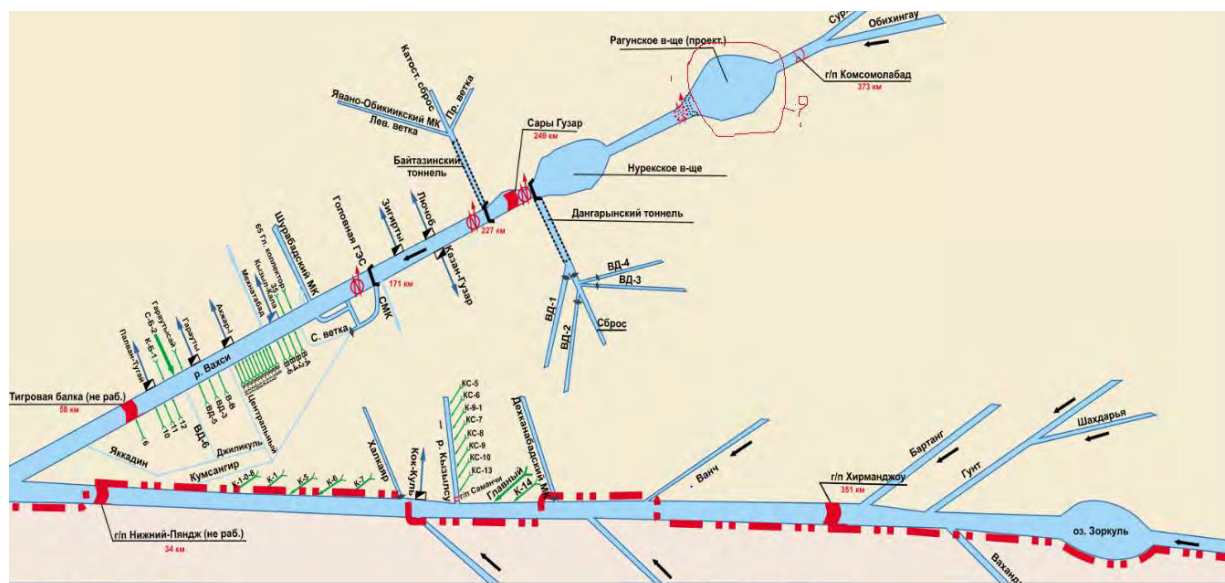


Рис. 1. Линейная схема формирования реки Амударьи

На притоках Амударьи до настоящего времени построены несколько водохранилищ и гидроэлектростанций (см рис.1). Идет строительство еще одного водохранилища в Верхнем течении Амударьи – в русле реки Вахш - Рагунского водохранилища объёмом 14 км³, годовая мощность которого 3600Мвт годовой выработкой электроэнергии. Как нам известно, после распада Советского Союза, Нурекское водохранилище перешло от ирригационного режима эксплуатации к энергетическому. Естественно, Рагунское водохранилище, для выполнения поставленных задач правительству Таджикистана проектом CASA(CENTRAL ASIA - SOUTH ASIA ELECTRICITY TRANSMISSION AND TRADE)-1000, также будет работать в энергетическом режиме. Впоследствии, из-за несоответствия периодов водопотребления, в целях гидроэнергетики и ирригации, с вегетационным периодом нижележащих орошаемых площадей бассейна Амударьи, появится реальная угроза для нормального функционирования Туямуюнского водохранилища, и самое главное - резко уменьшатся объемы водных ресурсов для орошения. В связи с повышением уровня зарегулированности верхнего течения реки несколькими водохранилищами и гидроузлами энергетического назначения, необходимо принять меры адаптации к предполагаемым планам перераспределения периодов пропуска водных ресурсов верхнего течения реки Амударьи, что и является главной целью настоящей работы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Узбекский народ и народы государств Центральной Азии внесли большой вклад в развитие мировой культуры. Достоянием всего человечества становились их достижения в философии, астрономии, медицине, математике, инженерии, науке, литературе, хозяйственной деятельности и искусстве. Ещё в древние времена они научились строить сложные ирригационные системы и сооружения, создавать оазисы в пустынях. Их трудом возведены непревзойденные до сих пор образцы зодчества.

Однако, из-за непродуманной политики руководства бывшего Советского Союза, по отношению к окружающей среде и использованию водных ресурсов, во второй половине XX века появилась экологическая проблема Аральского бассейна. Главной причиной Аральского кризиса явилось чрезмерное расходование воды на нужды орошения из рек Амударья и Сырдарья. Это привело к высыханию Аральского моря и беспрецедентному по масштабам воздействию на экологию центрально-азиатского региона и соседних государств. В настоящее время бассейн Аральского моря известен во всём мире, как зона экологического бедствия, которая возникла в результате неправильной экономической политики и использования природных ресурсов централизованной, командно-административной системой бывшего Советского Союза.

Все это привело к резкому изменению климата региона. В свою очередь, изменение климата усугубило проблемы управления водными ресурсами и охраны окружающей среды, что создало угрозы здоровью населения, продовольственной безопасности, экономическому и социальному развитию. Это вызывает серьезную озабоченность не только в регионе, но и становится мировой проблемой первой степени.

Территория Республики Узбекистан расположена в аридной зоне, где сумма осадков меньше, чем испарение. Поэтому сельскохозяйственные культуры выращиваются с использованием искусственного орошения, т.е. на орошаемых землях. Из 4,3 млн.га земель, используемых в сельском хозяйстве, 95-97% орошаются искусственно. Для орошения и поддержания мелиоративного состояния орошаемых земель в республике, на настоящий период, эксплуатируется межхозяйственная оросительная сеть, общей протяженностью-142 тыс. км, а внутривозрастной - 172,2 тыс.км.

На орошаемых землях построено 136,7 тыс.км дренажной сети, из которых 29 тыс.км - магистральные и межхозяйственные коллекторы, 107,7 тыс.км - внутривозрастные дренажные сети. Из общей орошаемой площади 4,2 млн.га, более чем на 75%, требуются реконструкция и строительство дренажа.

Строительство требуется на площади, более чем в 400000 га.

На площади более 2,2 млн.га, вода подаётся с помощью насосных станций. На балансе водохозяйственных организаций находится 1466 насосных станций, где установлено 4 967 агрегата. На более чем 70 % насосов и напорных трубопроводах срок службы истёк. В целом, требуется коренная реконструкция всего комплекса насосных станций. На внутриводохозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети работают 10145 насосных агрегатов. В республике функционируют около 57 водохранилищ, общим объёмом 19 844 млн.м³. Одним словом, Республику Узбекистан можно представлять как Водохозяйственную Академию, имеющую сложную гидромелиоративную систему.

Известно что, основные водные ресурсы формируются в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан. На территории Республики Узбекистан образуется всего 10% водных ресурсов, из всего объёма водных ресурсов Аральского бассейна и 20% объёма воды, потребляемой в различных отраслях народного хозяйства республики. Из всего потребляемого объёма воды 92% используется в сельском хозяйстве. Поэтому эффективное использование водных ресурсов имеет весьма важное народнохозяйственное значение для всех отраслей народного хозяйства.

Изучение существующей ситуации и проблемы эксплуатации оросительных каналов составляют основу методики исследования настоящей работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЙ

От Амударьи осуществляется забор воды для многих орошаемых площадей Узбекистана и Туркменистана. Крупными каналами, осуществляющими водозабор из Амударьи: Каракумский, Каршинский Магистральный и Аму-Бухарский Машинный Каналы.

Каракумский канал - большой канал, построенный в СССР для водообеспечения южных и юго-западных районов Туркмении, протяженностью 1445 км. В современной Туркмении также используется название Каракум-река. Каракумский канал, который протягивается на 1400 км от Амударьи до Каспийского моря, уже осуществляет невиданное в истории мировой ирригации перераспределение воды на огромной и очень сложной для строительства территории. Установлено, что основные каналы Амударьи имеют низкие коэффициенты полезного действия, например, Каракумский канал проходит в земляном русле, коэффициент полезного действия-КПД очень низок и равен 0,5. Следует отметить, что объём потери воды, в среднем, составляет 250 м³/сек, это означает, что потери воды в русле Каракумского канала составляют 7,9 км³, и в русле канала продолжаются интенсивные русловые процессы - дейгиш [7].

Каршинский Магистральный Канал (КМК) орошает основные поливные площади Кашкадарьинской области. Протяжённость - 290 км (около 100 км в бетонной облицовке), максимальная пропускная способность на головной части составляет около 175 м³/с, на рабочей - 350 м³/с, высота подъёма воды - 132 м (6 ступеней). На головной части КМК построено 6 насосных станций общей мощностью 450 МВт. КПД КМК составляет 57%. Одним из показателей рационального использования оросительной сети является коэффициент полезного действия (КПД) каналов. В Узбекистане проводятся мероприятия, направленные на повышение КПД каналов (реконструкция, реабилитация и ремонт ирригационных систем), которые построены 30-50 лет назад и исчерпали все свои возможности.

По данным специалистов, повышение КПД каналов на 10-15 % позволяет сократить забор воды на 20-25 % при сохранении прежних поливных норм. Следует отметить, что техническое состояние вышеперечисленных крупных магистральных каналов, имеющих водозаборы от Амударьи, уже требует капитальной реконструкции с улучшением КПД, которое составляет около 0,60 .

В оросительной сети ВХ Узбекистана в областных разрезах КПД колеблется от 0,75 до 0,86. КПД ВХ каналов варьируется от 0,63 (Каракалпакстан) до 0,89 (Кашкадарья), а в среднем составляет 0,77. При этом, 37 % (9220 км из 24913 км всего) межхозяйственных каналов

внутрихозяйственной сети (20,2 %) (34437 км из 170397 км всего) облицованы, а остальные каналы имеют земляное русло (данные МСВХ Р.Уз.).

В сложившейся ситуации возникла реальная потребность в реконструкции каналов, которые орошают территории Кашкадарьинской и Бухарской областей.

Кроме этого, возникает реальная угроза роста дефицита воды, в связи с началом регулирования верхнего течения Амударьи, путем строительства Рогунской Гидроэлектростанции (ГЭС). Можно привести несколько аргументов, обоснованных результатами научных исследований, которые подтверждают правильность нашего мнения о необоснованности строительства Рогунской ГЭС.

Решением данной проблемы занимаются многие ученые и экспериментаторы нашей республики. Исследователи предлагают различные варианты переброски вод Амударьи в Кашкадарьинскую, Бухарскую и Навоийскую области. С точки зрения авторов настоящей статьи, более приемлемым является первый вариант переброски в работе [2], со значительными корректировками. Согласно этому варианту будут предусмотрены 3 насосные станции и водохранилище в ущелье Бойсунтог (рис.2. линия I).



Рис. 2. Предлагаемые варианты переброски вод Амударьи к южным областям Узбекистана (в Сурхандарьинскую, Кашкадарьинскую, Бухарскую, Навоийскую области)

Условные обозначения:

- 1 - вариант переброски Мега проектом [2],
- 2 - вариант авторов.

Авторами изучены: опыт строительства и эксплуатации больших каналов Узбекистана; существующие геологические, географические, топографические карты районов, где предполагается проложение возможной трассы канала переброски в различных масштабах. Рассмотрены результаты маршрутных экспедиций в виде различных схем переброски [2; 3].

В настоящее время, основная территория Кашкадарьинской области орошается Каршинским Магистральным каналом, в котором подъем осуществляется на 131 м, с производительностью 180 м³/сек. Параллельно, Аму-Бухарский Машинный Канал поднимает воду на 45 м, с производительностью - 280 м³/сек. Следует отметить, что оба канала забирают воду через территорию соседней республики, за что взимаются значительные арендные платы.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В заключение следует отметить, что, с точки зрения авторов настоящей статьи, необходимо сделать следующие шаги:

1. Приступить к проектированию и строительству нового водохранилища на территории Сурхандарьинской области, которое будет подавать воду в Сурхандарьинскую, Кашкадарьинскую, Навоинскую и Бухарскую области через территорию Узбекистана. Кроме того, это решит проблему несоответствия вегетационного периода Узбекистана с невегетационным периодом большого водопотребления для нужд гидроэнергетики Таджикистана. Вместе с этим, это предотвратит возможные проблемы появления второго «Айдар улья», вблизи Туямуюна, в результате сброса воды для обеспечения безопасности эксплуатации гидроузлов нижнего течения Амударьи. Водоохранилище будет запроектировано емкостью около $2,0 \text{ км}^3$.

2. Приступить к проектированию и строительству нового магистрального канала через территорию Узбекистана, берущего свое начало от Амударьи, транспортирующего воду через новое водохранилище до Талимарджанского и Пачкамарского водохранилищ (см.рис.2). Канал будет осуществлять транспортирование воды, в основном, самотеком, а применение современных технологий обеспечит повышение КПД канала до 95% минимум. Согласно результатам предварительного гидравлического расчета, можно сделать вывод о том, что запроектированный канал будет иметь устойчивое сечение при следующих параметрах: пропускная способность канала $Q=800 \text{ м}^3/\text{сек}$; уклон дна канала $i=0.0001$; для уменьшения фильтрации канал будет облицован, для этого случая коэффициент шероховатости будет принят равным $n=0.014$; коэффициент заложения откоса $m=2$; глубина воды $h=5.8$; ширина канала по дну $b=110$; общая длина канала $L=250 \text{ км}$. При этом, необходимо учитывать основной недостаток гидравлического расчета проектируемого канала, который заключается в том, что он не соотносится с нахождением оптимального решения канала в целом, для транспортировки водного потока при равномерном режиме [8;9].

3. Резко повысить КПД канала, что позволит сэкономить водные ресурсы южных областей Узбекистана на 25-40%, при сохранении существующих поливных форм для с/х культур. Это поспособствует ликвидации 11 км^3 дефицита водных ресурсов бассейна реки Амударьи, что составляет 30% водопотребления стран Центральной Азии.

4. Резко прекратить дополнительные эксплуатационные расходы за аренду территории Туркменистана.

5. Благодаря имеющемуся научному, производственному потенциалу водохозяйственного комплекса республики, будет сооружен образцовый комплекс Гидротехнических Сооружений - это Магистральный канал с устойчивым гидравлическим наиболее выгодным сечением (недеформируемый канал) и водохранилище с большой емкостью и низконапорной плотиной. Вблизи водохранилища, по возможности, будет учтен ландшафт местности и придан современный дизайн району нового водохозяйственного комплекса.

6. По географическому расположению комплекс будет находиться вблизи Автомобильной и Железнодорожной дорог Термез-Карши-Самарканд-Ташкент. Такое расположение будет способствовать более тесному развитию различных инфраструктур, которые позволят улучшить экологическую обстановку вдоль вышеназванных дорог.

7. Берег водохранилища будет запроектирован таким образом, что во время эксплуатации систематически будут осуществляться очистные работы земснарядами, и все продукты, поступающие в чашу водохранилища будут являться строительными материалами высокого качества, они могут быть транспортированы в крупные города для использования и производства сапропеля.

8. Поскольку транспортирование воды, в основном, будет осуществляться самотеком, резко снизятся эксплуатационные расходы и себестоимость выращиваемых культур.

9. Следует отметить, что Узбекистан будет забирать тот объем, который соответствует его лимиту, согласованному с другими водопользователями бассейна реки Амударьи.

10. Хотя строительство такого водохозяйственного комплекса требует больших капитальных затрат и огромных ресурсов, в связи с началом строительства Рогунского водохранилища, оно приобретёт большую актуальность в целях обеспечения водной безопасности населения Узбекистана.

11. Осуществление этого проекта позволит строить новые ГЭС по схеме 7+2+1 с различными мощностями.

7 - в русле КМК,

2 - в русле АБМК, вместо существующих насосных станций

1- в русле нового Магистрального Канала с напором 241 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад заместителя министра сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан Ш.Р. Хамраева на региональной конференции, посвященной подготовке к 6-му Всемирному Водному Форуму: «Водное хозяйство Узбекистана на пути преодоления дестабилизирующих факторов на основе внедрения инноваций и международного водного права» (г. Ташкент, 12-13 май 2011 г.).
2. *Ишчанов Ж.К., Кучкарова Д.Х., Бекмамадова Г.А.* К выбору трассы нового канала переброски Амударьинской воды. Сборник статей по проблемам Междуречинска и переброски воды Амударьи.
3. Национальный отчет Республики Узбекистан. В рамках программы UNEP по содействию и помощи развивающимся странам в выполнении Йоханнесбургского плана реализации цели «Планы действий по интегрированному управлению Водными ресурсами и Водосбережению» Ташкент, 2005. 25 с.
4. *Базаров Д.Р., Каримов Р.Р., Хидиров С.К.* Гидравлика II. Ташкент, ТИИМ. 2015. 425 с.
5. *Рахимов Ш.Х.* «Совершенствование эффективного использования водных ресурсов, улучшение мелиорации орошаемых земель и экологии окружающей среды» НИИИВП при ТИИМ 2012г.
6. Карта Узбекистана. Часть. Физико-географическая характеристика. Т. 2013. 100с.
7. Научно-Технический отчет отдела русел САНИИРИ за 1969-1970 гг. по работе «Сбор, систематизация и анализ материалов исследования дейгиша и методов борьбы с этим явлением на реке Амударье». Ташкент, 1970.
8. *Курбанов С.О., Ханов Н.В.* Основы оптимизации полигональных сечений гидротехнических каналов. Гидротехническое строительство, 2008, №12. с.27-31.
9. *Михалев М.А.* Расчет магистральных каналов. Инженерно-строительный журнал. СП.б, №4(39) май-июнь, с.83-93.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АХАНГАРАНСКОГО ГИДРОУЗЛА

Н.Н. Урунов¹, Д.Т. Кодиров², С.Б. Кадилов³

¹ студент, *international@e-tiiame.uz, 7407980@inbox.uz*

² магистрант, *international@e-tiiame.uz, dilmurod.qdt@mail.ru*

³ магистрант, *international@e-tiiame.uz*

^{1,2,3} *Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39*

Аннотация В настоящей статье приведены проектные показатели Ахангаранского водохранилища, результаты натурных исследований по показателям контрольно-измерительных приборов, установленных для определения сдвигов и осадков с целью обеспечения безопасной и надёжной работы сооружений при эксплуатации Ахангаранского гидроузла. В настоящей статье также даны сведения о геодезических знаках, имеющих особое значение в наблюдении статической устойчивости сооружений Ахангаранского гидроузла, об их задачах, схемах их расположения в сооружении, об их состоянии в период эксплуатации, о результатах исследований, полученных с геодезических знаков по Верхне-Тюркскому оползнию, о неполадках, выявленных в геодезических знаках, приведены основные мероприятия и выводы.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, в настоящее время осуществляются целый ряд мероприятий по обеспечению надёжной и безопасной работы водохранилищ Республики Узбекистан. В частности, в целях обеспечения надёжной и безопасной работы сооружений при эксплуатации Ахангаранского гидроузла обретает особую значимость и исследования полевых наблюдений, проводимых по сегодняшнему состоянию контрольно-измерительных приборов, установленных для выявления сдвигов и затоплений. По этой причине при эксплуатации Ахангаранского гидроузла разработка мероприятий по обеспечению надёжной и безопасной работы сооружений является одной из актуальных задач.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Строительные работы по строительству Ахангаранского водохранилища были начаты в 1957 году на основе проекта института “Средазгипроводхлопок” (Узгипромелиоводхоз) и были закончены в 1971 году, и 28 июля того же года водохранилище было сдано в эксплуатацию. В 1987 году были проведены работы по перестройке водохранилища и в 1989 году оно было сдано в эксплуатацию.

Ахангаранское водохранилище расположено на территории Ахангаранского района Ташкентской области Республики Узбекистан, в верхней части реки Ахангаран на 1,5 км к югу от “Ангрен кўмир кони” вблизи города Ахангаран.

Климат Ахангаранского водохранилища является быстро изменчивым и если рассмотреть многолетние средние данные температура воздуха декабрь-январь месяцев меняется до -30°C , в июле-августе – до $+40^{\circ}\text{C}$. Средне годовая температура составляет $+12^{\circ}\text{C}$. Влажность воздуха в среднем меняется от 51% до 3-6%.

Река Ахангаран образовывается от снежных и дождевых вод. Подъём уровня воды, в основном, начинается с марта месяца. Май является месяцем самого большого поступления воды и приходится на 30 % средне годового объёма воды. Январь является месяцем самого меньшего притока воды – 2 % годового объёма воды. Река Ахангаран считается самой неудобной для орошения рекой. Увеличение объёма воды в апреле-июне месяцах составляет

68 %, а в оросительный период (июль-сентябрь) общий объём воды составляет всего 14 %. В связи с этим, в целях нормативного обеспечения водой орошаемых земель было построено и сдано в эксплуатацию Ахангаранское водохранилище. Комплекс сооружений Ахангаранского Гидроузла был спроектирован на пропуск реки Ахангаран вокруг Ангренской угольной шахты и обеспечение водой сельскохозяйственных земель. Вместе с этим комплекс служит и для пропуска ливневых вод без потерь [1].

Таблица 1. Основные параметры Ахангаранского водохранилища

Параметры водохранилища		
Полный объём	По проекту	260 млн.м ³
	По 2018 году 25 июня	200 млн.м ³
Полезный объём	По проекту	185 млн.м ³
	По 2018 году	179,5 млн.м ³
Мёртвый объём	По проекту	13 млн.м ³
	По 2018 году	9,5 млн.м ³
Форсированный подпертый уровень	ФПУ	1080,5 м
Нормальный подпертый уровень	НПУ	1070,5 м
Уровень мертвого объёма хажм сатхи	УМО	1010,0 м
Площадь в НПУ	По проекту	8.2 км ²
	По 2018 году	5,35 км ²
Площадь в УМО		0,96 км ²
Площадь отмели в НПУ майдони		0,2 км ²
Длина		6 км
Ширина		1,1 км

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Плотина Ахангаранского водохранилища, грунт основания плотины, склоны плотины, геодезические знаки в гидроузле и вокруг него, оползень на берегу водохранилища, безопасность и надёжность гидроузла.

ЦЕЛЬ

По результатам натурных исследований разработка мероприятий по безопасной и надёжной работы сооружений в эксплуатации Ахангаранского гидроузла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В натурных исследованиях используя геодезические измерительные приборы, был проведён сравнительный анализ технических показателей сооружения с проектными показателями, разработаны рекомендации, использованы методы статистической обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дают хорошие результаты визуальный осмотр предварительного представления о работе сооружений, поэтому визуальный осмотр является частью непосредственного наблюдения сооружений, и оно проводится в сооружениях капитальности всех классов. На основе этих наблюдений определяется структура последующих наблюдательных работ при помощи контрольно-измерительных приборов. Контрольно-измерительные приборы, пикеты, створные знаки и другие приспособления контроля, используемые при проведении наблюдений и исследований, каналцы для слива дренажных вод, берега, визуальный осмотр состояния оврагов на территории расположения гидроузла являются тоже важным аспектом работы.

В некоторых случаях можно натолкнуться на неожиданные процессы, провоцирующие фильтрационные течения.

В проект естественных исследований, считающихся составной частью проекта гидроузла, входят: генеральная программа обоснования цели, задачи, продолжительности естественных исследований и контрольно-измерительных приборов; чертежи размещения контрольно-измерительных приборов и трассы кабелей; проект автоматизации наблюдений; инструкция по установке контрольно-измерительных приборов и ведению наблюдений; контрольные параметры изучаемых величин и смета.

Наблюдение осадков в гидротехнических сооружениях состоит из периодической нивелировки марок, выявления осадков и анализа результатов. Периодическая нивелировка зависит от геологического строения плотины и основания, продолжительности срока эксплуатации, условий работы сооружений и от других схожих факторов. Опыт работы грунтовых сооружений рекомендует измерять осадков в начальные годы эксплуатации 2 раза в месяц, в дальнейшем - поквартально 1 раз. По истечению второго года эксплуатации весной и осенью, после стабилизации осадков измеряются осадки 1 раз в год. В сооружениях, построенных из песчаного грунта, осадки проходят, в основном, в период строительства, в сооружениях с глиняным грунтом осадки проходят очень медленно [2].

В обеспечении безопасной работы гидротехнических сооружений, в повышении их надёжности большое место занимает контрольно-измерительные приборы. При эксплуатации Ахангаранского гидроузла в целях обеспечения безопасной и надёжной работы сооружений для выявления сдвигов и осадков мы провели полевые наблюдательные исследования по сегодняшнему состоянию установленных контрольно-измерительных приборов.

На левом берегу реки Ахангаран на площади длиной 1300 м, шириной 300-500 м есть Верхне-Тюркский оползень, образовавшийся в 1954 году. Основание Верхне-Тюркского оползня расположено в промежутке отметок 1050-1120 м, западная сфера расположена на высоте 1050-1090 м. По направлению течения реки имеет небольшой уклон в 4-12°. Верхне-Тюркский оползень составляет не устойчивый слой общей массой 20 млн.м³. Гидрологические условия могут стать одной из основных причин схода склона оползня.

По результатам топогеодезических измерений, проведенных в апреле-июне 2017 года в Верхне-Тюркском участке, определены нижеследующие данные (таблица 2).

Таблица 2

№	Горизонтальный сдвиг, см	Вертикальный сдвиг, см
В Восточной генерации		
Rp 36	6,3	-7,2
Rp 35	12,7	-6,8
Rp 30	14,7	-13,3
В средней части		
Rp 37	16,4	-7,7
Rp 4	43,0	-10,8
Rp3	57,8	-17,8
В Западной генерации		
Rp 8	16,5	-3,4
Rp 9	18,3	-4,8
Rp 21	33,2	-6,2
Rp 34	50,8	-12,9
Rp 23	9,1	-3,4
Rp 13	31,6	-4,3

В таблице 3 приведены сведения, полученные в сентябре 2017 года из измерительных марок.

Таблица 3

Марка1, см	Марка4, см	Марка7, см
1,4	1,6	1,1

На сегодняшний день нет возможности использовать Ахангаранское водохранилище в максимальном уровне. Одной из причин такого положения является то, что водосборник ёмкостью 3,5 млн.м³, расположенный на дне водохранилища, покрыт илом, а вторая причина – если мы будем собирать максимально воду на дне водохранилища глубиной в 1080,5 м, то ускоряется движение Верхне-Тюркского оползни и это создать большую опасность для водохранилища. Для предотвращения движения Верхне-Тюркского оползня необходимо провести соответствующие работы. Нельзя превышать уровень водохранилища отметки 1070,50 м и объёма отметки 185 млн.м³

Список контрольно-измерительных приборов, предназначенных для определения осадков и сдвигов плотины Ахангаранского водохранилища, приведен ниже в таблице 4.

В процессе проведения полевых наблюдательных исследований мы также изучили схематическое расположение геодезических контрольно-измерительных приборов (рис.1).

Согласно решению Кабинета Министров РУз. От 7 апреля 1992 года за № 174 в прибрежных регионах, входящих в ведомство Управления эксплуатации Ахангаранского гидроузла и на территории зоны охраны воды построена электрифицированная железнодорожная линия “Ангрен-Поп”. Одной из известных нам причин является то, что в результате строительства электрифицированной железнодорожной линии разрушены фундаментальные реперы правой стороны.

Таблица 4. Контрольно-измерительные приборы, установленные для определения сдвига и осадков плотины

Геодезическая сеть:	
Фундаментальные реперы	2 шт. куста (по три в каждом)
Пункты триангуляции	5 шт.
Плановые знаки занятости	27 шт.
Створные знаки	19 шт.
Контрольные створные знаки	4 шт.
Марки поверхностного бетона	74 шт.

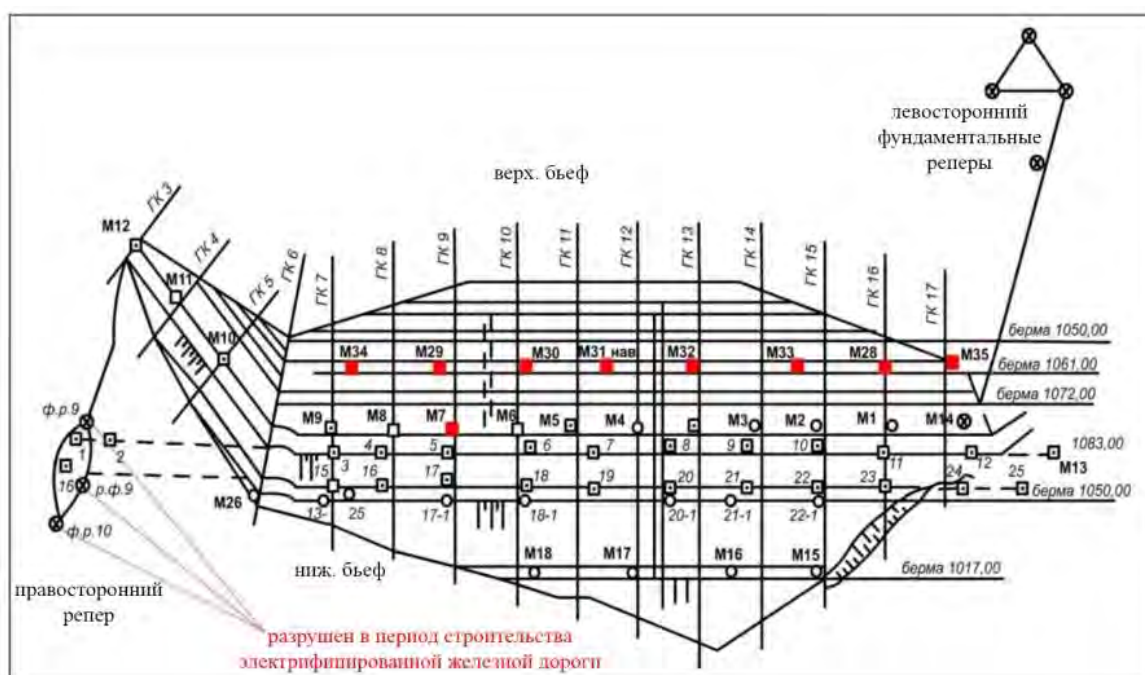


Рис. 1. Схематическое расположение геодезических контрольно-измерительных приборов [1].

Разработаны следующие мероприятия по устранению опасности Верхне-Тюркского оползня и разрушений в фундаментальных реперах, выявленных в полевых наблюдательных исследованиях.

Разработанные мероприятия

Принять серьезные меры по устранению опасности Верхне-Тюркского оползня;

Обеспечить не превышение уровня воды в водохранилище свыше 1070,5 м (НПУ), объема воды свыше 185 млн.м³;

Разработать и осуществить план работы по очистке имеющихся в Ахангаранском водохранилище илистых осадков;

Обеспечить исправное состояние в установленном порядке используемых в гидротехнических сооружениях контрольно-измерительных приборов;

Инженеру по наблюдению за техническим состоянием сооружений, исходя из своих задач, ускорить представление требований по регулировке контрольно-измерительных приборов;

Организовать работу по нивелированию, переустановке разрушенных фундаментальных реперов;

Обновить и автоматизировать систему контрольно-измерительных приборов;
Обеспечивать надёжность контрольно-измерительных приборов и системы автоматического управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае, если вышеизложенные мероприятия будут проведены своевременно и эффективно, будет обеспечена безопасная и надёжная работа сооружений Ахангаранского гидроузла и станет возможным продление срока его службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчёт Управления эксплуатацией Ахангаранского гидроузла, представленный за 2018 год Республиканскому Управлению “Ўзсувтаъмирфойдаланиш”.
2. *Кадирова М-Г. А.* Использование речных гидроузлов. ТИИМ. Ташкент-2008 год, 354 страниц.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ ИЗ МАЛОЦЕМЕНТНОГО БЕТОНА

А.М. Шайтанов¹, Н.А. Анискин²

¹аспирант 1 года обучения кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, вед. специалист отдела гидротехнических проектов, a.shaitanov@tempstroy.ru

²научный руководитель, д-р техн. наук, проф., директор Института гидротехнического и энергетического строительства, nikolai_aniskin@mail.ru

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

¹Корпорация «ТемпСтройСистема», 119296, г. Москва, Университетский проспект, д. 5

Аннотация. В настоящей работе рассмотрена проблема сейсмического воздействия на гидротехнические сооружения на примере бетонной гравитационной плотины Нижнениманского гидроузла с центральной частью из малоцементного бетона, расположенной в Хабаровском крае. Сейсмичность района строительства составляет 8 баллов.

Оценка напряженно-деформированного состояния системы «сооружение-основание» производилась с помощью программных комплексов, разработанных на кафедре Гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ.

По результатам исследования были сделаны выводы о степени влияния сейсмических воздействий на НДС и получена количественная оценка их влияния.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее количество гидроузлов возводятся в сейсмоопасных районах, в том числе на территории Российской Федерации и стран СНГ, более 10% территории которых составляют зоны с интенсивностью землетрясений от 7 до 10 баллов [1,2].

Примерами гидроузлов, построенных в подобных условиях, являются Токтогульский, Нурекский, Чиркейский, строящийся в настоящий момент Рогунский, и другие.

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо учитывать все параметры потенциального сейсмического воздействия, а также максимально возможную его силу.

Основной задачей расчетов при особом сочетании нагрузок является обеспечение устойчивости плотины на сдвиг.

Наведенная сейсмичность может возникать при создании гидроузлов с плотинами высотой 100 и более метров и крупных водохранилищ с объемом, превышающим 1 км³. Явление малоизучено и, как правило, проявляется в первые 10 лет после наполнения водохранилища в виде увеличения частоты небольших толчков, как, например, на Нурекской ГЭС, где было зарегистрировано более 200 толчков интенсивностью 6 баллов [1].

Таким образом, сейсмические воздействия оказывают значительное влияние на напряженно-деформированное состояние сооружения, его устойчивость и, как следствие, на безопасность при эксплуатации, обеспечение которой и является приоритетной задачей.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предметом исследования является система «сооружение-основание» на примере бетонной гравитационной плотины Нижнениманского гидроузла с центральной частью из малоцементного бетона.

ЦЕЛИ

Целью настоящей работы является анализ и количественная оценка влияния сейсмических воздействий на напряженно-деформированное состояние системы «сооружение-основание», а также расчет устойчивости сооружения.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В процессе исследования изучались труды отечественных и зарубежных авторов, а также нормативная литература.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках настоящей работы значения сейсмических сил определялись по линейно-спектральной методике и были добавлены к нагрузкам основного сочетания. Расчет форм собственных колебаний, а также их построение производилось в специальной программе и была вычислена среднеквадратичная сейсмическая сила. Далее, в программном комплексе, разработанном на кафедре Гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, была создана конечно-элементная модель системы «сооружение-основание» и выполнен ее расчет на действие нагрузок особого сочетания в упругой постановке [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предполагаемый створ Нижнениманского гидроузла располагается в Верхнебуреинском районе Хабаровского края на реке Ниман. Данная река является правым притоком реки Буреи, впадает в нее на 457 км от устья. Строительство планируется на территории Ургальского промышленного района, ликвидные запасы древесины которого по предварительным подсчетам составляют 141,8 млн. м³.

Высота плотины составляет 140,5 м., длина по гребню – 722,5 м., напор на сооружение – 137 м. Установленная мощность ГЭС составляет 600 МВт. Назначение гидроузла – выработка электроэнергии.

Согласно карте общего сейсмического районирования (ОСР-2016 С) территории РФ нормативная сейсмичность района строительства оценивается в 8 баллов.

Определение сейсмических сил производилось по следующей формуле [3,4]:

$$S_{ikj} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{\psi} \cdot Q_k \cdot A \cdot \beta_i \cdot \eta_{ijk}, \quad (1)$$

где $k_1 = 0,45$ - коэффициент, зависящий от степени повреждений, допускаемых в сооружении при землетрясении; $k_2 = 1,0$ - коэффициент, учитывающий влияние высоты сооружения на значение узловых инерционных сил; A – вектор ускорения в долях от g , зависит от балльности и от класса сооружения. При 8 баллах $A=0,2$; $k_{\psi} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий роль затухания, зависящий от интенсивности сейсмического воздействия. β_i - коэффициент динамичности, соответствующий периоду собственных колебаний сооружения T_i по i -ой форме колебаний.

Суммарная присоединенная масса воды при учете гидродинамики по Вестергарду:

$$\sum Q_B = 0,543 \cdot \gamma_B \cdot h^2, \quad (2)$$

где $\gamma_B = 0,00981 \frac{MN}{m^3}$ - удельный вес воды; h – напор на сооружение.

Таким образом, согласно (2):

$$\sum Q_B = 0,543 \cdot 0,00981 \cdot 137^2 = 99,98 \text{ MN.}$$

Как было указано выше, для создания конечно-элементной модели использовался программный комплекс, разработанный на кафедре ГиГС НИУ МГСУ.

Была принята следующая геометрия разбивки сооружения:

1. горизонтальных секций – 19;
2. количество узлов с учетом разбивки основания – 1579;
3. количество узлов без учета разбивки основания – 420.

К конструкции были приложены все действующие на неё силы, которые представлены в виде эпюр нагрузок (рис. 1).

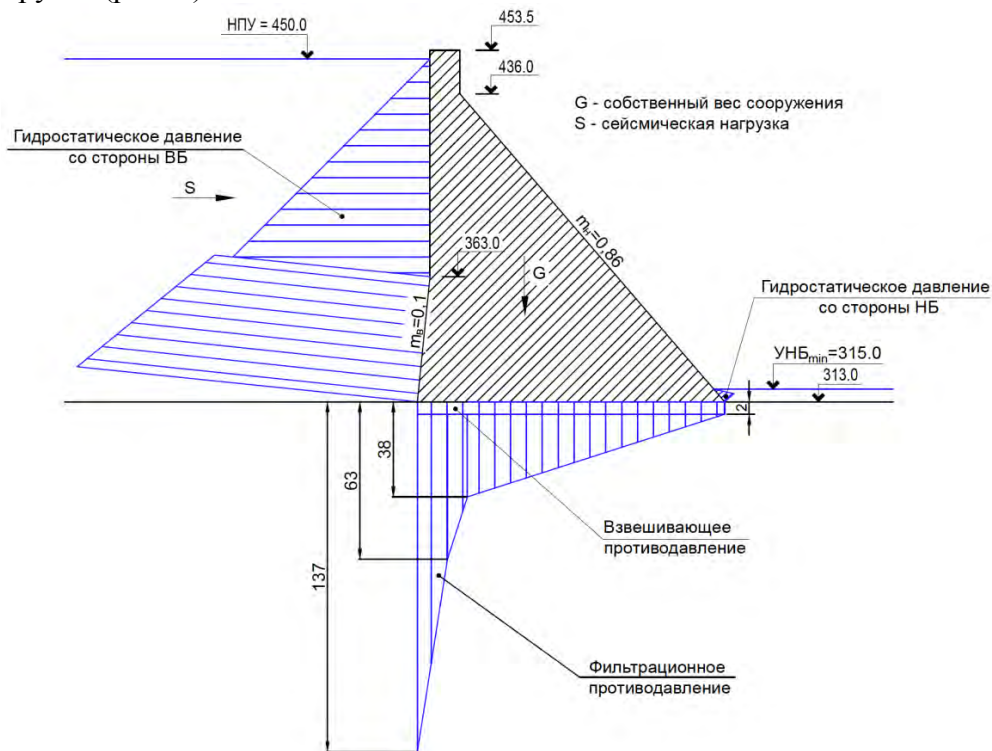


Рис. 1. Схема приложения нагрузок на сооружение

В рамках исследования были построены 10 форм собственных колебаний, из которых было отобрано 5 форм с наибольшими сейсмическими силами. Далее была вычислена среднеквадратичная сейсмическая сила, которая использовалась в дальнейших расчетах [3-5]. Формы собственных колебаний представлены на рис. 2.

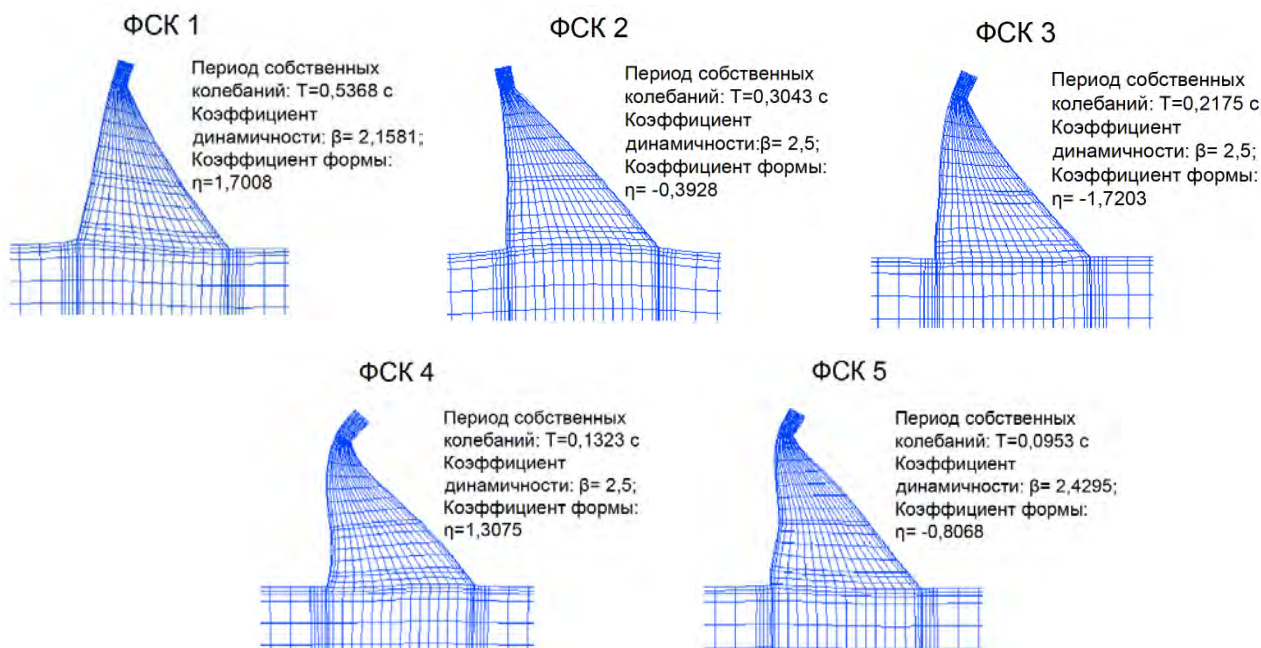


Рис. 2. Формы собственных колебаний плотины

Далее был произведен расчет системы «сооружение-основание» методом конечных элементов и выполнено сравнение полученных значений с результатами расчета в упругой постановке без учета сейсмического воздействия (таблица 1). На рис. 3 представлен характер распределения напряжений σ_y по сечениям.

Таблица 1. Оценка влияния сейсмического воздействия на НДС плотины

Параметр сравнения	Решение в упругой постановке с учетом сейсмического воздействия	Расчет в упругой постановке без учета сейсмического воздействия
Макс. горизонтальные смещения на гребне, м	0,071	0,03
Макс. вертикальные смещения, м	0,02	0,018
Растягивающие напряжения на напорной грани:		
- значение σ_y , МПа	1,72	отсутствует
Глубина проникновения растягивающих напряжений		
- в основании, м	7	отсутствует
- в середине напорной грани, м	5	отсутствует
- в зоне у гребня, м	4,6	отсутствует
Величина σ_y , МПа в зоне концентрации напряжений	-3,13	-2,14
Длина зоны сдвиговых нарушений:		
- со стороны напорной грани, м	11,5	1,5
- со стороны низовой грани, м	4,4	3,1
Коэффициент устойчивости	1,22 (1,22 > 1,184)	1,77

Вывод: при расчете в упругой постановке с учетом сейсмического воздействия максимальные горизонтальные смещения выросли на 137% (0,041 м), а максимальные вертикальные – на 11,1% (0,002 м). На напорной грани появились растягивающие напряжения величиной 1,72 МПа. Максимальная глубина проникновения растягивающих напряжений составила 7 м у основания [1,3].

Величина напряжений σ_y в зоне концентрации увеличилась на 46% (0,99 МПа), а длина зоны сдвиговых нарушений увеличилась на 670% (10 м) со стороны напорной грани и на 42% со стороны низовой грани. Коэффициент устойчивости снизился на 45% (с 1,77 до 1,22), однако удовлетворяет требованиям, предъявляемым нормативной документацией [3].

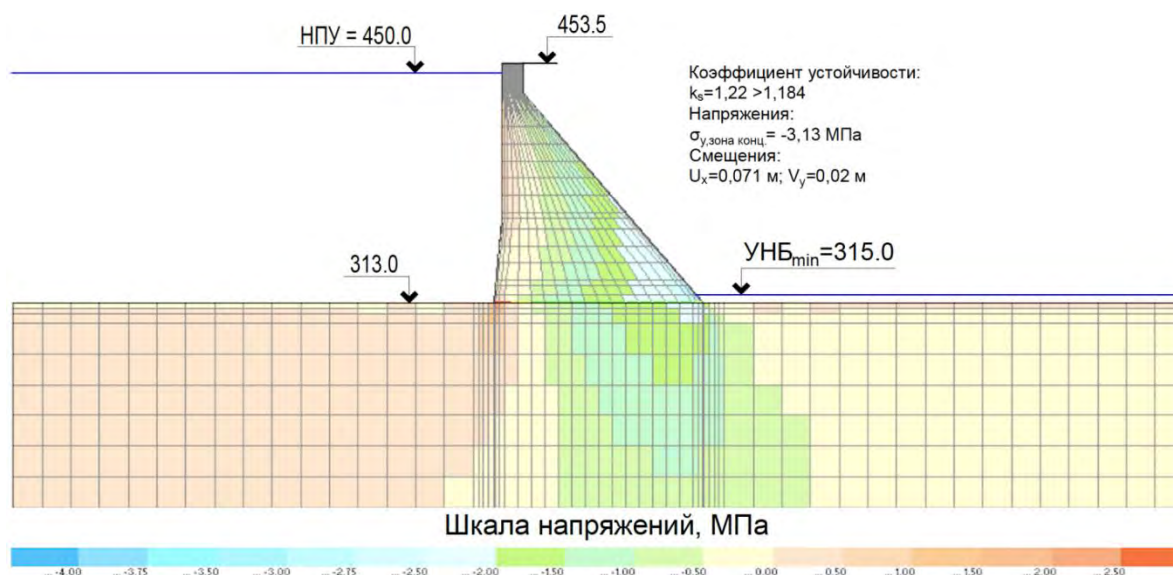


Рис. 3. Характер распределения напряжений по сечениям

ВЫВОДЫ

В настоящей работе были произведена оценка влияния сейсмических воздействий на напряженно-деформированное состояние и устойчивость бетонной гравитационной плотины с центральной частью из малоцементного бетона Нижнениманского гидроузла и выполнено сравнение полученных результатов.

Рассматривалась система «сооружение-основание» при воздействии нагрузок основного сочетания, а также с учетом сейсмических воздействий в упругой постановке.

На основании расчетов можно сделать вывод о том, что сейсмические воздействия оказывают существенное влияние на НДС сооружения и приводят к его ухудшению и снижению устойчивости.

Наблюдается существенное возрастание горизонтальных и вертикальных смещений, а также зоны сдвиговых нарушений как со стороны напорной, так и со стороны низовой грани плотины. Растягивающие напряжения на напорной достигают значений в 1,72 МПа, а глубина их проникновения составляет до 7 м.

Общий вес секции плотины шириной 1 пог. м составляет 199,72 МН.

Горизонтальная сейсмическая нагрузка - 33,38 МН, что составляет 16,71% от веса секции плотины.

Вертикальная сейсмическая нагрузка - 17,44 МН, что составляет 8,73% от веса секции плотины.

Таким образом, для обеспечения надежной и безопасной работы сооружения необходимо максимально детальный и точный расчет на действие нагрузок особого сочетания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидротехнические сооружения (речные). Часть 2. Учебник для вузов. Издание второе, исправленное и дополненное/Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин и др. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.
2. ICOLD Bulletin 137, 2011, Reservoirs and seismicity.
3. СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. - М.: Минстрой России, 2016.
4. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений/К.С. Завриев, А.Г. Назаров, Я.М. Айзенберг и др. – М.: Стройиздат, 1970.
5. Болт Б. Землетрясения/Б. Болт. – М.: Мир, 1981.

Секция 6. NEW CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ВРЕМЕННЫХ КРЕПЛЕНИЙ СТЕНОК ВЫЕМОК И КОТЛОВАНОВ

Р.Т. Аветисян¹, Т.Х. Бидов²

¹студент 3 курса 14 группы ИСА, *Robert.avetisyan.98@mail.ru*

²научный руководитель, стар. пр., *tembot07@bk.ru*

^{1,2}ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Аннотация

Предмет исследования: методики и технологии, используемые для производства работ на этапе нулевого цикла в грунтах, испытывающих воздействия от различных факторов, которые оказывают влияние на принятие организационно – технологических решений.

Цели: задачей данной статьи является обзор, сравнение и анализ современных методик и методов креплений стенок и котлованов с последующим предложением мероприятий по их совершенствованию. В статье представлены современные технологии и методы производства работ, а также факторы, оказывающие влияние на их выбор.

Материалы и методы: нормативно-техническая документация, проекты организации строительства, проекты производства работ; обобщение, представление и анализ совокупных опытных данных об особенностях каждого метода.

Результаты: проведено исследование и рассмотрены особенности каждого метода. Осуществлен краткий анализ, описывающий процессы производства работ. Описанные технологии способов временного крепления стенок траншей и котлованов.

Выводы: были выявлены факторы, оказывающие влияние на выбор способов крепления стенок, выемок, таковыми стали: проработанность организационно-технологической документации, квалификация рабочих и ИТР, геологические, гидрометеорологические условия и др. Определено направление для дальнейшего исследования данного вопроса, а именно: проведение экспертного опроса с целью ранжирования факторов, построения математической модели и проведения эксперимента.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время с возрастанием темпов в многоэтажном строительстве на этапах нулевого цикла возникает потребность в закреплении вертикальных стен выемок и котлованов. Объектом данного исследования стали технологические решения по выбору и устройству временных креплений стенок выемок и котлованов. При реализации строительного проекта, на этапе нулевого цикла, отдельное внимание уделяется временным креплениям откосов котлована. Выбор конструкций крепления зависит от многих факторов, таких, как: свойства грунтов, гидрогеологические условия, сезонные условия проведения работ, конструктивных особенностей объекта, а также многих других параметров. В вертикальных откосах грунт естественной влажности при отсутствии грунтовых вод разрешается оставлять без ограждающих конструкций. При большой глубине котлована предпринимаются мероприятия по креплению стенок выемок и котлованов, для предотвращения обвалов и оползней. В резуль-

тате исследования были разобраны практикуемые методы в строительстве. Данные работы регламентируются СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данной работе для выявления факторов, оказывающих влияние на принятие организационно-технологических решений при выборе того или иного метода временного закрепления стенок выемок, была изучена научная и учебно-методическая литература, статьи и нормативные документы, находящиеся в доступном формате в Интернете, а также в научных базах данных как: e-library, Scopus, Google Scholar. Аналитический обзор свидетельствует о важности, значимости и актуальности данного вопроса. Рассмотрены нормативные документы в строительстве, касающиеся данного вопроса. Проанализирована литература: С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский, З.Г. Тер-Мартirosян, С.Н. Чернышев, Механика грунтов, оснований и фундаментов. В данном пособии подробно описаны возможности и особенности применения ограждающих конструкций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ проводился с использованием нормативно – технической документации и научной электронной базы данных. Рассмотрены и обобщены данные об особенностях процесса производства работ временных креплений стенок траншей выемок во время земляных работ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день известны следующие типы креплений: распорные, подкосные, консольные, консольно – анкерные, консольно – распорные. Тип конструкции крепления зависит от многих факторов: от свойств грунтов, назначения и размеров выемки, гидрогеологических свойств и условий производства работ. Наиболее распространенные в практике – распорные крепления. Их применяют для траншей глубиной не более 3 м. Они состоят из щитов, стоек, раздвижных распорок, рам. Стены выемок сразу же закрепляют после отрывки грунта. Такие крепления выполняют в виде деревянного или металлического шпунта, деревянных щитов с опорными стойками [1],[2].

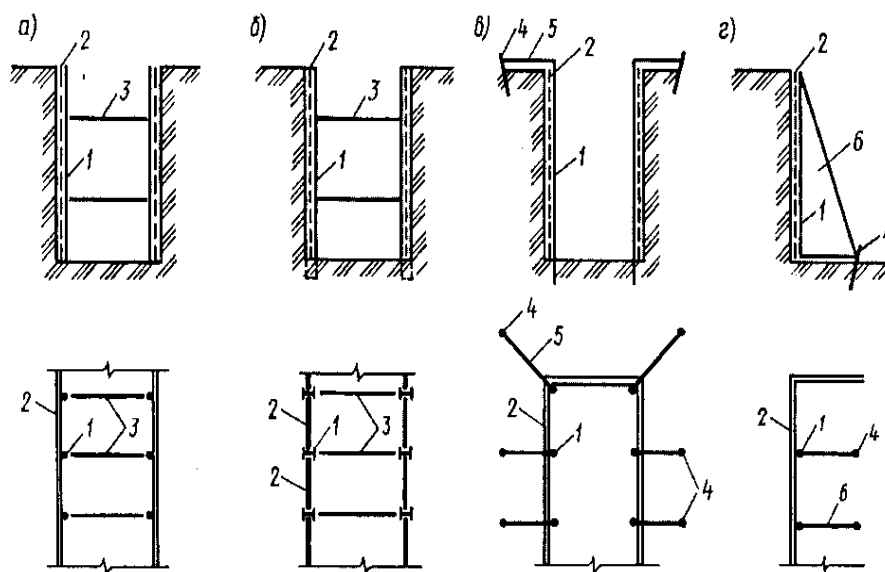


Рис. 1. Распорные крепления котлована

а) стоечно-распорное; б) консольное; в) консольно-распорное; г) анкерное; д) подкосное; 1 - щиты; 2 - стойка; 3 – распорка.

Следующим видом для крепления стенок котлована является шпунт. Он является самым дорогим, но и самым надежным видом крепления. Шпунт применяют в водонасыщенных грунтах. Его забивают на два – три метра ниже уровня дна котлована, тем самым обеспечивая его устойчивость. В качестве материала используют дерево либо металл. Металлические шпунты представлены прокатными профилями швеллера, двутавра, специально – выпускаемого прокатного профиля [3], [4].

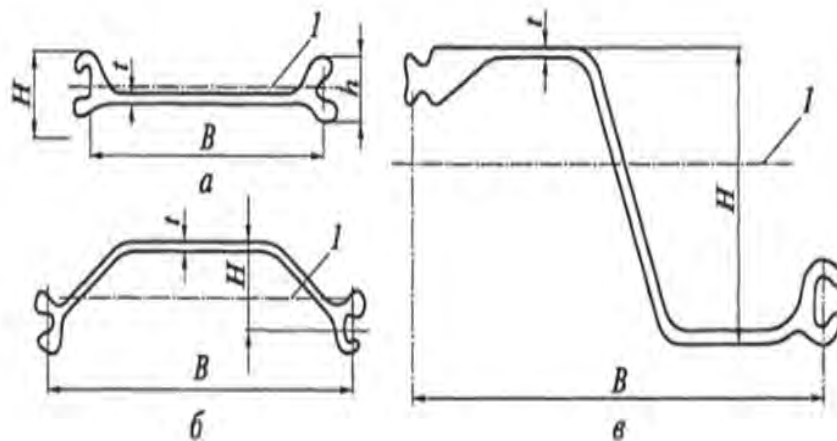


Рис. 2. Схемы шпунтового крепления котлована.

а) сталь шпунтовая плоская; б) сталь шпунтовая корытная; в) сталь шпунтовая зетовая;
 1 - нейтральная ось; Н - высота профиля шпунта; А - высота профиля замка; t - толщина шпунта;
 В - ширина шпунта

Анкерное крепление предназначено для восприятия опрокидывающих сил, возникающих от действия массива грунта на шпунты, сваи. Их устраивают под углом к горизонту до 25° . Анкер состоит из металлической тяги или стального каната. Тягу одним концом крепят к конструкции стены, а другой – в грунт, инъецируя бетонным раствором [5], [6].

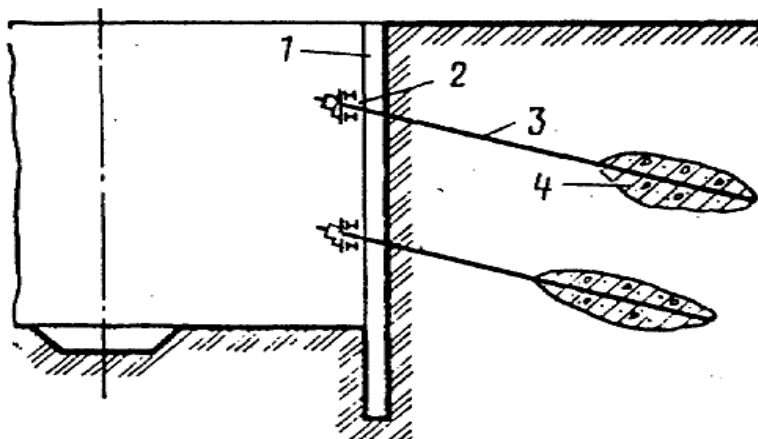


Рис. 3. Анкерное крепление котлована.

1) свая крепления котлована; 2) пояс из двух двутавров; 3) тяга анкера; 4) заделка анкера

В случаях отрывки широкого котлована применяется подкосное крепление. Конструкции крепления расположены внутри котлована. Подкосное крепление дороже, чем анкерное, поэтому его применяют в тех случаях, когда иные формы креплений невозможны. Крепления состоят из щитов, прижимаемых к грунту и из наклонных подкосов и горизонтальных распорок. Такие системы крепления принимают в котлованах глубиной более 4-5 м.

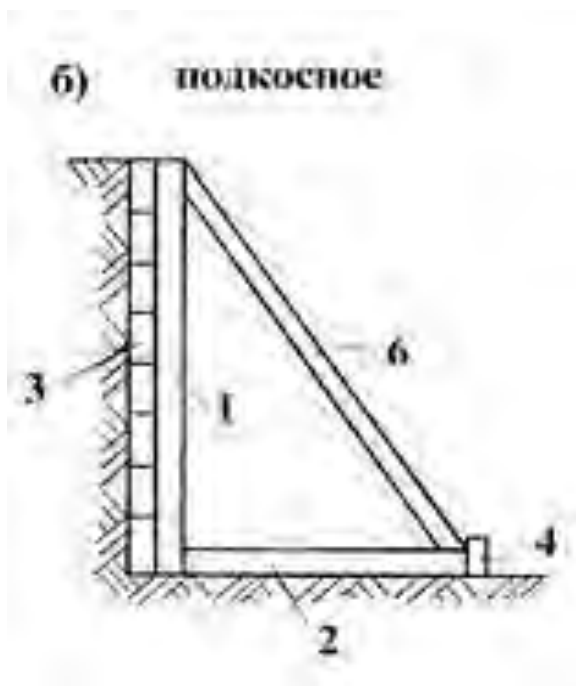


Рис. 4. Подкосное крепление котлована
 1) стойка; 2) распорка; 3) щиты; 4) анкер; 5) стяжка; 6) подкос

Таблица 1. Сопоставление техно-экономических показателей типов ограждений котлованов

Типы ограждения	Слабые грунты	Влажные пески	Водонасыщенные пески	Гравелистые и скальные грунты	Водопроницаемость	Прочность и жесткость	Скорость строительства	Влияние шумовых воздействий	Влияние динамических воздействий	Экономичность
Шпунтовые ограждения	Удовлетворительно	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно
Ограждения с применением грунтовых анкеров	Плохо	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Хорошо	Хорошо
Ограждения из металлических элементов с забиркой	Плохо	Удовлетворительно	Плохо	Удовлетворительно	Плохо	Плохо	Хорошо	Плохо	Плохо	Плохо



Хорошо



Удовлетворительно



Плохо

ВЫВОДЫ

Были выявлены факторы, оказывающие влияние на выбор способов крепления стенок, выемок, таковыми стали: проработанность организационно-технологической документации, квалификация рабочих и ИТР, геологические, гидрометеорологические условия и др. Определено направление для дальнейшего исследования данного вопроса, а именно: проведение экспертного опроса с целью ранжирования факторов, построения математической модели и проведения эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ершов М.Н., Липидус А.А., Теличенко В.И.* Технологические процессы в строительстве // АСВ 2016, с. 49-55.
2. *Теличенко В.И., Липидус А.А., Терентьев О.М.* Технологии строительного производства // Высшая школа 2007, с. 59-63.
3. *Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В., Тер-Мартirosян З.Г., Чернышев С.Н.* Механика грунтов, оснований и фундаментов // АСВ 1994, с. 365-374
4. *Далматов Б.И.*, Механика грунтов, основания и фундаменты // Издательство «Лань» 2012, с. 313-322
5. *Абуханов, А.З.* Механика грунтов: Учебное пособие // Феникс, 2006.
6. *Конюхов Д.С.* Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения //М.: Архитектура, 2005 - 298 с.

РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ОБЪЕКТОВ С НЕТИПИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

В.В. Белоусов¹, Н.В. Мокрова²

¹ студент 4-го курса 30 группы ИИЭСМ, brawnschtailer@gmail.com

² научный руководитель, д-р техн. наук, проф., natali_ym@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, Москва, Ярославское шоссе, д.26

Предмет исследования: Программируемый робот- манипулятор с режущим модулем, используемый при алгоритмическом проектировании с целью реализации архитектурно-сложных проектов с максимальной эффективностью.

Материалы и методы: Методы алгоритмизации при управлении исполнительными механизмами на основе алгебры- логики, при построении геометрических форм пространственной модели в соответствии с требуемыми чертежами. Чтение чертежей осуществляется из AutoCAD.

Результаты: Исследование показало, что робот манипулятор способен выдерживать вес созданной режущей алюминиевой конструкции 5кг, с размахом струны 760мм, длиной двух ножек 700мм, проволокой 0.25мм из нихрома, источником постоянного тока 0-30 Вольт/ 0-16 Ампер, и способен реализовать проект с габаритами 700*700мм с учетом любой сложности заданной геометрии.

Выводы: Реализуемый робот-манипулятор, используя технологию резания объектов с нетипичной геометрией решает целый спектр важных задач, которые направлены на реализацию заявленной технологии с максимальной энергоэффективностью.

ВВЕДЕНИЕ

Роботизация производства строительных фирм и предприятий в строительной индустрии достигла чрезвычайно быстрого распространения и активно внедряется на протяжении последних лет. Используемая в данной статье технология дает возможность и пространство для реализации уникальных объектов, расширяя своё участие на рынке для строительной организации, приобретающей данного робота, и сокращая конкуренцию ввиду уникальности проекта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылаясь на исследовательские издания «Research&Markets.com» и «London City AM» совокупные доходы мирового рынка робототехники в строительной индустрии достигнут 19,36 миллиардов долларов к 2025 году, учитывая, что порядка 40% от общего числа строительных фирм уже внедрили робототехнические технологии, так же только в Великобритании порядка 175.000 рабочих мест за следующие 10 лет будет заменено роботами.

Учитывая благоприятные прогнозы исследовательских изданий, можно сделать акцент на создании и реализации новых продуктивных робототехнических технологий в строительстве, отличительной чертой которых будет технологическое преимущество, связанное со своей уникальностью и энергоэффективностью.

Представленная в статье технология основана на базе робота-манипулятора компании АВВ модели IRB 120 и созданного режущего модуля с размахом струны 760мм, состоящего из алюминиевых трубок 30*760мм, нихромовой нити накала 0.25мм и источником постоянного тока 0-30 Вольт/ 0-16 Ампер. Спецификация оборудования представлена в библиографическом списке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассматривая основную тему- роботизация процесса резания объектов с нетипичной геометрией, выделяются 2 цели для последующей реализации:

- позволить подрядчикам реализовать геометрически- сложные проекты с увеличением энергоэффективности строительства в 2-5 раз;
- максимизировать технические возможности программируемого манипулятора на строительной площадке.

Организация эксперимента проходила следующим образом:

Необходимость в моделировании геометрически сложного объекта в информационной среде, а именно в специализированном программном обеспечении Rhinoceros 6 и в дальнейшем, с использованием визуального редактора заданных алгоритмов Grasshopper, задать траекторию резания для робота-манипулятора для последующего процесса резания.

Сам физический процесс осуществляется с помощью режущего модуля, представленного на рисунке 1:

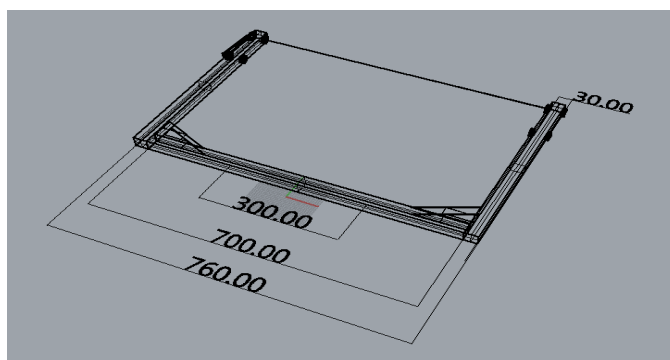


Рис. 1. Размеры и 3D визуализация режущего модуля

Режущего модуль с размахом струны 760мм состоит из алюминиевых трубок 30*760мм, источника постоянного тока 0-30 Вольт/ 0-16 Ампер и нихромовой нити накала 0.25мм, последняя должна нагреваться до 250-450 градусов Цельсия, чтобы иметь возможность с постоянной скоростью прорезать пеноблок.

Следующий этап: построение заданной геометрически сложной фигуры, которое выполняется с помощью программного обеспечения Rhinoceros 6 и представлена на рисунке 2:

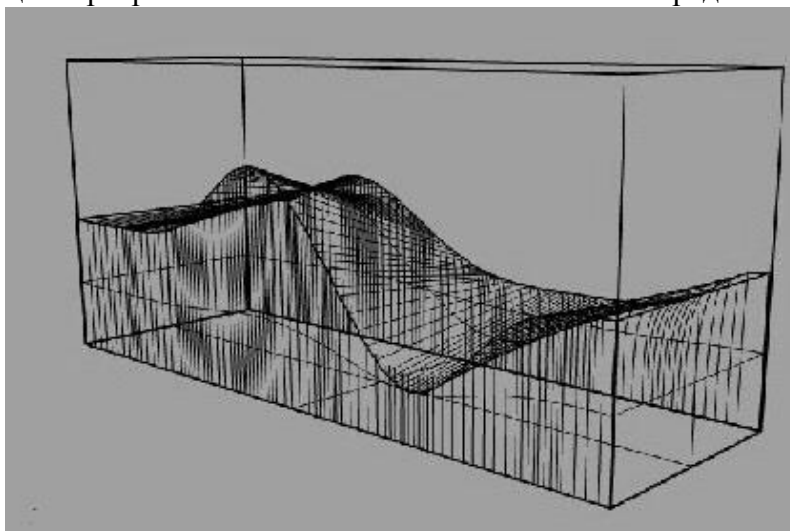


Рис. 2. Геометрия объекта преобразованная геометрия из прямоугольной фигуры

В условиях реальной строительной площадки прямоугольной фигурой является пеноблок – простой в использовании и хорошо поддающийся резанию материал.

Далее с помощью визуального редактора заданных алгоритмов Grasshopper создается алгоритм, при котором робот-манипулятор сможет ориентироваться в пространстве и вы-

полнять процесс резания без ошибок. Для этого необходимо с помощью базовых инструментов языка Grasshopper реализовать последовательность действий:

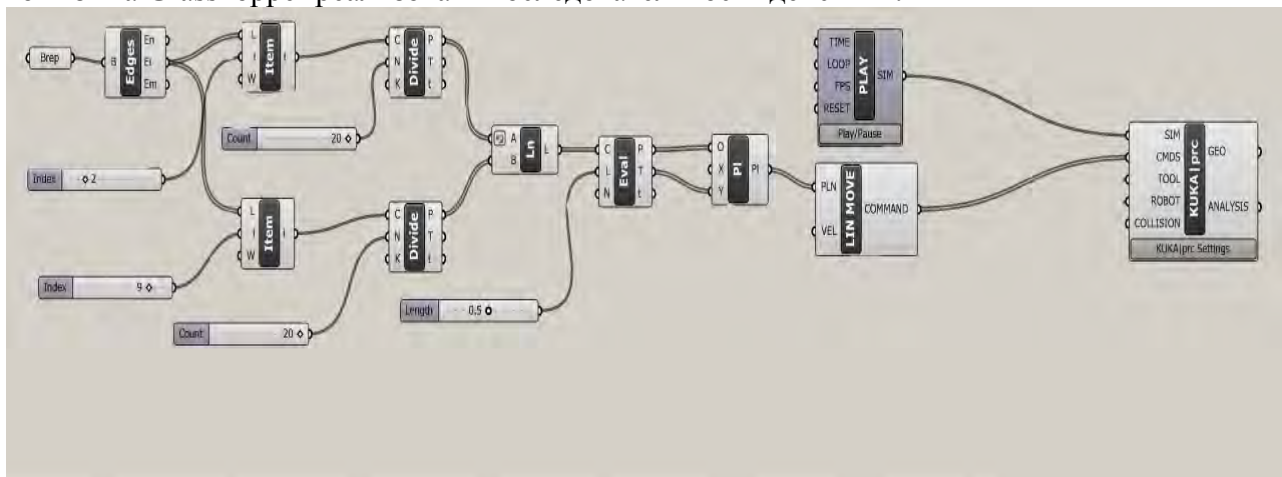


Рис. 3. Заданный алгоритм процесса резания по заданной геометрии

С помощью инструментов Brep и Edges осуществляется выбор геометрии, Item и Divide помогают выделить боковые грани и задать количество точек, которое будет в дальнейшем обрабатывать робот. Далее с помощью линейных алгоритмов Ln, Eval, PI, Command Line Move и виртуальной системы управления роботом Play & Prc Setting осуществляется запуск симуляции процесса резания, представленная на рисунке 4:

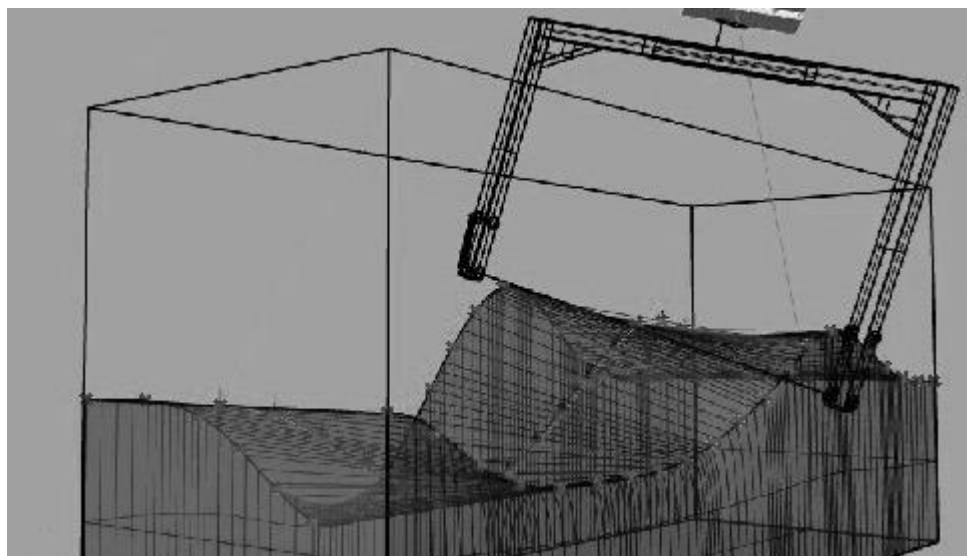


Рис. 4. Выделение точек координат на гранях геометрии и центрирование траектории движения манипулятора с последующим воспроизведением симуляции

После осуществления процесса резания на выходе получается 2 части разрезанного пеноблока, которые в дальнейшем крепятся опалубками со всех доступных сторон, фиксируя полученные части из пеноблока, так же оставляя необходимый зазор между внутренними частями для последующей заливки бетона внутрь.

После высыхания, в течение 3 часов при температуре 20 градусов Цельсия, бетон, залитый между двумя частями пеноблока, затвердевает, образуя необходимую нам нетипичную, сложную в реализации, геометрию, полученную довольно простым по своей структуре процессом.

Отсюда вытекает решение второй поставленной цели: убедившись в работоспособности технологии, её можно адаптировать под значительное количество задач:

- производство собственной опалубки

- резание металлических листов
- размещение на строительной площадке (мобильность)
- использование в ветряной промышленности.

ВЫВОДЫ

Реализуемый робот-манипулятор, используя технологию резания объектов с нетипичной геометрией решает целый спектр важных задач:

- значительное расширение границ использования геометрически уникальных проектов
- обеспечение высокой точностью самого производственного процесса за счёт алгоритмизации при управлении исполнительными механизмами
- относительная простота при введении в эксплуатацию.

Внедрение такого робота на строительную площадку не требует значительных вложений, однако дает возможность и пространство для реализации уникальных объектов, расширяя своё участие на рынке для строительной организации, приобретающей данного робота, и сокращая конкуренцию ввиду уникальности проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grasshopper. Учебник для начинающих. Основы. Редакция V3.2. Автор перевода: Д. Булка. Режим доступа: [http://rhino-help.com/GrasPrim/Grasshopper%20Primer%20V3-2\(RUS\).pdf](http://rhino-help.com/GrasPrim/Grasshopper%20Primer%20V3-2(RUS).pdf) (дата обращения 26.01.2019).
2. Reseach&Markets.com Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4659416/robotics-technology-in-construction-industry> (дата обращения 26.02.2019).
3. London City AM Режим доступа: <http://www.cityam.com/263766/automation-and-ai-leading-uk-into-new-industrial-age-> (дата обращения 16.02.2019).
4. Product specification IRB 120 48стр. Режим доступа: <https://library.e.abb.com/public/4e686e0ed251470cb491d40b33e347ef/3HAC035960%20PS%20IRB%20120-en.pdf> (дата обращения 26.02.2019).

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ДОЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

А.С. Воробьев¹, А.А. Зеленцов², А.Ю. Юргайтис³

¹студент, alexey982010@mail.ru

²студент, melou.sanya@mail.ru

³аспирант, aljurgaitis@gmail.com

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация

Предмет исследования: комплексный подход к процедуре сдачи приемки объектов долевого строительства, а также контроля качества производства работ. Выделяется проблематика качества готовой строительной продукции при реализации инвестиционных проектов с долевым участием.

Цель исследования: регламентировать решения по повышению качества готовой продукции объектов долевого строительства через формирование структурированного подхода к решению вопросов дефектоскопии.

Материалы и методы: сбор и анализ данных. В статье рассматривается статистическая оценка наиболее часто встречающихся дефектов при приеме готовой продукции долевого строительства и их методы контроля.

Результаты: был предложен комплексный подход к контролю качества выполненных строительного-монтажных работ.

Выводы: вектор регулирования спорных ситуаций при сдаче-приемке объектов долевого строительства должен направляться со стороны компании Застройщика за счет организации строгого контроля качества.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе приемки объекта долевого строительства собственники имеют в распоряжении 7 рабочих дней для осмотра и приемки квартиры после получения извещения от застройщика. По результатам осмотра предъявленной к приемке квартиры, в случае отсутствия повреждений и дефектов, собственник подписывает акт приемки-передачи квартиры. В противном случае, при обнаружении критичных повреждений, дефектов, данные отклонения фиксируются в акте осмотра, при этом дольщик отказывается от приемки объекта долевого строительства до момента ликвидации застройщиком выявленных повреждений [1]. В ходе осмотра объектов собственниками возникает множество проблем и прений, причиной которым служит отсутствие стандартизированного подхода к решению данного вопроса. Также одной из ключевых проблем является отсутствие нормативно-технической документации, регламентирующей процесс сдачи-приемки объектов долевого строительства. При качественном выполнении работ застройщиком и успешном составлении акта приема-передачи, ответственность за техническое состояние объекта в процессе эксплуатации возлагается на управляющую компанию, с которой заключается договор. [2] На законодательном уровне установлен гарантийный срок, составляющий 5 лет с момента сдачи объекта, во время которого собственник имеет право потребовать от застройщика устранить повреждения в случае выявления скрытых дефектов конструкций.

Квалиметрические показатели выпускаемой строительной продукции полностью зависят от Застройщика, в том числе от наличия и работоспособности единого механизма сбора и анализа информации о качестве выпускаемой продукции. Для обеспечения возможности статистической оценки возникновения дефектов, а также контроля за их устранением, требуется разработка единой структуры классификации дефектов. Данный стандарт применим для инженерно-технических работников отдела технического контроля. В процессе внутренней

премки выполненных объемов работ инженеры сопоставляют указанные в классификаторе дефекты и их контролируемые параметры с фактически выполненными работами и ставят отметку о наличии данных отклонений в случае их выявления. Таким образом снижается трудоемкость работы сотрудников отдела технического контроля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях формирования структурированного подхода к решению вопросов дефектоскопии были получены и проанализированы данные о дефектах и повреждениях, выявленных в процессе передачи объектов долевого строительства, с реальных объектов. Анализу подверглись дефекты, выявленные на стадии передачи объекта собственнику. Нижеприведенная таблица отображает наиболее часто проявляющиеся отклонения.

Таблица 1. Типовые дефекты чистовой отделки жилья

№ п/п	Группа дефектов	Дефекты	Устранимость
1.	Отделка стен	Некачественная подрезка обоев, образование воздушных пузырей, отслоений	Неустранимый
		Следы краски, клея и другие загрязнения на обойных покрытиях	Неустранимый
		Неровность стен, выступы или впадины на поверхности стен	Неустранимый
		Неплотное прилегание плинтуса к стене (полу)	Неустранимый
		Протечки, миграция воды	Неустранимый
2.	Отделка пола	Трещины, подтеки раствора, сколы в плиточных покрытиях	Неустранимый
		Некачественная затирка плиточных швов	Устранимый
		Вздутие покрытия пола	Неустранимый
		Неплотное прилегание покрытия к основанию	Неустранимый
		Некачественное устройство участка прохождения гильзы	Неустранимый
3.	Отделка потолка	Отслоения краски и штукатурки	Устранимый
		Неровность потолка, выступы или впадины на поверхности стен	Неустранимый
4.	Устройство дверных блоков	Повреждение дверных ручек	Неустранимый
		Повреждение дверных полотен	Неустранимый
		Неплотное прилегание дверных наличников к стенам	Устранимый
		Затрудненное открывание, недостаточная регулировка фурнитуры	Устранимый

		Наличие зазоров между дверными полотнами и полом превышают допустимые значения	Неустранимый
5.	Устройство оконных блоков	Наличие воды в стеклопакете	Неустранимый
		Наличие влажных участков на откосах	Неустранимый
		Продувание в местах сопряжения оконного блока со стеной	Устранимый
		Отсутствуют пластиковые уголки на откосах оконных проемов (если такое решение предусмотрено проектом)	Устранимый

Основопологающей причиной возникновения дефектов, выявляемых при приемке объектов долевого строительства собственниками, зачастую является низкий уровень квалификации отделочных бригад. Данная таблица направлена на использование инженерами отдела технического контроля в процессе внутреннего контроля качества строительной продукции. Согласно таблице дефектов будет производиться осмотр объектов и фиксироваться перечисленные дефекты.

По результатам статистической оценки появления повреждений, дефектов и отклонений сформировано следующее процентное соотношение, представленное на рисунке 1. В процессе исследования были собраны и проанализированы дефектные ведомости а также фотоматериалы, составленные в процессе приемки объектов долевого строительства собственниками. В качестве объектов исследования были выделены три жилых комплекса в городе Москве: ЖК «Царицыно», ЖК «Савеловский Сити», ЖК «Green Park».

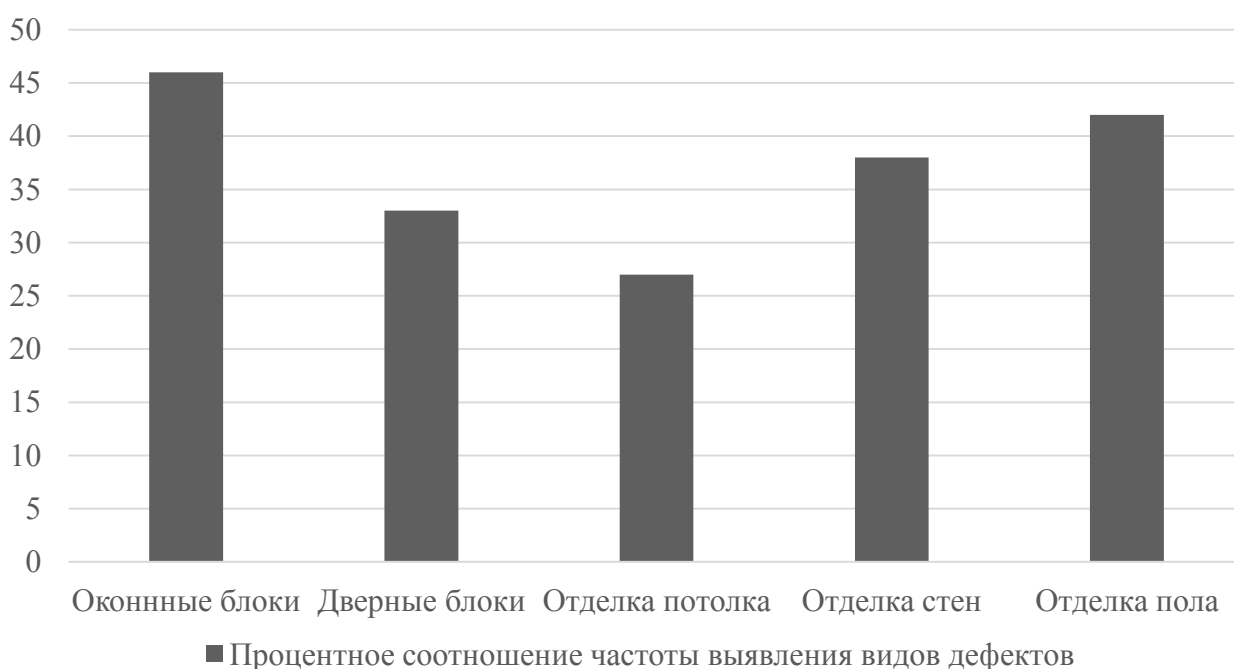


Рис. 1. Статистическая оценка частоты появления дефектов

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам исследования были выявлены основные группы дефектов, встречающиеся при приемке объектов долевого строительства. Был предложен комплексный подход к контролю качества выполненных строительного-монтажных работ.

ВЫВОДЫ

Таким образом, на сегодняшний день стоит задача максимально улучшить качество готовой строительной продукции инвестиционных проектов с долевым участием, минимизировать количество спорных ситуаций будущих собственников жилья с Застройщиком при приёмке объекта. Вектор регулирования в этом отношении должен быть направлен со стороны компании Застройщика, которая может организовать более строгий контроль качества при приёмке выполненных объемов работ. Также будет актуально разработать специальное программное обеспечение, ориентированное на мобильные устройства, компьютеры, которое будет содержать в себе обширную базу дефектов, встречающихся при осмотре жилья, и релевантные допуски по контролируемым параметрам. Это позволит минимизировать затраты труда и сократить сроки анализа ситуации, а также своевременного устранения повреждений, дефектов и отклонений. Таким образом будет оптимизирован процесс обеспечения комфорта, безопасности и эксплуатационной надежности передаваемого жилья. [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. ФЗ от 30.12.2004 N 214-ФЗ (ред. от 14.12.2018).
2. *Зеленцов А.А., Юргайтис А.Ю.* Совершенствование квалитетрической методики приемки готовых железобетонных конструкций при передаче объектов долевого строительства. // Дни студенческой науки. Сборник докладов. Стр. 460-462. 2018г.
3. *Зеленцов А.А., Юргайтис А.Ю.* Формирование стандарта сдачи-приемки объектов долевого строительства. // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. Сборник материалов семинара. Стр. 334-337. 2018г.
4. *Топчий Д.В.* Комплексный строительный надзор: требования и необходимость // Технология и организация строительного производства. – 2014. – № 1. – С. 46-47.

ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ ДЛЯ МОЛОДЫХ СЕМЕЙ С УЧЕТОМ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е.А. Давыдова

магистрант ИСА, vip.ekaterina.davydova@list.ru

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

Аннотация. В настоящее время для массовой застройки до сих пор применяется разработанный ранее типологический ряд жилых зданий или их аналоги, архитектурные решения которых не учитывают современные строительные технологии, и не соответствует требованиям городского населения, их образу жизни, обусловленным существующими социально-экономическими условиями. Целью исследования является определение принципов формирования социального жилья для молодых семей на основе социально-демографических исследований с учетом современных строительных технологий. Предметом исследования является гибкое архитектурно-планировочное решение секции жилого дома средней этажности для молодых семей. Методы исследования основаны на комплексном подходе, который предполагает: 1 - изучение и анализ опыта проектирования социального жилья для молодых семей по средством сопоставления применяемых архитектурно-планировочных решений и технологий строительного производства; 2 - анализ гибкой планировки за счет разработки аналитических схем и таблиц, показывающих развитие социально-демографических факторов, влияющих на архитектурно-планировочное решение социального жилья для молодых семей. Результатом исследования является разработанная концептуальная модель секции жилого дома средней этажности с широким шагом продольных несущих стен, позволяющих обеспечить гибкое планировочное решение. Общие выводы исследования: Сформулированы принципы формирования архитектурно-планировочной организации социального жилья для молодых семей с учетом современных строительных технологий: 1 принцип многофункциональности ;2 принцип роста и развития; 3 принцип модульности.

Молодая семья – семья с детьми, в которых оба супруга (в случае неполной семьи – мать или отец) не старше 35 лет (включительно), а также семья без детей, в которой оба супруга не старше 35 лет (включительно) и состоят в зарегистрированном браке не менее одного года. Все члены молодой семьи должны иметь гражданство Российской Федерации и хотя бы один из супругов должен проживать в городе Москве. [1]

Вопрос внедрения новых передовых строительных технологий в массовое строительство социального жилья, в т.ч. для молодых семей рассматривают многие авторы [2]. На сегодняшний день действует программа «Молодой семье - доступное жилье», по которой предоставляются квартиры по льготной стоимости или приобретения в рассрочку. Однако архитектурно-планировочные решения данного жилья не всегда соответствуют потребностям молодой семьи, в т. ч. не учитывают изменение потребностей во времени, обусловленные увеличением состава семьи. В результате, очевидно, возникает потребность в гибкой архитектурно-планировочной организации жилой среды для молодых семей.

Изученность вопроса: теоретическая база исследования включает научные работы отечественных и зарубежных авторов:

- по общетеоретическим проблемам проектирования жилых зданий: В. М. Молчанова, Б. Р. Рубаненко, Д. Лэвиса, Дж. Максаи, У. Шродера, М. Элсаса;
- по типологии и объемно-планировочному проектированию жилых домов и квартир: Ю. Н. Бубнова, В. Г. Волова, Ю. Д. Губернского, К. К. Карташовой, Л. П. Лаврова, А. В. Рябушина, М. Ю. Федорова;
- по вопросам совершенствования качественного стандарта жилища: В. Ю. Дурманова, П. П. Кедровского, В. Н. Сафонова, В. П. Этенко;
- по социальным проблемам формирования жилья, моделирования социально-эффективной и экономичной жилой среды для различных категорий населения: Е. С. Баженовой, А. В. Крашенинникова, С. Г. Буравченко, И. Д. Веревкиной, Е. Брамхаса, Ле Корбюзье;
- по формированию типологических основ планировочных решений сдаваемого внаем жилища для молодой семьи: А. О. Родимова;
- по технологии строительного производства жилища: С. В. Николаева, А. К. Шрейбера, Ю. Г. Хаютина, В. Д. Топчего.

Однако в данных работах не объединены вопросы гибкой планировочной организации и возможности трансформации жилой ячейки под потребности молодой семьи и современных строительных технологий, с целью синтеза нового типа жилища именно для молодой семьи.

На архитектурно-планировочные решения влияют социально-демографическая структура семьи. Согласно данным Росстата на 2018 структура семейных ячеек по числу детей моложе 18 лет в РФ выявлено: 67% семей с одним ребенком, 27% с двумя, а остальные с 3 детьми. (рис. 1)



Рис. 1. Семейные ячейки, имеющие детей моложе 18 лет

Согласно исследованиям Л.С. Ржанициной (рис. 2) « В среднем на молодую семью приходится 2,4 человека... прежде всего, это значительная доля детей до 16 лет - более 40%. В Москве в 2008 г. молодых семей с 1 ребенком в возрасте до года было 8%, от 1 до 6 лет - 47% и от 6 до 15 лет - 45%. При 2 детях соотношение несколько иное: маленькие до года 14%, от 1 до 6 лет большинство - 49% и от 7 до 15 - 37%. Таким образом, у молодых родителей преобладают дети - дошкольники.» [3]

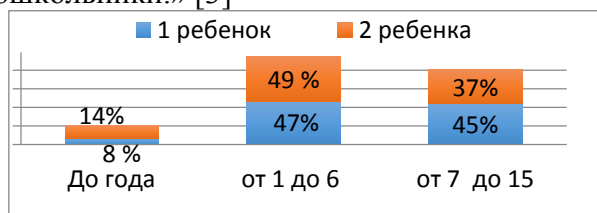


Рис. 2. Возраст детей молодой семьи в Москве

Классификации семьи по составу: полные (2 родителя) и неполные (1 родитель) (табл. 1). Дети в семье также различаются по половому и возрастному типу (табл. 2,3).

Таблица 1. Классификация типов семей





	Тип 1	Неполная с ребенком
	Тип 2	Неполная с 2 детьми
	Тип 3	Полная с 1 ребенком
	Тип 4	Полная с 2 детьми

Таблица 2. Классификация 2 детей в семье по половому признаку

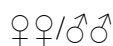




	А	Однополые, одна возрастная группа
	Б	Однополые разные возрастные группы
	В	Разнополые одна возрастная группа
	Г	Разнополые разные возрастные группы

Таблица 3. Классификация семей по возрастному признаку

	М	0-3	Контроль родителей за ребенком (день и ночь)
	Д	3-6	Присмотр за ребенком только днем
	Ш	7-13	Предусмотреть изолированное пространство – комната для сна и отдыха, подготовки д. з. в школе
	П	14-18	Для каждого ребенка нужно изолированное пространство, если в семье разнополые дети - отдельные комнаты для каждого

В соответствии с классификацией выявлено 48 вариантов семей, в каждом типе учтены параметры жилой площади, а также потребности семьи, которые влияют на архитектурно-планировочное решение. Проектная модель (рис. 1) разработана в заданных параметрах жилой секции, в которой происходит изменение типов квартир, адаптирующиеся к конкретному варианту семьи.

На основе сопоставления исследований структуры жилого здания выявлена структура жилой секции, состоящая из трех компонентов: «ядро» (неподвижный элемент, который включает следующие помещения: кухню и с/у), «жилую ткань» (подвижный элемент: спальня, жилая комната), коммуникационное пространство: (коридор, в секции жилого дома связывающий квартиры на этаже).

На основе данной модели приведен анализ архитектурно планировочных решений с гибкой планировочной организацией. Первым примером является секция социалистического расселения Госплана РСФСР для семейного коллектива, спроектированная в 1930 г. Группой архитекторов: К. Афанасьев, М. Барщ, В. Владимиров, М. Гинзбург, социолог Охитович, инженер С. Орловский. [4]. Трансформация жилой ткани при неподвижном ядре при помощи трансформируемых перегородок (рис. 3)

На примере свободной планировки квартиры для 3 типа семьи с 1 ребенком (рис. 4) трансформируется жилая ткань квартиры в зависимости от возраста роста и развития ребенка.

Теперь, учитывая рассмотренные примеры, «наложим» их на новые инновационные технологии строительного производства, которые позволяют обеспечивать потребительские свойства и их изменения в течение всего срока службы многоквартирного жилого здания за счет гибкости производства, позволяющего без особых затрат применять широкий шаг не-

сущих конструкций, создавать индивидуальный архитектурно-художественный облик [5]. Кроме того, инновационные технологии в рамках системы панельно-каркасного домостроения позволяют использовать в массовом строительстве архитектурно-планировочные и конструктивные решения, которые раньше рассматривались как экспериментальные, это универсальный «стол на ножках» для возведения над ним панельного или панельно-каркасного здания и «лежачий» лестнично-лифтовой узел как инженерно-коммуникационная система здания [6].



Рис. 3. Секция социалистического расселения жилая ячейка для семейного коллектива. 1930г.

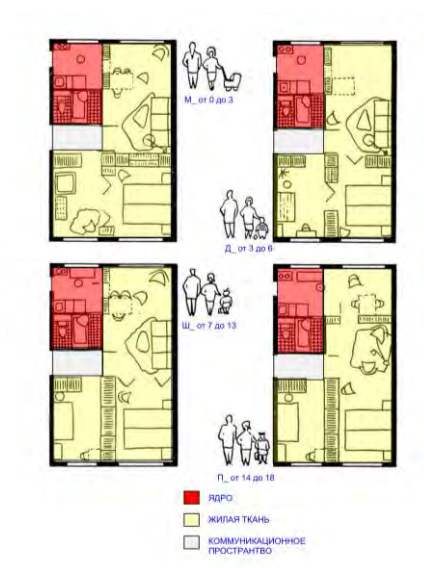


Рис. 4. Прием свободной планировки в 4 Вятском переулке Москва. 1962 г.

Результаты исследования: разработана проектная модель (рис. 5), которая представляет практическую значимость для архитекторов, проектировщиков. Гибкая архитектурно-планировочная организация социального жилья для молодых семей обеспечена благодаря широкому шагу продольных несущих стен - 7,2 м и выявлению структуры жилой секции дома средней этажности.



Рис. 5. Концептуальная модель секции жилого дома средней этажности

Разработанные поэтажные планы жилой секции, в которой происходит изменение типов квартир, адаптирующиеся к конкретному варианту семьи.

Общие выводы исследования: Сформулированы принципы формирования архитектурно-планировочной организации социального жилья для молодых семей с учетом современных строительных технологий.

1 принцип многофункциональности. Использование универсального пространства жилой ячейки квартиры за счет свободной планировки и применение широкого шага несущих продольных стен 7,2 м.

2 принцип - роста и развития. Площадь квартиры в жилой секции пропорционально зависит от типа и состава и семьи, поэтому в структурном элементе секции необходимо предусмотреть гибкость планировочного решения квартиры и адаптацию под изменения потребностей в зависимости от возраста и роста ребенка.

3 принцип модульности. Планировочный модуль позволяет на первой стадии определить необходимую нормируемую площадь в зависимости от типа семьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. По данным департамента городского имущества города Москвы, информационный сайт правительства Москвы / Электронный ресурс/ - Режим доступа: <https://www.mos.ru/dgi/function/informaciya-dlya-grazhdan-ne-sostoyashchih-na-zhilishchnom-uchete/molodoi-seme-dostupnoe-zhile/> Дата обращения: 10.03.2019.
2. Афанасьев А.С., Викторова А.О. Сравнительный анализ проектов социального жилья с точки зрения архитектуры и строительства в Волгограде и других странах // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XLIX междунар. студ. науч.-практ. конф. - Новосибирск. - 30.01.2017. - № 1(48). URL: [https://sibac.info/archive/technic/1\(48\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/1(48).pdf) Дата обращения: 10.03.2019
3. Ржаницына Л.С. Молодые семьи с детьми: кто такие, как живут, чего хотят.// Социологические исследования. Наука, 2011. №3.
4. Хан-Магомедов С. О. Архитектура советского авангарда: в 2 книгах. Стройиздат, 1996. С. 29
5. Николаев С.В. Архитектурно-градостроительная система панельно-каркасного домостроения // Жилищное строительство. - 2016. - №3. - С. 15-25
6. Николаев С.В., Шрейбер А.К., Хаютин Ю.Г. Инновационность системы панельно-каркасного домостроения // Жилищное строительство. - 2014. - №5. - С. 3-8.

СУДЬБА СТАДИОНОВ ПОСЛЕ ЧЕМПИОНАТОВ МИРА ПО ФУТБОЛУ

А.К. Довлятова

студентка 5 курса 27 группы ИСА, AnnDovl@mail.ru
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация

Предмет исследования: стадионы, построенные или реконструированные к чемпионату мира по футболу.

Цели: определение эффективности использования футбольных стадионов после чемпионата мира, их влияние на экономику страны и в частности регионов на примере России.

Материалы и методы: анализ международного опыта, сравнительный анализ, наблюдения.

Результаты: не все футбольные стадионы после ЧМ окупаются, очень часто они начинают «бить» по бюджету регионов. Поэтому нужно искать иные способы использования данных сооружений.

Выводы: перед строительством футбольных стадионов к чемпионатам мира следует проводить анализ, который позволит выявить необходимость данных сооружений после проведенного мероприятия. И в случае их не востребованности изначально разрабатывать проект реконструкции футбольного стадиона под многофункциональный комплекс.

ВВЕДЕНИЕ

Первый чемпионат мира по футболу был проведен в 1930г. и с тех пор он проходит раз в четыре года (кроме 1946г). Страна-хозяйка выбирается за несколько лет до проведения чемпионата на специальном совещании Исполнительного комитета ФИФА путём тайного голосования. Таким образом мы уже знаем, что в 2022г. ЧМ пройдет в Катаре, а в 2026г. его примут Канада, Мексика и США. Победившая страна обязуется возвести или реконструировать не только футбольные стадионы, но также гостиницы, тренировочные площадки, аэропорты и т.д.

Однако мало кто задумывается о том, что происходит со стадионами после чемпионатов мира по футболу, с олимпийскими аренами и другими дорогостоящими сооружениями, когда заканчиваются спортивные мероприятия, для которых они были построены. Некоторые из них становятся тренировочными стадионами местных клубов и там проводят матчи. Но чаще всего данные сооружения становятся тяжелой ношей для своих городов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данное исследование опирается на научные статьи, федеральные программы, международный опыт использования футбольных стадионов после ЧМ, нормы FIFA. Методология включает в себя анализ собранной информации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу методики положено изучение теоретического анализа влияния спортивных международных мероприятий на экономику государства, анализа использования футбольных стадионов после проведенных чемпионатов мира по футболу, сравнительный анализ стадионов в малых и крупных городах, теоретическое обобщение, наблюдения и прогнозирования. Такой комплексный подход позволяет исследовать востребованность и окупаемость данных сооружений в России, а также их влияние на экономику страны. Все теоретические выводы основываются на последовательности и непротиворечивости суждений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В России чемпионат мира по футболу прошел в 2018г.. У нас его приняли 11 городов. Строительство новых стадионов было проведено в следующих городах: Ростов-на-Дону, Нижний Новгород, Санкт-Петербург, Самара, Саранск, Волгоград, Казань, Калининград; реконструкцию произвели над стадионами в Москве, Екатеринбурге, Сочи (рис.1). Затраты на чемпионат были колоссальными. Только на строительство одного стадиона было потрачено в среднем от 14 до 19 млрд. руб.. Большая часть стадионов вмещает в пределах 40000 зрителей.



Рис. 1. Стадионы слева на право: «Лужники», «Саранск», «Нижний Новгород»

После того как закончился чемпионат мира по футболу FIFA возникла проблема их дальнейшего финансового содержания. Некоторые стадионы имели сборно-разборные трибуны, позволяющие после ЧМ избавиться от временных конструкций. Так в городе Екатеринбург стадион «Екатеринбург Арена» в ходе реконструкции вмещал 35000 зрителей, а после ЧМ у него были демонтированы сборно-разборные трибуны. Благодаря этому количество мест сократилось на 10000, так же на освободившейся территории появилась возможность возведения новых общественных комплексов (рис.2).



Рис. 2. Стадион «Екатеринбург Арена»

Как сказано в приложении к утвержденной правительством концепции наследия чемпионата мира по футболу FIFA, на содержание стадионов необходимо потратить 16 млрд руб. до 2023г.. Из этой суммы 11,5 млрд руб. будут браться из федерального бюджета, а остальное из региональных. После данного срока сооружения, находящиеся в федеральной собственности, предусматривается передать на уровень регионов.

Доходов от проведения футбольных матчей недостаточно для безубыточного содержания стадионов. Из этого следует, что можно организовывать праздничные мероприятия, концерты, соревнования, встречи футболистов с фанатами и т.д. Пустующие помещения рекомендовано сдавать в аренду – например под рестораны, магазины и офисы. Однако на доходы из внебюджетных источников правительство почти не рассчитывает, так как они очень малы.

Если смотреть на ситуацию относительно отдельных городов, то складывается определенная картина. Так в Мордовии - одном из самых закредитованных регионов России - планируемый объем затрат на содержание стадиона в Саранске составит 200-300 млн рублей в год. В Нижегородской области затраты на содержание стадиона "Нижний Новгород" будут еще выше - более 380 млн рублей в год. Содержание стадиона в Калининграде может составить порядка 200 млн рублей в год. На обеспечение стадиона "Фишт" затраты предположительно составят 723 млн рублей в год из бюджета Краснодарского края [1].

У крупных же регионов скорее всего проблем не возник. Загрузить стадионы, находящиеся в Санкт-Петербурге, Москве, Нижегородской области или Краснодарском крае труда не составит. Это обеспечит властям дополнительный доход на их содержание.

Обращаясь к международному опыту, мы видим, что Бразилия после ЧМ по футболу заполучила несколько дорогостоящих стадионов, вместо столь необходимого ей доступного жилья. А именно Арена-де-Амазония в Манаусе и Арена дас Дунас в Натали (рис.3). На Арена-де-Амазония прошло всего четыре матча. Вместительность стадиона – 44000 зрителей. Сейчас там тренируется местная футбольная команда четвертого дивизиона, на игру которой приходит чуть больше тысячи болельщиков.

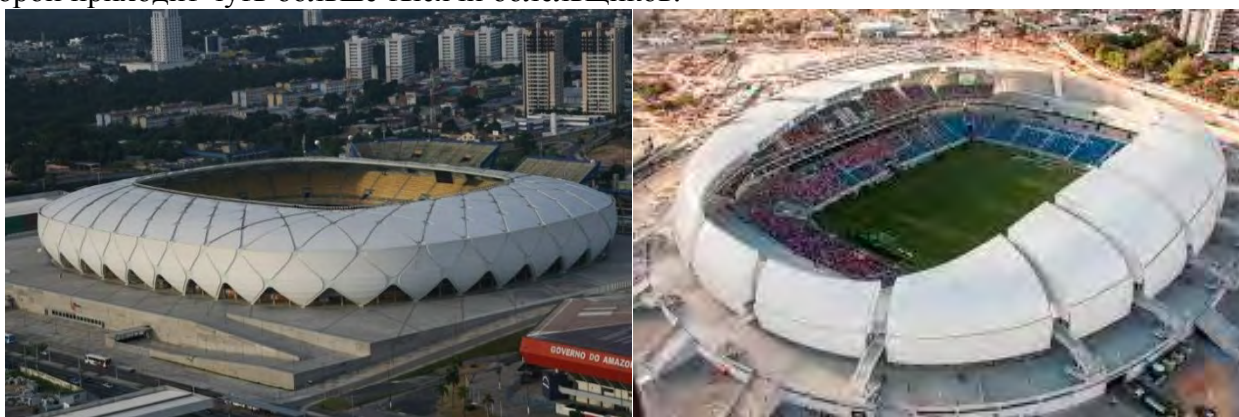


Рис. 3. Бразильские стадионы. Слева- Арена-де-Амазония. Справа - Арена дас Дунас.

Но не только стадионы, построенные к чемпионатам мира, становятся никому не нужными. В Японии, в Осаке раньше был бейсбольный стадион Redux, где играла команда Nankai Hawks. Однако, после их переезда в другой город, владелец стадиона был вынужден его продать. Так на бывшем поле расположилась группа модельных домов. Но в следствии не востребованности данных домов жителями города проект потерпел крах и стадион Redux был снесён, а на его месте появился уникальный торговый центр Namba Parks (рис.4) [2].



Рис.4. Бейсбольный стадион Redux с модельными домами (слева); торговый центр Namba Parks (справа)

Еще один пример - это когда лондонский «Арсенал» покинул Хайбери и старый стадион переоборудовали в жилой комплекс (рис.5). Поле бывшего стадиона превратилось в сад. Попасть в сад можно через коридор, по которому команды раньше выходили на матчи. Также в комплексе есть подземная парковка. Фасад был сохранен [3].



Рис.5. Футбольный стадион Хайбери (слева); жилой комплекс (справа)

Выше перечисленные примеры наталкивают на мысль, что до возведения стадионов к чемпионатам мира FIFA было бы лучше сначала провести анализ востребованности и возможности содержания данных сооружений, как спортивных, после того, как закончится ЧМ. В случае с отрицательным результатом следует провести комплексный аудит наследия, маркетинговый анализ, разработать укрупненные бизнес-планы и понять, что именно нужно делать с каждым стадионом – реконструировать, адаптировать под многофункциональные комплексы, а где-то, может, и вообще перепрофилировать. Такая работа, позволила бы избавиться от дальнейших поисков решения возникающих проблем и стоила бы консолидированному бюджету меньше, чем отдельные контракты регионов.

В 2018г, в преддверии чемпионата мира по футболу в 2026г., компания Archstorming объявляла международный архитектурный конкурс "Residential Stadium: Adaptive Reuse / Жилой Стадион. Адаптивное Использование". Это попытка провести анализ того, как архитектура может предоставить решения для дизайна стадиона таким образом, чтобы они всегда могли быть повторно использованы после завершения грандиозных спортивных мероприятий [4]. Проект для стадиона будет расположен в Нью-Йорке (США), а именно в парке Маккаррен.

ВЫВОДЫ

Перед возведением футбольных стадионов к чемпионатам мира следует проводить анализ, который позволит выявить необходимость данных сооружений после проведенного мероприятия еще до начала их строительства. И в случае их не востребованности, изначально разрабатывать проект реконструкции футбольного стадиона под многофункциональный комплекс. Адаптивное повторное использование является эффективным способом сокращения разрастания городов и негативного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ольга Шамина* Тяжелое наследие: сколько регионам придется тратить на стадионы после ЧМ-2018. // BBC / Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/features-43915217>. Дата обращения: 12.03.19.
2. Жилой квартал на поле стадиона Redux в Японии // ZAGGE / Режим доступа: <https://zagge.ru/zhiloi-kvartal-na-pole-stadiona-redux-v-yaonii/>. Дата обращения: 12.03.19.
3. Хайбери-Сквер: 93-летний футбольный стадион, переделанный под жильё // LifeGlobe / Режим доступа: <https://lifeglobe.net/entry/7222>. Дата обращения: 12.03.19.
4. Конкурс "Residential Stadium: Adaptive Reuse / Жилой Стадион. Адаптивное Использование" // Architime / Режим доступа: <http://architime.ru/competition/2018/competition230718archstorming.htm>. Дата обращения: 12.03.19.
5. Футбольные стадионы. Технические рекомендации и требования. // 5-ое издание, 2011 год / FIFA.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА КУПОЛЬНОГО ТИПА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Е.А. Зиновьева

Студентка, zinkate@mail.ru

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

Аннотация

Предмет исследования: в статье рассматриваются основные конструктивные особенности и преимущества эксплуатации купольного дома вегетария (КДВ).

Цели: выявление основных достоинств эксплуатации КДВ; выбор эффективных строительных материалов, применимых при возведении КДВ.

Материалы и методы: были рассмотрены два материала: алюминий и нержавеющая сталь. В качестве наиболее эффективного для несущего каркаса здания принята нержавеющая сталь благодаря высоким антикоррозионным характеристикам, а также высокой несущей способности.

Результаты: выделены основные достоинства КДВ, определяющие его удобство в эксплуатации и область рационального применения, такие как экологичность, климатическая стойкость, энергоэффективность, автономность.

Выводы: КДВ обеспечивает финансовую независимость для фермера, большой семьи, экоселения, ввиду его эксплуатационных преимуществ. Такое жилье – это совершенно новая концепция инновационного фермерского хозяйства.

Все технические решения в современном домостроении направлены на повышение энергоэффективности. Индивидуальный жилой дом – не является исключением. Одно из решений – это нетрадиционная форма сооружения, приближенная к полусфере. Она позволяет значительно сократить материалоемкость, трудоемкость и время монтажа, а также уменьшить расходы на эксплуатацию. Данная конфигурация обеспечивает максимальный объем при минимальной площади поверхности, становясь наилучшей формой при строительстве в районах со значительными ветровыми и снеговыми нагрузкам. Аэродинамические свойства сферы уменьшают ветровое давление. Рациональное расположение окон позволяет максимально эффективно использовать естественное освещение и аккумулировать энергию, используя солнечное тепло в качестве пассивного коллектора. [1].



Рис. 1. Купольный дом

Сочетание куполообразной формы и возможность использования инновационных достижений в области получения энергии из естественных источников, а также применение

технологий «умного дома» позволяют создать максимально функциональное индивидуальное жилище.

Одной из концепций развития сельского строительства является купольный дом вегетарий (КДВ), представляющий собой гармоничную систему из жилья и теплиц. По сравнению с обычным жильем сферической формы, КДВ имеет ряд преимуществ и даже заявлен как «Дом будущего». Рассмотрим основные аспекты данного мнения.

Первая особенность – экологичность, стоит отметить, что сейчас эта проблема как никогда актуальна. Возможна полная переработка всех отходов. В купольном доме вегетарии полностью перерабатываются все органические и не органические отходы, при этом производится тепло и полезные органические удобрения для почвы. В доме работают биореакторы по переработке органики, можно установить торфокомпостирующий биотуалет и другие экотехнологии сберегающие природу.

Во-вторых, климатическая стойкость. Купольная конструкция сооружения позволяет дому быть максимально устойчивым к ветру, снегу, граду, холоду, жаре и другим экстремальным воздействиям. Крыша способна выдержать снеговую нагрузку до 320 кг/м^2 , а в случае необходимости при соответствующем усилении металлического каркаса и более. Этому способствует рациональная форма в виде купола [2,3]

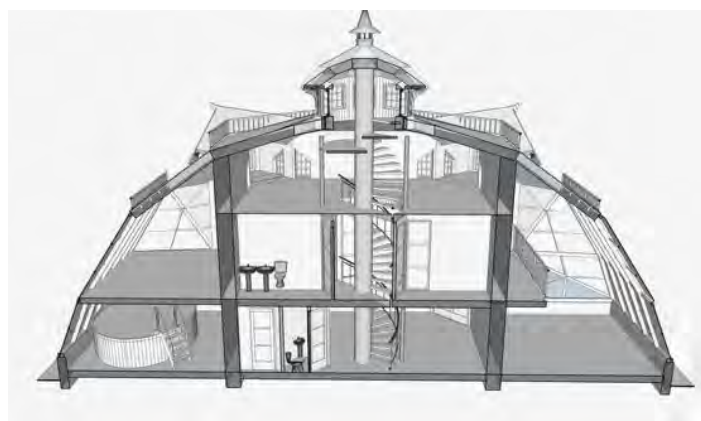


Рис. 2. Разрез купольного дома

Энергоэффективность КДВ находится на высоком уровне. Дом рассчитан на температуры до минус 65 градусов. Специальная конструкция позволяет потреблять в 3 раза меньше тепла, а в южных регионах быть безотопительным. Класс энергопотребления А+ [4]. Это значительно экономит ресурсы на содержание дома. Специальные теплицы окружают дом со всех сторон, защищая жилую зону от ветра и холода.

Отсюда следует еще одно преимущество – автономность. На прочной и удобной крыше КДВ можно устанавливать солнечные батареи и солнечные коллекторы для получения электроэнергии и тепла круглый год.

Такой купольный дом можно отнести к разряду «солнечных», так как он обладает четырьмя основными элементами, присущими таким сооружениям: солнечные коллекторы; фотоэлементы; изолированный остекленный объем (гелиотеплица или солнечная комната); термоаккумулирующий элемент здания [5]. Таким образом, при правильном ориентировании дома по сторонам света, солнечное тепло эффективно используется в любое время года, в том числе и зимой.

Это особенно важно в холодном климате России. Летом стены дома защищены от перегрева при помощи системы сбережения тепла в грунтовом аккумуляторе. Зимой солнце нагревает дом благодаря правильному углу наклона стен вегетария и конструкции дома. Существует возможность круглогодичного выращивания растений: 9 месяцев на широте Москвы, даже без дополнительного отопления и еще 3 – при помощи аэро- или гидропоники.

Эргономичное объемно-планировочное решение обеспечивает человека удобной средой для жизни и отдыха с необходимым и комфортным пространством.

Металлический каркас является основным элементом несущего каркаса нестандартной конструкции. Вариативность его применения допускает создавать различные архитектурно выразительные сооружения. КДВ отличается красотой, оригинальным дизайном и гармоничной формой.

Кроме того, металлическая конструкция агрокомплекса позволяет сочетаться с внутренним жилым помещением. Оранжерея – это непростое сооружение, обладающее своим микроклиматом и экосистемой, требующее применения особых технологий. Светопрозрачная конструкция, состоящая из стекла и металла, в комбинации с грунтовым аккумулятором, регенеративной вентиляцией, верной ориентацией по сторонам света и правильно подобранными растениями, дает возможность собрать богатый урожай фермерских продуктов. Выращенные овощи позволяют обеспечить жильцов как питанием, так и прибылью от продаж натурального хозяйства.

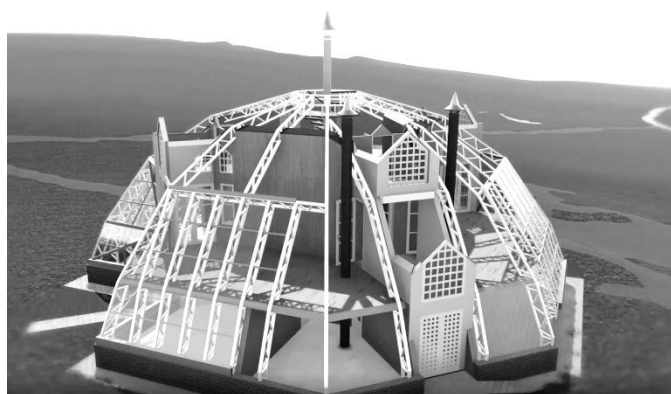


Рис. 3. Металлический каркас купольного дома

В ходе исследования были рассмотрены различные конструктивные решения КДВ. Основными характеристиками, на которых акцентировалось внимание при подборе материала для конструкции, являлись антикоррозионные свойства, прочность, хрупкость и износостойкость, долговечность и стоимость. Между собой сравнивались ЛСТК (легкие стальные тонкостенные конструкции), каркас из алюминия, стали обыкновенного качества, нержавеющей стали. По итогу выбраны наиболее эффективные материалы, применимые для металлического каркаса: алюминий и нержавеющая сталь.

Из недостатков выбранных материалов – только относительно высокая цена. Однако преимущества металлической конструкции оправдывают ее стоимость.

В первом случае, алюминий обладает малым удельным весом и относительно легкий, достаточно прочен и имеет достаточные антикоррозионные характеристики, что особенно важно при данном термовлажностном режиме. Помимо прочего, сборка такой конструкции существенно проще и быстрее.

Нержавеющая сталь более дорогой материал. Она тяжелее алюминия, а также требует больших трудозатрат при монтаже. Тем не менее, такой каркас способен воспринимать значительные нагрузки. Благодаря составу, нержавеющая сталь обладает высокой антикоррозионной стойкостью, устойчива к резким перепадам температур и воздействию влаги. Такой каркас в среднем прослужит в 2,5 раза дольше, чем алюминиевый.

Купольный дом вегетарий полностью автономен - производит электричество, тепло, удобрение, овощи и фрукты. С таким строением человеку будет необходим только земельный участок для дома, а не для жилища и грядок.

КДВ – это полная финансовая независимость для фермера, большой семьи, экопоселения и совершенно новая концепция инновационного фермерского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Щетинина О. В.* Купольный дом – новое слово в энергоэффективном строительстве. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, 2015, с.716
2. *Ибрагимов А.М., Попова Н.В.* Складной сетчатый купол: постановка задачи и построение поверхности // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 5. С. 18-21.
3. *Лебедь Е.В., Аткин А.В.* Геометрический расчет пространственных стержневых систем // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 317-323.
4. НА ЗЕМЛЕ 24 & Купольный Дом Вегетарий [<https://vk.com/domkdv>]
5. *Сардыкова А.О.* Архитектурный облик «солнечного дома» // Вестник Приднепровской- государственной академии строительства и архитектуры № 2, 2014, с.58-63

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ

З. Йулдошева¹, Д. Абдумуминова²

¹магистрант, 1994_1594@mail.ru

²аспирант, temurlanovnadiana@gmail

^{1,2}Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, 100000, Республика Узбекистан, г. Ташкент, Мирзо Улугбекский район, ул. Кары Ниязова, 39

Аннотация. В статье приводятся теоретические предпосылки восстановления деталей водяных насосов композиционными материалами, а также результаты ранее проведенных исследований по адгезионным процессам, возникающих при соединении полимерных композитов с металлическими и неметаллическими поверхностями. Данный обзор посвящен такому понятию, как адгезия. Исследование адгезионной прочности соединений «полимер-металл» проводилось калориметрическим, спектрометрическим и термодинамическим методами. Восстановление изношенной поверхности корпуса центробежного насоса под номинальный размер, возможно, осуществить покрытием поверхности полимерной композицией на основе эпоксидной смолы ЭД-16 с минимальным натягом покрытия, обеспечивающий упругий насыщенный контакт.

ВВЕДЕНИЕ

Понимание сущности адгезии представляет определенный интерес, особенно при контроле прочностных характеристик композиционных материалов. Температура окружающего воздуха, а следовательно и температура ремонтного композита в момент смешивания компонентов и дальнейшей полимеризации определяет многие другие особенности применения этих материалов, без знания и учета которых выполнение ремонтных работ не будет эффективным. Температура окружающего воздуха определяет жизнеспособность подготовленной смеси и время проведения самого ремонта.[1]

Использование ремонтных композитов при восстановлении различных видов оборудования, требует глубокого изучения адгезионных процессов, возникающих при соединении полимерных композитов с металлическими и неметаллическими поверхностями. В своих работах А. А. Берлин и А.В. Андреева дают следующее определение «Под адгезией понимают молекулярную связь между поверхностями приведенных в контакт разнородных тел» [2; 3]. Ф. Мэттьюз, Р. Роллингс определяют: «Под адгезией жидкости подразумевают взаимодействие жидкой и твердой фаз на границе раздела этих фаз» [4]. В.Д. Дурнев, С.В. Сапунов, В.К. Федюкин определяют ее как «Адгезия, прилипание... – связь между приведенными в контакт разнородными поверхностями» [5]. Все исследователи граничных явлений указывали на проблему трактовки и пытались ее решить. Так, например возможно разрешить эту проблему разделением процесса и свойства и определил адгезию как: «Общепринято под адгезией подразумевать сопротивление нарушению контакта двух разнородных тел.

Адгезионное взаимодействие это сложное и многогранное явление и до настоящего времени нет единого понимания механизма взаимодействия адгезива с поверхностью соединяемого материала.[6]

Одним из главных факторов, определяющих работоспособность полимерных материалов, является прочность и устойчивость адгезионных связей «полимер-металл».

Адгезии полимеров к металлам посвящено исследователями большое количество работ, как в нашей стране, так и за рубежом. Однако природа адгезии остается неясной, а прогресс в области адгезионных соединений определяется в основном экспериментальными исследованиями.

Наиболее широкое распространение получила адсорбционная теория, первым создателем которой был Н.А. Дебройн.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ

Исследование адгезионной прочности соединений «полимер-металл» может проводиться двумя методами - разрушающим и неразрушающим. К неразрушающим относятся калориметрический, спектрометрический и термодинамический методы. Калориметрический метод характеризует адгезию жидкости к твердому телу по тепловому эффекту, который предложил Гаргенс.[7,11] Тепловой эффект определяют с помощью микрокалориметров с жидкостным термометром или термопарой. Адгезию полимера к твердой поверхности получают фиксируя тепловой эффект при нанесении на поверхность низкомолекулярного вещества, являющегося аналогом полимера. Спектроскопический метод оценивает взаимодействие атомов и молекул полимера с твердой поверхностью. Связи между молекулами (атомами) характеризуются энергией и частотой колебания частиц и определяются методом спектрального анализа. Наибольшее распространение получила ИК-спектроскопия. Методом ИК-спектроскопии определяют взаимодействие полимеров с поверхностями металлов, которое характеризуется образованием водородных связей. Термодинамический метод характеризует поверхности твердого и жидкого тел определенной энергией, называемой поверхностным натяжением. Энергию связи жидкого тела с твердым характеризует уравнение Дюпре: $W_{ад} = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL}$ (1)

где $\gamma_S + \gamma_L$ - избыточная энергия на границе контакта γ_{SL} жидкого L и твердого S тел;

На рисунке 1 показана капля жидкости в равновесном состоянии на поверхности твердого тела

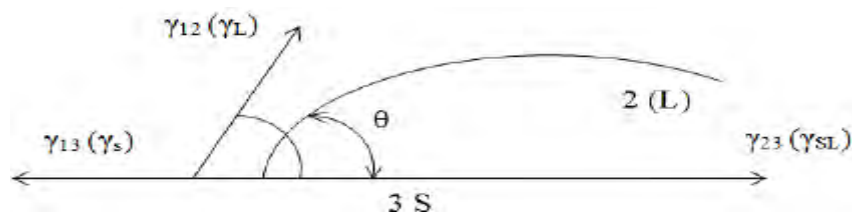


Рис. 1. Капля жидкости на твердой поверхности в равновесном состоянии

Капля жидкости в равновесном состоянии образует с твердой поверхностью угол, который достигнет равновесного значения, если поверхностное натяжение жидкости, твердого тела и межфазного раздела жидкости и твердого тела станут уравновешенными. По рисунку 1 очевидно, что: $\gamma_S - \gamma_{SL} = \gamma_L \cdot \cos\theta$, (2)

Анализируя выражения (1) и (2) получим выражение, которое называют уравнением Юнга: $W_{ад} = \gamma_L \cdot \cos\theta$

Знание поверхностного натяжения жидкости и величины для смачивания θ позволяет определить адгезию жидкости к твердому телу.

Перечисленные выше неразрушающие методы определения адгезии являются в большей степени теоретическими и экспериментальными, тогда как в практических целях для определения адгезии применяются разрушающие методы.

Наиболее широко для определения адгезии соединений «полимер-металл» применяются метод сдвига, нормального и неравномерного отрыва, метод штифтов.

Клеевое соединение является неразъемным соединением двух или более деталей, где нагрузка от одного склеиваемого элемента передается другому через клеевую прослойку. Такое соединение является всего лишь частным случаем адгезионного соединения гетерогенной системы, образующейся в результате адгезионного взаимодействия и обладает комплексом собственных характеристик, обусловленных свойствами адгезива и склеиваемых элементов.

Рассмотрим наиболее широко распространенный тип клеевого соединения металлов «внахлестку», у которого клеевая прослойка является полимером (рис.2).

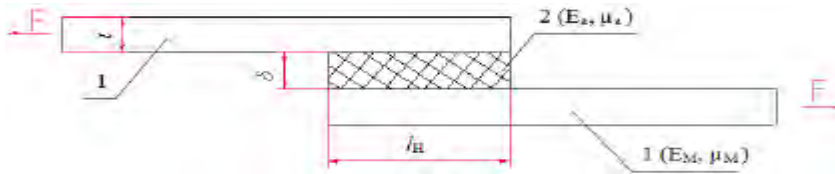


Рис. 2. Схема соединения типа «одинарная нахлестка»: 1 — склеиваемые элементы; 2 - клеевой шов; E_a, E_M - модули упругости адгезива и металла; μ_a, μ_M - коэффициенты Пуассона адгезива и склеиваемых поверхностей

Приложение нагрузки в плоскости склеиваемых пластин приводит к появлению переменных напряжений сдвига и отрыва, как в клеевом шве, так и на поверхности материалов. По длине нахлестки напряжения распределены неравномерно.

Максимальные напряжения в клеевом шве могут в несколько раз превышать значения среднего напряжения сдвига $\tau_{ср}$, определяемого внешней нагрузкой, отнесенной к площади склеивания:

$$\tau_{ср} = \frac{F}{l \cdot b} \text{ где } l - \text{длина нахлестки, } b - \text{ширина склеиваемых элементов.}$$

Максимальные напряжения на конце нахлестки и их отношение к среднему напряжению, т.е. коэффициент концентрации напряжений, в значительной степени зависит от геометрических параметров и свойств материалов клеевого соединения. Упрощенно полагают, что не зависит от ширины нахлестки и уменьшается с увеличением ее длины.

Если допустить, что напряжения распределены равномерно, то растяжения в склеиваемых элементах:

$$\sigma = \frac{F}{l \cdot t} \text{ где } t - \text{толщина склеиваемых элементов.}$$

При постоянных значениях σ и t среднее разрушающее напряжение сдвига обратно пропорциональны длине нахлестки. При анализе распределения напряжений в клеевом шве необходимо также учитывать и разность деформаций склеенных элементов (рис.3).

Если склеенные элементы не деформируются и перемещаются как жесткие блоки (рис.3, б), то клеевой шов деформируется так, что взаимное смещение обоих элементов остается постоянным по всей длине клеевого шва.

Если соединение выполнено для упругих склеиваемых элементов, то деформация и перемещение будут соответствовать отображению на рис.3, в.

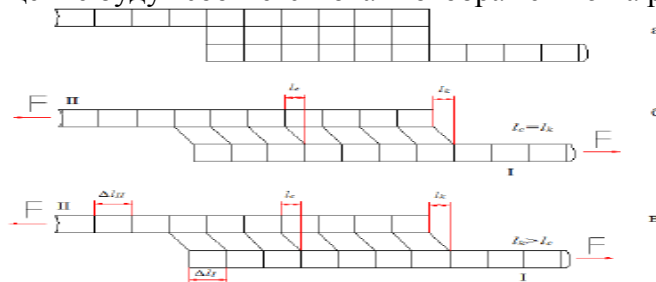


Рис. 3. Напряжения сдвига в клеевом шве

а - не нагруженное соединение внахлестку; б - нагруженное при жестких склеиваемых элементах; в - нагруженное соединение при упругих склеиваемых элементах; l_c - деформация элементарного участка клеевого шва в центре нахлестки; l_k - то же в конце нахлестки; l_I - деформация элементарного участка склеиваемого элемента I в конце нахлестки; l_{II} - то же для склеиваемого элемента II в конце нахлестки.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Корпус центробежного водяного насоса марки Д 2000-21(рис.4). Дефекты возникающие в корпусе центробежного водяного насоса это: кавитационный и коррозионный износ отдельных мест внутренней поверхности; износ посадочных мест; забоины и риски на плоскости разъема; местные трещины. При упругом насыщенном контакте все микронеровности, которые расположены на контурной площади контакта, образуют зоны контакта[8].

После отверждения полимерной композиций на основе эпоксидной смолы ЭД-16 увеличится площадь контакта, кроме того увеличатся фрикционные параметры. Рост фактической площади контакта снизит контактные напряжения в покрытии полимерной композиций на основе эпоксидной смолы ЭД-16, при нагружении. В приложении к полимерам эта теория рассматривает адгезию как проявление сил молекулярного взаимодействия между контактирующими молекулами адгезива и субстрата. К этой категории относятся вандерваальсовыи и водородные связи. Возможно и образование химических связей, если молекулы абразива и субстрата имеют полярные функциональные группы. Определением меры полярности является, предложенная Мак-Лареном величина [9,10,12]: $M_p = \frac{\mu^2}{\varepsilon} (3)$



Рис. 4. Корпус центробежного насоса

где μ - дипольный момент молекулы вещества; ε – диэлектрическая проницаемость.

Адгезионную способность полимеров, которые содержат карбоксильные группы характеризует зависимость, также, предложенная Мак-Лареном: $A = K \cdot (\text{COOH})^n (4)$

где COOH – концентрация карбоксильных групп в полимере; K и n – константы.

Дальнейшим этапом в совершенствовании теоретических положений адгезии стала разработка электрической теории адгезии, авторами которой явились Дерягин Б.В. и Кротов Н.А. [13,14,15].

Эта теория обосновывает процессы разрушения двойного электрического слоя в клеевом соединении. При условии что адгезив и субстрат обладают различной структурой электронных зон, при их взаимодействии происходит перенос заряда, т.е. система «адгезив-субстрат» рассматривается как конденсатор.

В соответствии с электрической теорией максимальная зависимость адгезии от скорости разрушения имеет место для пары «металл-полимер».

Если σ – поверхностная плотность заряда, а ε – диэлектрическая проницаемость среды, то сила F , необходимая для разрушения по электрической теории, равна: $F = 2\pi \frac{\sigma^2}{\varepsilon}$

(5) Энергия разрушения или адгезионная прочность будет равна: $A = 2\pi \frac{\sigma^2}{\varepsilon} \cdot h$

(5) где h - толщина зазора (разрядного) промежутка.

Электрическая теория объясняет адгезию твердых тел и адгезионных соединений, которые образуются по адсорбционному признаку, т.е. она как бы является расширением адсорбционной теории.

Российский ученый Н.М. Москвитин заложил основы электрорелаксационной теории адгезии, в соответствии с которой учитывается работа, затрачиваемая на деформирование тел при адгезионном разрушении [16].

Электрорелаксационная теория определяет адгезию суммарным результатом двух усилий: $A = A_{\text{электр.}} + A_{\text{деформ.}}$ (6) где $A_{\text{электр.}}$ - усилия на преодоление различных сил, в т. ч. химических, вандерваальсовых, электростатических;

$A_{\text{деформ.}}$ - усилия на деформацию других элементов адгезионного соединения.

Значение деформационной составляющей во многом зависит от когезионной прочности соединительных материалов и скорости деформации и ее повышение обеспечивает повышение прочности адгезионных соединений.

В течение длительного времени ученые стремились создать единую теорию адгезии. Однако исключительная сложность адгезионных явлений, которые относятся к области, лежащей на стыке физики, химии и механики, не позволяет в настоящее время создать такую теорию. Так, сейчас, принято считать, что адсорбционная теория применима в большинстве случаев, а все остальные необходимо использовать для установления дополнительных факторов в адгезионное взаимодействие.

Таким образом, адгезионная связь возникает в результате молекулярного термодинамического и химического взаимодействий.

Долговечность отремонтированного с помощью композитов оборудования зависит от тех условий, в которых происходит нанесение материала на металлическую поверхность, в частности от температуры окружающего воздуха и от его влажности.

При высокой влажности и при этом недостаточно высокой температуре на поверхности металлов, с которыми будет контактировать полимер, конденсируется влага, которая впоследствии может играть роль очагов зарождения коррозионных процессов, снижающих адгезионную прочность соединений «полимер-металл».

Изучение влияния этих факторов позволило рекомендовать следующее соотношение влажности и температуры окружающей среды, которое определяет значение температуры, при которой следует выполнять ремонт с обеспечением долговечности и надёжности металлополимерного соединения [4]: $\tau \geq 0.625 \cdot \delta - 19$ (7)

где δ – относительная влажность воздуха в %.

Это соотношение справедливо для большинства металлополимеров.

Температура окружающего воздуха, а следовательно и температура ремонтного композита в момент смешивания компонентов и дальнейшей полимеризации определяет многие другие особенности применения этих материалов, без знания и учета которых выполнение ремонтных работ не будет эффективным. Температура окружающего воздуха определяет жизнеспособность подготовленной смеси и время проведения самого ремонта.

Выступы шероховатой поверхности условно можно представить в виде конусов с закруглённой вершиной радиусом r [17]. Максимальный угол наклона образующей конуса к его высоте на металлических поверхностях может составлять от 80° до 85° [6]. Боковая поверхность S_{σ} подобного конуса с высотой δ и углом β равна: $S_{\sigma} = \pi \delta^2 \operatorname{tg} \beta / \cos \beta$ (8)

С учётом угла наклона образующей конуса возникающие контактные напряжения равны: $\sigma_k = \pi \sigma_n \delta^2 \operatorname{tg} \beta / S_{\phi}$ (9) где S_{ϕ} - площадь фактического контакта.

Макушин А.П. в своей работе показал, что в субстрате идет возрастание контактных напряжений в связи с возрастанием высоты выступов шероховатой поверхности, внутренних напряжений и твёрдости материала субстрата [18]. На шероховатой поверхности металла адгезионная прочность плёнок прямо пропорциональна контактным напряжениям. Адгезионная прочность в случае увеличения высоты шероховатости определяется упругими свойствами адгезива.

С учётом этих процессов, возникающих на межфазной границе, адгезионная прочность σ_6 определяется как зависимость энергии активации разрушения от свойств условий контакта и получаемых адгезионных связей:

$$W_{\text{отр}} = \left(\frac{P\tau KV^n}{A} \right) \exp \left[\alpha(P) + \frac{U_{1,2}}{RT_{\text{разр}}} - \frac{U}{RT_K} \right] \quad (10)$$

где: T_K, τ, P - температура контакта, время и давление соответственно;

$T_{\text{разр}}$ - температура разрушения; KV^n - скорость разрушения образовавшихся связей;

V – скорость разрушения адгезионной связи;

$\alpha(P)$ - функция, учитывающая изменение давления при форматировании адгезионного взаимодействия; U – энергия вязкого течения жидкого адгезива;

$U_{1,2}$ – кажущаяся энергия активации при определении адгезионной прочности, получаемая экстраполяцией зависимости $U_{1,2}$ от $W_{\text{отр}}$.

Энергия активации разрушения в большей степени зависит от распределения напряжений в пограничном слое адгезива. Действующие в плоскости раздела фаз напряжения являются растягивающими и постоянными по величине у межфазной поверхности: $\sigma = E_a \cdot \Delta\alpha \cdot \Delta T$ (11)

где $\Delta\alpha$ – разность линейных коэффициентов термического расширения адгезива и субстрата, ΔT – разность между температурой адгезионного взаимодействия и температурой разрушения.

Прочность соединения в значительной степени определяется возникающим в слое адгезива напряжением, а так же зависимостью от толщины слоя и параметров контактного взаимодействия на границе «адгезив- субстрат» [19,20]: $\sigma_B = k \cdot \sigma_{\text{вн}} h$ (12)

где: h – толщина пленки, k – коэффициент пропорциональности. Минимальный натяг покрытия, обеспечивающий упругий насыщенный контакт величина натяга, обеспечивающая упругий насыщенный контакт, зависит только от параметров обработки и шероховатости поверхности корпуса центробежного насоса. После отверждения полимерной композиций на основе эпоксидной смолы ЭД-16 увеличится площадь контакта, кроме того увеличатся фрикционные параметры. Рост фактической площади контакта снизит контактные напряжения в покрытии полимерной композиций на основе эпоксидной смолы ЭД-16 при ее нагружении.

ВЫВОДЫ

Технические характеристики композиционных материалов показывают, что наименьшей прочностью обладает межфазная граница «полимер-металл».

Оценка технологических факторов адгезионного контакта позволяет предполагать, что увеличение прочности получаемых соединений возможно путём изменения условий контактного взаимодействия на операциях подготовки поверхности и технологических методах нанесения композита. Характер напряжений и вид механической обработки поверхности определяют геометрические параметры адгезионных соединений. Молекулярные связи определяются химическим составом поверхности, а скорость растекания адгезива базируется на условиях контактного взаимодействия.

Восстановление изношенной поверхности корпуса центробежного насоса под номинальный размер, возможно, осуществить покрытием поверхности полимерной композицией на основе эпоксидной смолы ЭД-16 с минимальным натягом покрытия, обеспечивающий упругий насыщенный контакт. Выведенные уравнения адекватно описывают условия реализации упругого насыщенного контакта восстановления поверхности корпуса центробежного насоса полимерным материалом.

Величина натяга, обеспечивающая упругий насыщенный контакт.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берлина А.А.* Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология.// Санкт-Петербург Профессия, 2009. 556с.
2. *Сумм Б.Д.* Основы коллоидной химии.// Москва, Академия 2006. 239с.
3. *Андреева А.В.* Основы физикохимии и технологии композитов. // Москва, Радиотехника 2001. 191с.
4. *Мэттьюз Ф., Роллингс Р.* Механика и технология композитных материалов.// Москва РИЦ Техносфера, 2003. 320с.
5. *Дурнев В.Д., Сапунов С.В., Федюкин В.К.* Экспертиза и управление качеством промышленных материалов. // Санкт-Петербург Питер, 2004. 253с
6. *Кобелев А.Г.* Производство металлических слоистых композиционных материалов. // Москва 2002. 496 с.
7. *Болтон У.* Конструкционные материалы. Металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты. // Москва Издательство Додека-XXI, 2007. 256с
8. *Ли Р.И.* Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами.// Москва. 2001. 250 с.
9. *Кобаяси Н.* Введение в нано технологию. // Москва Бином: Лаборатория знаний, 2007. 134 с.
10. *Шатерина М.А.* Технология конструкционных материалов.// Москва Политехника, 2005. 597 с.
11. *Прошин А.П., Худяков В.А., Кислицына С.Н.* Современные композиционные строительные материалы.// Москва АСВ, 2006. 144 с.
12. *Вильнав Ж.* Клеевые соединения. //Москва Техно сфера. 2007. 387 с.
13. *Черноиванов, В.И., Бледных, В.В., Северный, А.Э.* Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве// Москва-Челябинск: ГОСНИТИ. ЧГАУ. 2003. 992 с.
14. *Николадзе Г.И., Сомов М.А.* Водоснабжение.// Москва Стройиздат, 1995, 688 с.
15. *Макушин А.П.* Влияние шероховатости металлической поверхности на сцепляемость пластиковых покрытий. // Вестник машиностроения. 1966. №7. 32-34с.
16. *Москвитин Н.И.* Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания.// Москва Лесная промышленность. 1964. 248 с.
17. *Морозов А.В.* Автореферат Совершенствование работы центробежных насосов на осадках сточных вод.// Москва 2016. 17 с.
18. *Молодых Н.В, Зекин А.С.* Восстановление деталей машин.// Москва Машиностроение. 1989. 480 с.
19. *Тулинов А.Б.* Технологические методы применения композиционных материалов при ремонте систем жизнеобеспечения городского коммунального хозяйства Монография.// МГУС. 2004.124 с.
20. *Пейсахов АМ., Кучер А.М.* Материаловедение и технология конструкционных материалов. // Москва Издательство Михайлова В.А.,2005 25 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

М.Х. Кангезова¹, А.А. Лapidус²

¹ магистрант кафедры ТОСП *kangezova97@mail.ru*

¹ д-р техн- наук, зав- кафедрой ТОСП *lapidus58@mail.ru*

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация

Предмет исследования: в статье рассматривается формирование организационно-технологических аспектов научно-технического сопровождения зданий и сооружений высотой более 100м.

Цели: выявить основные элементы научно-технического сопровождения как инструмента проектирования, который ориентирован на повышение качества организационно-технологической документации.

Материалы и методы: использовались методы теоретического анализа и статистические данные по объектам строительства.

Результаты: после проведенного анализа существующей нормативной документации, был предложен алгоритм, который позволит систематизировать и сформировать организационно-технологические аспекты научно-технического сопровождения проектирования и строительства.

Выводы: своевременное внедрение продуманных инновационных решений в практику организационно-технологического проектирования и строительства зданий и сооружений позволит повысить технико-экономические показатели проекта и сократить сроки проектирования.

Ключевые слова: эффективность, научно-техническое сопровождение проектирования (НТСП), безопасность, нормативное обеспечение, технические условия, организационно-технологические аспекты, систематизация, жизненный цикл.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одним из самых актуальных вопросов в современном строительстве является повышение эффективности и безопасности проектируемого объекта и влияние процесса возведения объекта на состояние окружающей среды. Когда объектом строительства выступают уникальные здания, имеющие повышенный уровень ответственности, обеспечение качества должно производиться благодаря научно-техническому сопровождению проектирования (НТСП) и строительства (НТСС).

Под научно-техническим сопровождением проектирования (НТСП) понимается комплекс работ научно-методического, экспертно-контрольного, информационно-аналитического и организационно-правового характера для обеспечения качества и безопасности при проектировании, строительстве и последующей эксплуатации зданий и сооружений [7].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Виды большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений [1] определены Градостроительным Кодексом Российской Федерации. Высотными зданиями и сооружениями являются здания и сооружения высотой более 100 м. Научно-техническое сопровождение таких зданий и сооружений должно осуществляться уже на стадии выдачи задания на инженерные изыскания. На сегодняшний день определяют следующие виды НТСП:

оптимальный выбор конструктивной схемы; нормативное обеспечение; анализ возможности применения новых строительных материалов; математическое и физическое моделирование; разработка технологических регламентов; экспертиза проектных решений [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного метода исследования применялся метод теоретического анализа. При этом материалами для исследования применялись нормативно-технические документы в области проектирования и строительства высотных зданий и сооружений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе анализа были выявлены следующие основные особенности проектирования высотных зданий и сооружений (табл. 1).

Таблица 1. Основные особенности проектирования высотных зданий и сооружений

№ п.п.	Наименование групп параметров	Особенности параметров
1	Конструктивные параметры	<ul style="list-style-type: none"> - Повышение, в зависимости от высоты, коэффициента надежности по ответственности - от 1,0 до 1,2 [2]; - обязательная проверка на сейсмостойкость высотных зданий и сооружений [1]; - При расчете зданий на ветровые нагрузки дополнительно следует учитывать среднюю и пульсационную составляющие расчетной ветровой нагрузки, воздействия, вызывающие нарушения комфортности пешеходных зон [2]; - проведение испытания моделей в аэродинамических трубах; - проведение инженерно-геологические изыскания повторно на стадиях проектной и рабочей; - разработка прогноза влияния строящегося здания на окружающую застройку и гидрогеологический режим подземных вод; - повышенные требования к бетонной подготовке; - повышенные требования к проектированию фундамента и учет грунтовых условий [7,10].
2	Организационные параметры	<ul style="list-style-type: none"> - определение оптимальных решении по последовательности, методам строительства и сооружений; необходимо предусматривать помещения следующего назначения: <ul style="list-style-type: none"> - для размещения технологического оборудования МВД (СОС и СЭС); - для стационарной станции мониторинга несущих конструкций здания и аппаратной [2]; - для центрального пункт управления системами безопасности здания; противопожарной защиты; инженерными системами здания [2]. - Изыскания, проектирование и строительство высотных зданий высотой 100 м и более следует выполнять в составе работ по НТС со стороны профильных научных организаций в соответствии с СП 22.13330 [2].

3	Технологические параметры	<ul style="list-style-type: none"> - повышение надежности и эффективности технологии строительного монтажа [9]; - применение более эффективных материалов; - выбор грузоподъемных устройств с учетом всех решений и требований; - связывание механизированных устройств единой системой управления, для исключения возможности соприкосновения кранов или грузов;
---	---------------------------	---

Анализ научно-технической литературы показал, что проведенные ранее исследования в области проектирования уникальных зданий и сооружений недостаточно полно описывают требования к программе научно-технического сопровождения, о которой идет речь в Градостроительном Кодексе и действующих сводах правил в РФ [2,7,11]. Также, нет информации о профильной организации, которая должна проводить НТС [2]. В том числе отсутствует четко сформулированные организационно-технологические критерии научно-технического сопровождения проектирования зданий и сооружений высотой более 100 м. Важно понимать, что НТСП уникальных зданий и сооружений и существующие рекомендации – это два направления, ориентированные на достижение единого конечного результата - готового объекта соответствующего функционального назначения, который отвечает всем современным требованиям эффективности и безопасности в течение всего периода эксплуатации.

В данной статье рассматривается упрощенный алгоритм для формирования организационно-технологических аспектов научно-технического сопровождения зданий и сооружений высотой более 100 м, который можно укрупнить в три этапа (Рис.1). Первый этап направлен на изучение существующих требований, рекомендации и специальных технических условий, содержащие дополнительные к установленным или отсутствующие технические требования в области безопасности, отражающие особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации, при проектировании зданий и сооружений высотой более 100 м. На втором этапе планируется Разработка комплексной программы научных исследований и создание научно-технической базы, включающая проведение фундаментальных, поисковых, проблемно-ориентированных и прикладных исследований. А также, создание научно-технической и технологической рекомендации для последующего анализа результатов. Третий этап направлен на разработку, начиная со стадии проектирования, технических и технологических решений, которые будут инновациями, а никак не модернизацией. Создание научно-технической базы, направленная на максимальное использование всех ресурсов: научного потенциала, лабораторных испытаний, существующих рекомендации.

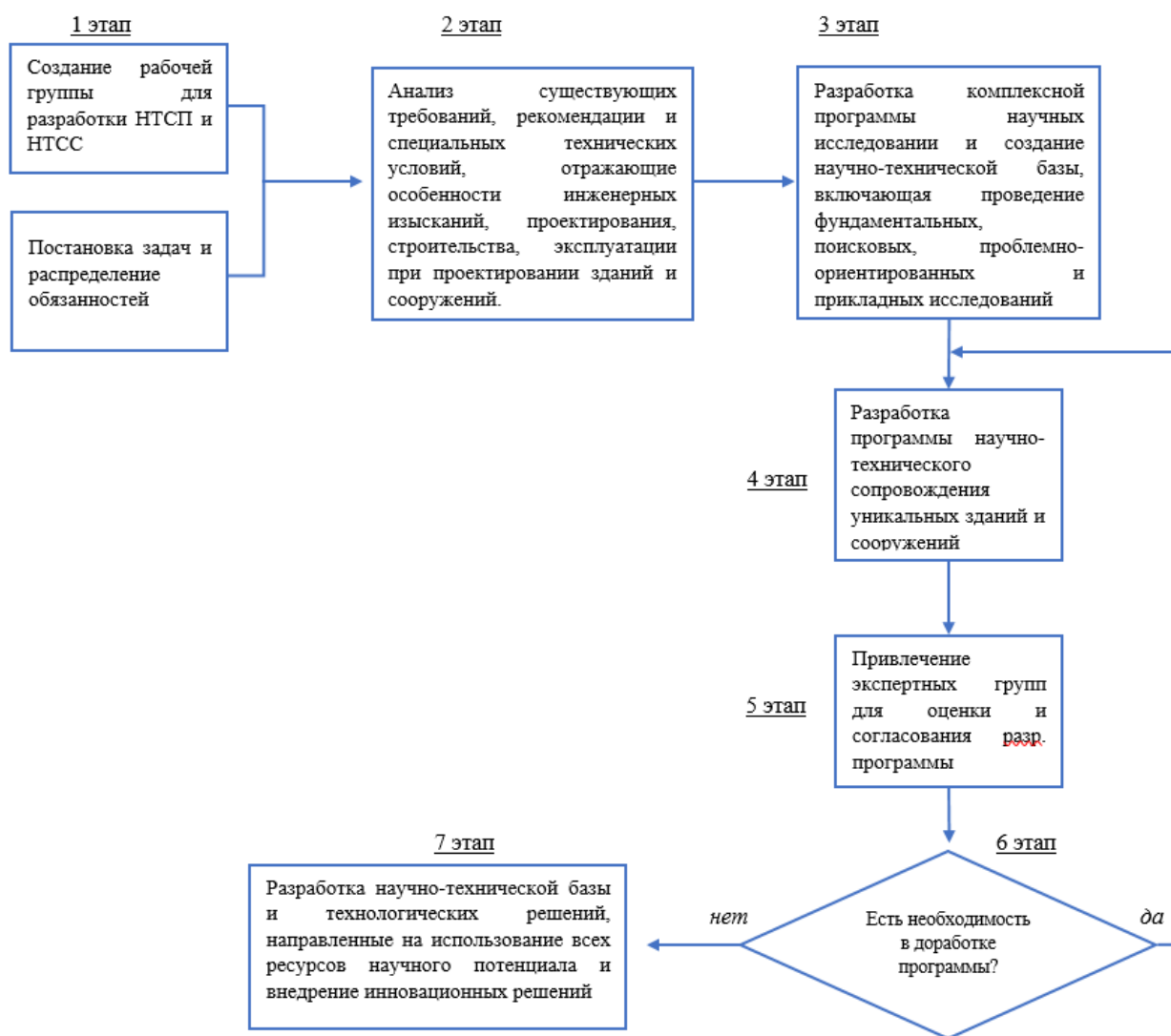


Рис. 1. Алгоритм для формирования организационно-технологических аспектов НТСП

После проведенных исследований для систематизации организационно-технологических аспектов НТСП в данной статье предлагается рассмотрение следующих направлений состава научно-технического сопровождения проектирования:

1. Разработка технических рекомендаций, не вошедших в действующие нормативные документы;
2. Участие в разработке новых, уникальных решений для создания проекта будущей конструкции;
3. Разработка программы мониторинга ответственных конструкций;
4. Разработка дополнений в проектную документацию строящегося уникального объекта.

ВЫВОДЫ

Формирование аспектов научно-технического сопровождения, предназначенный как проектировщикам, так и, государственным органам и инвесторам, позволит повысить эффективность и оптимизировать процесс строительства на каждом этапе жизненного цикла объекта. НТСП — это то направление, которое надо внедрять и только комплексное использование ее всеми участниками строительного процесса позволит обеспечить эффективность и безопасность объекта строительства. На следующем этапе планируется разработка программы НТСП.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190ФЗ (ред. от 21.10.2013) (с изм. и доп. от 07.06.2013 N 113-ФЗ, вступившими в силу с 05.12.2013).
2. СП 253.1325800.2016 Инженерные системы высотных зданий
3. *Гусаков А.А.* Системотехника строительства. -М.: Стройиздат, 1993.
4. *Каган П.Б., Гинзбург А.В.* Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве. / Автоматизация проектирования, 1997 № 4 - с. 36-45.
5. *Гинзбург А.В.* Проектирование информационных систем в строительстве. Учебное издание – М.: Издательство АСВ, 2008.
6. *Lapidus A. and Topchiy D.* Construction supervision at the facilities renovation. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/17/e3sconf_tpacee2019_08044
7. *Kazaryan R.R., & Khvan, V.A.* (2018). Scheduling of processes and results of the reorganization of construction objects building constructions, and their internal rooms. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 463(2) doi:10.1088/1757-899X/463/2/022089
8. Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строительства большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений <http://docs.cntd.ru/document/1101205115>
9. *Кангезова М.Х., Гинзбург А.В.* Применение методов оценки состояния среды жизнедеятельности в строительной практике: breeam и leed, 2017, с. 33-35 Режим доступа:
10. *Кангезова М.Х., Петросян Р.С.* Имитационное моделирование на основе синхронизации проектной информации и календарного плана, 2017, с. 236-239. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32579671>
11. Об утверждении Общих положений к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м <http://moscow-portal.info/2002/05/17/a94757.htm>
12. ГОСТ 32019-2012 Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга (с Изменением N 1, с Поправкой).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНЫХ РЕШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

А.А. Лазарев

студент строительного факультета, laz.alex98@yandex.ru

ФГБОУ ВО "Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет", 630008, г. Новосибирск-8, ул. Ленинградская, 113

Аннотация

Расчёт остывания конструкции забетонированной на морозе и прочности, приобретенной бетоном за это время. Температурные режимы бетона, подвергающегося термообработке, определяются либо приблизительно, либо точными, но очень сложными решениями. В рамках эксперимента ставилась задача определить тепловую волну в неоднородном стержне и подтвердить или опровергнуть теоретические положения на которых строится новая модель расчёта. Облегчение расчетов тепловых режимов и прочности твердеющего бетона в реальных производственных условиях бетонирования в зимних условиях основано на решении уравнения интегрального теплового баланса Фурье. Представлен график, полученный экспериментальным путем с наложенным на нем графиком теоретической зависимости. Необходимо найти некие коэффициенты для уравнения, при которых график теоретический будет полностью идентичен результатам эксперимента, что существенно упростит его практическое использование.

ВВЕДЕНИЕ

Уже первые опыты производства бетонных работ в условиях отрицательных температур потребовали ответа на основной вопрос зимнего бетонирования – как рассчитать остывание конструкции забетонированной на морозе и какую прочность приобретёт бетон за это время.

Сегодня, температурные режимы бетона, подвергающегося термообработке, определяются либо приблизительно [1], либо точными, но очень сложными решениями [2].

Задачей настоящего исследовательского проекта является получение практического подтверждения теории, основанной на принципиально новом, простом решении уравнения интегрального теплового баланса Фурье

$$\bar{Q} = -\lambda \cdot \text{grad}(T) \cdot S$$

методами группового анализа дифференциальных уравнений для реальных конструкций неидеальной формы, предложенных заведующим кафедрой высшей математики НГАСУ, доктором физико-математических наук, профессором Ю.А. Чиркуновым [3].

Исследование актуально и направлено на облегчение расчетов тепловых режимов и прочности твердеющего бетона в реальных производственных условиях бетонирования в зимних условиях.

Профессором Чиркуновым, на основе разработанного им метода предложены простые, удобные для практического применения математические зависимости, описывающие температурные режимы в конструкциях, имеющих форму стержня, твердеющий бетон которых обогревается внешними нагревателями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для подтверждения гипотезы выбрана одна из предложенных функций, описывающая процесс распространения тепла в неоднородном стержне при наличии внешнего нестационарного источника тепла:

$$T = \left[\frac{\beta}{(\alpha - 2)(2 - \alpha + \beta)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \cdot x^{\frac{2-\alpha}{\beta}} \cdot [(\ln(\varepsilon(t)))']^{\frac{1}{\beta}}$$

где $T=T(t,x)$ – температура стержня в точке $x \in (-\infty; \infty)$ в момент времени t ;
 α – параметр, характеризующий неоднородность стержня;
 β – параметр, определяющий нелинейность процесса;
 α и β – произвольные вещественные постоянные.

Зависимость рассматривалась при следующих параметрах:

1. $\frac{2-\alpha}{\beta} > 0$;
2. $\frac{2-\alpha}{\beta} < 0$.

В ходе исследования устанавливалась зависимость между:

T – температурой прогрева, t – временем прогрева и x – текущей координатой внутри стержня.

В рамках эксперимента ставилась задача определить тепловую волну в неоднородном стержне и подтвердить или опровергнуть теоретические положения на которых строится новая модель расчёта. С целью приближения процесса к реальному бетонированию, было принято решение заменить стержень моделью колонны.

Экспериментальная модель (рис. 1) представляет собой опалубку (1); два нагревательных прибора (2), расположенных у верхнего и нижнего торца колонны; утеплитель боковых граней из плит пенополистирола (3); модельного тела (4); термодатчиков (5), установленных вдоль продольной оси модельного тела с шагом 160мм по боковой поверхности и в центре.

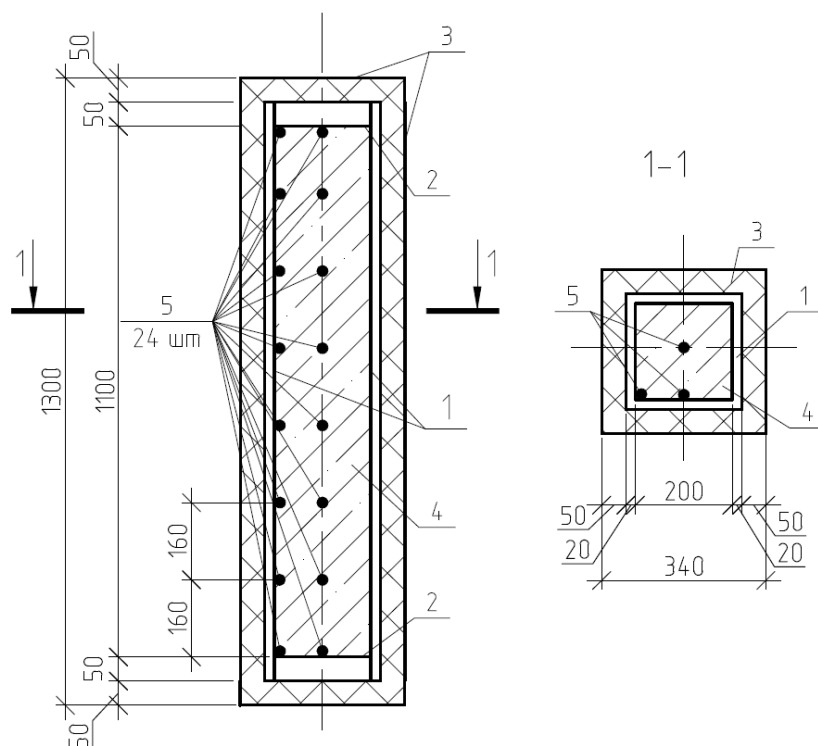


Рис. 1. Экспериментальная модель

В качестве модельного тела принята смесь бентонитовой глины, песка, воды и крупного заполнителя, имитирующая бетонную смесь. Данное решение обосновывается возможностью многократного использования состава, нетрудоемкого определения физико-механических свойств (плотность, пористость, теплопроводность и т.д.) и в последующем введения коэффициента соотношения. Водопоглощающая способность бентонитовой глины определена эмпирически, отношение сухого вещества к воде – 1:28.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате обработки данных, считанных с термодатчиков в ходе эксперимента получены следующие графики зависимости температуры от времени. На рисунке (Рис. 2) представлен характер распределения фактических температур в экспериментальной конструкции для случая, когда нагреватели установлены сверху конструкции. Пунктирной линией на экспериментальном графике показана расчётная кривая изменения температуры в конструкции для случая, когда

$$\varepsilon'(t) = t^2$$

Т.е. для случаев соответствующих точкам №1, 5, 9, 11, 13. Чтобы не загромождать график расчётными кривыми, для удобства читателя, в статье приводится только несколько расчётных кривых, позволяющих сравнить их с экспериментальными на фоне всего семейства опытных кривых. Из графика убраны кривые тех термопар, до которых не дошла тепловая волна.

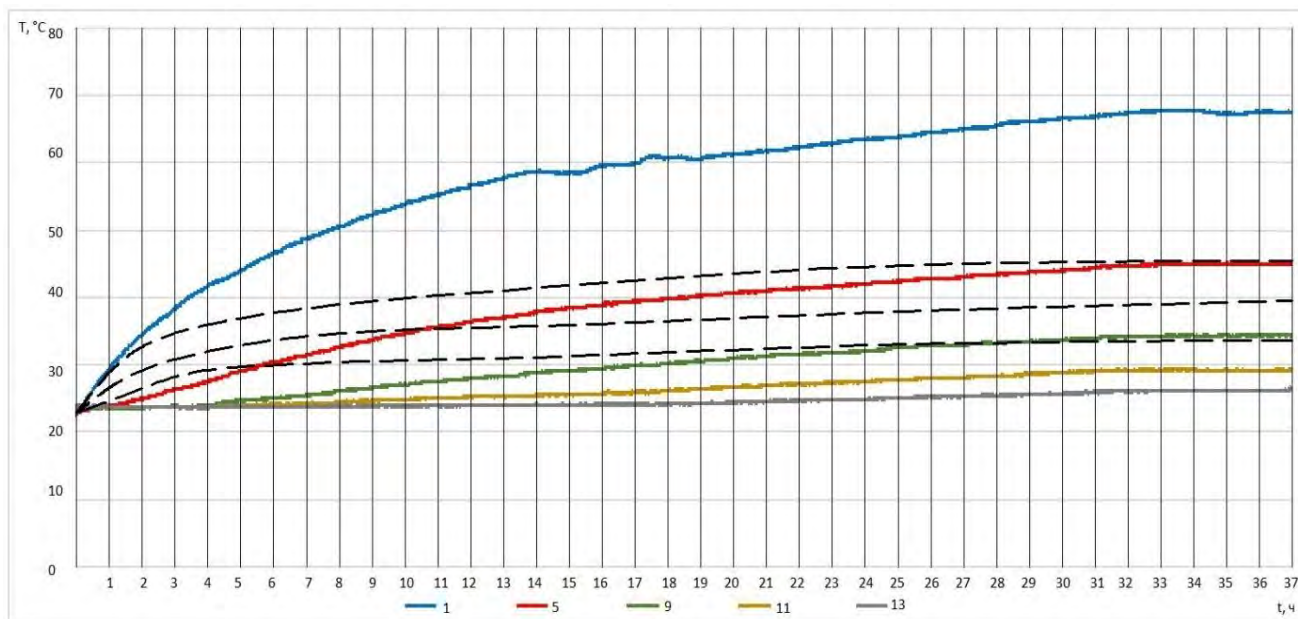


Рис. 2. График прогрева с одним греющим элементом, расположенным сверху модели

ВЫВОДЫ

На основе графиков, построенных по экспериментальным данным и графикам, полученных путем построения зависимостей, предложенных Ю.А. Чиркуновым, можно сделать следующие выводы:

- 1) Сравнение теоретической и экспериментальной кривых изменения температуры для одной точки в конструкции, подвергающейся термообработке, показывает их хорошую сходимость.
- 2) Графики изменения температуры по времени для разных точек конструкции имеют схожий характер и описываются предложенной зависимостью;
- 3) Представляется возможным найти некие коэффициенты, при которых график теоретический будет полностью идентичен результатам эксперимента, что существенно упростит его практическое использование;
- 4) Чтобы снизить погрешность, имеет смысл построить трёхмерный график зависимости $T(t,x)$, где x – расстояние до исследуемой точки;
- 5) Представляется разумным, провести дополнительные исследования с целью анализа тепловой волны, исходящих от нагревающих элементов, находящимися в других плоскостях конструкции (в том числе и на боковых гранях), для усовершенствования технологии прогнозирования режимов термообработки бетонных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях в районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1982. – 213 с.
2. *Молодин В. В.* Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимних условиях: монография / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2006. – 300 с.
3. *Чиркунов Ю.А.* Нелинейное распространение тепла в неоднородном стержне при воздействии нестационарного источника тепла применительно к задачам зимнего бетонирования. // Известия ВУЗов. Строительство. 2018. № 2. С. 70–76.

ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ СПОСОБОМ ПНЕВМОБЕТОНИРОВАНИЯ

А.В. Мухин

студент, *muhinav14@mail.ru*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация. Данная статья посвящена обобщению опыта производства бетонных работ с помощью пневматического бетонирования, которое распространяется на производство бетонных работ по строительству жилых, промышленных зданий и других сооружений, их реконструкции и ремонту, а также изготовлению бетонных конструкций на заводе. В статье рассматривается технология производства работ по бетонированию монолитных тонкостенных бетонных конструкций методом пневматического бетонирования. Доказаны преимущества метода пневматического бетонирования. Рассмотрены различия между пневматическим бетонированием и другими методами торкретирования. Все этапы производственного процесса подробно описаны. В статье доказана эффективность данного способа производства работ. Подробное описание технологии работы открывает новые возможности для ее совершенствования. Эта статья будет полезна специалистам, занимающимся производством бетонных работ методом пневматического бетонирования.

ВВЕДЕНИЕ

В данной материале рассмотрена технология производства работ при бетонировании конструкций способом пневмобетонирования. Эта технология успела себя зарекомендовать с положительной стороны на уже проектируемых объектах, поскольку имеет ряд преимуществ, по сравнению с другими методами. Кроме того, данный метод широко используется при усилении строительных конструкций, зданий и сооружений, которые находятся под защитой государства (памятников истории и архитектуры).

Суть метода пневмобетонирования заключается в том, что это нанесение на обрабатываемую поверхность пластичной бетонной смеси на мелкозернистом заполнителе. При этом смесь перемещается во взвешенном состоянии по трубопроводу со скоростью 70-90 м/с. Готовят бетонную смесь централизованно на заводе. Кроме того, приготовление смеси может быть осуществлено в мобильной бетоносмесительной установке («Пневмобетон») [1, 2, 5, 6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной статье используются методы наблюдения, изучения и обобщения.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Данный способ обладает рядом плюсов, которые будут описаны ниже.

При бетонировании данным методом водоцементное отношение будет оставаться неизменным. Стоит отметить, данное преимущество является крайне важным, поскольку данное соотношение является одним из факторов, которое сильно влияет на свойства бетона (физико-механические).

Кроме всего прочего, пыли и взвешенных веществ в воздухе (тумана) на рабочих местах становится меньше. Также, благодаря немалой скорости движения смеси, уменьшаются потери составляющих данной смеси.

Одним немаловажным плюсом также является уменьшение затрат труда на укладку одного кубометра бетонной смеси (на 20-30%). Кроме того, уровень квалификации рабочих может быть снижен.

При бетонировании другими методами (например, торкретированием) во время движения бетонной смеси по материальному трубопроводу происходит накопление статического электричества, однако при пневмобетонировании происходит снижение этого показателя.

Стоит отметить также и минус данной технологии, а именно – это увеличение расхода сжатого воздуха (примерно на 30-40%).

Данную технологию лучше всего использовать при устройстве железобетонных конструкций толщиной до 150 мм, однако при соответствующем обосновании есть возможность применения данного способа и на конструкциях большей толщины.

Также при проектировании особо сложных конструкций, данный метод необходимо опробовать на специально изготовленном фрагменте (он должен быть изготовлен в натуральную величину).

Стоит отметить, что необходимо при производстве работ способом пневмобетонирования соблюдать требования, которые будут описаны ниже [2, 3, 4].

Нанесение бетонной смеси должно производиться перпендикулярно как к вертикальной поверхности, так и к горизонтальной.

Необходимое расстояние от сопла до рабочей поверхности должно составлять 0,7-1,2 м с целью максимального уменьшения “отскока” и для того, чтобы предостеречь от преждевременного обрастания арматуры бетонной смесью.

Во время возникновения признаков сползания бетонной смеси важно сделать тоньше наносимый слой.

Бетонная смесь должна быть нанесена при вертикальном перемещении сопла (сопло движется поступательно).

Высота слоя, который наносится, должен быть меньше пятнадцати миллиметров – при устройстве горизонтальных поверхностей (нанесение осуществляется снизу вверх).

Высота слоя, который наносится, должен быть меньше двадцати пяти миллиметров – при устройстве вертикальных поверхностей;

Высота слоя, который наносится, должен быть менее пяти сантиметров – при устройстве горизонтальных поверхностей (нанесение осуществляется сверху вниз);

Перед тем, как нанести первый слой на опалубку или затвердевший бетон, необходимо заранее подготовить данную поверхность. Для этого специально изготавливают мелкозернистую бетонную смесь (она должна быть изготовлена на мелком песке), которая призвана уменьшить потери составляющих бетона. При этом толщина слоя этой смеси не должна превышать 10 мм.

Перед тем, как нанести последующий слой, необходимо дождаться окончания схватывания предыдущего.

Порой при работе возникают перерывы. В таких случаях, при необходимости нанесения следующего слоя поверхность ранее уложенного бетона должна быть увлажнена.

После нанесения последнего слоя на его поверхности могут оказаться неровности. Поэтому для выравнивания поверхности используют раствор на мелком песке. Сначала его наносят на невыровненную поверхность, после чего заглаживают. В результате чего образуется ровная, готовая поверхность.

Данная технология была применена на многих объектах, о которых далее пойдет речь. Например, пневмобетонирование очень часто используют при строительстве тоннелей. Данный метод используют как дополнительное средство повышения водонепроницаемости бетонной отделки и усиления конструкций (рис. 1). Для устройства гидроизоляции используют особый цемент, который обладает устойчивостью к усадке и не пропускает влагу. При этом, если необходимо добиться максимальной устойчивости, необходимо предварительно установить на стены стальную сетку, в результате водонепроницаемость повысится до высоких показателей.



Рис. 1. Усиление конструкций тоннеля методом пневмобетонирования

Также метод пневмобетонирования был применен при строительстве соборной мечети в городе Уфа. На данном объекте метод пневматического бетонирования был применен при устройстве стен (рис. 2), а также замоноличивания вертикальных стыков.



Рис. 2. Применение технологии пневматического бетонирования при строительстве соборной мечети в городе Уфа

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве результатов исследования был принят опыт производства работ на реальных объектах. Исходя из этого были выведены требования по производству бетонирования железобетонных конструкций методом пневматического бетонирования.

ВЫВОДЫ

Данная технология является крайне эффективной, по сравнению с другими методами пневматической подачи бетонной смеси, поскольку имеет большой ряд преимуществ, несмотря на незначительные минусы. Также этот метод успел себя зарекомендовать с хорошей стороны при устройстве таких железобетонных конструкций, как: покрытия зданий и сооружений (купола, оболочки и т.д.), емкостные сооружения различного типа и назначения, плавательные бассейны, тонкостенные перегородки и стены жесткости промышленных зданий и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ершов М.Н., Липидус А.А., Теличенко В.И.* Книга 5. Технологии монолитного бетона и железобетона. 2016.
2. *Олейник П.П.* Организация строительного производства. 2010.
3. *Синенко С.А., Мамочкин С.А., Жадановский Б.В.* Основы нормативной базы в строительстве. 2016.
4. *Ширишков Б.Ф., Синенко С.А., Жадановский Б.В.* Организационно-технологические решения по безопасности труда в проектах производства работ. 2015.
5. СП 48.13330.2011. Организация строительства. 2011.
6. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. 2013.

КОМПОНЕНТНЫЙ МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В BIM ПРОЕКТИРОВАНИИ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ IDEA StatiCa

И.Ю. Насырова¹, Р.В. Бароев², Г.М. Бажин³

¹ студент, *niy.irina@gmail.com*

² инженер САПР строительных конструкций, *ruslan.baroev@nipinfor.ru*

³ ст. преподаватель, *gnazhin@gmail.com*

^{1,3} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

² ООО "НИИ-Информатика", Адрес: Россия, 192102, Санкт-Петербург ул. Фучика, д. 4, лит.

К

Аннотация: в статье рассматривается современный опыт внедрения технологий информационного моделирования (ТИМ) в России. Показан общий эффект применения современной научной методики в области проектирования на примере использования программы IDEA StatiCa Connection, предназначенной для расчета стальных узлов компонентным методом конечных элементов (КМКЭ).

Предмет исследования: применение технологий информационного моделирования в строительной отрасли России.

Цели: повышение качества строительства и сокращение сроков реализации возведения объекта без финансовых потерь, а также модернизация строительной отрасли в целом.

Материалы и методы: На основе обобщения практики применения технологий информационного моделирования был произведен анализ актуальности и востребованности новейшего программного обеспечения для строительной отрасли России, а именно моделирования и расчёта узлов стальных конструкций. В качестве основных методов анализа данного вопроса используется изучение нормативной и научной литературы по данному вопросу и численный эксперимент, а именно расчёт стального узла крепления балок к колонне в программе IDEA StatiCa Connection.

Результаты: в результате проведенного исследования были изучены предпосылки развития в России концепции BIM (Building Information Model) для проектирования и проанализированы преимущества и актуальность перехода строительной отрасли на новые технологии. Также в рамках анализа данного вопроса рассмотрен пример использования нового научного подхода, реализованного в программе для расчёта узлов стальных конструкций. В качестве результатов численного эксперимента для заданного узла приводятся как графические материалы – изополя напряжений нём и его деформированная схема, так и коэффициенты использования отдельных компонентов – болтов и сварных швов.

Выводы: Проанализировав результаты исследований стран, стоящих в авангарде развития науки и применения научных разработок BIM-проектирования (Сингапур, США, страны Азии и Европы) можно говорить о положительном эффекте перехода строительной отрасли на новый уровень. Этот эффект носит как экономический, так и технологический характер и проявляется в сокращении затрат, росте прибыли, повышении производительности и снижении общей стоимости инвестиционного проекта. В свою очередь, качественные выгоды способствуют конкурентоспособности предприятий, и, как следствие, положительному развитию рынка строительных объектов и повышению роста экономики государства в целом.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль за рубежом с каждым годом показывает успешную практику применения BIM-технологий. Развиваясь стремительными темпами, концепция BIM помогает упрощать процессы на каждой стадии реализации инвестиционного проекта: от проектирования, возведения и эксплуатации до реконструкции и сноса.

В этом плане российский рынок строительства отстаёт от зарубежных коллег. Модернизация отрасли и выведение её на должный уровень возможны за счёт расширения базы знаний. Основным ядром здесь являются научно-исследовательские институты и государственные органы, которые должны задавать вектор развития отрасли и стимулировать отдельных участников инвестиционно-строительной деятельности.

В Российской Федерации проводится активная политика по созданию нормативной базы BIM-проектирования на законодательном уровне: в настоящий момент вводятся поправки в Градостроительный кодекс о технологиях информационного моделирования [1]; создаются условия для перехода строительной отрасли на BIM-технологии по поручению президента в срок до 1 июля 2019 года [2].

По словам главы Минстроя России Владимира Якушева, переход отрасли на цифровой формат должен быть достигнут уже к 2024 году. Это предполагает автоматизацию всех работ и процессов на всех этапах жизненного цикла объекта. Благодаря этому ожидается снижение затрат и времени на строительство объектов всех уровней, возводимых за счет бюджета РФ до 20%, сокращение времени от принятия решения о строительстве до введения здания в эксплуатацию – до 30%. Такие показатели могут быть достигнуты за несколько лет. Будут разработаны и внедрены меры по стимулированию застройщиков к использованию BIM-технологий в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

Благодаря предлагаемым мерам до конца 2024 г. доля объектов недвижимости, разработка которых происходит по всем канонам информационного моделирования, составит 80% от общего количества строящихся объектов.

Говоря о преимуществах BIM-проектирования, следует понимать, что достижение желаемого результата (ускорения темпов строительства, снижения затрат и пр.) возможно только при условии полного перехода отрасли на новые технологии. Ситуация в строительной отрасли сейчас такова, что во многих случаях на одном объекте могут работать несколько подрядных организаций. Одни организации занимаются проектированием, другие разрабатывают архитектурную концепцию, а третьи занимаются инженерными сетями. Работа над объектом всё больше и больше переходит из реального мира в виртуальный. Поэтому использование единой концепции является залогом успешного сотрудничества организаций. При различном уровне информационного развития сотрудничающих организаций огромное количество рабочего времени может уйти на «оцифровку» документации или же наоборот, подготовку чертежей и схем по имеющейся информационной модели. Также зачастую определённые сложности вызывает перевод модели из одного формата в другой. Повысить качество строительства и снизить его сроки без существенных финансовых затрат – одна из основных задач информационного моделирования.

Как правило, любые новшества и современные технологии, не известные ранее, так или иначе сперва претерпевают критику. Инертность и консервативность – эти человеческие качества часто являются факторами, тормозящими прогресс. Сфера строительства не является исключением. Любое новое программное обеспечение для расчётов, проектирования, конструирования и т.д. всегда подвергается критике со стороны пользователей. Это закономерный процесс. На помощь приходят устоявшиеся процедуры сертификации и верификации программного обеспечения. Положительным образом сказываются и истории успеха зарубежных коллег. А если при всём этом программа будет проста в использовании, она обязательно найдёт широкое распространение среди пользователей. Также не стоит забывать, что технология BIM должна затрагивать не только процессы 3D моделирования строительных конструкций, но и связь моделирующих программ с расчётными, а также расчётных ком-

плексов между собой. Этими функциями обладает большинство современных программ для расчёта строительных конструкций.

И, затрагивая тему расчёта строительных конструкций, нельзя не упомянуть о методе конечных элементов (МКЭ). Благодаря сравнительно простой реализации в программе он получил такое широкое применение. Практически каждая программа для расчёта строительных конструкций основана на подходе МКЭ. Расчёты на прочность и устойчивость, подбор сечений стальных конструкций, динамический анализ сооружения – лишь небольшой список тех задач, которые можно решить с помощью МКЭ. Однако специфика некоторых из них требует дополнительной разработки сложных наукоёмких моделей, и, как следствие, значительных временных и финансовых затрат. Помимо всего прочего, рассчитываемые конструкции должны удовлетворять требованиям нормативной документации по 1 и 2 группам предельных состояний. Добившись полной автоматизации процесса расчёта конструкций и их проверки по действующим нормам, можно значительно сократить затраты на этапе проектирования.

В современном строительстве используются конструкции различных форм и размеров: прокатные двутавры, клееный брус, фибробетонные оболочки и т.д. У каждой из них есть свои плюсы и минусы как с точки зрения архитектурной выразительности, так и с точки зрения их расчётов. Производя расчёт здания в целом, все стыки и соединения, как правило, задаются упрощённо. В этом случае чрезмерная детализация схемы может привести к неоправданному увеличению времени расчётов при тех же результатах. Тем не менее, расчёту узлов примыкания конструкций друг к другу должно уделяться особенное внимание. Этот вопрос является наиболее актуальным при проектировании металлических конструкций. Большую часть рабочего времени зачастую занимает именно конструирование узлов. Если они типовые – на помощь приходят различные серии и пособия, но в случае нестандартных узлов сложной формы (Рис.1) этот процесс может затянуться. Несмотря на обилие различных МКЭ программ, автоматизация расчёта сложных узлов по-прежнему является весьма актуальным вопросом.

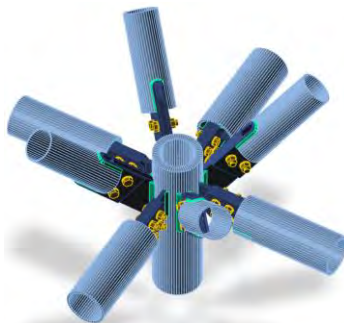


Рис. 1. Узел структурного покрытия

Основным вопросом при моделировании нестандартных узлов является достоверность получаемых результатов. Расчётная схема узла должна отражать его реальное поведение в составе конструкции. Модели материалов и отдельных компонентов (болтов, сварных швов) также должны соответствовать этому. Автоматизация такого процесса невозможна без использования единых верифицированных моделей для отдельных компонентов узла (болтов, сварных швов, анкеров), достоверность которых подтверждалась бы экспериментальными данными. Такой подход частично реализован в зарубежной нормативной литературе и называется компонентным методом.

Суть компонентного метода заключается в том, что узел рассматривается как совокупность связанных друг с другом элементов – компонентов (Рис. 2). При расчёте каждого узла для него строится компонентная модель, в элементах которой определяются усилия и напряжения, используемые затем для проверок по заданным нормативным методикам.

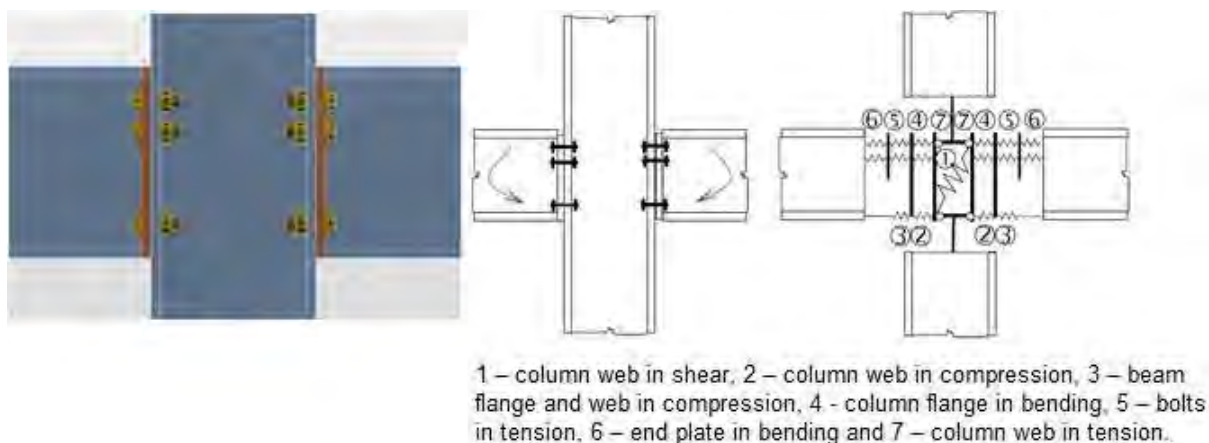


Рис. 2. Рамный узел и его компонентная модель

Каждый компонент проверяется отдельно от других по соответствующим формулам. Ввиду того, что для каждого типа узла требуется заново создавать компонентную модель, этот метод имеет существенные ограничения при расчётах узлов сложной формы. Однако, если дополнить его методом конечных элементов в совокупности с готовыми моделями болтов, сварных швов и др., это позволит производить расчёты узлов практически любой конфигурации. Этот подход был впервые реализован в Чехии благодаря совместной работе института Гражданского строительства в Праге и Технологического университета в Брно при помощи компании IDEA RS. Данный метод получил название CBFEM (Component Based Finite Element Method), что можно перевести как КМКЭ – компонентный метод конечных элементов, и был реализован в программе IDEA StatiCa Connection, предназначенной именно для расчёта и проверки по нормам узлов стальных конструкций.

Компонентный метод конечных элементов направлен на максимальное приближение модели к реальности. В IDEA StatiCa все стенки и пояса балок и колонн, а также отдельные пластины разбиваются на четырёх- и трёхузловые конечные элементы тонких оболочек. Отдельные пластины соединяются друг с другом при помощи сварных швов и болтов. Материал конструкций подчиняется нелинейному упруго-идеально-пластическому поведению (диаграмма Прандтля, Рис. 3).

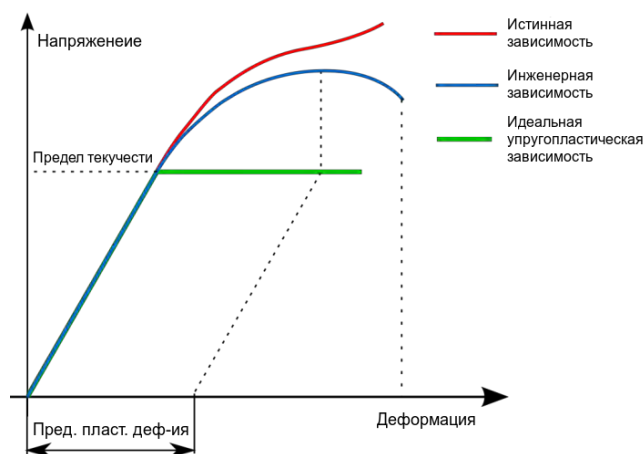


Рис. 3. Истинная диаграмма работы стали и идеальная упругопластическая модель

Сварные швы в программе моделируются при помощи специальных упругопластических элементов, учитывающих реальное положение сварного шва, его ориентацию и толщину. Их размеры соответствуют размерам шва, а момент появления пластического течения отслеживается по величинам напряжений в сечении сварного шва. Учёт пластической работы

материала шва перераспределяет пики напряжений на менее нагруженный участок сварного шва – те участки, в которых достигается пластика, передают её дальше по длине.

Болты в IDEA StatiCa реализуются при помощи нелинейных упругих связей, воспринимающих преимущественно срез и растяжение. При расчёте болт заменяется упругой связью, имеющей продольную, изгибную и сдвиговую жёсткость, предел прочности, а также начальный предел текучести и деформативности.

Кроме уникальной методики расчёта узлов, для IDEA StatiCa Connection разработаны BIM-связки с различными моделирующими и расчётными программами: Tekla Structures, Autodesk Revit, Advance Steel, SAP2000, ETABS, Autodesk Robot, STAAD Pro и другими. Благодаря этим связкам IDEA StatiCa Connection отлично встраивается в BIM-технологии, приняты на предприятии и позволяет производить расчёт узлов практически любой формы и конструкции на прочность, устойчивость и жёсткость и определять ресурсы их несущей способности.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании статьи был рассмотрен проект поправок в Градостроительном кодексе о технологиях информационного моделирования [1]. Пояснительная записка к документу указывает на то, что переход на BIM позволит оптимизировать бизнес-процессы и снизить риски на всех этапах жизненного цикла зданий, "объединить разнородную информацию об объектах и всех участниках процесса управления в единую информационную среду". Это объясняет то, что на федеральном уровне преимущества BIM-проектирования рассмотрены, учтена возможность убытков при строительстве объектов, и сделано заключение о необходимости внедрения данной технологии на законных условиях в России. Данные сведения опровергают один из рассмотренных недостатков программных комплексов на основе ТИМ - незаинтересованность на государственном уровне стандартизации BIM технологий [3].

Учеными неоднократно рассматривались проблемы взаимосвязи компонентов программ, потери существующих рабочих практик, вырабатываемых годами и справляющихся с поставленными задачами, а также неосуществленной интеграции накопленного опыта с новыми технологиями. Убедиться, что российская строительная наука и IT технологии развиваются, и этому активно способствует государственная поддержка, можно, рассмотрев поручение президента о создании условий в РФ для перехода на BIM-технологии. Эти положения успешно запущены в реализацию, положительный эффект будет продемонстрирован 19 июля 2019 года.

Всё это также необходимо для обеспечения цели, закрепленной проектом стратегии инновационного развития строительной отрасли до 2030 года Минстроем России - создания конкурентоспособной строительной отрасли, формирующей безопасную и комфортную среду жизнедеятельности, способствующую укреплению национальной безопасности и пространственного развития Российской Федерации [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках численного эксперимента был рассмотрен рамный узел стального каркаса. Моделирование и расчёт узла выполнялся с помощью программы IDEA StatiCa Connection на основе КМКЭ. Расчет заданного узла выполнялся согласно EN 1993-1-1-2009.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе расчёта узла была получена его деформированная схема и изополя напряжений. Как показал расчёт (Рис. 4), наиболее нагруженным местом конструкции оказалось соединение полок с пластиной фланца. Как правило, в этих местах зачастую и развиваются значительные пластические деформации (Рис. 5).

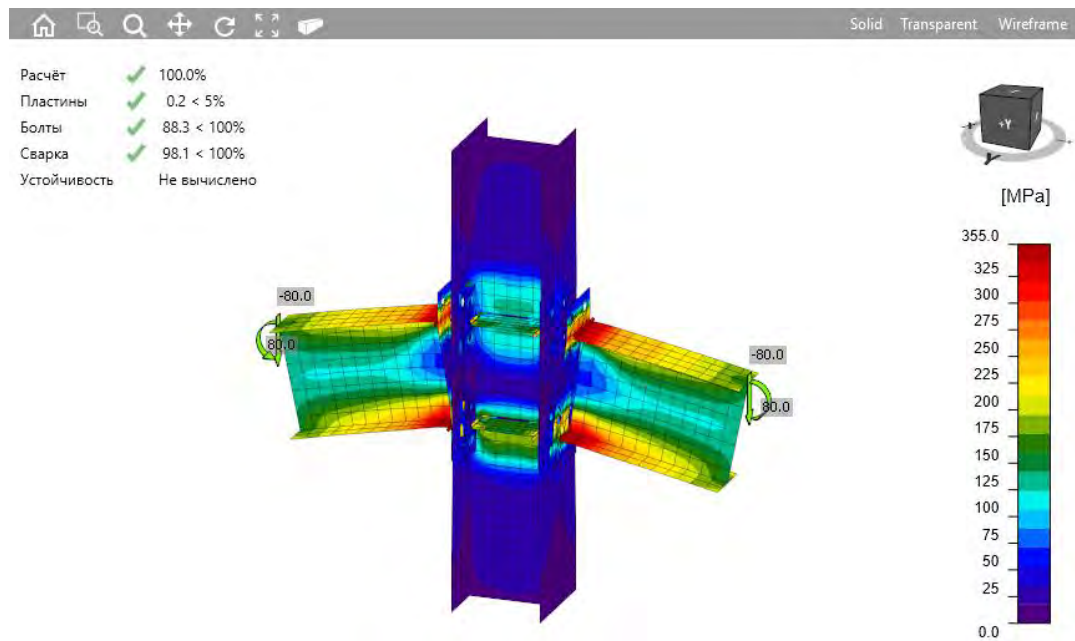


Рис. 4. Изополя напряжений и деформированная схема

Результаты, предоставляемые программой, позволяют получить достоверную и понятную информацию о работе узла, и его напряжённно-деформированном состоянии, а также о резервах несущей способности.

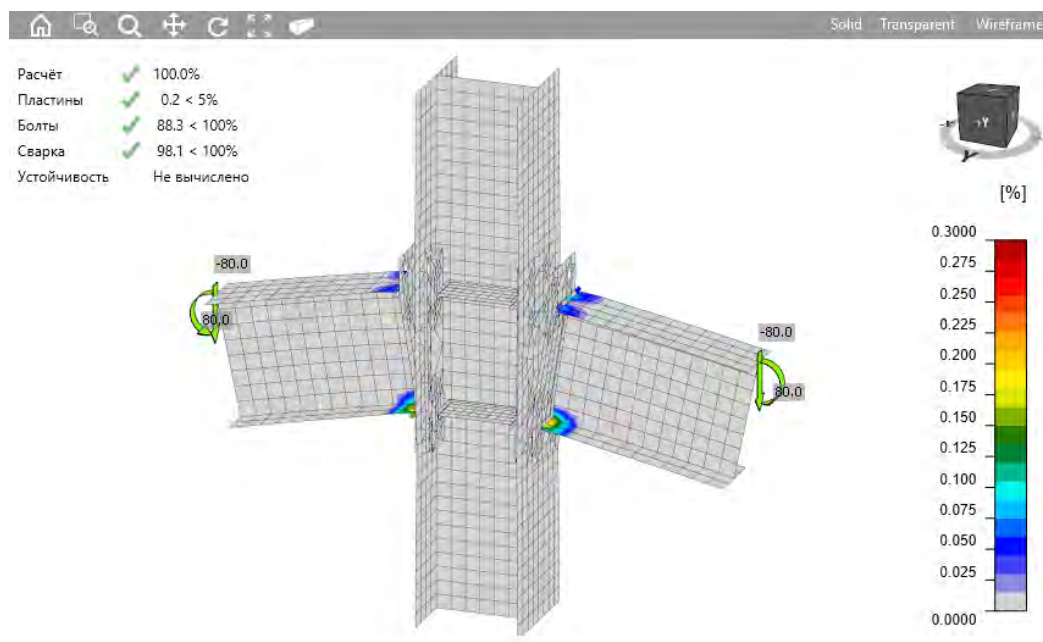


Рис. 5. Пластические деформации в узле

Ниже приводятся результаты расчёта узла на устойчивость (на Рис. 6 показана третья форма потери устойчивости)

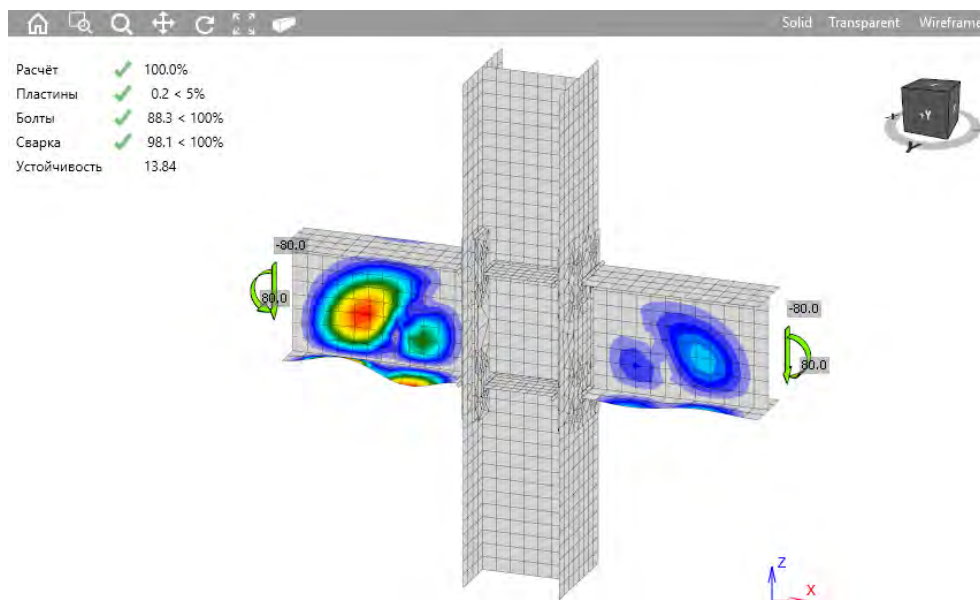


Рис. 6. Расчёт узла на устойчивость

Результатами этого расчёта являются коэффициенты запаса устойчивости по первым шести формам.

Особенно стоит отметить тот факт, что на моделирование и вышеуказанные расчёты узла было затрачено всего несколько минут, а благодаря функций импорта узлов в IDEA StatiCa из сторонних CAD-программ для проектирования металлоконструкций, проверка даже сложных узлов (Рис.1) занимает не более 10-20 минут. При этом расчёт таких нестандартных узлов традиционными методами (сборка модели в КЭ-программе, проверка элементов по нормам) зачастую занимает по меньшей мере несколько часов. При работе с большими проектами количество таких узлов может достигать нескольких сотен. В этом случае IDEA StatiCa становится незаменимым помощником инженера-конструктора, а положительный экономический эффект от её использования будет весьма заметным.

ВЫВОДЫ

Таким образом, анализируя оценки эффективности внедрения ТИМ-технологий, можно сказать, что позитивная направленность на успешный результат оправдана и первые результаты, свидетельствующие о преимуществе использования новых технологий, получены. Развитие этих технологий мотивировано выгодой, получаемой на разных этапах реализации проекта. В настоящее время программой IDEA StatiCa Connection пользуются более 1000 компаний из 40 стран. В России программа уже распространена в центральной части, на Урале и в Сибири. Ожидается, что после выхода новой версии программы IDEA StatiCa 10, в которой будут реализованы расчёты по СП 16.13330.2011(2017), программа надёжно закрепится на российском рынке и станет незаменимым инструментом современного инженера-конструктора.

Важно помнить, что технология BIM - это удобный инструмент рационального расходования ресурсов компании, при правильной реализации которого будет выполняться требуемое соотношение трудозатрат, цены/качества производимых работ, и возводимого объекта строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект поправок в Градостроительный кодекс о технологиях информационного моделирования. Пояснительная записка к законопроекту от 04.02.2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regulation.gov.ru/projects/List/AdvancedSearch#departments=20&npa=88184>
2. Поручение президента РФ (ПР-1235 от 19.07.2018 года)

3. К.С. Петров, В.А. Кузьмина, К.В.Федорова Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии). - Инженерный вестник Дона, №2 (2017). - Режим доступа:
http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_23_petrov_kuzmina_fedorova.pdf_a39b92d12c.pdf
4. Проект. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года / Минстрой России. М., 2016. 63 с.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ФАСАДОВ С ОБЛИЦОВОЧНОЙ ПЛИТКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОКРАСОК

Е.А. Перфилова, С.Д. Мамедова, А.Д. Егорова

студенты, *katerina.perfilowa@yandex.ru*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация. К середине 20 века экономические и политические факторы в стране привели к потребности строительства жилых домов в больших количествах. Для выполнения поставленных целей за кратчайшее время возводились многоквартирные дома, которые собирались из готовых заводских железобетонных изделий. Предполагалось, что после завершения расчетного периода эксплуатации здания будут сносить, однако большая часть таких домов до сих пор эксплуатируется и для их обновления требуется не только устранение морального износа фасадов, но и восстановление теплотехнических характеристик.

Целями проделанной работы является обоснование принятых технических, технологических и энергосберегающих решений по ремонту фасада из мелкоформатной плитки.

Основные материалы для изучения особенностей поврежденных фасадов в виде задокументированных обследований, а также общая методика по ремонту фасада без значительного повышения теплозащитных свойств были предоставлены Фондом капитального ремонта (ФКР). Обоснование указанной в статье задачи представлено в виде теплотехнического расчета на выполнение поэлементных требований.

В результате приведенных расчетов доказываем целесообразность применяемых слоев конструкции, в особенности, эффективность принятого теплоизоляционного слоя из термоизолирующей краски.

Полученные выводы могут быть применимы для разработки новых технических условий для работ по капитальному ремонту многоквартирных домов в городе Москве.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях жизни второй половины 20-го века, находясь под влиянием экономических и политических факторов, массовое строительство было направлено на максимальное увеличение жилищного фонда в короткий срок. Дома собирались из готовых заводских панелей, что значительно облегчало трудовые затраты и сокращало сроки работ, упрощало вопросы энергоэффективности и капитального ремонта. Это привело к тому, что сегодня большая часть жилого фонда нуждается в проведении ремонтных работ с повышением технико-экономических показателей. Особенно, это касается домов из панелей облицованных керамической плиткой железобетонных и бетонных наружных стеновых панелей и блоков.

Долгое время ремонт домов с мелкоформатной плиткой был приостановлен ввиду недоработанной технологии восстановительных работ, однако сегодня ремонт фасадов входит в перечень обязательных работ, проводимых по действующей программе капитального ремонта.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Для изучения проблемы была принята еще широко не опробованная технология ремонта фасадов из керамической глазурованной плитки, разрабатываемая ведущими специалистами Фонда капитального ремонта Москвы. На основе обобщенных данных о ранее проводимых работ по ремонту, технология позволяет устранить видимые дефекты конструкции,

таких как отслаивание и выпадение участков облицовочного слоя, выполненного из керамической глазурованной мелкоформатной плитки, нарушение защитного (клеявого) слоя здания, а также разгерметизация межпанельных швов.

Для решения вопроса промерзания панелей в зимний период времени рассматриваем конструкцию на необходимость увеличения требуемого сопротивления теплопередаче фасадной стены на основе правил для расчета теплотехнических свойств ограждающей конструкции [1,2,3]. Расчет так же позволит подобрать утепляющий материал и его надлежащую толщину.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Технология по ремонту фасадов, применяемая для фасадов из мелкоформатных керамических глазурованных плит, заключается в проведении следующих работ [1]:

- подготовка поверхности фасадов (удаление дефектов основания и очистка его поверхности);
- расшивка и ремонт межпанельных швов;
- заделка выбоин стеновых панелей;
- устройство армирующего слоя;
- устройство декоративно-окрасочного (теплоизоляционного) слоя.

Во время подготовки фасада происходит удаление ослабленных участков поверхностного слоя скребками и металлическими щетками, устранение дефектов основания (таких, как раковины, трещины и т.д.). Затем поверхность основания очищают от жировых пятен, грязи и высолов, а также избавляются от плесени и грибка.

По данным ФКР в процессе работы межпанельные швы вскрывают, удаляют содержимое. Зачищают края панелей, проводят обеспыливание, грунтование внутренней и наружной поверхностей шва. После грунтовки восстанавливают геометрию угловых граней шва с помощью цементных штукатурных составов и внутренней опалубки.

Не менее, чем через 72 часа после восстановления геометрии, внешние и внутренние плоскости шва грунтуют адгезионной грунтовкой и покрывают штукатурно-клеевым составом зубчатым шпателем таким образом, чтобы внешние плоскости (фронтальные поверхности стеновых панелей) были покрыты штукатурно-клеевым составом на 150-200 мм (рис.1а). На покрытые штукатурно-клеевым составом внешние грани шва без технологического перерыва укладывают угловой перфорированный профиль из ПВХ 25x25 мм с щелочестойкой стеклотканевой сеткой с выпусками 100 мм внутрь шва и 100 мм на фронтальную поверхность шва (рис.1б) и втапливают в штукатурно-клеевой состав с последующей затиркой сетки до полного покрытия её штукатурно-клеевым составом (и с наружной и внутренней сторон).

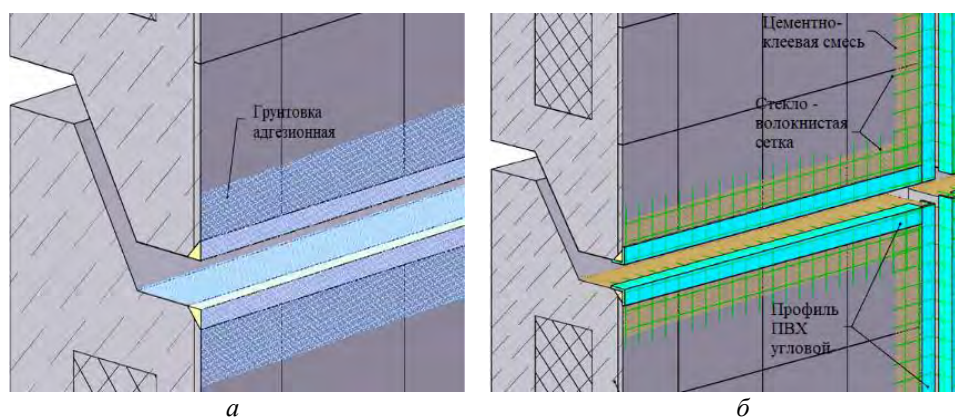


Рис. 1. (а) - грунтование восстановленных швов стеновых панелей;

(б) - армирование межпанельного шва угловым профилем из ПВХ с фасадной сеткой

Не менее, чем через 24 часа после наклеивания углового профиля, в шов между панелями укладывают термоэластичный жгут таким образом, чтобы в проектном положении он

был сжат не менее чем на 1/3 своей толщины в свободном состоянии. Работа производится жгутом из вспененного полиэтилена типа «Вилатерм», используемого уже на протяжении многих лет. По настоящее время более современного материала для утепления межпанельных швов не изобрели. Диаметр жгута подбирается в соответствии с толщиной шва (от 30 до 50 мм).

Последним этапом ремонта межпанельных швов является герметизация. Шов заполняют герметизирующей мастикой на всю ширину, но не выступая за грани, и обрабатывают наружную сторону шва с помощью мастерка таким образом, чтобы она имела изгиб вглубь шва. Такая система ремонтов повысит эффективность утепления швов и продлит срок службы конструкции.

После проведения подготовки поверхности фасада и расшивки межпанельных швов осуществляются работы по заделке выбоин стеновых панелей (в местах, где была отбита вздутая плитка). Проводится механическая очистка бетонной поверхности и обезжиривание растворителем. Выбоины покрывают антикоррозионной и адгезионной минеральной смесью в два слоя. Далее без технологического перерыва отбитые участки покрывают ремонтной штукатурной смесью таким образом, чтобы плоскость выбоины совпадала с плоскостью поверхности плитки (рис.2)

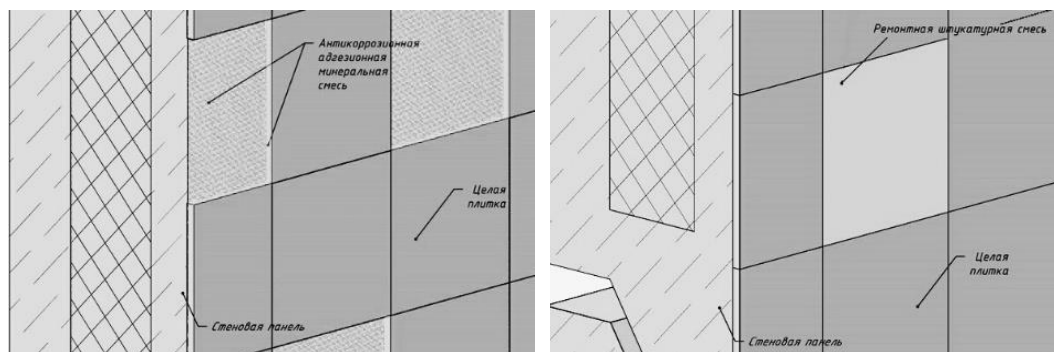


Рис. 2. Покрытие выбоин антикоррозионной и адгезионной минеральной и штукатурной смесью

После проведения работ по заделке выбоин, сколов стеновых панелей производят работы по устройству армирующего слоя (рис.3 а-д). Предварительно огрунтованную поверхность стен покрывают штукатурно-клеевой смесью и наклеивают щелочестойкую стекловолоконную сетку в направлении сверху вниз с нахлестом полотен друг на друга не менее, чем на 100 мм.

На углы фасадов так же устанавливают щелочестойкую стекловолоконную сетку с угловым перфорированным профилем из ПВХ. Поверх устраиваемой конструкции без технологического перерыва наносят ещё один слой штукатурно-клеевой смеси толщиной до 5 мм, разглаживая её таким образом, чтобы сетка не просматривалась на поверхности.

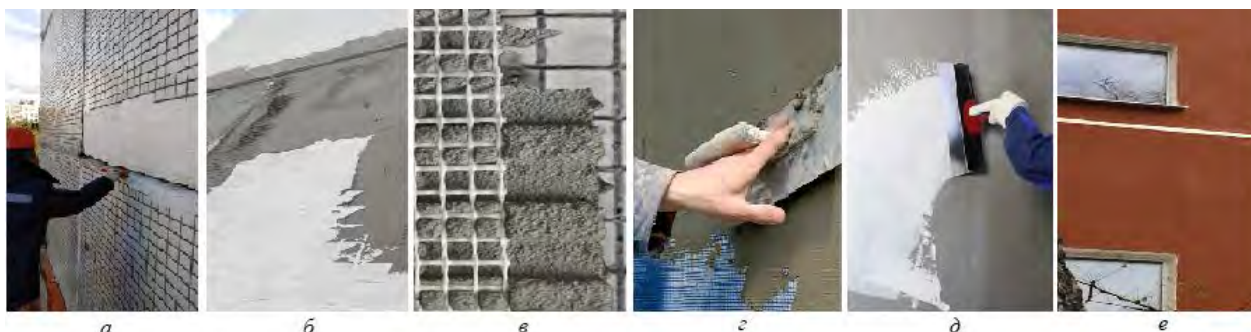


Рис. 3. Технология ремонта по устройству армирующего и декоративно-окрасочного слоев:

(а),(д) – нанесение грунтового слоя; (б),(в) – нанесение штукатурно-клеевой смеси; (в) – устройство армирующей сетки; (е) – фасад с утепленной краской

Оштукатуренную плоскость покрывают адгезионной грунтовкой, после чего наносят финальный – декоративно-окрасочный слой с восстановлением теплоизоляционных свойств конструкции. Необходимо отметить, что не для всех фасадов существует возможность осу-

ществлять утепление при помощи стандартных материалов, таких как минеральная вата и пенополистирол. В трехслойных панелях, изготавливаемых в заводских условиях уже присутствует слой утеплителя, однако со временем он имеет свойство оседать, особенно если фасад здания был поврежден. В таких случаях для повышения теплотехнических характеристик стеновых панелей до нормативных на момент ремонта применяют полимерные составы, которые, в частности, обладают высокими показателями долговечности, экологичности и огнестойкости (до +260°C).

Для доказательств возможности и эффективности применения представленных слоев конструкции материала определяется необходимость теплозащиты конструкции стены из трехслойной железобетонной панели (см. рис.4), проведя расчет на выполнение поэлементных требований согласно п. 5.1 СП 50.13330.2012 [2].

Примером расчета будет служить трехслойная стеновая панель толщиной 300 мм – наружные слои из железобетона с внутренним утеплителем из плит минеральной ваты и жесткими связями.

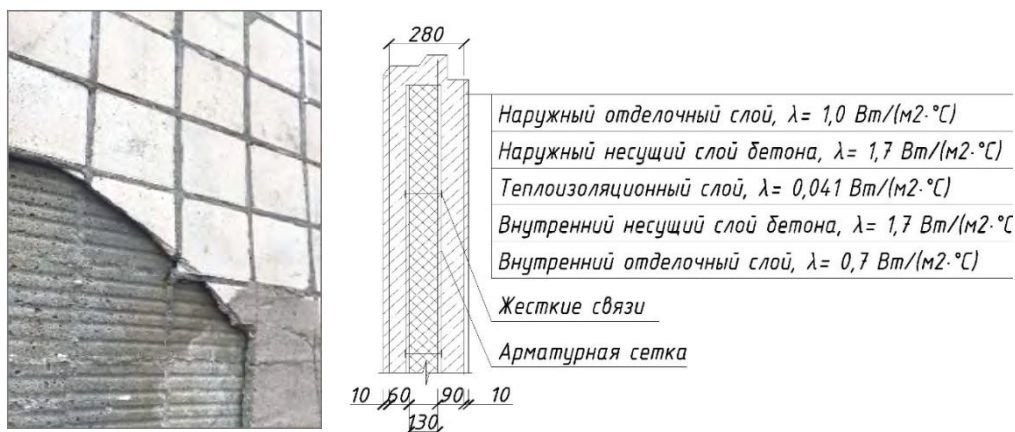


Рис. 4. Фото и разрез стены из трехслойной ж/б панели до ремонта

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции для города Москвы $R_0^{норм} = R_0^{тр} = 3,06$ (3,0646) $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ [4]. Термическое сопротивление теплопередаче стены для эксплуатируемой заводской панели определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{23} \quad (1)$$

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{1,7} + \frac{0,13}{0,041} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,01}{1,0} + \frac{1}{23} = 3,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Согласно п. 4.2.2. ГОСТ Р 54851-2011 [3] для расчета теплотехнически неоднородных ограждающих конструкций, содержащих такие соединительные элементы между наружными облицовочными слоями как ребра жесткости, необходимо учитывать коэффициент технической однородности ограждающей конструкции (по таблице 1 [3] определяем $r = 0,7$). Находим конечное значение приведенного сопротивления конструкции:

$$R_0^r = R_0 \cdot r \quad (2)$$

$$R_0^r = 3,44 \cdot 0,7 = 2,41 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Приведенное значение сопротивления меньше нормированного значения ($2,41 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} < 3,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), что не удовлетворяет поэлементным требованиям [2].

Производится расчет конструкции после проведения ремонтно-восстановительных работ с применением утепляющей краски «Теплос-Топ», а также определяется толщина необходимого слоя (рис.5)

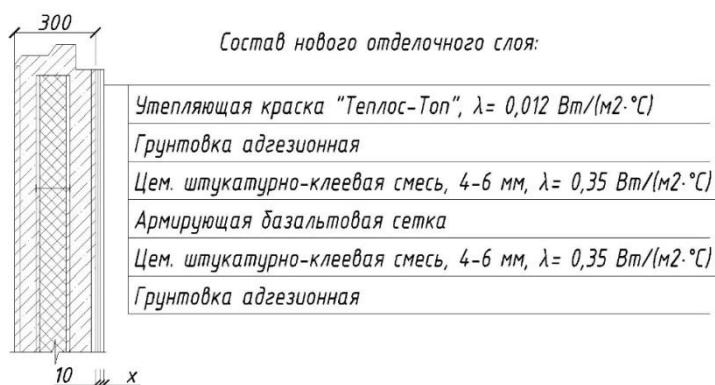


Рис. 5. Фото и разрез стены из трехслойной ж/б панели после ремонтных работ с составом нового отделочного слоя.

Термическое сопротивление теплопередаче утепленной стены описывается следующим образом по формуле (1):

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{1,7} + \frac{0,13}{0,041} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,01}{1,0} + \frac{0,01}{0,35} + \frac{x}{0,012} + \frac{1}{23} = \frac{x}{0,012} + 3,47$$

Из уравнения вычисления нормативного термического сопротивления определяется толщина у слоя краски:

$$R_o^{\text{норм}} = R_o \cdot r; \tag{3}$$

$$3,06 = \left(\frac{x}{0,012} + 3,47 \right) \cdot 0,7; \quad x = 0,01 \text{ м}$$

Так, для стеновой конструкции потребуется нанесение термокраски в допустимом количестве от 5-10 слоев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представленная технология ремонта возвращает надлежащий внешний вид фасада, продлевая срок эксплуатации многоквартирных домов до предельного, предусмотренного проектным решением. Приведенные расчеты обосновывают необходимость в устройстве дополнительных слоев конструкции, в особенности применение слоев из полимерцементных составов, которые позволяют увеличить коэффициент сопротивления теплопередачи стеновых панелей данных домов до нормативных значений современных требований.

ВЫВОДЫ

Проблема проведения работ по ремонту фасада в домах из готовых железобетонных конструкций прошлого столетия на сегодняшний день остается актуальной. Полученные результаты могут быть использованы для выбора материала и методов по устранению дефектов и повышению эксплуатационных свойств конструкции фасада при капитальном ремонте многоквартирных домов в городе Москве, а также и в некоторых других городах России.

ЛИТЕРАТУРА

- СП 362.1325800.2017 Ограждающие конструкции из трехслойных панелей. Правила проектирования.
- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003
- ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные.
- Егорова А. Д., Мамедова С. Д., Перфилова Е. А., Сокова С. Д. Повышение теплозащиты зданий антивандалными утепляющими красками. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции (г. Москва, 25–26 октября 2018 г.)

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСЪЕМНОЙ ДЕКОРАТИВНОЙ ОПАЛУБКИ

К.А. Рахманов, И.В. Попов

студенты

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация: В данной работе представлены результаты оценки надежности технологии строительства зданий и сооружений с использованием несъемной декоративной опалубки. Также в результате исследования были установлены положительные и отрицательные характеристики данной технологии использования несъемной декоративной опалубки. Дано подробное описание данной технологии, ее состав, технологический процесс, область применения и физико-механические и геометрические свойства. Проведено сравнение с технологией строительства конструкций из кирпича, в том числе кирпичной облицовки. Установлено, что данная технология не требует высоких затрат труда и высококвалифицированных специалистов. Вывод сделан по результатам исследования. Представлено сравнение технико-экономических показателей в виде таблицы, на основе которой можно визуальное оценить эффективность декоративной несъемной опалубки по сравнению с другими технологиями.

Предмет исследования: Несъемная опалубка-это блоки или панели из разных материалов, которые собраны в одну сплошную опалубочную конструкцию — форму для укладки монолитного железобетона. Рассмотрим декоративную несъемную опалубку и сравним ее с использованием традиционной кирпичной кладки, проанализируем все плюсы и минусы.

Цель: Главной целью нашего исследования является определение преимуществ использования несъемной декоративной опалубки, ее эффективности применения, а также сравнение с другими способами возведения монолитных конструкций.

И так, рассмотрим из чего же вообще состоит декоративная несъемная опалубка и в чем же ее основные плюсы и минусы, а также, чем она лучше обычной традиционной кладки из кирпича?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Декоративная несъемная опалубка состоит из внешней декоративной панели, которая включает в себя слой утеплителя, внутренней панели и соединительных элементов. Наружная панель выполнена из декоративного бетона марки М200...М500. Во время возведения стен, сразу происходит отделка фасада и внутренней части конструкции. Элементы декоративной несъемной опалубки соединяются с помощью шпон-паза, который превращает строительство в сборку конструктора, это исключает любые ошибки при строительстве, исключает расход бетона и не требует привлечения высококвалифицированной рабочей силы, ускоряет процесс сборки и отделки помещения.

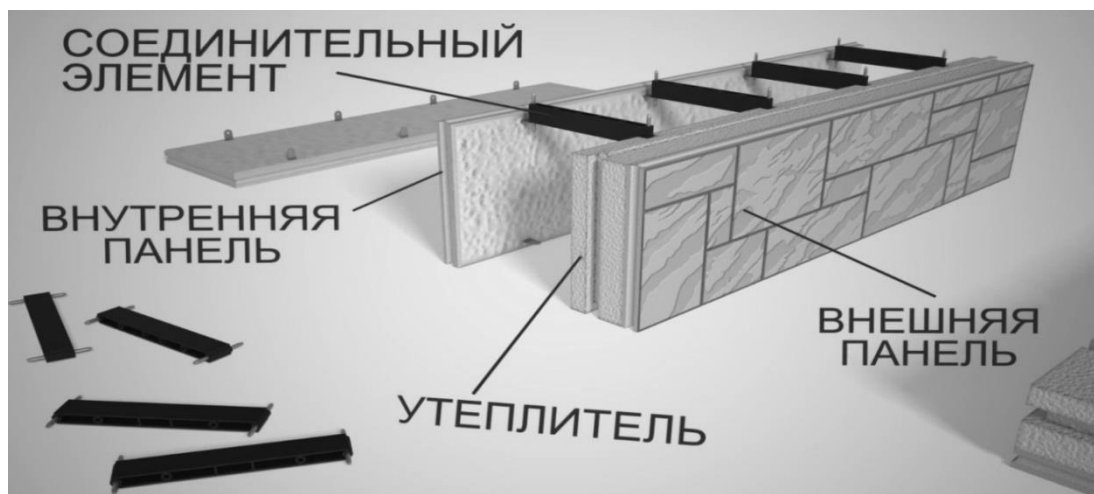


Рис. 1. Состав декоративной несъемной опалубки

При использовании декоративной несъемной опалубки, возводится 25 м² стены за одну смену, в то время, как при использовании обычной кирпичной кладки возводится 8 м², а при использовании облицовочного кирпича и того, всего лишь 3 м². Технология позволяет вести строительство на всех видах фундамента, будь то ленточный, свайно-ростверковый, плитный и другие типы фундамента. Толщина стен, а также вес конструкции, значительно ниже, чем при традиционной кладке из кирпича, а это значительно снижает нагрузку на фундамент, что приводит к экономии средств уже на начальном этапе строительства, кроме того, за счет уменьшения толщины стен-увеличивается полезная площадь помещения, до 11%, что дает ощутимую выгоду.

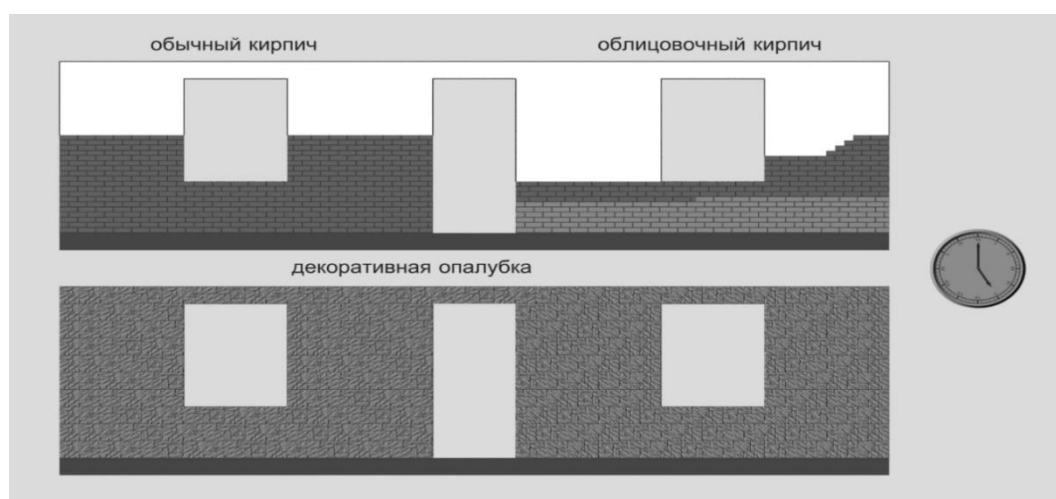


Рис. 2. Наглядная разница объемов возведения стены за одну смену

Панели несъемной опалубки поставляются на строительную площадку или могут изготавливаться непосредственно на месте. Технология позволяет работать со всеми геометрическими решениями, с любым углом эркера, включая овалы. Декоративная несъемная опалубка позволяет использовать все типы полов, будь то монолитные, деревянные, плиты перекрытия. Панели могут монтироваться в горизонтальном или вертикальном положении, в зависимости от архитектурного решения. Наружная панель может быть выполнена в любой фактуре декоративного камня и в любом цвете, в зависимости от дизайна. Толщина теплоизоляционного слоя зависит от потребностей заказчика и климатических особенностей территории. Изоляция внутри конструкции не взаимодействует с окружающей средой и безопасна в случае пожара. Возможно использование различных видов утеплителя: полистирола, пеностек-

ла, минеральных плит и других, в том числе негорючих материалов. По сравнению с другими технологиями, такими как кирпич или газобетон, утеплитель не приводит к значительному утолщению стен. Стены имеют хорошую паропроницаемость. Закладные детали изготавливаются из нержавеющей стали, не подвержены коррозии и позволяют строить в агрессивных климатических зонах. Увеличена экономия при эксплуатации зданий, так как стены прекрасно сохраняют тепло в помещении. Разница температур между центром помещения и внутренней поверхности стены составляет всего 2 °С. Для сравнения, у того же кирпича, разница равна 5-7 °С. Внутренняя панель может быть выполнена из декоративных материалов, при этом сразу идет внутренняя отделка помещений. Вместо стационарных интерьерных панелей можно использовать фанерные панели, которые затем будут использоваться повторно, этот вариант очень выгоден, если вам не нужна декоративная внутренняя отделка, а также большие объемы строительства. Внутренние перегородки могут быть сделаны из кирпича или с использованием несъемной опалубки. Здание имеет идеальную геометрическую форму и размер. Прокладка коммуникаций, таких как электропроводка, водоснабжение, канализация, вентиляция, дымовые трубы, ведется между панелями, это дает полную свободу для любых дизайнерских решений, так как монтаж коммуникаций происходит значительно быстрее, чем другие технологии строительства и не требует высококвалифицированных специалистов, нет необходимости штробить стены и прятать провода, трубы и другие коммуникации, все это происходит на стадии строительства, что значительно сокращает время на отделочные работы. Используемые быстроразъемные платформы являются направляющими в монтажных блоках стен, что обеспечивает строгую вертикальность, значительно сокращая время на монтаж стеновых элементов. Леса крепятся к внутренним элементам опалубки и могут быть легко перемещены на нужную высоту. Пространство между внутренней и наружной панелями заполнено легким бетоном, таким как керамзит, пенобетон, полистиролбетон. В зависимости от технических требований, заполнение стен осуществляется в монолитном или каркасно-монолитном виде, можно использовать дополнительные элементы жесткости из тяжелого бетона, в зависимости от сейсмических условий, возможно дополнительное армирование конструкции. Толщина заливки стен может варьироваться в зависимости от требований к проектированию зданий и сооружений. Эта технология уже активно используется при строительстве коттеджей, гаражей, ограждений и даже бассейнов. Ее можно также использовать для возведения муниципальных зданий, таких как школы, стационары и казармы.

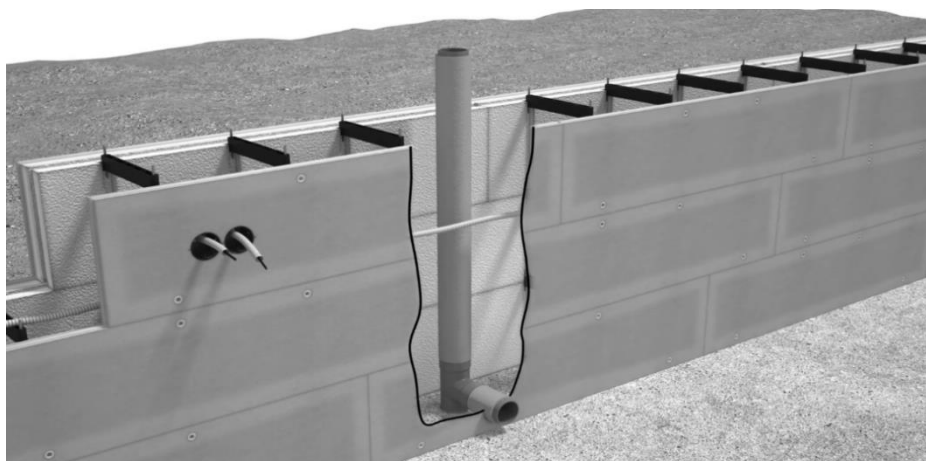


Рис. 3. Прокладка коммуникаций

Но, как и в любой технологии, у декоративной несъемной опалубки есть свои недостатки:

- сезонные ограничения строительства, при температуре ниже -5 °С возникают проблемы с затвердеванием бетона
- высокая влажность, поэтому необходимо использовать принудительную вентиляцию.

- обязательное заземление, так как используется арматура, которая может воспринимать на себя атмосферные разряды.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Если провести сравнение по технико-экономическим показателям, приведенным в таблице ниже, то мы увидим, что технология возведения зданий с использованием несъемной опалубки выгодна по сравнению с другими технологиями, так как она не требует высококвалифицированной рабочей силы, больших финансовых затрат, грузоподъемных средств и монтажных кранов, а также обладает большим сроком службы и меньшей толщиной, что значительно экономит пространство внутри здания.

Таблица 1. Технико-экономические показатели

Наименование технологии	Срок службы, лет	Затраты труда, чел-ч.	Толщина, мм	Коэффициент теплопроводности Вт/м ² °С	Предел огнестойкости при 1 степени, ч.	Стоимость, руб.	Акустическая изоляция, дБ
Ж/б стена возведенная с помощью крупно – щитовой опалубки	100	2.11	1990	2.04	11	1656	80
Кирпичная стена	80	3.2	1440	0.81	5.5	1772	62
Деревянная стена	50	2	600	0.14	0.5	5500	14
Ж/б стена возведенная с использованием несъемной опалубки.	120	1.95	250	0.036	2.5	1170	49

ВЫВОДЫ

Можно сделать вывод, что технология использования декоративной несъемной опалубки хорошо подходит для строительства загородного дома, который можно построить быстро и за сравнительно небольшие деньги. При этом он будет выглядеть красиво и современно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства. Учебное издание. -М.: Издательство АСВ, 2005. -280 с
2. Фетисова М.А., Захаренко А.И. Строительство с использованием несъемной опалубки нового поколения из пенополистирола // Молодой ученый. — 2012. — №5. — С. 70-71
3. Инженерно-строительный журнал [Электронный ресурс]: науч. прикладное изд. / Электрон. журн. - Режим доступа: <http://www.engstroy.spb.ru>
4. Строительные материалы XXI века [Электронные ресурсы]: науч. тех. Журн. / Электрон. журн. - Режим доступа: <http://www.stroyamat21.ru/>

СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ: ПРОБЛЕМЫ ЗАРУБЕЖНОЙ И РОССИЙСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

А.А. Семенчукова

студентка, *sasha.semenchukova@gmail.com*

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: в статье рассматривается современный опыт освоения подземных пространств в России и в других странах. Исследуются трудности, с которыми сталкиваются специалисты при реализации проектов подземного строительства.

Цели: сравнить опыт подземного строительства по всему миру, выявить и систематизировать проблемы в данной области, описать причины, по которым крупные проекты подземного строительства не находят широкой реализации в России. Предложить пути развития отечественного подземного строительства.

Материалы и методы: был произведён анализ документов, регламентирующих подземное строительство в России; изучены условия, методики и особенности подземного строительства в разных странах путём ознакомления с интернет-источниками и научной литературой в этой области; рассмотрены различные проекты подземного строительства по всему миру.

Результаты: систематизированы и описаны основные проблемы в области подземного строительства, приведены способы и примеры их решения. Выявлены специфические проблемы российского подземного строительства, поставлены задачи по их решению.

Выводы: подземное строительство – перспективная отрасль строительства, представляющая, однако, определенные трудности при реализации проектов, как в связи с природными факторами, так и в историко-культурном, социальном, законодательном контексте.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире развитие крупных зарубежных и российских городов не представляется возможным без использования потенциала подземных пространств.

Оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания в городе достигаются в том случае, если доля подземных сооружений от общего числа построенных объектов составляет не менее 20-25%. [1]

Актуальность освоения и организации подземных территорий объясняется рядом причин, среди которых:

- необходимость снижения плотности исторической городской застройки;
- нехватка наземных участков для строительства новых объектов;
- непрерывное развитие транспортной и инженерной городских сетей;
- сохранение историко-культурного облика в центрах городов.

Еще один комплекс проблем, которые призвано решать подземное строительство, представляет собой общая загрязненность городской среды отходами промышленной и транспортной деятельности, ограничение зелёных пешеходных зон и деформация архитектурного ансамбля.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В статье «Состояние и перспективы освоения подземного пространства г. Москвы» [1] рассматривается опыт подземного строительства в самом крупном и густонаселённом городе России – Москве.

В учебном пособии Г.Е. Голубева «Подземная урбанистика и город» [2] приводится классификация подземных сооружений по их функциональному назначению:

- инженерно-транспортные сооружения;
- предприятий торговли и общественного питания;
- зрелищные, административные и спортивные здания и сооружения;
- объекты коммунально-бытового обслуживания и складского хозяйства;
- объекты промышленного назначения и энергетики;
- сети и объекты инженерного оборудования.

В статье «Опыт подземного строительства в городе Хельсинки» [3] Е. В. Демидова рассматривает природные и социальные факты, повлиявшие на развитие подземного строительства в Хельсинки, описывает его историю, анализирует нормативные документы, регламентирующие подземную застройку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования был произведён анализ документов, регламентирующих подземное строительство в России; изучены условия, методики и особенности подземного строительства в разных странах путём ознакомления с интернет-источниками и научной литературой в этой области; рассмотрены различные проекты подземного строительства по всему миру.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыт подземного строительства по всему миру разнообразен и неоднороден, при проектировании необходимо учитывать наземную застройку городов, что требует от специалистов решения целого ряда технических и градостроительных вопросов. Но есть и специфические проблемы, характерные для России, по причинам которых проекты подземного строительства получают гораздо менее широкую реализацию, нежели в крупных городах других развитых стран.

Ключевым региональным фактором, определяющим сложность и дороговизну подземного строительства, является состав грунта на данной территории, а также глубина залегания грунтовых вод. И если территории стран-лидеров подземной урбанистики – Финляндии и Канады – сложены скальными породами высокого качества [3], то наиболее населенные центры России – Москва и Санкт-Петербург – располагают более слабыми грунтами. Глубина залегания грунтовых вод в Москве невелика, а болотистая местность Санкт-Петербурга еще больше усложняет процесс подземного строительства. Если рассматривать более восточную часть нашей страны, промерзание почв в Якутии делает целесообразным строительство лишь на больших глубинах, таким образом обеспечивая энергоэффективность сооружений и не затрачивая ресурсов на дополнительную теплоизоляцию. Подобный проект, предложенный архитектурным бюро «Элис», планируется реализовать в карьере Мир к 2020-му году.

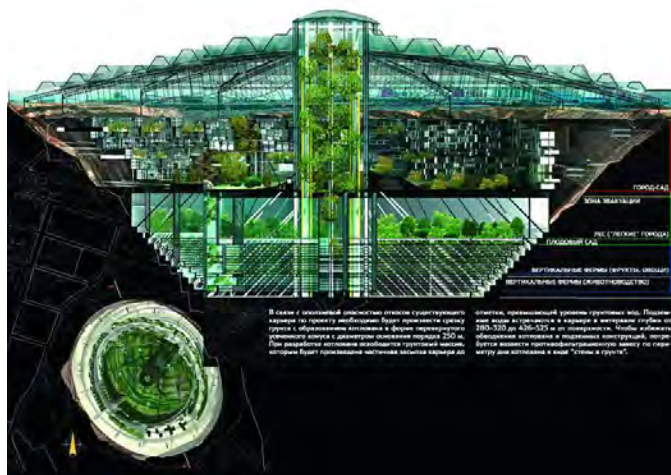


Рис. 1. Проект подземного города в Якутии

Проблема слабых почв существует и в других странах, например Беларуси. В Минске подземное строительство ведётся за счёт закупки нового оборудования и использования специальных методик, в частности анкерования, а также укрепления грунта путём применения буроинъекционной технологии и метода «стена в грунте». Однако такие операции влекут за собой дополнительные расходы и повышают общую стоимость строительства.

Другой проблемой, связанной с природой, выступает потребность в естественном освещении подземных помещений общественного назначения. Это необходимо для создания психологического комфорта людей, пребывающих под землей в течение относительно длительного времени. Среди распространённых способов естественного освещения подземных пространств – атриумы, световые фонари различных конфигураций, внутренние дворики, система световодов и рассеивателей.



Рис. 2. Пример атриума над железнодорожным терминалом в Китае

При проектировании подземных сооружений в условиях высокой плотности застройки встает вопрос о попадании максимального количества дневного света в помещение при минимальной наземной площади светового окна. Для этого используется сложная, например пирамидальная или полигональная форма атриумов, позволяющая улавливать лучи солнца под любым наклоном и отражать их в остальных гранях, рассеивая таким образом по большей площади под землей. Пример такой формы показан на Рис. 3.



Рис. 3. Световой фонарь пирамидальной формы на площади в Минске, Беларусь

Существуют подземные помещения, где естественное освещение не требуется вовсе, как и в их наземных аналогах. Это не только технические, транспортные объекты или склады, но и культурно-общественные сооружения, такие как театры и кинотеатры, спортивные комплексы, а также рабочие лаборатории. Во всех перечисленных выше случаях расположение объектов под землей даёт дополнительное преимущество – шумоизоляцию.

В условиях существующей застройки одно из наиболее важных условий при проведении подземных работ – наименьшее влияние строительства на жизнедеятельность города. Строительство, ведущееся закрытым способом, не требует создания строительной площадки на поверхности, в отличие от открытого способа, однако увеличивает риск просадки грунта в случае долговременной стройки, что может привести к повреждению рядом стоящих зданий. Минимизировать сроки строительства и связанные с ним неудобства призвана чёткая организация процесса с разработанным графиком выполнения работ, предварительное многовариантное проектирование, а также различные методики по типу мелкошагового строительства, когда подземное сооружение строится секциями, что позволяет огораживать для стройплощадки меньшую территорию.

Самая актуальная для России проблема на сегодняшний день, сдерживающая рост крупных общественных подземных пространств – недостаточно конкретное освещение вопросов подземного строительства в законодательстве, а именно отсутствие чётких планов и методик комплексного освоения подземного пространства городов. В частности, освоенные подземные территории Москвы составляют около 60%, но строительство ведётся спонтанно и хаотично, в основном представляя собой технические и транспортные сооружения. В ходе строительства подземных объектов обнаруживают инженерные коммуникации, не нанесенные на единую карту подземного пространства, которые часто приходится разбирать и перекладывать на новое место, поскольку они мешают реализации проекта. На это затрачиваются дополнительные средства, при том, что новое расположение линий коммуникаций обычно снова выбирается без планирования дальнейшей подземной застройки. Таким образом, проблема не решается, а лишь откладывается. В других странах этот аспект также присутствует в той или иной мере. Единственным городом, для которого сейчас разработан генеральный план развития подземных территорий, является Хельсинки. На создание плана местному управлению пришлось потратить 40 лет, но строительство, проводимое в соответствии с ним, позволяет столице Финляндии по праву считаться и столицей подземного строительства. [3].

В ходе подготовительных раскопок строители сталкиваются не только с неудачной прокладкой инженерных сетей, но и с остатками сооружений прошлого. Пример удачной интеграции исторического объекта в современное пространство можно увидеть в Софии, где римские колонны, раскопанные в ходе строительства метро, используются на станциях в качестве несущих элементов.

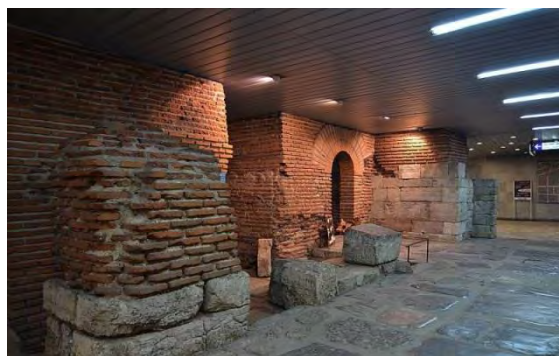


Рис. 4. Стены римской крепости в переходе метро Софии, Болгария

ВЫВОДЫ

С учётом всех вышеизложенных проблем, основными задачами для успешной реализации проектов подземных сооружений в России выступают:

- разработка комплексного градостроительного плана развития подземного пространства с чёткими методиками последовательного выполнения работ, усовершенствование нормативной базы;
- привлечение инвестиций в освоение новейших технологий подземного строительства;
- проектирование многофункциональных подземных пространств, привлекающих большой процент населения для повышения окупаемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теличенко В. И., Зерцалов М., Г., Конюхов Д. С. Состояние и перспективы освоения подземного пространства г. Москвы. Вестник МГСУ 4/2010.
2. Голубев Г.Е. Подземная урбанистика и город : учеб. пособие ИПИ МИКХиС. – М., 2005.
3. Демидова Е.В. Опыт подземного строительства в городе Хельсинки. 2015

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Ю.Н. Смирнова

студентка, *smirnova-99-99@mail.ru*

Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 141006, Московская область, город Мытищи, Олимпийский проспект, д.50

Аннотация

Предмет исследования: использование информационных мобильных устройств на строительной площадке.

Цели: цель данной работы заключается в выполнении функционального анализа использования мобильных устройств и современных программ в строительстве. Задачи, поставленные для достижения цели - анализ функциональных возможностей систем и устройств, а также рассмотрение современных программ по управлению проектами.

Материалы и методы: в своем исследовании я использовала аналитический, сравнительный методы, а также метод изучения и обобщения.

Результаты: результатом исследования является иллюстрация функционала программных обеспечений.

Выводы: На сегодняшний день активно развиваются информационные технологии во всех сферах деятельности человека. На строительных площадках также происходит рост количества мобильных инструментов, что является важным компонентом в строительном процессе, для которого требуется подобрать соответствующие программы с нужными характеристиками, позволяющими получить необходимый результат.

ВВЕДЕНИЕ

Информационное моделирование зданий (BIM) является актуальной темой во всем мире. На текущий момент в области строительства большую роль играют именно BIM технологии. В идеале BIM – это виртуальная копия здания, оснащенная необходимым числовым описанием и структурированной информацией об объекте, которая используется как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса [1]. На основе планов, чертежей и другой информации, необходимой на строительных площадках, может быть использовано большое количество мобильных устройств, включая программное обеспечение, обмен данными через облако и пр. По сравнению с традиционными документами о технике безопасности, мобильные версии обеспечивают более эффективный рабочий процесс и совершенно новый вид информационного содержания. Наиболее важным преимуществом является то, что информация об обеспечении безопасности может быть приближена к производству, где она действительно способна оказать влияние на безопасность на рабочем месте. Кроме того, на сегодняшний день информация о технике безопасности, включая статистику нарушений, может предоставляться оперативно, и эти сведения о безопасности автоматически будут сохраняться для последующего анализа и разработки необходимых мер.

Например, процесс, называемый «геотехническим мониторингом», представляет собой «комплекс работ, основанных на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в том числе грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки» [2]. Целью геотехнического мониторинга является обеспечение безопасности строительства и эксплуатационной надежности объектов нового строительства или реконструкции и сооружений окружающей застройки за счет своевременного выявления измене-

ния контролируемых параметров конструкций и грунтов оснований, которые могут привести к переходу объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

Задачи, решаемые при проведении геотехнического мониторинга, определяются СП 22.13330.2011 (пункт 12.2). В данном роде деятельности нам необходимо присутствие людей, определенный период времени на получение информации и некоторое количество приборов. Самые современные маяки выполняются на основе электронных компонентов, например тензодатчиков или с использованием оптических технологий. Они также имеют различную конструкцию и возможности. Кроме непосредственного измерения величины раскрытия трещины, они могут собирать информацию о температурно-влажностных условиях и других параметрах. Возможна комплектация их модулями удаленной передачи информации для мониторинга состояния конструкций в реальном времени. Проблемы их использования в основном связаны с высокой ценой и трудностями предотвращения несанкционированного доступа к ним со стороны посторонних лиц.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В рассмотрении программных обеспечений я использовала статью Fender D.L. and Wolfley C.T. Tablet Applications. Technology Tools for SH&E Professionals. Professional Safety Issue 1.2014

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В строительной отрасли информационно-коммуникационные системы были разработаны для стационарного офисного использования, но постепенно были вытеснены в производственную среду. После того, как мобильные технологии стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, они переходят в профессиональное использование, улучшая, например, доступ к строительной документации и другой производственной информации рабочего персонала на строительной площадке. Существует ряд мобильных средств и программных обеспечений, которые могут использоваться в управлении проектами строительства, включая контроль вопросов безопасности [3]. Информация, полученная с объектов, должна находиться в свободном доступе, чтобы строительные работы производились безопасно и надежно.

Применение информационной модели здания существенно облегчает работу с возводимым объектом и имеет массу преимуществ перед прежними формами проектирования. Прежде всего, оно позволяет в виртуальном режиме собрать воедино, подобрать по предназначению, рассчитать, состыковать и согласовать создаваемые разными специалистами и организациями компоненты и системы будущего сооружения [4-6].

Использование мобильных устройств является относительно новым явлением на строительных площадках. Многие мобильные инструменты были протестированы для различных целей, включая обмен проектами и планами, запись и документирование наблюдений за безопасностью, просмотр данных, а также различные измерения и расчеты, связанные с безопасностью на строительной площадке. Возможность поставить задачу или уведомить ответственное лицо по электронной почте прямо из приложения не только экономит время, но и делает управление производством более эффективным. Ранее вся эта процедура проводилась с использованием ручки и бумаги, а после массового внедрения в строительство BIM технологий может быть переведена в цифровой формат.

Сейчас довольно трудно представить предприятие, которое бы не использовало достижения современного технологического прогресса. Многие проектировщики, архитекторы, дизайнеры, геодезисты, инженеры-строители и другие используют возможности современных технологий - приложения, которые полезны в строительной отрасли. На различных этапах строительства перечисленные мобильные приложения помогут сэкономить время и получить экономическую выгоду. Наиболее специализированные и актуальные приложения: BIMx; AutoCAD Mobile; Construction Master Pro App; ArchiSnapper; Magicplan; Morpholio Trace Pro; TSheets; Sun Seeker; Shapr3D; Autodesk FormIt.

BIMx лучше всего подходит для BIM презентации на мобильных устройствах, работает на iOS и Android. Распространяется бесплатно (BIMx) или за \$49.99 (BIMx PRO). При использовании ARCHICAD, целесообразно рассмотреть BIMx от Graphisoft, приложение, которое позволяет архитекторам представить или поделиться проектами с клиентами и подрядчиками. Приложение предлагает полный контроль над проектами BIM, с облачным интерфейсом для работы на месте.

Особенностями BIMx являются:

- полный доступ к любому содержанию BIM, как 3D-модели, строительные чертежи, графики и т.п.;

- всесторонние 3D разрезы;

- технология «увеличенной модели» для навигации по проектам 2D и 3D зданий.

Дополнительными функциями BIMx Pro являются живая презентация с предварительным представлением модели, а также умные измерения на макетах и в 3D-модели.

AutoCAD Mobile рекомендуется для просмотра, создания, редактирования и совместного использования чертежей AutoCAD на мобильных устройствах. Работает на iOS, Android, Windows 10. Стоимость AutoCAD mobile Premium - \$5/мес или \$50/год, а Ultimate - \$15/мес или \$100/год. AutoCAD Mobile - расширение для рабочего стола AutoCAD, которое позволяет совместно использовать планы на нескольких платформах в формате DWG.

Особенностями AutoCAD Mobile являются:

- доступ к чертежам с мобильного устройства в полевых условиях или за пределами офиса;

- поддержка нескольких слоев для просмотра более подробной и контекстной информации, чем в бумажных чертежах;

- составление, редактирование, разметка и измерение планов на рабочем месте или на ходу;

- возможность делиться обновленными чертежами с коллегами и заказчиками;

- возможность получать обновленные чертежи в AutoCAD при возвращении в офис.

Использование мобильных устройств упрощает работу на строительной площадке в несколько раз. В таблице 1 представлены преимущества от использования мобильных технологий на строительной площадке.

Таблица 1. Преимущества мобильных технологий на строительной площадке

Преимущества	Примеры
Экономия времени	Замечания по проекту записываются и документируются сразу во время осмотра.
Повышение производительности	Более быстрый доступ к актуальной информации о проекте повышает производительность, так как документы, необходимые на месте, переносятся в цифровом виде на мобильное устройство и доступны в сети интернет.
Прозрачный и отслеживаемый процесс	Все заинтересованные стороны могут контролировать, кто и когда создал заметку или запись, кто несет ответственность за исправление действий, насколько срочно необходимо исправить проблему и уведомить о выполнении задачи
Повышение качества информации	Управление информацией о проекте с помощью облачной системы. Детализация документации, возможность прикрепить фотографии и т.п..
Быстрое решение проблем и доступ к оказанию первой помощи	Быстрый доступ к информации и рекомендациям по оказанию первой помощи (например, в случае травмы). При вводе симптомов, человек получает информацию о причинах проблемы и предложения по лечению (Например: mTriage)

Автоматическая отчетность и сводка о состоянии строительной площадки	Может быть составлен список всех уведомлений по безопасности, зарегистрированных на одной или нескольких строительных площадках, выявлен перечень наиболее распространенных типов нарушений техники безопасности. Возможность автоматического фильтра проблем, которые должны быть решены и исправлены в первую очередь.
--	--

При анализе нововведений в любой отрасли (науке, медицине, строительстве, военной технике и т.п.) помимо положительных характеристик можно выявить ряд недостатков. При использовании мобильных технологий на строительной площадке выделим следующие возможные особенности, которые можно отнести к недостаткам:

1. Различия в оформлении интерфейса приложений. Интерфейс должен быть максимально простым в использовании, содержать термины понятные всем пользователям.
2. Нехватка определенных функций, возможность отсутствия доступа в интернет, ограниченная память, отсутствие совместимости с другими приложениями и др.
3. Низкая безопасность и надежность сохранения данных.
4. Мобильное устройство может привести к несчастному случаю.
5. Ограниченный круг лиц, использующих устройства.
6. Высокая стоимость активации продукта или покупки обновленной версии.

ВЫВОД

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что на строительных площадках растет количество мобильных устройств, а также увеличивается доступность мобильных приложений, предназначенных для строительной отрасли. Актуальными являются процессы автоматизации контроля строительства, избавления от издержек производства, быстрый доступ к базам данных и обмен информацией. Однако, не следует забывать, что мобильное устройство не способно полностью заменить человека и его способность мыслить, принимать решения с учетом огромного количества внешних факторов и воздействий. Например, если мобильное приложение показывает, что необходимо убрать или изменить какой-либо материал, уже используемый при возведении здания, и вы его удаляете на экране, то в реальной жизни потребуются выполнить целый комплекс действий по согласованию, заказу, доставке и монтажу нового элемента. Всю эту работу придется выполнить уже непосредственно самому пользователю приложения, а не вспомогательному устройству, которое находится под рукой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Таланов В.В.* Основы BIM: Введение в информационное моделирование зданий.
2. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.
3. *Fender D.L. and Wolfley C.T.* Tablet Applications. Technology Tools for SH&E Professionals. Professional Safety Issue 1.2014
4. *Сорокин М.О., Алексанин А.В.* Применение принципов CALS технологии в целях снижения аварийности эксплуатируемых строительных объектов // Наука и безопасность. 2013. № 1 (6). С. 80-84.
5. *Лейбман Д.М., Сборщиков С.Б.* Организация интегрального контроля реализации проектов строительства технически сложных объектов // БСТ: Бюллетень строительной техники. - 2018. - № 11 (1011). - С. 38-41.
6. *Жаров Я.В.* Решение задач организационно-технологического проектирования при помощи методов многомерного моделирования // Системы. Методы. Технологии. - 2016. - № 3 (31). - С. 106-110.

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЛИВОЧНЫХ ПЕНОФЕНОПЛАСТОВ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ

Н.Ю. Сосновский¹, А.А. Локтионова², М.Г. Брюяко³

¹ студент, nys98@mail.ru

² студентка, Loktionova-ann@ya.ru

³ канд. техн. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: данное исследование направлено на изучение влияния разряженной среды на результаты вспенивания фенолформальдегидных резольных пенопластов.

Цели: снижение токсичности пенофенопласта путем уменьшения концентрации свободных мономеров фенола и формальдегида в готовом изделии, а также понижение материалоемкости изделий на его основе.

Материалы и методы: испытания по кратности вспенивания проводились в соответствии с ТУ 6-05-1104-78 «Смола фенолоформальдегидная вспенивающаяся марки ФРВ-1А». Исследования проводились на фенолформальдегидной смоле ФРВ-1А и отверждающем агенте ВАГ-3.

Вспенивание проводилось в металлических стаканах диаметром 150 мм и высотой 250 мм с толщиной стенок 0,8 мм. Для замешивания смеси использовалась рамная мешалка, установленная на электродрели, обеспечивающей частоту вращения 1400 об/мин.

Кратность вспенивания замерялась по высоте получившихся образцов, исходя из того во сколько раз увеличился объем пенокомпозиции. Плотность определялась исходя из отношения массы получившихся образцов к их объему.

Определение массовой доли свободного фенола производилось методом определения свободного фенола в фенолоформальдегидных изделиях в соответствии с ГОСТ 11235-2017 «Смолы фенолоформальдегидные. Методы определения свободного фенола».

Результаты: вспенивание пенофенопласта при пониженном давлении привело к снижению содержания свободного фенола и формальдегида и повышению кратности вспенивания.

Выводы: полученные результаты позволяют предположить об эффективности внедрения в производство технологии изготовления пенфенопластов при пониженном давлении, позволяющей снизить их токсичность и материалоемкость производства.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современных урбанизированных городов человек вынужден большую часть свое времени проводить в помещениях. Здания, в которых прибывают люди, должны ограждать их от неблагоприятных воздействий внешней среды.

Значительное влияние на комфортные условия внутри помещений играет тепло-влажностный режим. Отклонения температур от значений, установленных нормами, может привести к негативным последствиям для здоровья человека, что особенно актуально в зимний период.

Использование эффективной теплоизоляции может позволить сократить потери тепла как внутри помещений, так и в теплосетях подающих доставляющих дополнительное тепло

внутри зданий в отопительный период. Среди строительной теплоизоляции одними из наиболее низких коэффициентов теплопроводности обладают газонаполненные полимеры, такие как ППУ, ППС.

Теплоизоляционные материалы с полистирольной полимерной матрицей имеет ряд преимуществ, таких как низкая теплопроводность и водопроницаемость, однако их использование может быть ограничено ввиду высокой горючести и пожарной опасности.

Полиуретановые газонаполненные полимеры являются высокоэффективными технологичными материалами, способными выдерживать повышенные температуры, но низкая развитость сырьевой базы изоцианатов в границах Российской Федерации вынуждают применять импортное сырье, что делает производство ППУ изоляции довольно дорогостоящим и сильно зависимым от положения России на международном рынке.

Среди прочих полимерных теплоизоляционных материалов в связи с доступностью сырья и относительной дешевизной производства можно выделить резольный пенофенопласт, важной особенностью которого является устойчивость к повышенным температурам и низкая горючесть (Г1, Г2).

Однако, в процессе производства и эксплуатации пенофенопласты выделяют несвязанный фенол и формальдегид, которые являются токсичными соединениями, опасными для человека, что сдерживает их использование.

В связи с этим возникает интерес поиска решений по снижению токсичности данного материала и повышению его эксплуатационных характеристик.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Понизить токсичность фенолформальдегидных пенопластов можно несколькими путями, например, существует метод связывания фенола в более тяжелые комплексные соединения комплексообразователями [1].

Кроме того, способствовать снижению выделения свободного фенола и формальдегида можно путем снижения материалоемкости производства, уменьшая плотность готового изделия. Этого можно достичь, добавляя в состав сырье газообразователи и катализаторы реакции поликонденсации фенола и формальдегида [2].

Снижения содержания свободных мономеров фенола и формальдегида может быть достигнуто путем создания менее токсичных композиционных резольных фенольных смол [3].

Введение в сырьевую смесь сорбентов, таких как цеолиты, способно привести к сорбции выделяемых токсичных соединений и сильному понижению выделяемых из готового пенофенопласта фенола и формальдегида [4].

Повышение уровня поликонденсации фенола и формальдегида также будет способствовать уменьшению содержания свободного фенола и формальдегида в изготавливаемом изделии.

Для снижения содержания в помещении токсичных соединений при производстве пенофенопластов используются вытяжные системы в производственных зонах [5]. Обеспечить отведение вредных соединений можно, организовав производство в камере пониженного давления. Кроме того, в данных условиях будет создаваться большая разница давлений между газовой фазой внутри изделия и разреженной средой в камере, что может повысить кратность вспенивания сырья.

В связи с этим были проведены исследования по получению заливочных пенофенопластов в условиях пониженного давления, а также анализ и изучение их свойств и характеристик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Производилось вспенивание контрольной группы пенофенопластов и вспенивание в камере пониженного давления, представленной на рисунке 1.

Образцы вспениваются внутри формы, помещаемой в камеру объемом 50 л. Разрежение создается и регулируется с помощью вакуумного насоса мощностью 1700 Вт и контролируется вакуумметром. Откачиваемые газы из насоса направляются в вытяжную систему, отводящую токсичные мономеры фенола и формальдегида от рабочей зоны.

Определение кратности вспенивания проводилось по ТУ 6-05-1104-78 «Смола фенолоформальдегидная вспенивающаяся марки ФРВ-1А».

Используемые материалы:

- резольная фенолформальдегидная смола ФРВ-1А ТУ 6-05-1104-78 «Смола фенолоформальдегидная вспенивающаяся марки ФРВ-1А»;

- отвердитель ВАГ-3 ТУ 6-55-1116-88 «Продукт ВАГ-3».

Компоненты смешивались в пропорциях 10:3, с навесками 250 г ФРВ-1А и 75 г ВАГ-3. Отвердитель вводился на протяжении 5-10 секунд, после чего включался секундомер, началось интенсивное перемешивание смеси рамной мешалкой в течение 30 секунд, и на протяжении 10 секунд обеспечивалось стекание смолы с мешалки.

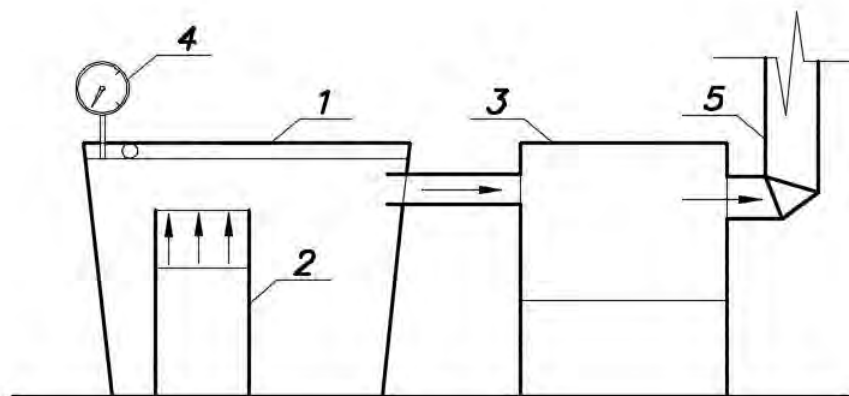


Рис. 1. Устройство камеры пониженного давления: 1) – герметичная камера; 2) – форма для вспенивания; 3) – вакуумный насос; 4) – вакуумметр; 5) – вытяжная система

Далее до окончания индукционного периода смесь помещалась в камеру пониженного давления, после чего она закрывалась и включалась откачка воздуха из камеры. В момент отчетливого начала подъема смеси фиксировался конец индукционного периода. В момент окончания подъема смеси фиксировался конец вспенивания. После этого образец выдерживался в камере на протяжении 60 секунд, после чего производился постепенный сброс давления в течение 5-10 секунд. Далее измерялась высота образца, и производился подсчет кратности вспенивания.

Из получившихся образцов в виде цилиндров из верхней и нижней их части вырезались два меньших цилиндра высотой по 100 мм. После чего на электронных весах с точностью измерения до второго десятичного знака измерялась их масса, а, исходя из формы и размера вырезанных образцов, рассчитывался объем, далее, путем вычислений определялась плотность получившегося пенопласта в верхней и нижней областях исследуемых образцов.

Испытания по определению массовой доли свободных мономеров фенола проводились в соответствии с методом определения свободного фенола, описанным в ГОСТ 11235-2017 «Смолы фенолоформальдегидные. Методы определения свободного фенола».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты проведенных испытаний по определению кратности вспенивания, плотности, а также содержанию свободного фенола в образцах пенофенопласта, вспененного при атмосферном давлении и в камере пониженного давления при разрежении от 5 до 15 кПа приведены в виде таблиц 1, 2, 3 и 4.

Таблица 1. Результаты испытания образцов, вспененных при атмосферном давлении

№	Конец индукционного периода, с	Окончание вспенивания, с	Кратность вспенивания	Плотность		Содержание свободного фенола, %
				Низ, г/м ³	Верх, г/м ³	
1	90	146	22,2	60,0	50,0	7,08
2	90	135	23,0	58,0	52,6	7,31
3	88	138	22,8	57,8	48,8	7,31
4	90	145	23,3	55,8	50,0	7,31
5	85	142	22,2	59,7	52,1	7,02

Таблица 2. Результаты испытания образцов, вспененных при разряжении 5 кПа

№	Конец индукционного периода, с	Окончание вспенивания, с	Кратность вспенивания	Плотность		Содержание свободного фенола, %
				Низ, г/м ³	Верх, г/м ³	
1	85	138	24,0	55,1	45,2	4,99
2	85	140	24,2	54,0	46,1	5,20
3	96	147	24,3	54,4	45,1	5,04
4	81	133	24,6	53,1	47,5	4,90
5	94	142	24,1	55,4	47,2	5,14

Таблица 3. Результаты испытания образцов, вспененных при разряжении 10 кПа

№	Конец индукционного периода, с	Окончание вспенивания, с	Кратность вспенивания	Плотность		Содержание свободного фенола, %
				Низ, г/м ³	Верх, г/м ³	
1	85	138	28,3	46,4	41,0	3,82
2	88	140	27,7	47,0	42,9	4,03
3	94	131	27,6	48,6	40,6	3,91
4	81	146	28,2	46,7	42,1	4,07
5	83	132	28,6	46,4	41,8	4,15

Таблица 4. Результаты испытания образцов, вспененных при разряжении 15 кПа

№	Конец индукционного периода, с	Окончание вспенивания, с	Кратность вспенивания	Плотность		Содержание свободного фенола, %
				Низ, г/м ³	Верх, г/м ³	
1	87	140	33,5	39,3	32,2	3,49
2	86	135	33,6	39,3	33,0	3,44
3	87	133	33,1	40,3	35,7	3,54
4	85	138	32,9	39,5	35,8	3,59
5	81	131	32,8	40,5	34,7	3,60

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных испытаний показывают значительное повышение кратности вспенивания фенолформальдегидного пенопласта в условиях пониженного давления. Кроме того, продемонстрировано снижение массовой доли свободного фенола в образцах, вспененных в условиях разряженной среды, что одновременно с демонстрируемым уменьшением материалоемкости способно привести к значительному понижению токсичности пенофенопласта.

В связи с этим можно сделать вывод о возможной эффективности изготовления изделий на основе фенолформальдегидного резольного пенопласта в условиях разряженной среды. Кроме того, использование камеры пониженного давления позволит контролировать уровень свободных мономеров фенола и формальдегида в воздухе производственного помещения, а дальнейшее развитие данной технологии позволит улавливать отводимый фенол и формальдегид, направляя их в качестве вторичного сырья на перепроизводство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львов С.А., Филиппова В.В. Пенопласт пониженной токсичности. методы снижения содержания свободного фенола в пенофенопластах // «Дни студенческой науки» Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. . 2018. С. 1175-1177.
2. Бруяко М.Г., Григорьева Л.С., Васильева М.А., Киселева О.В. Способы снижения содержания свободного фенола в пенофенопласте // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С. 134-138.
3. Композиция для получения пенопластов: пат. Рос. Федерация. № 2123018; заяв. 01.12.1997, опубл. 10.12.1998.
4. Пономаренко И.Ю., Паукитис Е.А., Коваль Л.М. Исследование адсорбции фенола и метанола на цеолите hzsm-5 методом ик-спектроскопии. // Журнал физической химии. 1993. Т. 67. № 8. С. 1726-1728.
5. Мельников С.Ф., Ахмадиева Л.В., Моисеенко В.А., Шаповалов В.М. Экологические аспекты изготовления машиностроительных материалов на основе фенольных смол // Горная механика и машиностроение. 2012. № 2. С. 101-106.

МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ВОДЫ

Н.Ю. Сосновский¹, А.М. Смирнова²

¹ студент, nys98@mail.ru

² студентка AnastasyaSmi@mail.ru

^{1,2} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26

Аннотация

Предмет исследования: Колоссальный уровень потребления воды человеческой деятельностью для промышленных и частных приводит к образованию большого количества сточных вод, использование которых без предварительной обработки и очистки не представляется возможным. В связи с этим перспективным кажется поиск путей снижения водопотребления, а также методов очистки сточных вод.

Цели: Данное исследование направлено на изучение влияния плазмохимической обработки на свойства воды затворения, а также возможность использования мобильной установки для плазмохимической обработки с целью очистки сточных вод на примере модельного раствора.

Материалы и методы: Изучение характеристик плазмомодифицированной воды производилось с использованием рН-метра KL-009(I) для определения водородного показателя, ORP-2069 для определения ОВП и прибором «TDS метр 3» для определения жесткости воды.

Влияние плазмомодифицированной воды на характеристики гипсовых вяжущих изучалось при использовании алебаstra марки Г-5 Б II в соответствии с ГОСТ 125-79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия». Испытания по определению водопотребности и сроков схватывания определялись на вискозиметре Суттарда и приборе Вика по методике согласно ГОСТ 125-79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия».

Исследование влияния плазмообработки с целью очистки сточных вод проводилось в лаборатории НОЦ «ВИБ» НИУ МГСУ в соответствии с ПНД Ф.14 1.2.4.262-10, ПНД Ф 14.1.2.248-07 и ПНД Ф 14.1.2.4.154-99.

Результаты: Плазмомодификация воды затворения продемонстрировала повышение кислотности и снижение окислительно-восстановительного потенциала воды. Использование плазмомодифицированной воды на для затворения гипсовых вяжущих демонстрирует снижение водогипсового отношения, а также сокращение сроков схватывания.

Использование плазмохимической установки для очистки загрязненных вод показало значительное снижение ионов азота и БПК₅, а также понижение содержание ионов фосфора.

Выводы: Результаты исследования показывают эффективность использования мобильной установки для плазмохимической модификации с целью модификации воды затворения гипсовых вяжущих, а также для очистки сточных вод в условиях отсутствия более сложных традиционных систем.

ВВЕДЕНИЕ

Человеческая жизнь и его деятельность напрямую зависят от воды. Человек сам более чем на половину состоит из воды, он употребляет ее в качестве питья, использует в быту, обеспечивает ей санитарно-гигиенические условия в местах своего пребывания, с водой он может связывать свой досуг или применять ее в профессиональной деятельности от сельско-

го хозяйства до строительства.

Возможная область применения воды определяется ее характеристиками. Использование технической воды в качестве питьевой неприемлемо, а применение дистиллированной воды в строительстве и сельском хозяйстве будет нерациональным. Для каждой цели вода должна обладать определенными свойствами, которые в первую очередь зависят от качественного и количественного состава примесей, содержащихся в ней.

Другим значимым фактором, оказывающим влияние на свойства воды, является ее кластерное строение. В зависимости от сложности и формы выстроившихся с помощью водородных связей ассоциатов меняется степень межмолекулярного взаимодействия молекул воды, что в значительной мере влияет на ее физико-химические характеристики.

Разработка методов по изменению характеристик воды может оказаться перспективным направлением для исследований. Одним из наиболее востребованных процессов в данном направлении является очистка вод, однако, традиционные способы очистки являются довольно трудоемкими процессами, включающим в себя множество этапов.

Одной из наиболее важных может оказаться задача по очистке сточных вод. Недостаточно очищенные выброшенные в окружающую среду сточные воды могут стать причинами экологических катастроф разного размера.

Особенно остро данная проблематика может выражаться в очистке вод от биологических примесей, в том числе, включающих в себя болезнетворные бактерии. Сброс таких вод в водоемы может оказать значительное пагубное влияние на здоровье примыкающих к нему населенных пунктов.

Одной из важнейших задач при очистке сточных вод является удаление биогенных химических соединений азота и фосфора, наличие которых обусловлено, в первую очередь, попаданием в воды удобрений и пестицидов.

В связи с высокой стоимостью и трудоемкостью возведения классических водоочистных систем в отдаленных районах со слабо развитой инфраструктурой данные сооружения могут оказываться дефицитными, что обуславливает необходимость в поиске более компактных и простых систем очистки сточных вод.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Решением данного вопроса могут оказаться мобильные установки по очистке воды [1,2]. Воздействие на свойства воды могут быть химическими и физическими. Примеры физического воздействия: механическое, магнитное, электрическое, температурное, звуковое и другие. Методы модификации также могут оказывать комплексное влияние.

Учитывая высокие объемы потребления воды деятельностью человека, возникает интерес разработок энергоэффективных методов по ее очистке сточных вод.

На данный момент известны несколько способов модификации воды, отличных между собой по принципу воздействия. Одним из наиболее известных является метод омагничивания. В основе данной обработки лежат определенные изменения физико-химических и физических свойств за счет пропускания воды через магнитное поле, а именно увеличивается скорость химических процессов, интенсифицируются процессы коагуляции примесей, помогает снизить выпадение солей из воды.

Метод ультразвуковой модификации оказывает влияние на свойства воды за счет звукового воздействия, проходя сквозь воду, звуковая волна расходует свою энергию на продольные колебательные смещения кластеров и несвязанных молекул воды. Данное воздействие звукового и ультразвукового диапазонов уменьшает концентрацию малых и средних кластеров и приводит к формированию более крупнозернистой структуры воды. [3]

Также известен метод обработки воды ультрафиолетовым излучением [4], которое в первую очередь оказывает обеззараживающее действие на обрабатываемую им жидкость.

Существует также физико-химический способ модификации при помощи низкотемпературной неравновесной плазмы (НТНП) [5]. Принцип действия заключается в

пропускании потоков жидкости через ионизированный газ, образованный пропуском сжатого воздуха в области разряда.

Обработка происходит под влиянием нескольких факторов. Внутри электрического поля вода подвергается воздействию свободными электронами, образованными электрическим пробоем. Данное воздействие приводит к разрушению кластеров и разложению их на менее крупные образования и свободные молекулы, которые повышают активность воды.

Дополнительное влияние оказывает высокая концентрация свободных частиц, вызванная ионизацией газа под действием локального нагрева. Данные ионы вступают в реакцию с обрабатываемыми компонентами, приводя к появлению новообразований.

При обработке низкотемпературной плазмой происходит комплексная модификация благодаря электромагнитному, тепловому, волновому и механическому воздействиям.

Кроме того, использование плазмохимической модификации воды может повлиять на свойства строительных растворов[5], их реологические характеристики, скорость гидратации, время твердения и набора прочности, а также показатели уже готового материала, его прочность и пористость. В связи с этим возникает интерес исследования плазмохимической модификации на характеристики строительных растворов на примере гипсовых вяжущих

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе исследования, основной задачей для нас являлось изучение изменений показателей воды до и после плазмохимической обработки, а также их влияние на свойства гипсовых растворов. Кроме того, проводилось исследование эффективности плазмохимического воздействия от мобильной установки для очистки сточных вод.

Плазмохимическая обработка проводилась на мобильной установке для плазмохимической обработки, представленной на рисунке 1.

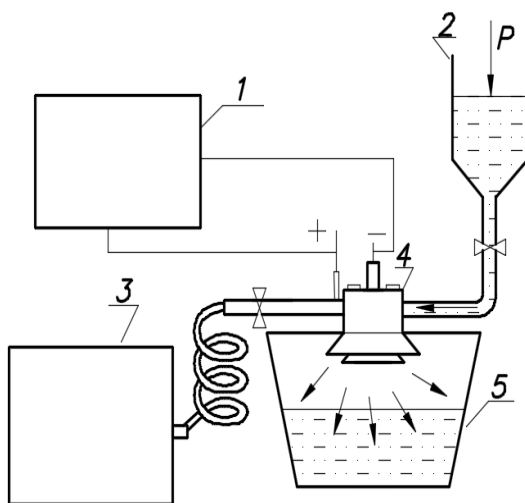


Рис. 1. Схема установки плазмохимической обработки:

- 1) – высоковольтный источник(с выходным напряжением 220В и частотой 50Гц);
- 2) – патрубок подачи воды; 3) – компрессор; 4) – плазмохимический генератор;
- 5) – приемный накопитель для обработанной воды.

В вопросе изучения влияния воды затворения на свойства гипсовых вяжущих основными контролируемыми параметрами были выбраны кислотность, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), температура и жесткость.

Измерение кислотности проводилось при помощи рН-метра KL-009(I). Окислительно-восстановительный потенциал воды измерялся прибором ORP-2069. Определение уровня минерализации воды осуществлялись прибором TDS метр 3. Измерения показаний проводились в соответствии со стандартными методиками указаний по использованию приборов.

Далее были проведены испытания по определению зависимости свойств гипсового вя-

жущего от свойств воды, для этого измерялись скорость схватывания и водопотребность гипса. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 23789-2018 «Вязущие гипсовые. Методы испытаний». В качестве испытываемого материала был взят алебастр марки Г-5 Б II в соответствии с ГОСТ 125-79 «Вязущие гипсовые. Технические условия».

Далее для изучения эффективности использования плазмохимической обработки для очистки сточных вод в качестве модельного раствора была использована вода с добавлением «пептона основного сухого» в качестве питательной среды для накопления холерно вибриона.

Данный модельный раствор был пропущен через поле плазмы на установке для плазмохимической обработки воды. После обработки отобранные образцы (обработанный и контрольный) были исследованы в лаборатории НОЦ «ВИВ» НИУ МГСУ в соответствии с методиками указанными в ПНД Ф.14 1.2.4.262-10, ПНД Ф 14.1.2.248-07 и ПНД Ф 14.1.2.4.154-99.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выявления степени влияния обработки в низкотемпературной неравновесной плазме на свойства воды затверения сравнивались показатели воды до обработки и после, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений показателей воды затверения

Номер	Температура, С°	pH	ОВП, мВ	TDS, мг/л
Контрольная				
1	23	7,9	210	183
2	23	7,8	204	180
3	23	7,8	209	183
4	23	7,8	210	182
Итого:	23	7,8	208	182
Плазмомодифицированная				
1	23	8,3	189	175
2	23	8,3	189	178
3	23	8,1	187	178
4	23	8,3	188	176
Итого:	23	8,3	188	177

Результаты испытаний по влиянию плазмомодифицированной воды на свойства гипсовых вяжущих представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты влияния воды затворения на характеристики гипсовых растворов

Номер	В/Г	Начало схватывания, с	Конец схватывания, с
Контрольный			
1	0,7	393	573
2	0,7	390	600
3	0,7	368	578
Модифицированный			
1	0,6	236	326
2	0,6	221	311
3	0,6	234	324

Результаты исследования влияния плазмохимической обработки для очистки сточных вод, полученные в лаборатории НОЦ «ВИВ» НИУ МГСУ представлены в виде таблицы 3.

Таблица 3. Результаты анализа влияния плазмохимической очистки на модельный раствор

Показатель	Размерность	Концентрация		МВИ
		Контр.	Плазм.	
Аммоний-ион	мг/дм ³	41,8	25,5	ПНД Ф.14 1.2.4.262-10
Азот аммонийный	мг/дм ³	36,1	17,9	По расчету
Фосфат-ионы	мг/дм ³	5,11	2,55	ПНД Ф 14.1.2.248-07
Фосфат фосфатов	мг/дм ³	1,42	0,76	По расчету
БПК ₅	мг/дм ³	108,4	19,9	ПНД Ф 14.1.2.4.154-99

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований продемонстрировали сокращение сроков схватывания и уменьшение количества необходимой воды затворения, с сохранением прочностных характеристик. В связи с этим можно предположить об эффективности использования плазмохимической обработки в условиях строительства и производства при изготовлении изделий на основе гипсовых вяжущих веществ.

Результаты проведенных исследований, показывающие значительное снижение концентраций основных загрязнителей в виде ионов азота и фосфора вместе с одновременным обеззараживающим действием, продемонстрированным снижением БПК₅, позволяют судить о высокой результативности плазмохимической обработки с целью очистки сточных вод. Кроме того небольшие габариты оборудования и малое энергопотребление при производительности до 200 литров в час позволят значительно расширить области применения представленной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муллакаев М.С., Абрамов В.О., Векслер Г.Б. Мобильный сонохимический комплекс очистки сточных вод // Современные задачи инженерных наук сборник научных трудов VI-ого Международного научно-технического Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие

технологии СЭТТ - 2017». 2017. С. 125-129.

2. *Ероцев С.Ю.* Мобильная станция комплексной очистки воды // патент на полезную модель RUS 94570 24.02.2010.
3. *Коволенко В.Ф., Глазкова В.В.* Влияние акустических волн на структурные свойства воды. // Биомедицинская инженерия и электроника. 2013. №3. С. 2-14.
4. *Матафонова Г.Г., Батоев В.Б.* Энергоэффективность очистки природных и сточных вод от органических микроплютантов уф излучением эксилампы. // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 23-27.
5. *Ермолаев Ю.М., Радионов Б.Н., Родионов Р.Б., Стехин А.А., Чистов Ю.Д.* Повышение прочности пенобетона при использовании структурированной воды // Технология бетонов. 2006. №2. С. 54-55.

IMPROVING THE QUALITY OF EDUCATION AT DRAWING LESSONS WITH THE USAGE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

D.U. Ubaydullayev¹, J.A. Kosimov²

student., doston.uuu.ddd@gmail.com

assistant., joxa66410@gmail.com

Tashkent Institute of engineers of irrigation and agricultural mechanization

Abstract. In order to strengthen the material and technical bases of the higher educational institutions of the republic and to develop the level of information provision, modern technical means of education, new programs, manuals, textbooks, visual aids and manuals as well as other types of educational and methodological literature. The system of teaching and upbringing used in the educational process includes the introduction of our nation's unique features, historical traditions, values and spirituality, interactive learning, modern teaching methods the use of graphic software and graphic editing, and enhancing the effectiveness of teaching in higher education institutions, improving it, and integrating the theory of oriental studies into the students' minds.

The Law of the Republic of Uzbekistan "On Education" also provides for the provision of citizens with the right to education, as well as the establishment of the legal basis for vocational training, was given.

After adoption of the National Program for Personnel Training and the Law on Education, the new content of the curriculum was developed in accordance with State Education Standards. Special attention was paid to the historical foundations, scientific and theoretical values and traditions of each subject. They have been put into operation and are now in the process of modernizing them. Nearly 20 of the more than 60 higher educational institutions in the country are taught architectonic building painting.

Nowadays, as we know science and technology, types of producing and all technologic processes are almost fully computerized in all developed countries. Moreover, in all producing processes and educational spheres creating new technologies and technics are done with the help of graphic programs which are modern and functional.

As it is said, XXI century is the age of information technologies. All aspects of computer phantom are faced in our daily life. As a result, the country's education system into the new educational technologies based on modern information technologies. When modern information technology, multimedia, to pass to other language and alphabet letters, Internet, Web-Technology, electronic virtual library, distance education, and other technologies to provide technique. This, in turn, teachers not only in the field today, but modern equipment and acquired certain knowledge and information to young people, especially students, and students are required to teach.

Therefore, secondary schools, lyceums and colleges and universities' professors of the faculty have to use modern graphics software, the computer programs to teach them. The requirements of the present day, at the engineering faculty every teacher needs to know at least five modern graphic programs used on the agenda of the preliminary data and graphical elements computer design, such as, Photo Shop, Corel Draw, 3D MAX, AutoCAD, and Flash. Because, in any modern electronic aids omit of the development of these programs is impossible.

Therefore, the creation of electronic manuals perfect for the twenty-first-century drawings teachers above graphic programs need to have at least some initial thoughts.

We have set out to solve the problem for the first time, AutoCAD system is currently in the design of automated international standard for being, that started on the initial data.

AutoCAD program, was created in 30-35 years' time, though, the graphics software is still famous. AutoCAD program is an excellent and popular, and the design of the automated program, and that any such scheme and plotting high-precision, high-quality viewfinder. In addition, this program will help you to realize the full creative potential of users. As a result, millions of design experts, scientists, engineers and technicians, and students of the world in more than 80 countries, in 18 languages using AutoCAD design work has become a norm.

World experience of pupils and students after receiving a certain level of knowledge at drawing, graphics need to instruct the computer to perform the tasks. Proceeding from this company Autodesk AutoCAD-2006 graphics program launch, its user interface, toolbar, and their orders the information about the location of buttons and functions. Also, some of the graphics Primitive computer designs are considered.

AutoCAD software in 1982, despite the creation and its millions of users of local high school students and students of computer science and mathematics subjects in the process of reading the graphics software tools, "Microsoft Office Word" program, "Drawing" and "Basie" program to learn how to use graphic images. However, such low graphics automation applications, making the graphics options are almost there. Automation in the design of graphics software, with the AutoCAD system options, even at school, drawing, painting classes, such as graphics commands Graph Primitive elements, which means, the components of the charts 1-2-3 and 4-themes and the knowledge, skills and practical training on the basis of a variety of acting.

AutoCAD graphic information system elements, they are willing to enter the command packet size to a computer using a direct dialogue is carried out on the basis of the sequence of images.

The main purpose of the engineering and computer graphics training and expertise in the fields of engineering students take all kinds of graphic information design, diagram, charts and schemes such as the size of two or three sizes of images using the computer to teach the rules of procedure.

Engineering and computer graphics are the main issue of the practical and operational programs and commands, package design and technological processes using computer modeling work by the students were free to carry out the necessary knowledge and skills to teach.

Engineering and computer graphics classes on the subject of higher education, a bachelor and engineers approved by the Ministry of Higher and Secondary Special Education in 2012 in the form of standard graphics program on the basis of practical training.

All students in practical training for 25-30 minutes to draw graphical information Primitive components of a computer screen, they do not change the appropriate options to create and display images, memory storage, and perform tasks such as Print for the necessary theoretical knowledge will give a step-by-step movement. The employment figure for the rest of the staff to draw, edit, sizes and binding objects are using commands such as skills and qualifications.

Because our task today, is also each of the secondary schools run by necessity, lyceums and colleges and other institutions of higher education teaching modern system of education was introduced, and now the modern education system they need to.

The application of information technology in the educational process, a series of didactic options are available.

Information technology, libraries, documentation, and the students' creative works such as information collection and creation of a database, the structure of the educational process allows students to create practical and creative research work. This all means students under the supervision of the teacher's lesson to learn and practice the skills and qualifications.

Students actively learn about the development of the educational institution, in their own thoughts with the help of the internet. Through the Internet network control can be distributed and local e-mail. These types of things to accomplish remote network modeling forms of education. Today, it is becoming popular. Teachers are using not a single information center, but with the use of computer technology, distance education, and been able to get high goals. Students often engaged in dealing with self-learning over the Internet, to communicate with their peers, and general interest.

This work is regulated to form a network of their relations students' opportunities to meet with their counterparts in other countries, and allows you to read and work together.

Readers of information technology are in a process of learning as a tool for the development of creative talents. Readers with information technology tools developed especially important always have the nature of creative activity.

This is reflected in the new design and technical solutions. Their ideas and information technology tools reader "electronic" and show the competitiveness of their products, and allows you to check the popularity of their ideas. Students create a real interesting and unique resource for themselves, first and foremost, consider all the information it needs to establish a psychological reaction to the characteristics of Resources News and practical understanding of reach. All pupils develop their competence to set the direction of his life, practical problems.

The current stage of development of society is characterized by the direct improvement of technologies. Modern technological processes in any sphere influence, such as information systems are becoming more and more new changes. Education in the field of communication technology, improving the quality of teaching, the students thinking ability to expand, enhance the development of students' independent work itself is becoming a pressing issue. Not only the development of the Internet, telephone or television, but also with the development of computer technology. Today, this area is long before the development of other sectors and the rates of deposits. Globalization Today, the Internet and, in turn, is the result of a process cycle that leads to a lack of space. Viewers will lead to the development of knowledge and skills in the field of science. As a result of this process of scientific research can lead to a variety of methodological approaches.

REFERENCE

1. *A.Ashirboyev*. Chizmachilik. // «Yangi asr» nashriyoti. Toshkent-2009. 5-12ct
2. *Mirhamidov J.X., Ermatov I.T.* "Kompyuterda loyihalash". –T.: // "TAQI". 2007-y. 7-11ct
3. *Qosimov J.A.* "Muhandislik grafikasi va kompyuter grafikasi". –T.: TDPU 2017-y
4. *Nig'monov B.V.* v/b "Arxitektura qurilish chizmachiligi". –T.: "TDPU rizografi". 2012-y.
5. *Azizho'jaeva N.N.* Pedagogik texnologiyalar va pedagogik mahorat – T., Adabiyot jamg'armasi, 2006.
6. *Hayitboyev K.B.* "Ta'lim jarayonida loyihalash usulidan foydalanish". –T.: "Zamonaviy pedagogika fani va innovatsion texnologiyalar". // Respublika ilmiy-amaliy konfrensiya materiallari Q. Niyoziy nomidagi O'zPFITI. 2008-yil.
7. *Abduqodirov A.A.* v/b "O'quv jarayonida kompyuter texnologiyalarini qo'llash va uning muammolari". –T.: // "Ta'lim va tarbiya". 2000-yil, 1-2-sonlar.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ЗДАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ЛСПХ

В.В. Юрченко

студент, yurchenko6702@gmail.com

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», 129346, Москва, Ярославское шоссе, 26*

Аннотация. Жилищный фонд России составляет свыше 2.0 млрд кв.м. общей площади. Из них большой объем приходится на здания первого индустриального поколения и многие из них находятся в критическом состоянии. Основу таких зданий составляют четырех-и пятиэтажные здания первого поколения, возведенные в период с 1954 по 1963 год [1].

Главная задача возведения таких зданий - вытянуть людей из деревень. В городах не хватало рабочей силы на производстве. Если иногородний человек работал в Москве, при этом имея семью, то ему выдавалась квартира в жилом здании первого поколения. Исходя из этого, нужно было расселить население, построив, быстровозводимые панельные 5-этажные здания.

Дома первого индустриального поколения имели существенные недостатки такие как, низкая эксплуатационная характеристика (тепло-и звукоизоляция), малый объем помещений, невыразительность фасадов. Плохая изоляция подвальных помещений значительно увеличивала влажность на первых этажах[1]. Средний срок эксплуатации таких зданий не превышало 25 лет. Такие здания считаются устаревшими и многие из них находятся в критическом состоянии.

К предмету исследования относятся организационные особенности по сносу зданий первого индустриального поколения и применение конструкции ЛСПХ (леса строительные хомутовые). Малая эксплуатационная характеристика зданий первого поколения является значимым минусом. Затормаживает развитие жилищного фонда.

Основными целями являются снос зданий, развитие жилищного фонда, волновое переселение и постройка новых современных жилых микрорайонов.

При демонтаже зданий применяется спецтехника и конструкция ЛСПХ, обеспечивающая безопасную работу на высоте и выноску внутренних коммуникаций с этажей здания.

К результатам исследования относится массовое переселение и строительство новых жилых микрорайонов. Развитие жилищного фонда и новых идей в архитектуре. Расширение применение строительных лесов.

ВВЕДЕНИЕ

Начало массовой модернизации жилищного фонда Москвы положено 6 сентября 1994 года. Было необходимо сносить пятиэтажные здания и строить на их месте современные многоэтажные здания. Это было выгодно, ведь вместо двух пятиэтажек, можно возвести один дом высотой 24 этажа, что позволяет увеличить со 196 квартир до 400[1]. В период массовой модернизации с 1994 года по 1999 год жильцов пятиэтажек переселяли на окраину Москвы в новые районы, такие как Бутово и Марьино. Было много возмущений, жильцы не хотели съезжать со своего родного района. Но после 1999 года при модернизации жилищного фонда, бывших жильцов пятиэтажек оставляли проживать в своем районе. Переселяли в новые дома недалеко от привычного места проживания.

Важным этапом сноса здания является обследование внутренних конструкций. Целью обследования здания является определение физического износа железобетонных конструкций. К основным параметрам технического состояния железобетонных конструкций относятся величина коррозии арматуры, наличие трещин в сварных швах, отслоение бетона от арматуры, ширина, глубина и длина трещин. В отличие от монтажа здания, все работы по сносу проводятся только в светлое время суток в одну смену. Из-за стесненности жилых кварталов следует уменьшить площадь строительной площадки. Для движения спецтехники по объекту использовать внутриквартальные дороги, местами укрепив их. Ограждения площадки производится 2-х метровыми панелями. Строительные леса обеспечены защитной сеткой [1].

Строительные леса – это пространственная конструкция, собранная из металлических стоек и имеющая грузоприемную площадку. Монтаж производится до определенной высоты, где надо возвести грузоприемную площадку, и крепятся к фасаду здания с помощью разжимных дюбелей. Отличительной особенностью ЛСПХ являются поворотные хомуты, благодаря которым, можно «подойти» к сложным фасадным элементам и надежно закрепить леса. Почему мы не можем использовать жесткие рамные леса? Они используются при работе с простым и ровным фасадом с не выделяющейся архитектурой. В таких случаях жесткие рамные леса идеальный выбор. Использование рамных лесов, в этих целях, следует провести дополнительные работы по совершенству конструкции лесов и технологии монтажа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При организации строительной площадки важно помнить, что сносимые пятиэтажные дома, как правило, располагаются в жилом, стесненном квартале, поэтому стоит обратить внимания на выбор метода сноса зданий. В таблице 1 приведены методы демонтажа здания [2].

Таблица 1. Методы демонтажа здания

Способы	Отличительные особенности	Примечания
Ручной	Отбойные молотки; алмазная резка	Частичный демонтаж; капитальный ремонт
Механизированный	Спецтехника: экскаваторы, крышевые краны, бульдозеры, самосвалы	Снос любого вида зданий
Взрывной	Взрывчатки на несущие конструкции	Узкое направление

При демонтаже здания используются строительные леса для размещения рабочих, инструмента и материалов при производстве строительных и ремонтных работ на фасадах, а также, с их помощью осуществляется разбор внутренних коммуникаций сноса здания. Применение лесов ежегодно расширяется, так как они выгодно отличаются простотой и, при наличии дешевой рабочей силы, относительно низкой стоимостью монтажа и эксплуатации. Крышевой кран выполняет кровельные демонтажные работы и спускает строительный мусор на грузоприемную площадку или на землю. Основную работу при демонтаже здания выполняет такая строительная техника, как “NOBAS”. Это экскаватор оснащенный телескопической стрелой с навесным оборудованием (гидромолотом или гидроножницы). Бульдозеры расчищают зону от обломков, а ковшовый экскаватор предназначен для демонтажа фундамента и обеспечивают погрузку обломков в самосвал. Важно обеспечить постоянную вывоз-

ку строительных отходов из строительной площадки. Около 80% отходов, получаемые при демонтаже, состоят из фрагментов тяжелого и легкого железобетона [3].

На рисунке 1 изображена схема привязки металлических трубчатых лесов ЛСПХ к существующим конструкциям ограждений [4].

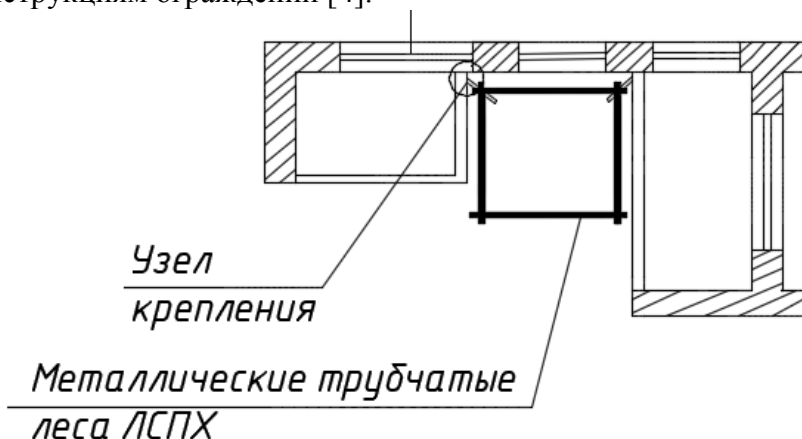


Рис. 1. Схема привязки металлических трубчатых лесов ЛСПХ

При демонтаже здания важно соблюдать материальные и трудовые ресурсы. ЛСПХ монтируются на месте, в зависимости от ситуации и сложности объекта. В основном леса в нужном объеме арендуются на весь период их эксплуатации. Это значительно дешевле, в отличие от покупной выносной площадки, кроме этого, решается вопрос о хранении, так как выносная площадка требует дополнительного места хранения.

На рисунке 2 изображен узел крепления лесов “ЛСПХ” к ж/б перекрытию.

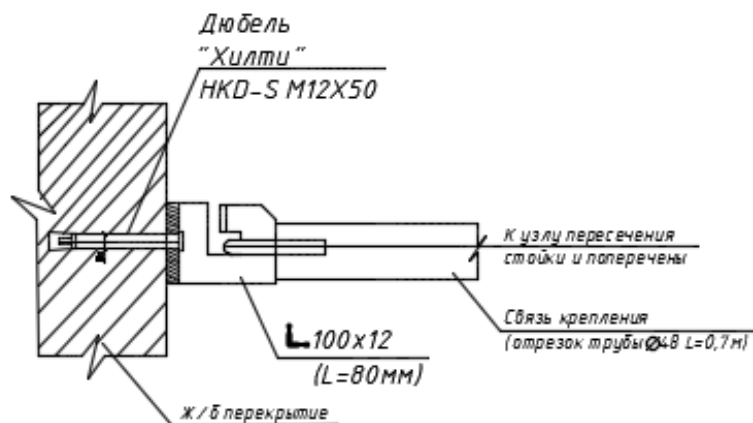


Рис. 2. Узел крепления лесов

Таблица 2. Выписка из паспорта хомутовых лесов ЛСПХ-40[5]

Диаметр трубы, мм	48
Максимальная высота, м	40 (60 по спецпроекту)
Высота рабочего яруса, м	2,0
Ширина рабочего яруса, м	1,0
Шаг по фасаду, м	1,5; 2,0; 2,5; 3,0
Максимальная нагрузка на настил, кгс/кв.м.	300; 260; 230; 200

Грузоприемная площадка из лесов может быть удобной конфигурации для производства работ в стесненных условиях при реконструкции, капитальном ремонте или ремонте внешних конструкций зданий, а также при отсутствии возможности разместить инвентарные средства подмащивания и механизмы.

Деревянные настилы для грузоприемных площадок из лесов для предотвращения возгорания обрабатываются огнезащитными составами и требуют дополнительные решения по безопасности труда. Для предотвращения пожара рядом с лесами должен располагаться противопожарный щит. Запрещаются сварочные работы, так как это способствует возгоранию и к порче фасада здания [6].

На рисунке 3 изображен стройгенплан.

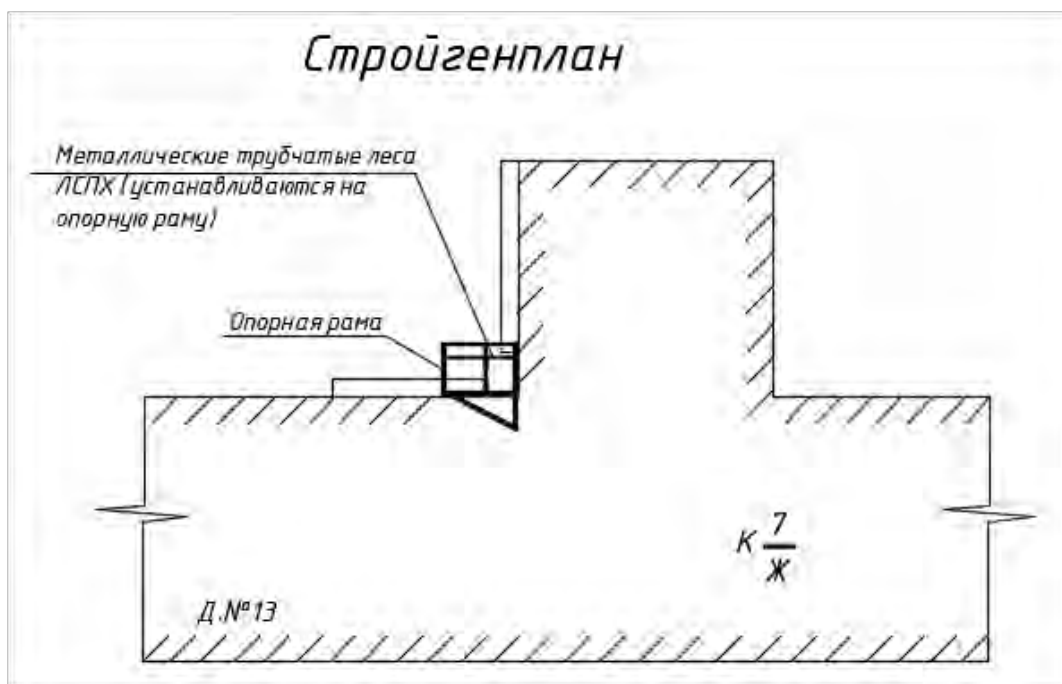


Рис. 3. Стройгенплан

Грузоприемная площадка оснащена защитными деревянными настилами для предотвращения падения, как рабочих, так и строительных материалов.

На рисунке 4 изображен узел крепления грузоприемной площадки к фасаду здания.

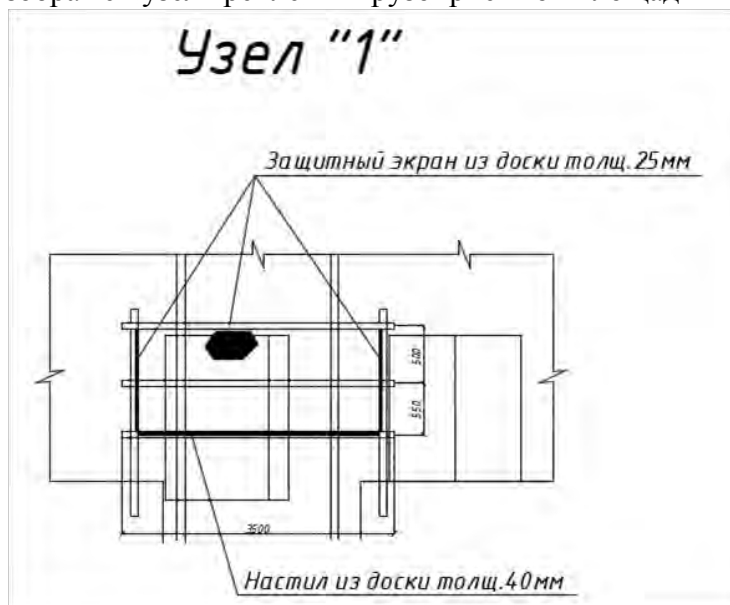


Рис. 4. Узел крепления грузоприемной площадки

Рабочие должны быть оснащены монтажным поясом и страховочным тросом. Следует организовать регулирование проезда автомашин и проход людей рядом с конструкцией [7].

Важно соблюдать меру осторожности и правильную эксплуатацию лесов. К эксплуатации лесов допускаются работы только после полного окончания их монтажа; проверка собранного каркаса; правильность и надежность креплений; ежедневная проверка лесов перед эксплуатацией; не превышать допустимых нагрузок на леса. Эксплуатация лесов не должна ухудшать экологическую обстановку на строительной площадке. Для этого леса своевременно должны очищаться от строительного мусора [8].

ВЫВОДЫ

Статья отражает актуальную задачу демонтажа устаревших зданий. Активно происходит переселение жильцов в новые современные дома и осуществляется благоустройство новых жилых микрорайонов. Идет прогресс в строительной сфере, и появляются новые идеи в архитектуре.

Конструкция лесов может быть использована практически во всех регионах строительства. Целесообразно продолжить исследования возможности применения рамных, хомутовых, клиновых и др. лесов, а также изучить зарубежный опыт использования ЛСПХ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олейник П.П., Олейник С.П. Организационные решения по разборке(сносу) жилых зданий типовых серий. 2008.
2. <https://www.kp.ru/daily/26878/3921558/>
3. Олейник П.П., Олейник С.П. Организация системы переработки строительных отходов.2009.
4. Инженер Пахомова Л.А. Проект производства работ АРХ.№301/02 ЗАО «Моспромстрой инжиниринг»
5. <https://www.metakon.ru/price/pasport-lsph-40.pdf>
6. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве.
7. СП 48.13330.2011. Организация строительства
8. ВСН 41-85(р). Инструкция по разработке проектов организации и проектов производства работ по капитальному ремонту жилых зданий.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.С. Евстратов

Аспирант, evstratovvs@mgsu.ru

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

ВВЕДЕНИЕ

Технология информационного моделирования, или BIM, это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту зданий и сооружений, предполагающий сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации, когда все, что имеет к нему отношение, рассматривается как единый объект.



Рис. 1. Концептуальная схема взаимодействия

BIM-технологии позволяют сделать большой шаг вперёд при проработке объекта – от принятия концептуального решения при проектировании до вывода объекта из эксплуатации.

Внедрение данной технологии значительно повысит качество проектирования и при этом упростит работу на всех этапах жизненного цикла объекта, что позволит перейти на новый этап развития строительной отрасли.

Основные принципы информационного подхода в проектировании

- Трёхмерное моделирование.
- Автоматическое получение чертежей.
- Интеллектуальная параметризация объектов.
- Соответствующие объектам базы данных.
- Распределение процесса строительства по временным этапам.



Рис. 2. Сопоставление 3D модели и чертежей на бумаге

История BIM-технологий

Появление BIM-моделей напрямую связано с развитием информационных технологий. Времена, когда проекты жилых и коммерческих зданий создавались на бумаге, прошли. Сегодня успешные компании работают со специальными компьютерными программами, используют концепции и методы информационного моделирования сооружений.

BIM — настоящее и будущее отраслей проектирования и строительства. Внедрение современных технологий существенно повышает качество возводимых зданий, их надежность и функциональность. Использование единой базы данных и 3D-модели значительно ускоряет процесс работы над проектом, сокращает финансовые затраты и сводит риск ошибок и несоответствий к минимуму.

Что было до BIM?

Чтобы разобраться в истории и перспективах BIM-технологий, нужно знать о том, что было до них. Проектирование зданий — процесс, известный человеку достаточно продолжительное время и за несколько тысячелетий он претерпел множество изменений.

Одним из наиболее значимых его этапов является XVI век. Римская архитектурная школа воспринимала объекты через плоские проекции. Все планы выполнялись вручную. Спустя некоторое время специалисты попытались изображать объем на плоскости и строить фронтальную перспективу. Но результаты были неутешительны.

Вторым важным этапом проектирования можно назвать появление макетов. Визуализация архитектурных проектов позволила имитировать полномасштабные сооружения. Людям стало проще воспринимать планы зданий. Хотя макеты не отражали инженерных и технических составляющих, а являлись лишь моделью объекта в уменьшенном масштабе, серьезные проекты без их наличия не утверждали.

С чего началась история BIM-технологий?

Принципиально новый подход к проектированию зародился в 1960-х годах. Он связан с созданием и распространением персональных компьютеров. В то же время были созданы первые программы для проектировщиков и архитекторов. Так возникла концепция САД, которая обозначает систему автоматизированного проектирования. Она пришла на замену рутинному черчению планов от руки. В эпоху САПР были распространены два вида приложений, классифицированных по методу отображения:

- CGS — конструктивная стереометрия;
- brep — форма представляется в границах.

Колоссальный прорыв в развитии САПР произошел с появлением первой версии системы AutoCAD. Она была выпущена в 1982 году компанией Autodesk. В конце XX века проектирование перестало существовать исключительно в плоскости чертежа и перешло в трехмерные модели. С этого момента можно говорить о распространении концепции информационного моделирования зданий и начале истории BIM-технологий.

База данных как основа здания

Аббревиатура BIM вошла в лексикон примерно в 2000-х годах. Способствовали этому не только приверженцы нового подхода к моделированию и проектированию, но также разработчики программных продуктов. С выпуском основных приложений данное понятие прочно закрепилось в профессиональной терминологии.

В настоящее время существует двоякая трактовка этого термина. Многие под BIM понимают только цифровой 3D-макет сооружения. Но это лишь один аспект. BIM — это информационная модель здания, которая представляет собой максимально полную базу данных по объекту. В нее входят архитектурный проект, техническая документация, развернутые сметы, календарный график строительства и другие важные сведения. Кроме того, проектирование с применением BIM-технологий — это коллективный процесс, в котором принимают участие сотрудники разных специальностей. С информационной моделью работают архитекторы, проектировщики, дизайнеры, сметчики, инженеры, строители и др.

Чем хороши BIM-технологии?

Из главных достоинств информационного моделирования зданий можно отметить следующие:

- скоординированная и согласованная работа разных специалистов;
- возможность проведения подробного анализа и точных расчетов;
- предсказание эксплуатационных свойств строящегося объекта;
- сокращение финансовых и временных затрат на возведение здания;
- хранение и актуализацию всей информации по проекту;
- охват всех этапов жизненного цикла сооружения.

Развитие BIM в России

Закрепление BIM возможно при одновременном воздействии многих факторов, в числе которых государственная законодательная поддержка, желание заказчика, готовность профессионального сообщества поддерживать стандарты BIM на всех этапах жизненного цикла объекта.

Первые шаги по внедрению BIM-технологий в России уже предприняты.

По итогам заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России от 04 марта 2014 года было принято решение о разработке и утверждении «Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».

В апреле 2017 года Вице-премьер Дмитрий Козак подписал «дорожную карту» по внедрению технологий информационного моделирования (BIM) на всех этапах жизненного цикла зданий.

Утвержденный документ предусматривает разработку национальных стандартов BIM на этапах проектирования, строительства, эксплуатации и сноса зданий, а также приведение нормативно-технических документов и сметных нормативов, применяемых в строительстве, в соответствие с классификатором строительных ресурсов. План также предполагает расширение функционального назначения федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве в направлении эксплуатации и сноса объектов капитального строительства.

В октябре 2017 года в Москве утвержден План внедрения BIM-технологии в деятельность московского Стройкомплекса.

В планах Минстроя — в ближайшее время сделать BIM обязательным при проектировании объектов, финансируемых за счет средств госбюджета.

С 19 марта 2018 года вступили в силу два нормативных документа: СП 331.1325800.2017 и СП 333.1325800.2017.

С 16 июня 2018 года вступил в силу СП 328.1325800.2017.

Система нормативно-технических документов по BIM в общей сложности будет включать в себя 15 национальных стандартов (ГОСТ Р) и 10 сводов правил. Из них 13 ГОСТ Р и 4 СП будут касаться основополагающих (базовых) направлений, остальные — отдельных стадий жизненного цикла.

Таблица 1. Список действующих нормативных документов по BIM

ГОСТ Р 57310—2016 (ИСО 29481—1:2010) Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат.	Действует с 01.07.2017
ГОСТ Р 57311—2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства.	Действует с 01.07.2017
ГОСТ Р 57309—2016 (ИСО 16354:2013) Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов.	Действует с 01.07.2017
ГОСТ Р 57563—2017/ISO/TS 12911:2012 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений.	Действует с 01.10.2017
ГОСТ Р ИСО 12006—2—2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 2. Основы классификации информации.	Действует с 01.10.2017
ГОСТ Р ИСО 12006—3—2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 3. Основы обмена объектно—ориентированной информацией.	Действует с 01.10.2017
ГОСТ Р ИСО 22263—2017 Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией.	Действует с 01.10.2017
ГОСТ Р 57295—2016 Системы дизайн—менеджмента. Руководство по дизайн—менеджменту в строительстве.	Действует с 01.01.2018
СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах»	Действует с 19.03.2018

СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла»	Действует с 19.03.2018
СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели»	Действует с 16.06.2018

В ближайшем будущем планируется расширение нормативно—технической документации по BIM в двух направлениях:

- 1) Базовые документы: 3 ГОСТ Р, 4 СП
- 2) Документы для разных стадий жизненного цикла объекта 2 ГОСТ Р, 6 СП.

Но в тоже время развитие BIM в России сталкивается с неготовностью подрядчиков и/или субподрядчиков работать с трехмерной моделью и другими трудностями (таблица 2.)

Таблица 2. Основные трудности при переходе к BIM

Зависимость от зарубежных производителей программных комплексов.	Не все импортные программы соответствуют российским строительным стандартам.	Уровень проблематики средний.
Сложности при попытках внесения информации о существующих строительных проблемах зданий и сооружений.	Необходимость ручной доработки программного обеспечения под российскую реальность и нормативную базу.	Уровень проблематики средний.
Необходимость переквалификации персонала при переходе от обычных САПР на BIM-технологии.	Дефицит квалифицированных кадров, подготовленных для работы с BIM-технологиями.	Уровень проблематики средний. <i>В настоящее время государственных образовательных учреждения открываются новые специальности и вводятся специальные образовательные программы с учетом BIM.</i>
Высокая стоимость внедрения нового способа проектирования.	Прежде всего эта стоимость первоначальных вложений, связанных с закупкой оборудования и программного обеспечения.	Уровень проблематики средний.
Противостояние двух трендов государственной политики.	С одной стороны, государство всячески поддерживает внедрение новых технологий. С другой, внешнеполитические факторы затрудняют сотрудничество с зарубежными разработчиками, впрочем, в рамках программ по импортозамещению сегодня ведется работа по созданию российских аналогов программных продуктов.	Уровень проблематики высокий.

ВЫВОДЫ

На данный момент внедрение BIM-технологий в России находится на начальном этапе становления. Необходимость скорейшего освоения и внедрения BIM уже осознана многими участниками инвестиционно-строительной деятельности и признана на государственном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс] URL: <http://sroportal.ru/publications/bim-texnologii-v-rossii-predubezhdeniya-i-mify/> (дата обращения: 24.12.2018).
2. Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Зобова А.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 171-181.
3. Талапов, В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий [Текст]: ДМК Пресс 2011. ISBN978-5-94074-692-8
4. [Электронный ресурс] URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 24.12.2018).