



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

# ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПУТЕВЫЕ МАШИНЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Сборник докладов  
XXIII Московской международной межвузовской  
научно-технической конференции студентов,  
магистрантов, аспирантов и молодых ученых

*(г. Москва, 4 апреля 2019 г.)*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2019

ISBN 978-5-7264-1959-6

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2019

П45 **Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы** [Электронный ресурс] : сборник докладов XXIII Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых / 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 978-5-7264-1959-6

XXIII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы», прошедшая в 2019 году в Московском государственном строительном университете (НИУ МГСУ), открывает программу деловых встреч 15-го Московского подъемно-транспортного форума, организованного Межрегиональной общественной организацией «Подъемно-транспортное научно-техническое общество» (РОСПТО) при поддержке Российского и Международного союзов научных и инженерных общественных объединений, Ассоциации СРО «РОСМА», НИУ МГСУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИМАШ им. А.А. Благонравова РАН, НПП «Подъемтранссервис», журналов «Подъемно-транспортное дело» и «Приводы и компоненты машин». В сборнике материалов конференции, состоявшейся 4 апреля 2019 года, представлены доклады ее участников, охватывающие актуальные вопросы в области создания и применения машин, оборудования и технологий по тематике прошедшего мероприятия.

Для научных и инженерно-технических работников, а также для аспирантов и студентов технических вузов.

*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

Ответственный за выпуск *А.М. Азарков*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации  
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).  
Тел. +7 (495) 730-62-53  
E-mail: [iiesm@mgsu.ru](mailto:iiesm@mgsu.ru)

Сайт: [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)  
<http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IIESM/kontakty/>

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

Подписано к использованию 08.05.2019. Объем данных 13 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
129337, Москва, Ярославское ш., 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](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Ивашков Н.И., Сафонова Е.Н.</i> СПЕЦИАЛИСТЫ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ – ЛАУРЕАТЫ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ .....	17
---	----

### **Секция «ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

<i>Алфёров В.В.</i> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ .....	25
<i>Аляутдинова Д.А.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА АРЕНДЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА .....	28
<i>Андрухов Н.М.</i> ОЧИСТКА ПРИБРЕЖНЫХ ПОЛОС РАЗЛИЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ .....	33
<i>Асланов А.Ю.</i> ПРИМЕНЕНИЕ IT-СИСТЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ДСМ .....	37
<i>Бакров А.И.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ .....	41
<i>Богатырев Н.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОПРОБОЙНИКОВ В РАЗНЫХ ГРУНТАХ .....	45
<i>Боровченко Г.К.</i> О ДВИЖЕНИИ ПЛАВУЧЕГО КРАНА .....	49
<i>Воробьев А.В., Рыбин Д.И.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ .....	51
<i>Воробьев А.В., Рыбин Д.И.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН .....	55

<b>Герман Н.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ СКВАЖИН ПНЕВМОПРОБОЙНИКАМИ .....	59
<b>Горелов А.Ю.</b> АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	63
<b>Григорьев С.В.</b> АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА МОСТОВОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МАГНИТНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 16 ТОНН .....	66
<b>Дзедатайс А.С.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗКИ И ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ .....	71
<b>Дзедатайс М.С.</b> УЛУЧШЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГИДРОТУРБИН ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС В РАЙОНАХ ШЛЮЗОВЫХ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	73
<b>Дьяконов С.В.</b> ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЛАВУЧИХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ .....	76
<b>Евсеева К.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЕМНИКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ .....	78
<b>Егоров С.В.</b> ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕЧНЫХ ПОРТОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ ГРУЗОВ .....	81
<b>Емяшева Д.Д.</b> ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ КРЫТЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПОРТАХ .....	84
<b>Ильин В.В.</b> ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА КРЫТЫХ ЗАГЛУБЛЕННЫХ СКЛАДОВ И ОСНОВНОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ НА БАЛКЕРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ .....	86
<b>Клочков М.С.</b> УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕГРУЗОЧНЫМИ МАШИНАМИ С ГИБКОЙ ПОДВЕСКОЙ ГРУЗА КАК ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОДНОВРЕМЕННОГО ПЕРЕНОСА ГРУЗА И УСТРАНЕНИЯ ЕГО КОЛЕБАНИЙ .....	90
<b>Колодин С.О.</b> ОСОБЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНО-КАРЬЕРНЫХ ДРАГЛАЙНОВ .....	93

<b>Коршиков Д.А.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА РАБОЧИХ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА .....	98
<b>Котьяков Н.С.</b> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРКА МАШИН .....	103
<b>Кудашева Т.А.</b> ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ РАБОТЫ .....	108
<b>Кузнецов С.Д.</b> МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА ОТКРЫТОЙ ПЛОЩАДКЕ ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ....	110
<b>Кузьмин Н.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКОДУКОВ ПОД ДОРОЖНЫМ ПОЛОТНОМ .....	113
<b>Курныков А.Р.</b> ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ДОБЫЧИ САПРОПЕЛЯ ЧЕРЕЗ СКВАЖИНЫ .....	116
<b>Лобанова Д.Ю.</b> ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ПОСТУПЛЕНИЯ ГРУЗОВ В СИСТЕМЕ «ЖЕЛЕЗНОДОПРЖНАЯ СТАНЦИЯ – МОРСКОЙ ПОРТ».....	120
<b>Мандровский К.П.</b> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА .....	124
<b>Непомнящий З.С.</b> СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО ШУМОЗАЩИТНОГО ВАЛА .....	127
<b>Никулин В.М.</b> О ВЛИЯНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА РЫСКЛИВОСТЬ ПЛАВУЧИХ КРАНОВ .....	131
<b>Пимонов А.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДСМ С ОБЪЕМНЫМ И ОБЪЕМНО-ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ .....	133
<b>Рублевик Е.В.</b> ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМАХ ЭКСПОРТНО-ИМПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ С КРАХМАЛОМ И КРАХМАЛОПРОДУКТАМИ .....	138
<b>Рулев В.И.</b> ВЛИЯНИЕ КАЧКИ НА НАГРУЗКИ В КОНСТРУКЦИЯХ ПЛАВУЧЕГО КРАНА .....	141

<b>Салагубов А.И.</b> ПРЕДПРОДАЖНАЯ ПОДГОТОВКА. ЦЕЛЬ, СОСТАВ, МОТИВАЦИЯ ПРЕДПРОДАЖНОЙ ПОДГОТОВКИ .....	145
<b>Синюков Д.О.</b> СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АЭРОДРОМНЫХ МАШИН ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ .....	148
<b>Сырых Н.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЬНЫХ РОБОТОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	153
<b>Торговцев В.С.</b> ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ ВИБРОЗАЩИТЫ МАШИНИСТА КРАНА .....	159
<b>Тюрин Я.И.</b> О ВОПРОСАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА .....	162
<b>Ханугин Р.А.</b> ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ МТЗ .....	168
<b>Хоанг Лонг</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКРЕПЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ 4.0 .....	174
<b>Чоботарь М.</b> МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН .....	178
<b>Шилов А.А.</b> АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ .....	181
<b>Яковлева О.А.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ .....	184

**Секция «РЕМОНТ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДЪЕМНО-  
ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ,  
ПУТЕВЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ»**

<i>Алевтдинова Ю.В.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ .....	186
<i>Александрова О.А.</i> АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ В ПАО «СЕВЕРНЫЙ ПОРТ».....	190
<i>Герашенко А.О.</i> К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН .....	195
<i>Гревец Ю.И., Пастушков С.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК МЕХАНИЗМОВ МОСТОВОГО КРАНА .....	197
<i>Давыдченко И.Д.</i> АНАЛИЗ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ РУЧНЫХ МАШИН .....	201
<i>Дворянкин А.О.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН .....	204
<i>До С.Т.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ .....	207
<i>Егоров Д.С.</i> АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНЫХ ПРОУШИН .....	210
<i>Иванова Н.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ .....	213
<i>Кострыкин В.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОНАПОЛНЕННЫХ КЛЕЯЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	215
<i>Набоков А.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПАРАМЕТРА ГИДРОАГРЕГАТОВ .....	218
<i>Назаров А.Н., Опарин И.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ .....	220



<b>Никитин А.С.</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН .....	223
<b>Нужин А.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ .....	227
<b>Петрова М.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРАНОВ МОСТОВОГО ТИПА .....	233
<b>Попова Т.А.</b> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ .....	236
<b>Стоянцов Н.М.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МАТЛАВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПО ГРАФИЧЕСКОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ	238
<b>Тимофеева А.Г.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЕ – И МАШИНОСТРОЕНИИ .....	241
<b>Тюркина Ю.Н.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН .....	244
<b>Уткин Б.О.</b> АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ФОТОГРАФИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ МАТЛАВ .....	246
<b>Фадеев Ф.О.</b> ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ .....	249
<b>Фаттахов И.С.</b> ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МОСТОВЫХ КРАНОВ .....	252
<b>Шарифуллин И.А.</b> СТЕНД ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ РОЛИКОВ ГРАВИТАЦИОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ .....	253
<b>Шевченко А.А.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИННОВАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ .....	256
<b>Широков В.М., Щетилов К.С.</b> СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ .....	261

**Секция «ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ  
И МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»**

<i>Агарков А.М.</i> АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА .....	265
<i>Аскаров И.Р.</i> ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ХОЛОДНЫМ ЖЕЛЕЗНЕНИЕМ .....	270
<i>Балков В.В.</i> СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ СТРЕЛОВОГО ТИПА ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ РАБОТ .....	273
<i>Богатырев Н.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КВШ ЛИФТОВ ПО СИНЕРГЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ .....	275
<i>Бухтеев П.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ РУЧНОЙ ТРАМБОВКИ).....	278
<i>Головкин А.А.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУГУННЫХ ДИСКОВ ПРИ ТРЕНИИ ПО РЕТИНАКСУ БЕЗ СМАЗКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ .....	282
<i>Гончаров И.</i> ЭСКАЛАТОРЫ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ...	287
<i>Горелова М.В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ .....	291
<i>Горохов С.С.</i> ТЁПЛАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ. МЕХАНИЧЕСКОЕ ВСПЕНИВАНИЕ БИТУМА .....	293
<i>Горяйнова П.О.</i> УНИФИЦИРОВАННЫЕ МОДУЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИВОДА ДЛЯ БЕТНОСМЕСИТЕЛЕЙ .....	296
<i>Григорьев П.А.</i> КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	300
<i>Жердева Ю.А., Захарова А.Э.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ МОЛОТКОВ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ ПРИ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОМ АБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ .....	304
<i>Зажигин Р.С.</i> ГРУЗОЗАХВАТНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ .....	308

<b>Захидли Г.Г.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ПАКЕТОФОРМИРУЮЩЕЙ ТЕХНИКИ .....	312
<b>Измайлов А.С.</b> ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА НА АБЗ, КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	314
<b>Ильин В.С.</b> МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО КРАНА .....	318
<b>Исмоилова Г.Х.</b> БИОМЕХАНИКА ИМИТИРУЕТ ПРИРОДУ .....	322
<b>Коваленко А.А.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРМАТУРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	324
<b>Кокнаев Д.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАЛЬНЫХ ДИСКОВ ПРИ ТРЕНИИ ПО ТЕКСТОЛИТУ ФРИКЦИОННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ .....	328
<b>Колесник Д.А., Курганский А.Е.</b> ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕПЛЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ .....	333
<b>Кондратова А.В.</b> ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОСТОВЫМ КРАНОМ .....	338
<b>Кондратова А.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-ПРИЛОЖЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ МОСТОВЫМ КРАНОМ .....	340
<b>Крылов В.В., Лебедева А.О.</b> МОБИЛЬНЫЙ САМОМОНТИРУЮЩИЙСЯ ПУТЕУКЛАДЧИК .....	342
<b>Кузнецов Ф.А.</b> АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ .....	345
<b>Кузьмин А.В., Серов И.Н.</b> ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПИТАТЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ТВЁРДОГО ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОГО МАТЕРИАЛА .....	349
<b>Лавлинская Н.С.</b> ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ГАСИТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ (АНАЛИЗ).....	351
<b>Лагунова О.С.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН .....	355
<b>Лысенко Т.И., Русинкевич В.А., Мясников П.М.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА С ПРИБЛИЖЕННЫМИ ДИСКАМИ .....	357

<b>Марвин Г.Д., Парусов А.А.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРАЖНЫХ ШАРНИРОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ .....	360
<b>Митяев А.С.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПА «ЛЕТАЮЩЕГО КРАНА» ПОСРЕДСТВОМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ .....	365
<b>Михайловская В.А.</b> УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА .....	369
<b>Нетукова В.С.</b> ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КРАНОВ .....	371
<b>Новиков А.В.</b> АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДОБЫЧИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С БОЛЬШИХ ГЛУБИН ОКЕАНА .....	374
<b>Обидов Н.Г.</b> ФРЕЗЕРНЫЕ ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЖАРКОМ КЛИМАТЕ УЗБЕКИСТАНА .....	377
<b>Орехов М.В.</b> ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОГО ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГРУЗА НА НАГРУЖЕННОСТЬ КОНСТРУКЦИИ БЕТОНОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ .....	379
<b>Петров И.Д., Щеголятов Е.А.</b> ОБЗОР ПРИВОДОВ МЕХАНИЗМОВ КРАНОВ И ЭКСКАВАТОРОВ .....	383
<b>Писанов Н.А.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ В САЕ-СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ АРМ WINMACHINE .....	387
<b>Разумов Е.Б., Акулов Д.А., Чагин А.И.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ БАРАБАНОГО ГРОХОТА .....	391
<b>Садовникова Я.С.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОКРЫТИЙ ЖИДКИМ РЕАГЕНТОМ .....	394
<b>Силуянов Н.А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ПРУЖИННО-ТРОСОВЫХ ДЕМПФИРУЮЩИХ СИСТЕМ В ЗАГРУЗОЧНЫХ УЗЛАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ .....	398
<b>Слётов С.Ю.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ТЯГОВЫЙ КАНАТ – КВШ ЛИФТОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ .....	399

<b>Смордов С.П., Корнеев Е.А., Федоров М.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАЛКОВОГО ГРОХОТА .....</b>	<b>404</b>
<b>Таджиходжаева М.Р. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ .....</b>	<b>408</b>
<b>Таджиходжаева М.Р. ЭКСКАВАТОР С АДАПТИРУЮЩИМИСЯ ЗУБЬЯМИ КОВША ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАМЕНИСТЫХ ГРУНТОВ ...</b>	<b>412</b>
<b>Тоштемирова Д.А. ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМ РАСЧЁТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЛИВНЕВЫХ ВОД .....</b>	<b>417</b>
<b>Туркин А.Г. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ В ПАО «СЕВЕРНЫЙ ПОРТ».....</b>	<b>421</b>
<b>Федяшов А.В. ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНОВООРУЖЕННОСТИ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАЛЫХ СУДОВ ЯХТЕННЫХ ПОРТОВ .....</b>	<b>425</b>
<b>Филимонов К.Е. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ СО СМАЗКОЙ И БЕЗ СМАЗКИ .....</b>	<b>428</b>
<b>Фомин А.А. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ МАЛЫХ СУДОВ НА АКВАТОРИИ .....</b>	<b>434</b>
<b>Хомутинников О.А. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ И МЕХАНИЗМА ПРИВОДА АВТОМАТИЧЕСКИХ ДВЕРЕЙ ЛИФТА ....</b>	<b>436</b>
<b>Христофоров П.А., Тупов В.Е., Степанов А.О. ИНТРАЛОГИСТИЧЕ- СКОЕ БЕСПИЛОТНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО .....</b>	<b>442</b>
<b>Хужсаназаров Б.Ф. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОТВАЛЬНОГО ТИПА .....</b>	<b>445</b>
<b>Чернавских А.Д. НАНОСТАЛИ В КОНСТРУКЦИЯХ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК .....</b>	<b>447</b>
<b>Шалимов Р.А. МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА ДВЕРЕЙ ПЛАТФОРМЫ ПОДЪЕМНОЙ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ДРУГИХ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>450</b>
<b>Шилов Д.А., Овакимьян М.П. МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА СО СМЕННЫМ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ .....</b>	<b>453</b>

**Шишков П.Е.** ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ  
УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ И ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ШАРНИРОВ РАБОЧЕГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОЭКСКАВАТОРА ..... 457

**Штукин Д.Е.** ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТИПА ЛИФТА  
В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ..... 463

**Якушева Е.М.** РАЗРАБОТКА ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ  
ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА ..... 467

**Секция «КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ,  
ПУТЕВЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

**Агапов Д.А.** РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ 3-D МОДЕЛИ  
ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА ..... 470

**Басков Д., Сенькина П.** КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ  
ГЛУБИНЫХ ВИБРАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ  
3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ ..... 473

**Белкина Е.Р.** ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ  
ПРОЦЕССОВ В УДАРНЫХ ГАЙКОВЕРТАХ ..... 476

**Белкина Е.Р., Навасардян А.Г.** ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОЛОТКАХ ..... 479

**Борисов И.К., Григорьев П.А.** ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛО-  
КОНСТРУКЦИИ ГЛАВНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА ..... 483

**Гавриленко А.В.** МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ  
В БАЛКЕ С КОНСОЛЬЮ В СИСТЕМЕ MATHCAD ..... 487

**Гембара Н.О.** МЕТОДИКА РАСЧЕТА МНОГОСЕКЦИОННОЙ  
МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА И ВЫВОЗА МУСОРА ..... 491

**Горохов П.А.** АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКЦИЙ В ОПОРАХ  
ПРИ МОНТАЖЕ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВ ПОРТАЛЬНОЙ  
ГРУЗОПОДЪЁМНОЙ СИСТЕМОЙ ..... 494

**Гуков М.Г.** ЛОВИТЕЛЬ ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ ..... 497

**Денисов И.А.** АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ  
ОТРАБОТАННЫХ ШИН ..... 501

<b>Жуйков Г.А., Саерасов А.С.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ СТРЕЛЫ НА ВОСПРИЯТИЕ НАГРУЗОК .....	505
<b>Журавлев И.Д., Ким К.В.</b> РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА .....	509
<b>Кострюк А.Е.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ С ПОКРЫТИЕМ КУЗОВА САМОСВАЛА .....	511
<b>Леонтьев А.М.</b> МАШИНА-АВТОМАТ ДЛЯ МОНТАЖА/ДЕМОНТАЖА МОНОРЕГУЛЯТОРА АРС .....	514
<b>Луис Гильермо Дипотет Моллинедо</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ АВТОСАМОСВАЛА В СИСТЕМЕ МАТНСАД .....	516
<b>Луткин А.Р.</b> ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КРАНА .....	520
<b>Межуев Д.С.</b> АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОСТАВНОГО ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА .....	525
<b>Межуев Д.С.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА РОТОРНОГО ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА .....	529
<b>Межуев Д.С.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОВША ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА .....	533
<b>Межуев Д.С.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА .....	537
<b>Михальчик Н.Л.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРАНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА-ОГРАНИЧИТЕЛЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ .	543
<b>Никулина М.Р.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫРЕЗАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БАРОВОЙ СЕКЦИИ ПУТЕВОГО КОМПЛЕКСА ЩОМ-РБ .....	546
<b>Посякин М.А., Сердобов В.Б.</b> РЫХЛИТЕЛИ СТАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ – КЛАССИФИКАЦИЯ И ФОРМЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ .....	549
<b>Романченко Р.С.</b> РАЗВИТИЕ РОБОТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ В МЕДИЦИНСКОЙ СФЕРЕ .....	557
<b>Роцин В.А.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕДЕЛЬНОГО ГРУЗА ПОДЪЕМНИКОВ .....	560

<i>Саврасов А.С., Жуйков Г.А.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАМЫ МИНИ-КРАНА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	562
<i>Сальников С.А.</i> ПОРТАЛЬНАЯ ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА .....	565
<i>Серов И.Н., Кузьмин А.В.</i> ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ КЛЮКВЫ .....	568
<i>Суворов А.В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА НА БАЗЕ SCHINDLER 5500.....	571
<i>Хрипта Н.В.</i> УНИФИКАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА .....	574
<i>Чанурина Н.А., Родионов И.Д.</i> РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ 3-D МОДЕЛИ ГЛАВНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА .....	578
<i>Чивкин М.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОКОЛЕСНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 40Т .....	581
<i>Шихов Н.С.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ .....	584
<i>Шошин А.С.</i> БЕЗРЕДУКТОРНЫЙ ПРИВОД ВРАЩЕНИЯ БУРОВОГО СТАВА МАШИН ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	587
<i>Юдаков А.А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА С УЧЕТОМ ОБЗОРНОСТИ ВОДИТЕЛЯ .....	589
<i>Юров Н.В.</i> КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПЛАСТМАССОВЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ .....	592



## СПЕЦИАЛИСТЫ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ – ЛАУРЕАТЫ СТАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ

*Ивашков Н.И., к.т.н., Сафонова Е.Н., аспирант*

*Научный руководитель – Вершинский А.В., проф., д.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта –  
филиал Государственного университета морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова  
(Российская Федерация)*

С 1940 по 1954 год формой поощрения за выдающиеся достижения в области науки и техники была Сталинская премия (рис. 1). Первоначально премии присуждались Советом народных комиссаров (СНК) СССР, позднее – Советом Министров (СМ) СССР, по представлению созданного при них специального комитета по Сталинским премиям в области науки, военных знаний и изобретательства [1]. Премии, присуждавшиеся ежегодно, свидетельствовали о значительном вкладе лауреатов в достижение высокого научного, инженерного или организационно-технического результата. Сталинская премия была средством материальной поддержки талантливых создателей новой техники и стимулом к их дальнейшему творчеству.



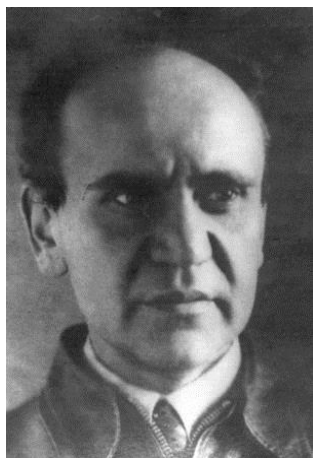
**Рис. 1.** Знак лауреата Сталинской премии, учрежден 8 сентября 1943 г.

Среди лауреатов Сталинской премии в области машиностроения довольно много ученых и специалистов, работавших в сфере создания подъемно-транспортных машин и оборудования. Отмеченные премией работы были направлены на обеспечение потребности в подъемно-транспортных средствах на наиболее важных направлениях того времени – в машиностроении, металлургии и др. Значительная их часть относится к созданию грузоподъемной и транспортирующей техники для строительных и добывающих

отраслей.

В военный период 1941-1945 годов премией отмечались, в основном, работы, связанные с задачами защиты страны. Однако уже в 1946 году за разработку проекта и коренное усовершенствование методов строительных работ, обеспечивших скоростное строительство авиационных заводов, Постановлением СНК СССР «О присуждении Сталинских премий: за а) выдающиеся изобретения и б) коренные усовершенствования методов производственной работы за 1943-1944 годы» (опубликовано в газете «Правда» 27 января 1946 года) премии был удостоен выдающийся инженер, организатор производства, ученый и педагог **Иосиф Исаакович Абрамович** [2-4]

(рис. 2). Сталинской премией третьей степени был отмечен его исключительный вклад в создание комплекса авиационных заводов в г. Куйбышеве. С 1940 года Иос.И. Абрамовичу как заместителю главного инженера по монтажу, а впоследствии главному инженеру строительства, выпало решать множество разнообразных организационных и инженерно-технических задач, включая сложные проблемы технологии монтажных работ уникальной стройки, на которой работали до 150 тысяч человек [5, 6]. В послевоенные годы Иос.И. Абрамович преподавал в Московском



**Рис. 2.** Профессор Иос. И. Абрамович

высшем техническом училище (МВТУ, теперь – МГТУ) им. Н.Э. Баумана и Московском институте химического машиностроения (МИХМ). В МИХМ с 1945 по 1954 год заведовал кафедрой «Детали машин и подъемно-транспортные машины. Он – один из авторов фундаментального труда по грузоподъемным машинам [7].

Постановлением СНК СССР о Сталинских премиях за 1945 год, опубликованном газетой «Правда» 27 июня 1946 года, премией третьей степени был отмечен коллектив инженеров Главного управления военно-восстановительных работ Народного комиссариата путей сообщения СССР и завода №50

во главе с **Николаем Николаевичем Тихоновым** [8]. Присуждением премии отмечено создание специальных подъемных кранов, обеспечивших коренное усовершенствование методов установки пролётных строений железнодорожных мостов. В середине 50-х годов Н.Н. Тихонов был главным инженером проекта первого двухпутного моста через реку Янцзы в КНР. В последующие годы принимал участие в электрификации Транссибирской железнодорожной магистрали, сооружении Московской кольцевой автомобильной дороги, железнодорожной линии Абакан – Тайшет и Волго-Балтийского водного пути. Он – участник создания транспортной развязки на площади Савеловского вокзала в Москве, метромоста через реку Москву в Лужниках и моста в районе Фили – Шелепиха, а также мостов через реки Дон в Ростове-на-Дону, Волгу в Саратове, Волгу и Оку в Горьком (теперь – Нижний Новгород) и др.

Согласно публикации газеты «Правда» от 14 марта 1952 года Сталинская премия второй степени за 1951 год была присуждена за создание электрифицированного двухконсольного крана грузоподъемностью 120 тонн для установки тяжелых пролетных строений железнодорожных и шоссейных мостов. Разработанный в проектно-конструкторском бюро Мостотреста под руководством инженера **Василия Сергеевича Толстого** [9] самый мощный в то время в СССР кран ГЭК-120 двустороннего действия позволил увеличить скорость установки пролетных строений в 5-6 раз.

В Постановлении СНК СССР, опубликованном газетой «Известия» 7 июня 1947 года, были названы лауреаты Сталинской премии за выдающиеся изобретения и коренные усовершенствования методов производственной работы за 1946 год.

Премия второй степени была присуждена за создание подъёмных машин для глубоких шахт. В числе лауреатов названы инженеры Новокраматорского машиностроительного завода (НКМЗ) **Николай Николаевич Киселёв** (рис. 3) и **Василий Николаевич Яковлев**.



**Рис. 3.** Доктор технических наук Н.Н. Киселев

Н.Н. Киселёв работал инженером в конструкторском отделе, был главным конструктором горного оборудования, с 1954 по 1959 год – главный инженер НКМЗ [10]. В 1959 году был переведен в Государственный комитет по автоматизации и машиностроению при Совете Министров СССР, затем в Министерство тяжелого и транспортного машиностроения (Минтяжмаш) СССР. С 1965 по 1974 год – научный сотрудник ВНИИМЕТМАШ, по совокупности трудов защитил докторскую диссертацию на тему «Создание тяжелого прессового оборудования для спецметаллургии, экскаваторов и шахтных подъемных машин для горнорудной промышленности». До ухода на пенсию в 1984 году возглавлял в Московском инженерно-строительном институте (МИСИ, в настоящее время – МГСУ) лабораторию тяжелых экскаваторов Минтяжмаш.

В.Н. Яковлев [11] прошел школу инженерной работы в конструкторском бюро НКМЗ, был начальником монтажного управления и главным инженером этого завода, в 1941 году исполнял обязанности его директора. В 1948-1949 годах – директор НКМЗ. В 1972 году защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Автор трудов по монтажу и ремонту заводского оборудования [12-14].



**Рис. 4.** Член-корреспондент АН СССР А.О. Спиваковский (в настоящее время – МГИ НИТУ МИСиС) **Александр Онисимович Спиваковский** [3, 5].

Премией третьей степени за 1946 год были отмечены работы, связанные с совершенствованием технологий добычи угля на шахтах Донбасса. Результатом первой из них, выполненной коллективом специалистов Гипроуглемаш и НКМЗ, стало улучшение конструкций электроподъемных машин для глубоких шахт. Второй – коренное усовершенствование скреповых транспортёров для транспортировки угля в длинных лавах, а также способа транспортирования, обеспечившего значительное повышение добычи угля. Разработчиками новых средств и технологий транспортирования угля были инженеры Гипроуглемаш и профессор Московского горного института (в настоящее время – МГИ НИТУ МИСиС) **Александр Онисимович Спиваковский** [3, 5].

Постановлением СМ СССР, напечатанным в газете «Правда» 9 апреля 1949 года, были определены лауреаты Сталинской премии за 1948 год.

За разработку конструкции и освоение производства кранов большой грузоподъемности для металлургической промышленности и других отраслей премия третьей степени была присуждена инженерному коллективу Уралмашзавода.

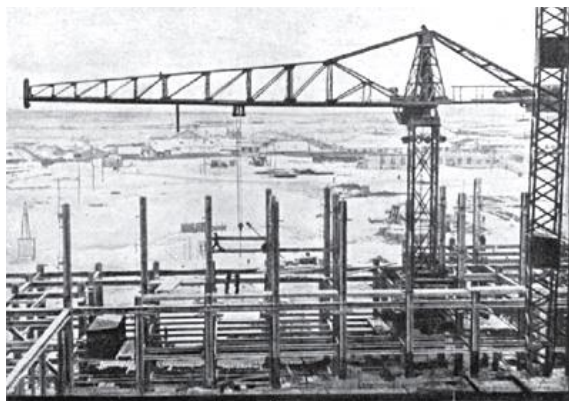


Рис. 5. Краны УБК-5-49 на монтаже каркаса здания МГУ на Ленинских горах

Такую же премию получили разработчики новых типов механизмов для монтажа металлических конструкций из треста «Стальконструкция» во главе с **Павлом Павловичем Велиховым** [15], отцом академика Е.П. Велихова. Инженерным коллективом треста были созданы и успешно применены при строительстве высотных зданий в Москве самоподъемные башенные краны серии УБК (рис. 5) грузоподъемностью от 3 до 15 тонн [16].



Рис. 6. Кандидат технических наук Н.А. Кривошеин

В 1950 году лауреатом премии второй степени за 1949 год в коллективе разработчиков усовершенствованного технологического процесса и оборудования для высокопроизводительного цементного завода с мощными вращающимися печами (газета «Правда» от 4 марта 1950 года) стал **Николай Афанасьевич Кривошеин** [3, 17] (рис. 6). В 1954 году он был назначен начальником и главным конструктором Центрального конструкторского бюро тяжёлого машиностроения (ЦКБ ТМ) [18], которое возглавлял с

небольшим перерывом до 1976 года. Под началом Н.А. Кривошеина ЦКБ ТМ стало головным предприятием по созданию большой номенклатуры оборудования для боевых и космических ракетных стартовых комплексов: установщиков ракет, заправочно-мачтовых устройств, дренажных систем, специализированных подъёмных средств, кранов и подъёмников различного

назначения [18, 19]. За участие в подготовке и успешном осуществлении первого в мире полёта человека в космос Н.А. Кривошеину было присвоено звание Героя Социалистического Труда. В 1975 году за работы в области ракетно-космической техники ему присуждена Ленинская премия. В 1997 году Федерация космонавтики России учредила в его честь нагрудный знак.

Премии третьей степени были удостоены творческие коллективы ряда заводов угольного машиностроения и проектно-конструкторских организаций угольной отрасли. Премией было отмечено создание и внедрение погрузочной машины, предназначенной для использования при проходке вертикальных шахтных стволов. Премии получили разработчики вагонеток для механизации спуска и подъема горнорабочих по шахтным наклонным выработкам, а также создатели и организаторы внедрения парашютов для улавливания клетей в вертикальных шахтных стволах.

Таковую же премию получили разработчики конструкции и организаторы производства нового автопогрузчика.

Премии третьей степени за выдающиеся изобретения и коренные усовершенствования методов производственной работы за 1950 год были присуждены Постановлением СМ СССР, напечатанным в газете «Правда» 16 марта 1951 года. В числе лауреатов был коллектив разработчиков и организаторов освоения серийного производства в отрасли черной металлургии железнодорожных кранов грузоподъемностью 25 тонн.

Премии были удостоены специалисты ЦКБ автопогрузчиков – разработчики конструкции 5-тонных автопогрузчиков и организаторы производства этих машин.



**Рис. 7.** Инженер  
А.Г. Берлинблау

За создание и внедрение нового оборудования в области механизации самолётостроения была отмечена группа специалистов авиационной промышленности. Премии был удостоен организатор разработки, освоения производства и широкого использования в цехах авиационных заводов многопролетных подвесных кранов инженер Александр Генрихович Берлинблау [3, 6, 17] (рис. 7).

В Постановлении СМ СССР, опубликованном газетой «Правда» 14 марта 1952 года, были названы лауреаты Сталинской премии в области машиностроения третьей степени за 1951 год.

За разработку конструкций и внедрение в производство серии крановых и металлургических электродвигателей переменного тока лауреатами стали специалисты завода «Динамо» им. С.М. Кирова.

Большой коллектив работников заводов, конструкторских и монтажных организаций получил премию за создание полноповоротных кранов для строительного-монтажных работ.

Успешное выполнение в годы Великой Отечественной войны задания Государственного комитета обороны СССР по созданию оборудования паромной переправы через Амур было отмечено присуждением разработчикам Сталинской премии третьей степени. Конструкторский коллектив ВНИИПТМАШ в составе Петра Евгеньевича Богуславского [20], Павла Ивановича Бурмистрова [3, 17, 20], Владимира Фомича Гладкого [20] и Сергея Ивановича Крапоткина [17, 20] был удостоен премии за создание уникального вагоноподъемника [21, 22] (рис. 8) для погрузки на паром и последующей выгрузки с него железнодорожных вагонов. Каждый из построенных паромов был оснащен двумя установленными в носовой части судна лифтовыми вагоноподъемниками. Подъемники осуществляли подъем вагонов весом до 90 тонн на высоту до 5 метров. Переправа в Комсомольске-на-Амуре функционировала 30 лет до открытия в сентябре 1975 года моста через Амур. За время ее эксплуатации не было зафиксировано ни одного серьезного отказа оборудования вагоноподъемников [22], что подтвердило их высокую работоспособность и надежность, а также свидетельствует о высоком качестве выполненного проекта и совершенстве принятых технических решений.



**Рис. 8.** Вагоноподъемники паромной переправы

В области разведки и добычи полезных ископаемых лауреатами премии третьей степени за 1951 год были названы сотрудники научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов угольной отрасли, харьковского завода «Свет шахтера» и шахт за создание и внедрение конвейеров для механизации доставки угля из очистных забоев на тонких угольных пластах.

Выполненный краткий и, по-видимому, неполный обзор работ по подъемно-транспортной технике, отмеченных Сталинской премией, позволяет сделать следующие выводы.

1. Создание средств механизации подъемно-транспортных работ относилось в рассматриваемый период к приоритетным задачам развития хозяйственной деятельности страны.

2. Отмеченные премией работы имели большое практическое значение для решения важнейших задач того периода в деле совершенствования технологий и средств механизации производственных процессов.

3. Многие из отмеченных премией разработок подъемно-транспортных средств открывали новые направления развития конструкций машин и оборудования.

4. Премия явилась действенным стимулом к дальнейшей творческой работе лауреатов, многие из которых стали видными деятелями машиностроения, в полной мере проявив свой талант в деле развития отечественной науки и техники.

#### Библиографический список

1. Сталинская премия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
2. Профессор И.И. Абрамович // Подъемно-транспортное дело. – 2005. – №1. – С. 31-32.
3. Подъемно-транспортная техника: словарь справочник: в 2 т. Т. 2 / Л.Н. Горбунова, Н.И. Ивашков, А.А. Короткий и др.; ред.: К.Д. Никитин, Л.Н. Горбунова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 598 с.
4. Ивашков Н.И. У истоков научной и инженерной школы по подъемно-транспортным машинам бауманского университета // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – №3-4. – С. 37-40.
5. Ивашков Н.И. Видные инженеры, конструкторы и ученые – основоположники отечественного подъемно-транспортного машиностроения // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – №1-2. – С. 26-31.
6. Берлинблау А.Г. Век жизни. – М.: б.и., 2011. – 164 с.
7. Кифер Л.Г., Абрамович И.И. Грузоподъемные машины: Учебное пособие для машиностроительных вузов: Ч. 1. – М.: Машгиз, 1957. – 486 с.
8. Тихонов Николай Николаевич (1905-1973). – URL: [http://cmzt.narod.ru/news/tikhonov\\_nikolaj\\_nikolaevich\\_1905\\_1973/2015-05-24-52](http://cmzt.narod.ru/news/tikhonov_nikolaj_nikolaevich_1905_1973/2015-05-24-52).
9. Толстой Василий Сергеевич. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Толстой\\_Василий\\_Сергеевич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Толстой_Василий_Сергеевич).
10. В июле 1941 года, в обход имеющейся брони, Киселёв Николай Николаевич призвался в ряды Советской Армии. – URL: <http://paradmsk.ru/v-iyule-1941-goda-v-obход-imeyushhejsya-brone-kiselyov-nikolaj-nikolaevich-prizvalsya-v-ryady-sovetskoj-armii/>
11. Яковлев Василий Николаевич. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Яковлев\\_Василий\\_Николаевич\\_\(инженер\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Яковлев_Василий_Николаевич_(инженер)).
12. Справочник по монтажу заводского оборудования / гл. ред. В. Н. Яковлев. – М.: Машгиз, 1959. – 828 с.

13. Ремонт оборудования машиностроительных заводов: справочное пособие / В.Н. Яковлев. – М.: Машгиз, 1962. – 292 с.
14. Справочник слесаря-монтажника: справочное издание / В. Н. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1975. – 478 с.
15. Велихов Павел Павлович. – URL: <http://vladimirnow.ru/p/?id=18487>.
16. Уникальные проекты страны Советов. – URL: [http://vystavki-samara.rgand.ru/unikalnye\\_proekty/bashennye\\_kranu](http://vystavki-samara.rgand.ru/unikalnye_proekty/bashennye_kranu).
17. Научные школы Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. История развития / Под ред. И.Б. Федорова, К.С. Колесникова. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 464 с.
18. Полянский В.И., Тищенко В.Г. Создание и развитие подъемно-транспортной техники для боевых и космических ракетных стартовых комплексов. 70 лет *Корпорации «Стратегические пункты управления – Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения»* // Подъемно-транспортное дело. – 2017. – №4-5. – С. 8-13.
19. Николай Афанасьевич Кривошеин // 1908. – 20 мая. – URL: <https://www.liveinternet.ru/users/kakula/post276910386/>.
20. Зерцалов А.И., Ивашков Н.И., Лалаянц Р.А. К 70-летию ВНИИ-ПТМАШ // Подъемно-транспортное дело. – 1999. – №3. – С. 2-37.
21. Альбом фотографий "Вагоноподъемник паромной переправы через р. Амур жел. дор. Комсомольск-Советская гавань" / Российский государственный архив экономики. – Ф. 8243. – Оп. 13.
22. Зуев В.Ф. Эшелон до станции «Победа». – Хабаровск: Частная коллекция, 2005. – 192 с.



**Секция**  
**«ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**  
**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ,**  
**ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ МАШИН**  
**И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**  
**КОНВЕЙЕРНОЙ СИСТЕМЫ**

*Алфёров В.В., студент*

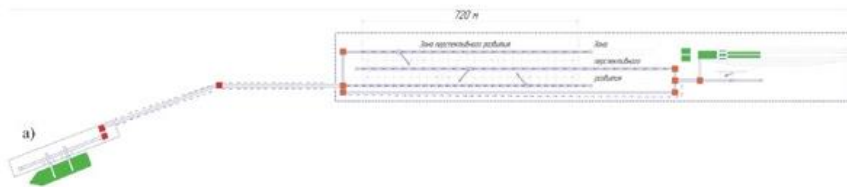
*Научный руководитель – Фомин Е.И., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал*  
*ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)*  
*(Российская Федерация)*

В статье [1] мною было расписано современное состояние перевозок навалочных грузов, в том числе была рассмотрена конвейерная система в порте Усть-Луга.

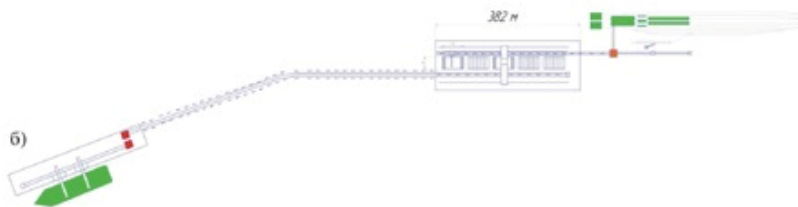
В статье [2] также рассматривалось современное состояние угольных терминалов в мире в целом (передовой опыт - порт Роттердам) и в России (Восточный порт)

Все морские порты навалочных грузов РФ проектируются по схемам механизации, соответствующим РД 31.3.05-97 «Нормы технологического проектирования морских портов» [3] схема морских портов навалочных грузов представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема морских портов навалочных грузов [7]

На рис.1. представлена имеющаяся технология проектирования балочного терминала, а на рис.2. представлено решение с использованием крытого заглубленного склада для навалочных грузов в морском порту. Как видно из схемы значительно уменьшается площадь складов, но при этом не уменьшается объем хранимого груза на складе. Как уже говорилось, одной из основных задач по конвейерным системам является уход от пересыпных станций с целью сокращения расходов.



**Рис. 2.** Схема предложенного решения морских портов навалочных грузов [7]

Бункеры представляют собой сосуды большого объема с загрузочными и разгрузочными отверстиями, перекрываемыми задвижками. Бункеры предназначены для приема, временного накапливания, хранения и подачи на транспортные средства насыпных грузов для их дальнейшей переработки.

Продвижение груза по бункеру и истечение его через отверстия происходят под действием силы тяжести.

Бункеры подразделяются на 3 типа:

Аккумулирующие бункеры служат для хранения насыпных грузов;

Уравнивательные бункеры являются промежуточными емкостями для насыпных грузов;

Технологические бункеры необходимы для временного хранения промежуточных продуктов переработки.

Бункеры применяются в том случае, если участвующие в едином производственном процессе транспортные и технологические машины работают в разных режимах по времени: периодически и непрерывно.

Угол наклона стенок бункера должны быть на 10-15 градусов больше угла естественного откоса груза для того, чтобы у стенок воронки не образовывалась пассивная зона, в пределах которой груз в начале разгрузки остается неподвижным, затем располагается по углу естественного откоса, а затем скользит вдоль стенок бункера.[4]

Для того чтобы рассчитать пропускную способность бункера обратимся к [6]

Пропускная способность (т/ч) бункера зависит от скорости истечения сыпучих материалов. Для бункеров непрерывного действия:

$$Q_M = 3600 * v * \rho * \omega',$$

где  $v$  – скорость истечения сыпучего груза из отверстия бункера, м/с;

$\rho$  – насыпная плотность груза, т/м<sup>3</sup>;

$\omega'$  – площадь отверстия истечения с учетом кусковатости груза, м<sup>2</sup>

Определение гидравлического радиуса

$$R_t = \frac{D - a''}{4},$$

где  $D$  – диаметр выпускного отверстия бункера, мм;

$a''$  – размеры максимальных кусков, мм.

Определение критического радиуса

$$R_{кр} = \frac{a'}{2}$$

Скорость истечения груза из бункера:

$$\text{при } R_c > R_{кр} \quad v = \lambda_u \sqrt{3,2gR_{кр}}$$

$$\text{при } R_c < R_{кр} \quad v = \lambda_u \sqrt{4,2gR_{кр}}$$

где  $\lambda_u$  – коэффициент истечения,  $\lambda_u = 0,2-0,65$ .

Площадь отверстия истечения:

$$\omega' = \frac{\pi(D - a')^2}{4}$$

Согласно [5] для того чтобы рассчитать технические характеристики конвейерной системы необходимо иметь следующие исходные данные:

номенклатура грузов;

потребная производительность или годовой грузооборот (объем перевозок);

характеристика транспортируемого груза;

генеральный план с нанесенными на нем инженерными сооружениями с указанием высотных отметок;

климатический район зоны строительства;

режим работы производств предприятия, технологически связанных с проектируемым конвейерным транспортом, а также рекомендуемый режим работы конвейерного транспорта;

коэффициент неравномерности загрузки конвейерной линии;

производственные условия работы;

источники энергоснабжения и их параметры.

#### Библиографический список

1. Алфёров В.В. Обоснование технического задания на конвейерную систему и приемный бункер заглубленного крытого склада терминала навалочных грузов морского порта // Интерстроймех 2018. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции, 8-12 октября 2018г, МГСУ

2. Алфёров В.В. Обзор опыта эксплуатации терминалов навалочных грузов морских портов // XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы", 25 апреля 2018г, МАДИ.

3. РД 31.3.05-97 «Нормы технологического проектирования морских портов»

4. Сайт «Детали машин» [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.detalmach.ru/>, свободный
5. Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейер (к СНиП 2.05.07-85)
6. Сайт «Энциклопедия по машиностроению» [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.mash-xxl.info/>, свободный
7. Сайт «Русинформуголь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosugol.ru/>, свободный

## ПРЕИМУЩЕСТВА АРЕНДЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

*Аляутдинова Д.А., студент*

*Научный руководитель – Тагиева Н.К., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Сложно представить современную строительную отрасль без использования специализированной техники, которая значительно ускоряет выполнение поставленных задач и увеличивает эффективность работ в целом. В настоящее время аренда спецтехники доступна и пользуется спросом не только у строительных компаний, но и у частных лиц.

Одним из наиболее востребованных видов спецтехники является фронтальный погрузчик. Его востребованность обусловлена высокой производительностью и универсальностью.

Разновидность работ, выполняемых с помощью подъемно-транспортных машин, позволяет использовать спецтехнику во многих отраслях:

- погрузка и выгрузка песка, щебня, глины и других сыпучих материалов для строительства;
- сельское хозяйство;
- перемещение грузов в складских помещениях;
- ландшафтные мероприятия;
- дорожные работы.

Основным рабочим органом погрузчика является ковш, который крепится на конце специальной подъемной стрелы. Фронтальные погрузчики имеют гусеничные или колесные движители. А шарнирно-сочлененная рама позволяет добиваться высокой производительности. Универсальность фронтального погрузчика обусловлена наличием навесного, сменного и прицепного оборудования.

В зависимости от сферы применения погрузчик может иметь различные комплектующие, такие как: отвал для снега – для снегоуборочных работ; паллетные вилы – для осуществления погрузочно-разгрузочных работ в складских помещениях; навесные уборочно-подметательные щетки – для

очистки автомобильных дорог; специальные угольные, скальные и иные виды ковшей – при работе с полезными ископаемыми; кусторезы – при работе с ландшафтным дизайном и многие другие.

Далеко не каждая компания имеет возможность приобрести в собственность всю необходимую для работы спецтехнику, особенно если работа, выполняемая с помощью данного вида техники, носит непостоянный характер. В таком случае, покупка недешевого погрузчика и появление затрат на его содержание обременит бюджет предприятия. Это негативно скажется на конкурентоспособности компании, так как одним из решающих факторов для заказчика всегда является цена.

В то же время ряд строительных и земельных работ требует обязательного использования погрузчика. С его помощью значительно упрощается, а также сокращается срок проведения работ, особенно если речь идет о загрузках и разгрузках, например, в карьерах.

Функционал фронтального погрузчика зависит от его технических характеристик. Например, для разработки карьера может быть выбран 12-тонный погрузчик английской марки JSB, изображенный на рис. 1, в то время как для облагораживания дачного участка частному лицу будет достаточно заказать 2-тонный малогабаритный мини-погрузчик американской марки Bobcat, который представлен на рис.2.



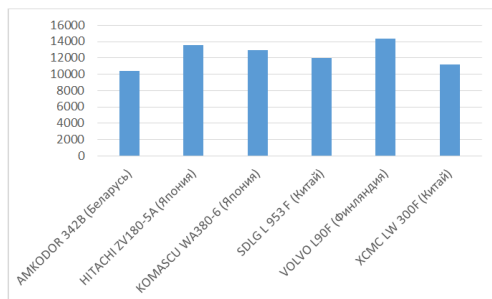
**Рис. 1.** Фронтальный колесный погрузчик JSB 426



**Рис. 2.** Мини-погрузчик Bobcat S174/H

В настоящее время на рынке фронтальных погрузчиков представлены различные марки и наиболее востребованы подъемно-транспортные машины, грузоподъемностью 3-4 тонны, среди которых АМКОDОР 342В (Беларусь), HИTACHI ZV180-5A (Япония), КОMАСCU WА380-6 (Япония), SDLG L 953 F (Китай), VOLVO L90F (Финляндия), ХСМС LW 300F (Китай). В Таблице 1 отражена стоимость аренды данных погрузчиков, которая варьируется от 10400 руб. до 14400 руб., средняя стоимость аренды смены погрузчика составляет 10567 руб. 14 коп.

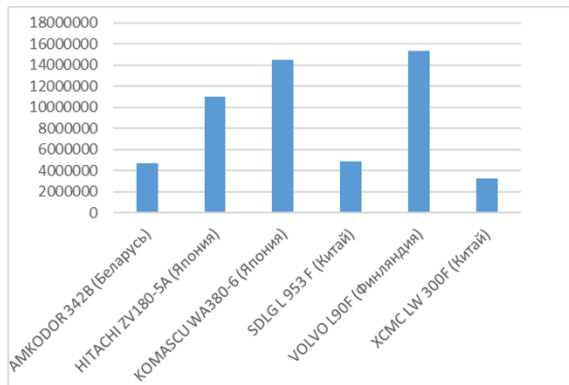
### Средняя стоимость аренды смены фронтального погрузчика в России



Далее в Таблице 2 приведены данные о стоимости новых фронтальных погрузчиков массой до 4 тонн, цена которых колеблется от 3250000 руб. до 15361000 руб. в зависимости от марки.

Таблица 2

### Средняя стоимость нового фронтального погрузчика в России



В Таблице 3, представленной ниже, произведен расчет эффективности аренды фронтального погрузчика AMKODOR 342B при следующих условиях: погрузчик арендуется на 25-часовую рабочую неделю, работа носит постоянный характер, услуги оператора включены в стоимость аренды погрузчика. При условиях длительной аренды стоимость услуги составляет 800 руб/час.

## Расчет эффективности аренды фронтального погрузчика АМКОDОР 342В

	Расходы на покупку	Расходы на аренду	Выгода при аренде
Покупка нового фронтального погрузчика в собственность	-4700000		+4700000
Аренда погрузчика в течение 5 лет		-6120000	-6120000
НДС 20% к зачету		1224000	+1224000
Топливо для фронтального погрузчика в течение 5 лет	-3614298,721	-3614298,721	
Расходники для проведения ТО на 5 лет	-567930		+567930
Работы по проведению ТО в течение 5 лет	-181500		+181500
Шины на погрузчик 5 комплектов на 5 лет	-300000		+300000
Замена шин на погрузчике в течение 5 лет	-20000		+20000
Расходы на текущие ремонты в течение 5 лет	-524480		+524480
Расходы на регистрацию и ежегодный техосмотр	-18150		+18150
Заработная плата оператора погрузчика за 5 лет	-1380000		
Налоги с заработной платы оператора за 5 лет	-414000		
Риски простоев по техническим причинам и вытекающие из этого прямые убытки	Есть риски простоя техники		При аренде исключены убытки по причине простоя техники
Остаточная цена погрузчика, купленного в собственность через 5 лет	-350000		+350000
ИТОГ	-11720358,72	-8510298,721	1 766 060

Таким образом, взяв в аренду фронтальный погрузчик, арендатор получает многофункциональную спецтехнику и несет затраты лишь за аренду и топливо. В то время как при покупке данного вида спецтехники, помимо выведения активных средств из оборота, дополнительно появляются затраты на техобслуживание, регистрацию, ежегодный техосмотр, заработную плату оператора и сопутствующие налоги, а также появляется риск простоев.

Также к преимуществам аренды фронтального погрузчика следует отнести следующее:

Возможность заказать погрузчик на необходимый срок от одного часа;  
Можно выбрать погрузчик именно той технической мощности, которая необходима для текущей работы, не переплачивая за ненужные опции;  
Арендатору не нужно подбирать место для стоянки спецтехники.

#### Библиографический список

1. Борисов Ю.С. Организация ремонтов и технического обслуживания оборудования. – М.: Машиностроение, 2017. – 360 с.
2. Бояркина И.В. Технологическая механика одноковшовых фронтальных погрузчиков: монография. Омск: СибАДИ, 2011. 336 с
3. Вавилин Е.В. Аренда транспортных средств: проблемы осуществления прав и исполнения обязанностей // Правовая политика и правовая жизнь. - 2008. - №1. - С. 98-101.
4. Витрянский В.В. Договор аренды и его виды: прокат, фрахтование на время, аренда зданий, сооружений и предприятий, лизинг. – Минск: Статус. — 2018. — 300 с.
5. Симионова Н. Е. Методы оценки имущества. Бизнес, недвижимость, земля, машины, оборудование и транспортные средства. - М.: Феникс, 2015. - 368 с
6. Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта С. Л. Голованенко, О. М. Жарова, Т. И. Маслова, В. Г. Посыпай; под общ. Ред. С. Л. Голованенко. - М.: Транспорт, 1984. 320 с.
7. Сайт Медиа-группа Экскаватор Ру - специализированные интернет-издания в России и СНГ [Электронный ресурс]. – М.: ООО «Надёжные порталы», – Режим доступа: <https://exkavator.ru/>, свободный.



## ОЧИСТКА ПРИБРЕЖНЫХ ПОЛОС РАЗЛИЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

*Андрюхов Н.М., студент*

*Научный руководитель – Павлов С.А., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Одной из важнейших проблем современности является экологическая ситуация с прибрежными зонами песчаных грунтов, и каменистых берегов, которые часто загрязняются промышленными и бытовыми отходами, в том числе мусором и нефтью из морей и океанов и нефтью. Накопление мусора и нефти вдоль береговой линии портит не только внешний вид прибрежной полосы, но и наносит вред местной флоре и фауне. Для очистки мелкодисперсных грунтов вдоль пляжей и прилегающих к водному бассейну каменистых территорий, предлагаются два вида навесного рабочего оборудования – очиститель песка и нефтесборщик для каменистых берегов.

### **Очиститель песка**

Предполагается очистка влажного, сухого грунта или песка. Сита с небольшими ячейками будут просеивать грунтовый материал даже с мелкими предметами: сигаретными окурками, бутылочными крышками, осколками стекла, полиэтиленовыми пакетами, жестяными банками, камнями, пластиковыми бутылками, фрагментами древесины, водорослей.

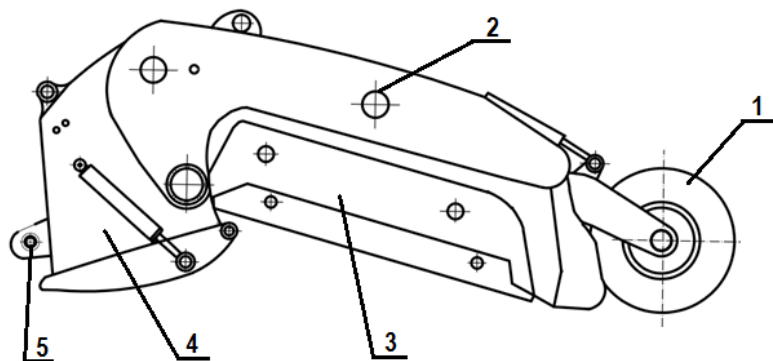
Основным конструкционным элементом очистителя песка является вибрационное сито, установленное под небольшим уклоном и выполняющее колебательные движения, благодаря кулачковому кривошипному механизму [3]. При вибрации грунт просеивается через ячейки, а крупные частицы и мусор перемещаются вдоль сита, поступая в накопительный бункер (рисунок 1).

Предполагается, что теоретическая производительность очистительного оборудования составит до 70 м<sup>3</sup>/ч. Для сбора просеянного мусора предназначен бункер объёмом до 350 л. Бункер герметизируется крышкой, которая управляется двумя гидроцилиндрами, расположенными по краям бункера. Выгрузка мусора происходит за минимальное время.

Одной из конструктивных особенностей навесного оборудования является гидропривод управления датчика, регулирующего глубину очистки [7]. Её максимальная глубина может достигать двадцати сантиметров.

Проанализировано влияние опорных колес рабочего оборудования на очищаемый материал. Установлено, что использование тонкослойной резиновой обечайки на жестких стальных роликах снижает процесс проскальзывания по песчаному грунту на двадцать процентов, в отличие от абсолютно жестких колес и снижает процесс волнообразования песка перед роликами [4].

Навесное оборудование для очистки песка имеет возможность регулировки величины просеиваемых материалов. Быстросменные сита меняются вручную. Предполагается использование четырех типов сит с размером ячеек для различных областей применения: 5х5, 10х10, 15х15 и 20х20 миллиметров.



**Рис. 1.** Разработанный очиститель песка:

1 – опорное колесо, 2 – рама, 3 – вибрационное сито, 4 – бункер для сбора, 5 – ось крепления к тягачу

Производительность проектируемого рабочего оборудования пропорциональна его ширине, высоте слоя очищаемого материала, а также зависит от угла наклона, частоты и амплитуды вибрации:

$$P = 60B \cdot h \cdot A \cdot n \cdot \rho \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где  $P$  – производительность, кг/ч;

$B$  – ширина просеивающего сита, м;

$h$  – высота просеиваемого слоя материала, м;

$A$  – амплитуда вибрации сита, м;

$n$  – частота вращения приводного вала сита, об/мин;

$\rho$  – плотность просеиваемого материала, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – угол наклона сита, град.

При выбранных параметрах сита: ширина 2 метра, амплитуда 2 см, угол наклона 20 градусов; материала: высота 10 см, плотность 1500 кг/м<sup>3</sup>; и частоте приводного вала 700 об/мин, производительность будет равна:

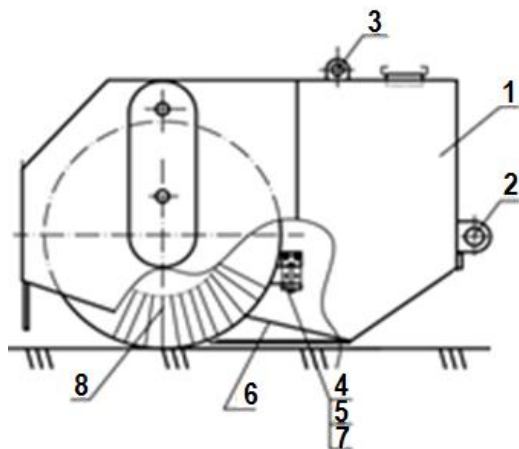
$$P = 60 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 700 \cdot 1500 \cdot \operatorname{tg} 20 = 91720 \text{ кг/ч}$$

Разрабатываемое навесное оборудование возможно использовать с любым базовым тягачом. Это позволит очистить общественные пляжи, частные курорты, спортивные поля, игровые песчаные площадки и гоночные трассы вдоль береговой линии морей и океанов. Существенную роль предлагаемое навесное оборудование будет играть также в сфере переработки и сортировки отходов.

### **Нефтесорщик**

Проблема загрязнения нефтяными отходами для окружающей среды становится также актуальной. Аварии на нефтепроводах и нефтеперерабатывающих заводах приводят к разливу большого количества нефти, что наносит вред экологической обстановке. Для ликвидации последствий разливов нефти с поверхности воды и твердых покрытий используют различные технологии и средства механизации [6].

Разрабатываемое оборудование возможно использовать вручную (рисунок 2).



**Рис. 2.** Ручной нефтесборщик:

1 – корпус, 2,3 – проушина крепления к рукояти, 4 – болты, 5 – нож, 7 – уголок крепления ножа, 8 – щетка

Оно представляет собой металлический короб 1 с проушинами для крепления рукояти. Внутри короба установлена щетка 8 с жестким ворсом, которая вращается с помощью ротора. Привод щетки обеспечивает пневмонасос, установленный внутри её вала для обеспечения большей компактности [2].

Вращаясь с определенной угловой скоростью, щетка захватывает нефть, находящуюся на жесткой поверхности. Снятие нефти со щетки возможно с помощью ножа 5, который, вступая в контакт с ворсом, обеспечивает сьем нефти. Нож крепится металлическими уголками к щекам, которые закреплены на стенках короба. Пневмонасосом нефть с ножа откачивается в бак через трубопроводы. Насос и бак-накопитель находятся не в коробе нефтесборщика, а на отдельной переносной платформе. На ней же установлен генератор для обеспечения работы всей системы [1].

Эксплуатация нефтесборщика будет осуществляться одним человеком. Благодаря использованию ремня, прикрепленного к рукояти, обеспечивается большее удобство использования, что в значительной мере увеличивает производительность устройства. Вес одного агрегата (без бака накопителя)

равен 7-8 кг. Ожидаемая теоретическая производительность оборудования составит около  $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Рассматривается возможность установки разрабатываемого устройства на самоходное оборудование (различные виды коммунальных и строительных машин) для интенсификации процесса очистки и увеличения производительности [5].

#### Библиографический список

1. Гаглов Д. А. Очистка грунтовых сред от нефтяных загрязнений ультразвуковым методом / Кустарев Г.В., Гаглов Д.А. // Механизация строительства. 2011. № 4 (802). С. 28-29.

2. Приходько В. М., Кустарев Г. В., Гаглов Д. А. Разработка мобильного технического комплекса ультразвуковой очистки грунтовых сред от нефти и нефтепродуктов монография. – М. –Техполиграфцентр, 2014. 79 с.

3. Герасимов М. Д. Теоретические и технические резервы повышения эффективности работы вибрационных машин / М. Д. Герасимов, С. Н. Глаголев // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 79-85.

4. Павлов С. А. Анализ процесса качения цилиндра по уплотняемой поверхности через упругий элемент / Г. В. Кустарев, С. А. Павлов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2009. №2. С. 36-37.

5. Приходько В. М., Зорин В. А., Кустарев Г. В., Новиков А. Н., Гаглов Д. А. Устройство для очистки грунтов от нефтяных загрязнений, патент на полезную модель RUS 78494 01.07.2008.

6. Тюремнов И. С. Гидравлический привод строительных, дорожных, подъемно-транспортных и коммунальных машин / учебное пособие // И. С. Тюремнов; Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Ярославский гос. технический ун-т». Ярославль, 2008.

7. Кустарев Г.В. Большие возможности малых машин / Строительство. 2008. № 6. С. 224-229.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИТ-СИСТЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ДСМ

*Асланов А.Ю., магистрант*

*Научный руководитель – Даугелло В. А., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Научно-технический прогресс в области создания и эксплуатации самоходных технологических машин, получивший небывалое ускорение и инициирует появление принципиально новых технологий, позволяющих повысить эффективность использования техники в том числе и за счет обеспечения необходимого уровня ее безопасности. [1, 6]

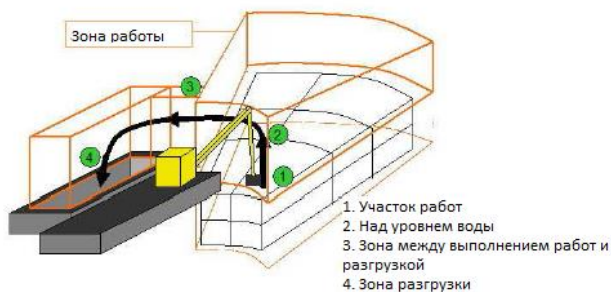
Быстрая переключаемая полная автоматизация для управления всеми движениями экскаватора и автоматического выкапывания станет одним из главных улучшений в рабочем процессе экскаваторов. Это логичный шаг вперед на фоне более ранней автоматизации.

Таким образом, монотонно повторяющаяся часть процесса работ обрабатывается компьютером, а более сложные задачи, такие как планирование и улучшения в процессе работ, оставлены на усмотрение оператора, при этом сокращается время цикла, и, следовательно, операции становятся более рентабельными и делают работу оператора более эргономичной. [2]

Прежде чем перейти в общественное использование, большинство новых технологий разрабатывается и тестируется в конкретных проектах. Автоматизация экскаватора была опробована немецкими исследователями на одном из крупнейших проектов дноуглубительных работ в Германии – проекте JadeWeserPort. Компания работает над строительством глубоководного контейнерного порта. Однако системы, представленные в данной статье, могут использоваться в различных видах работ.

Применяемые в данной ситуации технологии призваны, в первую очередь, решить задачу безопасности при работе с крупными строительными машинами. В случае непредвиденной ситуации, в результате которой оператор не сможет продолжать управление машиной во время автоматической работы экскаватора, экскаватор может продолжать работать без контроля оператора.

В этом случае никто не сможет следить за безопасностью проводимых работ, и поэтому в качестве средства обеспечения безопасности и защиты была создана виртуальная среда. На представленном ниже рисунке показана зона работы экскаватора. Она состоит из большой области над зоной проводимых работ, меньшего коридора и области над баржей.



**Рис. 1.** Разрешенная зона работы автоматизации

Пока экскаватор находится в этих местах, автоматизация может использоваться абсолютно безопасно; если по какой-либо причине экскаватор выходит за пределы безопасных зон, автоматизация останавливается. Функция защиты не зависит от контроллера, который определяет, как перемещаются рукоять и ковш. Эта «разрешенная зона работы» также проверяет операции, выполненные оператором вручную. [3]

Поскольку это отдельная функция, она относительно проста, в то время как автоматизация все еще использует сложные алгоритмы. Она использует ориентиры на самых внешних частях экскаватора. Система «разрешенной зоны работы» контролирует положение этих точек и снижает вероятность ошибки. Следовательно, это также снижает психологическую нагрузку на операторов при ручном управлении. Это также позволяет программировать более сложные алгоритмы для автоматической системы без ущерба безопасности.

Результатом является превосходный компромисс между безопасностью, эффективностью и скоростью экскаватора. Ключевой особенностью является педаль автоматизации, упомянутая ранее. Люди не могут попасть в движущийся экскаватор, чтобы помочь оператору в случае непредвиденной ситуации.

Пока оператор перемещает педаль автоматизации, система информируется о том, что он все еще контролирует движения машины. Кроме того, если оператор предпринимает какие-либо другие действия, система регистрирует и их. Операторы экскаваторов считают это безопасным и эргономичным решением. Большие экскаваторы, используемые при выемке грунта, представляют собой опасные движущиеся машины, требующие постоянного внимания всех окружающих для предотвращения несчастных случаев.

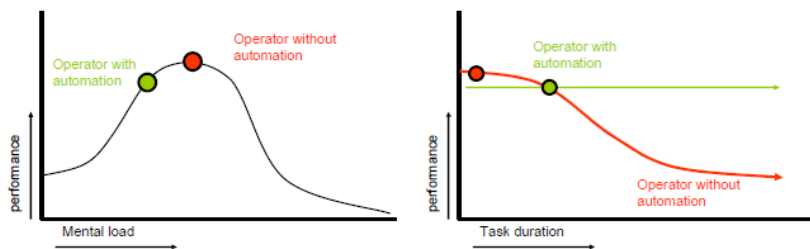
По этой причине был проведен анализ отказов, чтобы получить четкую картину возможного изменения состояния безопасности системы автоматизации. Этот анализ показывает, что комбинация мониторинга и ав-

томатизации не увеличивает риски и опасности, уже существующие в конструкции машины.

Конечно, данная система не представляет собой безрисковый подход: сочетание конструкции экскаватора и автоматизации представляет собой задачу поддержания хотя бы существующего уровня безопасности.

Помимо задачи безопасности, применяемые системы также призваны разрешить проблему точности выполняемых работ по прошествии времени. Для экскаваторов производительность сводится к минимально возможному среднему времени цикла.

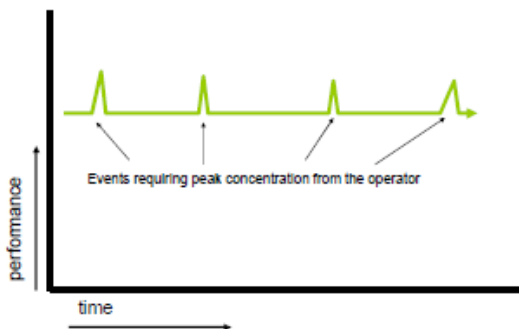
Одним из факторов, лежащих в основе эффективности, является психологическая нагрузка на оператора, который должен сохранять предельную концентрацию на протяжении всего рабочего дня. За последние сто лет множество исследований во всех видах промышленного и военного контекста установили четкую зависимость человеческой эффективности, выносливости и мотивации на рабочих местах с относительно высоким уровнем монотонности работы. [4, 7]



**Рис. 2.** График эффективности оператора без (зеленый) и с (красный) системой автоматизации. Слева – психологическая нагрузка, справа – продолжительность работы

На двух приведенных выше графиках показана производительность человека со временем, и можно сделать вывод, что оператор без поддержки автоматизации имеет более высокую пиковую производительность, чем оператор с поддержкой автоматизации.

С другой стороны, производительность оператора без поддержки со временем ухудшится, в то время как оператор, которому помогает автоматизация, будет поддерживать тот же уровень производительности. Эти графики предполагают, что выбор должен быть сделан между двумя методами, но на самом деле можно получить преимущества обоих, распределяя монотонные и однообразные задачи на автоматизацию. Именно это распределение позволяет оператору быть готовым к тяжелым рабочим ситуациям, когда человеческие навыки действительно необходимы. В рассматриваемой идеальной ситуации более подходящим является график производительности.



**Рис. 3.** Производительность при работе с системой автоматизации, переключаемой на ручное управление в необходимые моменты рабочего процесса

Автоматизация имеет дело с повторяющимися задачами на постоянном уровне производительности. Если производительность определяется, например, как сложность выполнения задачи, производительность будет выше во время событий, требующих пиковой концентрации. Способ достижения этого идеала состоит в том, чтобы беспрепятственно интегрировать автоматизацию в рабочий процесс. Четкое разграничение также требуется между автоматическими системами и задачами операторов.

Основная проблема заключается в том, что ответственность за безопасность работы и оператора лежит не на машине или автоматических системах, а, как всегда, на операторе.

Поэтому было введено заранее запрограммированное самообучение, чтобы идентифицировать рабочий алгоритм и предложить метод выполнения работ, который был бы наиболее подходящим для данной ситуации. Обработывая данные с помощью искусственного интеллекта, система решает, в каком месте продолжить работы. [5]

Такая методика гарантирует, что оператор может выполнять свою работу - управлять экскаватором. Он может запустить помощь автоматизации в любой подходящий, по его мнению, момент. После этого, система продолжит работу, и оператору не нужно будет ничего делать, кроме как нажимать на педаль. Даже если оператор не выполнял работы точно в соответствии с заранее определенным профилем, автоматика корректирует процесс работ соответствующим образом и пытается уменьшить время перемещения ковша. Даже если оператор выполняет сложный маневр, система автоматизации обрабатывает информацию для принятия решения о положении следующего участка работ при повторной активации.

Автоматизация экскаватора возможна благодаря четкой фокусировке на задаче операторов и благодаря полной интеграции автоматизации с этой задачей. Удивительно, но регулярное взаимодействие между системой автоматизации и оператором помогает последнему еще надежнее сохранить



навыки управления подобной машиной. Повсеместное применение подобных технологий позволит индустрии выйти на новый уровень производительности работ.

### Библиографический список

1. Даугелло В.А. Развитие информационных технологий на предприятиях технического сервиса технологических машин//Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. № 1. С.35 – 38.
2. Automating excavators to reduce cycle times and maintain safety & accuracy, Ir. Arjen van der Horst, Riny Mourik
3. Koivo, A.J., Thoma, M., Kocaoglan, E., Andrade-Cetto, J., Modeling and control of excavator dynamics during digging operation, Journal of aerospace engineering, 9, 1, pp. 10–18, January 1996.
4. Cannon H., Extended earthmoving with an autonomous excavator, MSc Thesis, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburg, 1999.
5. Даугелло В.А. Искусственный интеллект технологических машин//Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. № 12. С.33 – 35.
6. Даугелло, В.А. Информационные технологии при создании и эксплуатации машин /В.А. Даугелло. – М: МАДИ, 2015. – 128 С.
7. Norman, D. (2002). The design of everyday things, New York: Basic Books.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**Бакров А.И.**, студент

*Научный руководитель – Сабуренков С. Е., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Диагностирование навесного оборудования коммунальной техники проводится безразборным методом, который подразделяется на: диагностирование без непосредственного воздействия на объект (например, по уровню шума, степени загрязнения рабочей жидкости и т.п.); диагностирование с воздействием на объект, но без снятия его с машины (например, с приложением внешней нагрузки); диагностирование на специализированных стендах. [2]

Диагностирование подразделяют на следующие виды:

1. По полноте контроля:
  - общее (Д);
  - углубленное (ДУ).
2. По характеру воздействия:

- тестовое;
  - рабочее.
3. По периодичности выполнения:
    - постоянное;
    - периодическое (ежесменное, сезонное и т.п.).
  4. По регламентации выполнения:
    - регламентированное;
    - по техническому состоянию;
    - комбинированное (смешанное).
  5. По планированию:
    - плановое;
    - неплановое.

При тестовом диагностировании техническое состояние объекта устанавливается по «отклику» на тестовое воздействие; при рабочем диагностировании - путем сравнения допустимых значений проверочных параметров, установленных в нормативной и конструкторской документации, с полученными на рабочие воздействия.

Постоянное диагностирование осуществляется непрерывно действующими встроенными средствами диагностирования, которые имеют собственную шкалу измерений (циферблат, экран и т.п.), либо их показания отражаются на общей для нескольких средств шкале измерений. Периодическое диагностирование осуществляется как встроенными, так и внешними средствами диагностирования.

При регламентированном диагностировании, как правило, проводится общее диагностирование, где диагностические операции выполняются в процессе технических обслуживаний и ремонтов, периодичность которых установлена в эксплуатационных документах: диагностирование при ежесменном ТО-Д-Е0; диагностирование при ТО-1 - Д-1; диагностирование при ТО-2 - Д-2; диагностирование при ТО-3 - Д-3; диагностирование при ТР - Д-ТР; диагностирование при КР - Д-КР.

При диагностировании по техническому состоянию диагностические операции проводятся независимо от видов ТО и Р.

При комбинированном диагностировании диагностические операции проводятся как совместно с ТО и Р, так и между видами ТО и Р в зависимости от технического состояния объекта.

Плановое диагностирование является периодическим и регламентированным. [2]

При неплановом диагностировании сроки и объемы работ устанавливаются в зависимости от результатов предыдущего обследования, т.е. по техническому состоянию объекта или вследствие технической, или технологической необходимости (например, при отказе). [7]

Оборудование для диагностики гидросистемы: контрольные точки, измерительные рукава для подключения манометров, прибор Serviceman [3], турбинное колесо. [4]

Методика поиска неисправностей на примере мусоровоза КО-427

Порядок регулировки предохранительного клапана К1:

- установить на напорную линию насоса манометр с пределом измерения 25МПа;
- включить КОМ;
- включить питание на пульте в кабине и на пульте автоматического прессования на заднем борту;
- установить переключатель режимов работ в положение «Полуавт.»;
- установить тумблер работы прессующей плиты вниз;
- после того, как прессующая плита произведет рабочий ход и займет крайнее положение, ослабить контргайку предохранительного клапана и медленно вращая регулировочный болт, установить требуемое давление 16МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>);
- затянуть контргайку. [1]

Порядок регулировки предохранительного клапана К2:

- установить на напорную линию насоса манометр с пределом измерения 25МПа;
- включить КОМ;
- включить питание на пульте в кабине и на пульте автоматического прессования на заднем борту;
- установить переключатель режимов работ в положение «Полуавт.»;
- установить тумблер работы подающей плиты вниз;
- после того, как подающая плита займет крайнее нижнее положение, ослабить контргайку предохранительного клапана и медленно вращая регулировочный болт, установить требуемое давление 9МПа (90 кгс/см<sup>2</sup>);
- затянуть контргайку. [1]

Порядок регулировки предохранительного клапана гидрораспределителя Р3:

- установить на напорную линию насоса манометр с пределом измерения 25 МПа;
- включить КОМ;
- включить питание на пульте в кабине и на пульте автоматического прессования на заднем борту;
- установить переключатель режимов работ в положение «Полуавт.»;
- установить тумблер работы опрокидывателя вверх;
- после того, как опрокидыватель займет крайнее положение, ослабить контргайку предохранительного клапана и медленно вращая регулировочный болт, установить требуемое давление 16 МПа (160 кгс/см<sup>2</sup>);
- затянуть контргайку. [1]

Порядок регулировки гидроклапана ГК:

- установить на поршневую линию гидроцилиндра выталкивающей плиты манометр с пределом измерения 4 МПа;
- включить КОМ;
- поднять задний борт в верхнее конечное положение;
- переместить выталкивающую плиту в заднее крайнее положение;
- включить выталкивающую плиту на втягивание в кузов;

- при движении плиты манометр должен показывать давление 0,8МПа (8 кгс/см<sup>2</sup>). [1]

Контроль за степенью засоренности сливного фильтра осуществляется манометром, входящим в комплект фильтра. [5]

Периодичность проверки засоренности фильтра 50 часов работы оборудования. [6]

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Диагностировать навесное оборудование коммунальной техники необходимо безразборным методом при регламентированном ТО.

Диагностирование проводится специализированным обученным персоналом на ремонтной базе.

#### Библиографический список

1. «Мусоровоз КО-427» руководство по эксплуатации КО-427.00.00.000 -32 РЭ. ОАО «Мценский завод коммунального машиностроения» 2006 г.

2. А.Г. Лепеш, Т.В. Потемкина, «Методика расчета оптимального периода технического обслуживания коммунальной техники». Техно-технологические проблемы сервиса №1(39), 2017 г.

3. Каталог фирмы Parker "каталог 4054-2/RU", 2015.

4. ЗАО «ГИДРОКОМПЛЕКТ» Гидравлический привод строительных, дорожных и коммунальных машин, каталог-справочник – Том 1.

5. Даугелло В.А., Зорин В.А., Севрюгина Н.С. Дорожные, строительные и коммунальные машины. МАДИ(ГТУ) – Москва 2008.

6. Керимов Ф.Ю., Дворковой В.Я., Рубайлов А.В. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин: Учебник для высших учебных заведений. Под редакцией Локшина Е.С. – М. 2007.

7. Керимов Ф.Ю. Техническая эксплуатация строительных, коммунальных и дорожных машин: Учебное пособие МАДИ (ГТУ).-М., 2009.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОПРОБОЙНИКОВ В РАЗНЫХ ГРУНТАХ

*Богатырев Н.М., студент*

*Научный руководитель – Федоров Д.В., преподаватель*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Пробойники – это самодвижущиеся машины ударного действия, предназначенные для пробивания сквозных и глухих скважин произвольного направления в грунтах 1, 2, 3 и 4 категорий в основном методом прокола (реже – продавливания), а также для забивки металлических труб и анкеров, бестраншейной укладки в скважины асбестоцементных и полиэтиленовых труб, глубинного уплотнения грунта, рыхления слежавшихся насыпных материалов, бестраншейного ремонта подземных коммуникаций, а также для выполнения других работ.

Главными параметрами пробойников являются: энергия удара на прямом ходу, частота ударов, диаметр, длина образуемой скважины и забиваемых труб, а также скорость пробивания скважины и забивания трубы.

Реализация технических характеристик по скорости пробивки и допустимым отклонениям от планируемой трассы предопределяет дополнительные требования к грунтам: отсутствие в них валунов размером более 0,15 м, остатков строительных конструкций, нецелесообразность использования в скальных, мёрзлых, водонасыщенных грунтах.

Пробойники имеют цилиндрическую форму корпуса с заострённой передней частью. Диаметр корпуса соответствует диаметру образуемой скважины. Корпус может выполнять функции рабочего органа и движителя машины.

Рабочий процесс проходки скважины обеспечивается за счёт периодических ударов, наносимых ударником по корпусу машины в направлении проходки. Необходимым условием проходки является компенсация реакции отдачи ударного механизма силами трения о стенки скважины. При нарушении этого условия перемещение пробойника не происходит. Этим же объясняется необходимость наличия специальных устройств для запуска, имитирующих силы трения о корпус машины со стороны грунта, а также ограничений по минимальной глубине пробивки скважин.

С целью расширения диаметра первоначально образованной скважины используются специальные расширители, закрепляемые на корпусе пробойника. Они позволяют расширить скважину примерно в 1,5...2,0 раза по сравнению с её первоначальным размером.

Повышение эффективности использования этих машин связано с увеличением точности проходки скважин. В докладе приводятся конструктив-

ные меры и эксплуатационные приёмы работы, обеспечивающие повышение точности прокола.

Пневмопробойники в текущее время обладают низкой точностью работы в грунтах разных категорий из-за сложности регулирования первичного положения и неравномерности плотности пробиваемого материала, что сказывается на отклонении направления движения. Целью исследования является повышение точности пробивания на основе использования комбинированного метода модернизации оборудования.

Методики повышения точности работы пневмопробойника как актуальная проблема не достаточно изучается фирмами производителями и текущие методы не позволяют достичь необходимого уровня точности проходки оборудования в горизонтальных и наклонных скважинах.

Проведём качественный анализ методов повышения эффективности пневмопробойников.

Анализ рассмотренных патентных материалов показывает, что данный вопрос полностью не освещён со стороны комплексного подхода к изучению способов повышения точности и подбора рациональных параметров рабочего оборудования и рассмотрения технологии установки и управления. Цель работы я хочу посвятить правильному подбору технологии работы пневмопробойника в грунтах разных категорий, так как из-за разностей плотностей и неоднородности грунтов возникают характерные отклонения в проделке скважины.

Характерные типы грунта, в которых в основном работают пневмопробойники являются: торф, ил, мягкая и твердая глина, сухой и мокрый песок, и мокрый или сухой гравий.

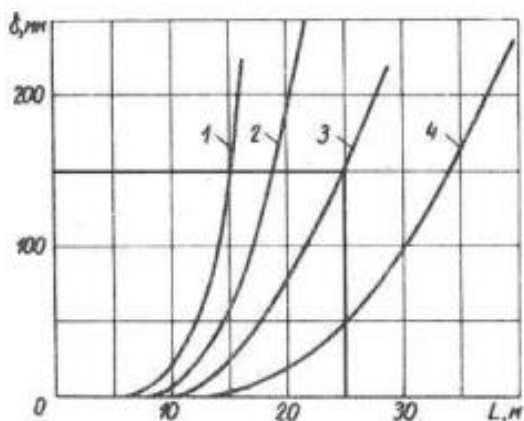
На основе изученной информации мы можем понять, что поведение пневмопробойника имеет определенный характер в разных грунтах, что позволяет определить заранее необходимые модификации для нужных работ, чтобы предупредить отклонения и проблемы сопутствующие с скважинами.

В участках содержащих торф или ил пневмопробойники часто отклоняются вниз под собственной силой тяжести, а из-за сильной рыхлости скважина может осыпаться после прохода машины. Для работы в данных условиях предпочтительно будет использовать пневмопробойник с гладкой формой головки и методом забивания труб, что позволит предотвратить осыпания грунта.

При работе в грунтах содержащих мягкую глину проблема работы пневмопробойника может состоять в оседании установки во время прицеливания, что можно предотвратить используя лист металла или специальную установку для увеличения площади опоры, что уменьшит отклонение в последующих этапах работы

Участки, содержащие твердую глину в своих грунтах имеют свойство отклонять пневмопробойник в верх – для нивелирования данного свойства можно заранее отклонить направление пробойника рассчитывая его по ри-

сунку (1) зависимости отклонения скважины от первоначального направления к длине скважины.



**Рис. 1.** зависимости отклонения скважины от первоначального направления к длине скважины

На рисунке (1) указана зависимость длины скважины (м) к отклонению направления пневмопробойника (мм), цифрами установлена разница диаметра скважины

При работе с сухим песком, пневмопробойник имеет свойство разрушать пройденную скважину из-за ударов, из-за чего следует использовать сразу прокладывать трубу в грунте.

На участках грунта с мокрым песком есть опасность отклонения рабочего органа вниз от собственной силы тяжести и из-за малого коэффициента трения с грунтом падает коэффициент полезного действия. Для уменьшения затрат лучше уменьшить количество подаваемого воздуха и использования метода для торфяных и илосодержащих грунтов.

Работа с гравием имеет сложность из-за неравномерности плотности грунта и возможным присутствием воздушных полостей и водяных карманов, что сильно отклоняет пневмопробойник с изначальной траектории. Для работы в твердых грунтах лучше использовать головку ступенчатого типа, которая позволяет не огибать каменные участки, а раздробить твердое препятствие.

Выводы по проделанному исследованию:

1. При пользовании советами данных в работе мы можем уменьшить или полностью избежать отклонений в маршруте работы пневмопробойника.

2. Оптимизировать затраты на максимальную производительность работы механизма в определенных грунтах.

3. Уменьшить затраты, выбирая оптимальную версию пневмопробойника по его механическим характеристикам и месту его использования.

#### Библиографический список

1. Потапенко А. Особенности горизонтального бурения [Электронный ресурс]

2. Костылев А.Д. Некоторые результаты исследования прямолинейности пробивания скважин в грунтах пневмопробойниками / А.Д. Костылев, Н.П. Чепурной // ФТПРПИ. – 1969. – № 5.

3. Костылев А.Д. Способы и схемы устройств для управления движения пневмопробойников в грунте / А.Д. Костылев, В.А. Клименко, А.Т. Сырямин // ФТПРПИ. – 1994. – № 4.

4. Костылев А.Д. Управляемый пневмопробойник / А.Д. Костылев, П.А. Маслаков, Б.Н. Смоляницкий // ФТПРПИ. – 2001. – № 3.

5. Пневмопробойники / К.С. Гурков и др. – Новосибирск: Институт горного дела СО АН СССР, 1990.

6. Дроздов А.Н. Ручные машины для строительно-монтажных работ / устройство и основы расчета /. Учебное пособие. М. МГСУ. 1999 г., 250с.

7. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машины и процессы в строительстве: Учеб. пособие - М.: Высш. шк., 1977. - 253с

8. Вибрационная техника и технология в свайных и буровых работах / М.Г. Цейтелин, В.В. Верстов, Г.Г. Азбель. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1987.

9. Самодвигающие пневматические машины ударного действия для образования скважин в грунте. М.Ю. Бондарь, М.В. Борштейн, К.С. Гурков, А.Д. Костылев, Е.Н. Чередников, Б.Т. Толков. – М.: ЦНИТЭстроймат, 1978. - 51с

10. [www.diamondtool.ru](http://www.diamondtool.ru)

11. <https://пневмопробойник.рф>



## О ДВИЖЕНИИ ПЛАВУЧЕГО КРАНА

*Боровченко Г.К., студент*

*Научный руководитель – Амелин В.С., проф.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Одной из проблем при проектировании и эксплуатации плавучих кранов является рыскливость – неконтролируемое перемещение понтона плавкрана в горизонтальной плоскости при выполнении грузовых операций.

Вопрос о рыскливости понтона при выполнении грузовых операций рассматривался многими авторами, в частности Н.П. Гараниным [5]

Выбор физически обоснованного критерия рыскливости связан с отысканием такой безразмерной величины, которая позволила бы объективно сравнить различные краны.

Согласно [5] физическую модель рыскания можно условно разделить на два процесса: движение понтона без связей до встречи с препятствием, и движение понтона со связью до его полной остановки в горизонтальной плоскости. В такой постановке Н.П. Гаранин рассмотрел динамическую систему динамическую систему понтон - поворотная часть - груз без связей. По результатам исследования Н.П. Гаранин им получено выражение:

$$K_0 = \frac{K_{max}}{0.5M_n l_c^2 \omega^2} = 10^{-4} (1 - 0.21 \frac{L}{B}) \left[ \frac{105}{0.4+12T/l_c} - 4 \frac{B}{T} \right] \quad (1)$$

где  $K_{max}$  – наибольшая кинетическая энергия;

$M_n$  – масса понтона с поворотной частью и грузом на крюке, т;

$l_c$  – длина стрелы, м;

$\omega$  – паспортная угловая скорость поворотной части, рад/с.

При работе крана без разрыва швартовного каната автором рекомендуется принимать  $K_{max} = \Phi$ .

где  $\Phi$  – потенциальная энергия растяжения швартовного каната

Указанное выражение согласно [5] справедливо для следующего диапазона соотношений главных размерений понтонов:  $1,4 \leq L/B \leq 2,8$ ;  $7 \leq B/T \leq 14$ ;  $0,03 \leq T/l_c \leq 0,07$ .

$$\Phi = \frac{S_{шв}^2 l_{шв}}{2E_k A_k}$$

где  $S_{шв}$  – усилие в швартовном канате, Н;

$l_{шв}$  – длина рабочей части швартовного каната, м;

$E_k$  – модуль упругости каната, Па;

$A_k$  – площадь поперечного сечения каната, м<sup>2</sup>.

Путем преобразования (1) получим:

$$\rho_B V_{п} \omega^2 l_c^2 K_0 = k_E^2 E_k A_k l_{шв} \quad (2)$$

где  $k_E$  – коэффициент учета напряжения в швартовных канатах

$$k_E^2 k_V 10^{10} = \frac{\rho_B \omega^2 l_C^2}{E_K} 10^{10} K_0 \quad (3)$$

где

$$k_V \approx A_K l_{шв} / V_{п} = Const$$

Из (3) можно получить критерий рыскливости

$$K_r = \frac{\rho_B \omega^2 l_C^2}{E_K} 10^{10} K_0 \quad (4)$$

Однако вопрос о рыскливости плавучего крана также можно изучить путем непосредственного решения уравнений движений понтона крана. Эта задача рассматривается в настоящей работе.

Перемещение понтона-крана после включения поворотного механизма является следствием перемещения центра масс плавучего крана, обусловленного движением подвешенного груза по координатным осям и вращению поворотной части понтона.

Для составления уравнений движения понтона-крана введем следующие характеристики:

$V_x$ -осевая скорость центра масс плавучего крана в системе координат, связанной с судном;

$V_y$ -почечная скорость центра масс плавучего крана;  $\omega$ -угловая скорость плавучего крана;

$\beta$ -угол дрейфа понтона.

Система уравнений движения понтона состоит из трех дифференциальных уравнений второго порядка и для понтона, симметричного относительно плоскости мидель-шпангоута имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \mu_{11} \frac{dv_x}{dt} - \mu_{22} v_y \omega = X \\ \mu_{22} \frac{dv_y}{dt} + \mu_{11} v_x \omega = Y \\ \mu_{66} \frac{d\omega}{dt} + (\mu_{22} - \mu_{11}) v_x v_y = M_z \end{cases} \quad (5)$$

где  $X, Y, M_z$ - внешние силы и момент, приложенные к корпусу понтона.

$\mu_{ii}$ - массы и момент инерции понтона плавучего крана с учетом присоединенных масс.

Из решения уравнений движения определяются координаты центра масс плавучего крана при произвольном законе перемещения массы груза.

Учет присоединенных масс при составлении уравнений (5) позволяет определить траекторию движения понтона крана при его работе в любых гидрологических условиях.

#### Библиографический список

1. Крутова В.И., Попова В.В. Основы научных исследований. Москва «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1989. 318-337 с.
2. Российский Речной Регистр. Правила (в 5-и томах). Т. 3., Т. 2. Москва 2015.

3. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов. Москва «ТРАНСПОРТ» 1977.
4. Басин А.М., Анфимов В.Н. Гидродинамика судна. Ленинград 1961
5. Гаранин Н.П., Брауде В.И., Артемьев П.П. Грузоподъемные машины на речном транспорте. Москва «Транспорт» 1991
6. Ремез В.Ю. Качка корабля

## ПРИМЕНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

*Воробьев А.В., аспирант*

*Рыбин Д.И., магистрант*

*Научный руководитель – Анцев В.Ю., проф., д.т.н.*

*Тульский государственный университет (ТулГУ)  
(Российская Федерация)*

Радикальное реформирование отечественной экономики и связанный с этим возросший объем работ по производству грузоподъемной техники на промышленных предприятиях вызвали необходимость комплексного совершенствования управления качеством процесса разработки конструкторской документации предприятий. Это связано с увеличением сложности и масштабов проектов промышленных объектов, числа участников и организаций, ростом связей между ними [1]. При этом необходимо сокращать время принятия решения по заказам и время на разработку конструкторской документации для повышения качества обслуживания заказчиков [2, 3]. Грузоподъемные краны находят широкое применение при механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ в различных отраслях промышленности [4].

Для решения задачи повышения качества управления процессом разработки конструкторской документации был выполнен структурно-функциональный анализ данного процесса. В качестве лингвистического обеспечения для решения данной задачи был использован пакет Международных стандартов моделирования IDEF (IcamDefinition). IDEF0 – технология структурного анализа и проектирования. Это язык моделирования, согласно которому анализируемый процесс представляется в виде совокупности множества взаимосвязанных действий, работ (Activities), которые взаимодействуют между собой на основе определенных правил (Control), с учетом потребляемых информационных, человеческих и производственных ресурсов (Mechanism), имеющих четко определенный вход (Input) и не менее четко определенный выход (Output). IDEF0 – это стандарт структурированного анализа, который может быть применен для описания процессов на всех этапах – от планирования до разработки окончательного варианта.

Этот стандарт позволяет создавать модели, которые графически представляют предметы и действия, сводя их в одну систему. IDEF0 включает два вида диаграмм: контекстную и декомпозированную [5].

IDEF3 – технология сбора данных, необходимых для проведения структурного анализа системы, дополняющая технологию IDEF0. С помощью этой технологии имеется возможность уточнить картину процесса, привлекая внимание аналитика к очередности выполнения функций, под-процессов и процессов в целом. Логика этой технологии позволяет строить и анализировать альтернативные сценарии развития процессов (модели «Что – если?»).

DFD – структурный анализ потоков данных. Диаграммы DFD позволяют описать процесс обмена информацией между элементами изучаемой системы. DFD отображает источники и адресаты данных, идентифицирует процессы и группы данных, связывающие в потоки одну функцию с другой, а также, что важно, определяет накопители (хранилища) данных, которые используются в исследуемом процессе [6].

Однако следует отметить, что дуги в IDEF0 жестко типизированы (вход, выход, управление, исполнитель), в то время как применительно к системам обработки информации стирается смысловое различие между входами-выходами с одной стороны, и управлениями, и механизмами, с другой: входы, выходы и управления являются потоками данных и/или управления и правилами их трансформации. Более того, в IDEF0 вообще отсутствуют выразительные средства для моделирования особенностей систем обработки информации [7].

IDEF-моделирование – это способ уменьшить количество дорогостоящих ошибок за счет структуризации процесса на ранних этапах создания интеллектуальной системы, улучшения контактов между пользователями и разработчиками и сглаживания перехода от анализа к проектированию. Причем исследования показывают, что цена обнаружения и исправления ошибок становится выше на более поздних стадиях проектирования интеллектуальных систем. Исходя из положений IDEF-моделирования, сложная задача анализа контракта была разбита на ряд простых задач, решение которых позволило наиболее просто справиться с исходной проблемой.

На предприятиях кранового машиностроения очень важно быстро принять решение о возможности выполнения заказа на создание грузоподъемной машины. Первоначально заказчик во взаимодействии со специалистом маркетинговой службы предприятия заполняет данные заказа. Маркетинговый отдел с помощью конструкторско-технологического отдела на основе анализа данных о выполненных ранее аналогичных заказах, парке оборудования предприятия, используемых исходных материалов формирует ответ заказчику о принятии (или не принятии) заказа. В маркетинговой деятельности участвуют производственные подразделения, выпускающие продукцию, экономические и коммерческие службы, отдел маркетинга и торговли и, разумеется конечный потребитель [8].

Для понимания ожиданий заказчиков и выявления возможностей для улучшений необходимо получение от них информации. Для оперативной оценки полученной от заказчика информации и оперативного формирования ответ заказчику необходима организация взаимодействия соответствующих подразделений организации и стандартизация выполняемых при этом процессов [9].

Выполнен анализ процессов, выполняемых при согласовании параметров заказов на создание грузоподъемных машин на предприятии ООО «Стройтехника» г. Донской Тульской области, производящем мостовые электрические краны. Заказчик направляет техническое задание (ТЗ) на кран, или завод участвует в тендерах на сайтах тендерных площадок для всех заводов, которые имеют право изготавливать кран (заказчик прикладывает ТЗ). Эту заявку и ТЗ отдают в конструкторско-технологический отдел (КТО) для проработки возможности проектирования и изготовления под заводские условия. Далее КТО разрабатывает габаритный чертеж и опросный лист под предложенное ТЗ. Для обсчета цены и стоимости КТО выдает через технологический отдел ведомость материалов и комплектующих изделий. После отдел материально-технического обеспечения дает запрос цен на комплектующее оборудование из сложившейся номенклатуры. Далее планово-экономический отдел совместно с отделом труда и заработной платы составляют калькуляцию на кран. От отдела маркетинга и сбыта направляется заказчику или на тендерную площадку технико-коммерческое предложение на изготовление и поставку крана. Если заказчика все устраивает, то оформляется договор с предприятием, а КТО приступает к работе по проектированию и разработке конструкторской документации. Управление качеством процесса разработки конструкторской документации и выбора комплектующих изделий решается на основе применения базы данных кранов предприятия.

На основе данных по выпускаемым мостовым кранам предприятия ООО «Стройтехника» была разработана база данных этих машин, в которую были включены:

- данные, поступающие от заказчика: пролет, м; высота главного и вспомогательного подъема, м/мин; скорость передвижения крана и тележки, м/мин; скорость подъема главного и вспомогательного крюка, м/мин; группа режима работы крана; место установки; база крана, м; база тележки, м; колея тележки, м; высота крана, м; высота перил тележки, м; тип кабины; тип моста; тип тележки;

- выходные данные по предложенному заказу: комплектующие механизмы главного и вспомогательного подъема, их количество и стоимость, диаметр и длина барабана; комплектующие механизмы передвижения тележки и крана, их количество и стоимость, диаметр колеса; концевые выключатели на главный и вспомогательный подъемы, передвижение крана и тележки, их количество и стоимость; марка канатов на главный и вспомогательный подъемы, их длины; затраты на заказ, руб., трудоемкость заказа, чел/час, стоимость заказа.

Представленная база данных используется для оперативного оптимизационного выбора комплектующих изделий грузоподъемных машин, формирования обоснованного ответа заказчику о возможности выполнения данного заказа, сокращения времени на разработку конструкторской документации.

#### Библиографический список

1. Анцев В.Ю., Казанлеев М.Х., Ханин К.Н. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 4. С. 228-238.
2. Ивахненко А.Г., Сторублев М.Л. Управление процессами организации на основе данных о результативности // Методы менеджмента качества. 2009. № 5. С. 8-12.
3. Пузанов В.Е., Ивахненко А.Г. Исследование свойств математических моделей динамики качества машиностроительной продукции // Известия Юго-Западного государственного университета. Техника и технологии. 2012. № 2-1. С. 128-131.
4. Анцев В.Ю., Толоконников А.С., Горынин А.Д. Стандартизация в области оценки рисков при проектировании грузоподъемных кранов. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 12-1. С. 223-229.
5. Липунцов, Ю.П. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий/ Ю. П. Липунцов. - М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2010. — 224 с.: ил.
6. Калашян А.Н. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии/А.Н. Калашян, Г.Н. Калянов- Под. ред. Г.Н. Калянова. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 256 с.
7. Атре Ш. Структурный подход к организации баз данных – М.: Финансы и статистика, 1983. – 317с.
8. Анцев В.Ю., Толоконников А.С., Ковалева А.Е. Управление эксплуатацией грузоподъемных машин на основе процессного подхода. // Подъемно-транспортное дело. 2012. № 1. С. 5-7.
9. Анцев В.Ю., Федоров Ал.В., Федоров Ан.В. Стандартизация взаимодействий подразделений ремонтной службы машиностроительного предприятия // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 5. С. 42-48.

# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

*Воробьев А.В., аспирант*

*Рыбин Д.И., магистрант*

*Научный руководитель – Анцев В.Ю., проф., д.т.н.*

*Тулский государственный университет (ТулГУ)  
(Российская Федерация)*

**Конструкторская документация** (КД) на какое-либо изделие представляет собой набор технической документации, по которой осуществляется производство и контроль данного изделия. Кроме того, в конструкторской документации приводятся данные по эксплуатации и утилизации изделия, то есть оговаривается полный жизненный цикл изделия. **Разработка конструкторской документации** – это отдельная стадия жизненного цикла изделия [1].

Любые действия, производящиеся на каждом этапе, регламентированы каким-либо стандартом, ГОСТом или другой нормативной документацией. Организация проведения таких работ на каждом этапе регламентирована СРПП – системой разработки и поставки продукции на производство.

Данная система СРПП представляет собой комплекс различных ГОС-Тов. Они устанавливают правила и требования к выполнению работ на каждой стадии жизненного цикла изделия. К данным стадиям относятся:

1. **Исследование и проектирование.** На этом этапе разрабатывается техническое задание (ТЗ) на исследование, изучаются достижения в области науки и техники, потребности экономики, рынков сбыта, технические возможности, требования пользователей, проведение испытаний, проведение тендеров, а также проведение многих других проектных и исследовательских работ.

2. **Разработка изделия.** Это та самая стадия, где происходит разработка конструкторской документации, а также и технологической документации. Проходит производство опытной партии изделия, его испытания, и последующая корректировка конструкторской документации по результатам производства и испытаний.

3. **Изготовление изделия.** Стадия производства изделий. Здесь обеспечиваются требования к стабильному получению качественной продукции в полном соответствии рабочей документации как конструкторской, так и технологической. Соблюдение требований ТЗ, правил безопасности, экономичности и других факторов.

4. **Поставка изделия.** На данной стадии обеспечиваются требования безопасной, надежной поставки изделия конечным пользователям в заданные сроки.

5. **Эксплуатация изделия.** На этой стадии необходимо обеспечить использование изделия максимально эффективным способом.

6. **Ликвидация изделия.** Заключительная стадия, но не менее важная, здесь необходимо безопасно и эффективно ликвидировать как отходы, так и само изделие.

Нас наиболее интересует этап №2 — **разработка изделия**, а именно разработка КД. Весь процесс разработки конструкторской документации протекает в полном и строжайшем соответствии с определенными правилами. Эти правила содержатся в ЕСКД – единая система конструкторской документации. Данная система ЕСКД представляет собой комплекс различных ГОСТ, они устанавливают требования к разработке, оформлению и обращению КД, которые разрабатываются для любой стадии жизненного цикла изделия (изготовления, испытания, ремонта, поставки, эксплуатации, утилизации и т.д.).

С момента появления компьютеров в различные сферы деятельности людей, проектирование стало автоматизированным. Кульманы, ватманы, простые карандаши остались в прошлом. Сегодня **разработка конструкторской документации** ведется только с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР) или САД-систем. Так как преимущества автоматизированного проектирования перед ручной разработкой КД неоспоримы. Низкая трудоемкость, высокая скорость и качество разработки – это главные преимущества. Наиболее известными САД-системами являются: AutoCAD, Компас-3D, NX, SolidEdge, Catia, Creo, SolidWorks, Fusion 360, Power Shape и многие многие другие.

ЕСКД четко оговаривает, какие документы бывают в составе конструкторской документации. Все перечислять не имеет особого смысла, с их полным перечнем можно ознакомиться в самом ГОСТ 2.102-68. К основным из них относятся: сборочный чертеж, чертеж детали, монтажный чертеж, упаковочный чертеж, спецификация, ведомость спецификаций, пояснительная записка, программа и методика испытаний и т.д.

Качество грузоподъемных машин включает субъективную и объективную оценку показателей на всех этапах жизненного цикла изделий. Однако потребительские свойства грузоподъемных машин, в частности их спрос и конкурентоспособность, зависят от всего жизненного цикла изделия [2], так как формирование показателей качества начинается от исходного сырья и заканчивается удобством и безопасностью утилизации материалов, использованных в изделии [3, 4].

Для перемещения материалов, монтажа конструкций, погрузочно-разгрузочных работ на складах, монтажа и обслуживания технологического оборудования в процессе его эксплуатации в машиностроении используют грузоподъемные машины. Современные поточные технологические и автоматизированные линии, межцеховой и внутрицеховой транспорт требуют применения разнообразных типов грузоподъемных машин и механизмов, которые обеспечивают непрерывность и ритмичность производственных процессов. Нормальная работа и высокая продуктивность производства зависит от правильного выбора грузоподъемного оборудования, поэтому грузоподъемное оборудование в настоящее время превратилось в один из



основных решающих факторов, определяющих эффективность производства. Так как нельзя обеспечить его устойчивый ритм на современной ступени интенсификации без согласованной и безотказной работы современных средств механизации внутрицехового и межцехового транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции [5]. Грузоподъемные машины, относятся к объектам повышенной опасности. Кроме того, грузоподъемные машины, обычно эксплуатируемые в комплексе с другими машинами, могут быть ведущими в технологическом процессе. Поэтому отказ такой машины приводит к большим экономическим потерям. Таким образом, обеспечение высокого качества грузоподъемных машин является важной задачей [6].

Требования к проектированию, устройству, изготовлению, установке, ремонту, реконструкции и эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов, грузозахватных органов, приспособлений и тары определяются правилами Ростехнадзора, которые обязательны для всех министерств, ведомств, объединений, организаций, предприятий и граждан, независимо от форм собственности. Этим требованиям должны соответствовать также грузоподъемные машины и их узлы. К грузоподъемным машинам предъявляются следующие основные требования: надежность, стандартизация и унификация, безопасность, технологичность, транспортабельность, а также экологические, эстетические, эргономические и экономические требования.

Одним из важнейших представителей грузоподъемных машин является кран мостового типа – это разновидность подъемного крана. В зависимости от конструкции кран мостового типа бывает навесным и опорным. По мосту передвигается грузовая тележка, оборудованная лебедкой с крюком, грейфером или магнитом. Кроме того, краны мостовые комплектуются канатными или цепными тальями. Мостовые краны могут управляться из кабины или с пола. Также различают краны мостовые с ручным или электрическим приводом, т. е. кран мостового типа имеет грузоподъемный орган, который работает при помощи собственного подъемного механизма или на базе электротельфера. Кран мостовой общего назначения используется в различных промышленных сферах: от разгрузочно-погрузочных работ на складе до масштабного строительства. На данный момент производство мостовых кранов постоянно совершенствуется, появляются новые решения и изобретения. Например, производство мостовых кранов с грейфером позволило применять его для перемещения насыпных грузов, а производство мостовых кранов со специально укрепленным магнитом ориентировано на металлургические заводы. В последнее время краны мостовые изготавливаются по техническому заданию заказчика, описывающему особенности технологии производства, которое и должны обслуживать будущие мостовые краны. Тем не менее, купить кран мостовой можно и готовой комплектации, в таком случае стоимость крана существенно ниже, чем произведенного индивидуально. Стоимость крана зависит от его грузоподъемности, типа, условий эксплуатации и других факторов [5].

Проектирование и разработка играют стратегическую роль в повышении возможностей удовлетворения запросов заказчиков. Проектирование и разработка представляют собой совокупность процессов, переводящих требования заказчиков в установленные характеристики или нормативную и техническую документацию на продукцию, процесс или систему [7].

Цель проектирования состоит в создании конструкции грузоподъемной машины, обеспечивающей качественное и экономическое исполнение машиной всех функций, предписанных ее служебным назначением [6]. Машиностроительное предприятие для того чтобы начать процесс проектирования, должно иметь творческие идеи и исходные требования заказчиков для реализации нового проекта. Источниками таких идей могут выступать: сотрудники научно-исследовательских подразделений предприятия; заказчики, как реальные, так и потенциальные; деятельность конкурентов. Предприятие, изучая товары конкурента, его политику ценообразования, экономические результаты, гарантии, может получить сведения, которые будут способствовать улучшению ее проектов [8].

#### Библиографический список

1. Анцев В.Ю., Казанлеев М.Х., Ханин К.Н. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы. / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 4. С. 228-238.
2. Шаломин, О.А., Матрохин, А.Ю., Гусев Б.Н. Проектирование качества продукции в потоковых технологических системах/ О.А. Шаломин, А.Ю. Матрохин, Б.Н. Гусев// Методы менеджмента качества. – 2006. – № 6. – С. 10 – 12.
3. Исикава, К. Японские методы управления качеством / К. Исикава. — М.: Экономика, 1988.
4. Балакшин, Б.С. Основы технологии машиностроения. / Б.С. Балакшин - М.: Машиностроение, 1969. - 559 с.
5. Александров, М.П. Грузоподъемные машины: учебник для вузов/ М.П. Александров – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
6. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: учеб. Для машиностроит. спец. Вузов. / И.М. Колесов -2-изд., испр. –М.: Высш. ШК, 1999. – 591 с.
7. Новицкий, Н.И. Организация производства на предприятиях. / Н.И. Новицкий – М.: Финансы и статистика, 2002. – 392 с.
8. Салимова, Т. А. Управление качеством. / Т. А. Салимова. — 5-е изд., стер. — М.: Омега-Л, 2011. — 415 с: ил.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ СКВАЖИН ПНЕВМОПРОБОЙНИКАМИ

*Герман Н.И., студент*

*Научный руководитель – Федоров Д.В., преподаватель*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Пробойники – это самодвижущиеся машины ударного действия, предназначенные для пробивания сквозных и глухих скважин произвольного направления в грунтах 1, 2, 3 и 4 категорий в основном методом прокола (реже – продавливания), а также для забивки металлических труб и анкеров, бестраншейной укладки в скважины асбестоцементных и полиэтиленовых труб, глубинного уплотнения грунта, рыхления слежавшихся насыпных материалов, бестраншейного ремонта подземных коммуникаций, а также для выполнения других работ.

Главными параметрами пробойников являются: энергия удара на прямом ходу, частота ударов, диаметр, длина образуемой скважины и забиваемых труб, а также скорость пробивания скважины и забивания трубы.

Реализация технических характеристик по скорости пробивки и допустимым отклонениям от планируемой трассы предопределяет дополнительные требования к грунтам: отсутствие в них валунов размером более 0,15 м, остатков строительных конструкций, нецелесообразность использования в скальных, мёрзлых, водонасыщенных грунтах.

Пробойники имеют цилиндрическую форму корпуса с заострённой передней частью. Диаметр корпуса соответствует диаметру образуемой скважины. Корпус может выполнять функции рабочего органа и движителя машины.

Рабочий процесс проходки скважины обеспечивается за счёт периодических ударов, наносимых ударником по корпусу машины в направлении проходки. Необходимым условием проходки является компенсация реакции отдачи ударного механизма силами трения о стенки скважины. При нарушении этого условия перемещение пробойника не происходит. Этим же объясняется необходимость наличия специальных устройств для запуска, имитирующих силы трения о корпус машины со стороны грунта, а также ограничений по минимальной глубине пробивки скважин.

С целью расширения диаметра первоначально образованной скважины используются специальные расширители, закрепляемые на корпусе пробойника. Они позволяют расширить скважину примерно в 1,5...2,0 раза по сравнению с её первоначальным размером.

Повышение эффективности использования этих машин связано с увеличением точности проходки скважин. В докладе приводятся конструктив-

ные меры и эксплуатационные приёмы работы, обеспечивающие повышение точности прокола.

Одним из этих приёмов является изменение курса пневмопробойника.

Изменение курса пневмопробойника

Если контрольно измерительное устройство обнаруживает несоответствие курса пневмопробойника, то требуется отклонить рабочий орган в сторону заданного курса. Это может быть достигнуто с помощью отклонителей.

Отклонитель - устройство, создающее боковое поперечное усилие для изменения направления движения рабочего органа при проколе.

Классификация отклонителей:

Отклонители разового действия:

- Закрытые клинья, опускаемые на колонне бурильных труб.
- Закрытые клинья, опускаемые на колонне направляющих труб.
- Открытые неизвлекаемые клинья.
- Открытые извлекаемые клинья.

Отклонители непрерывного действия

Применение следующих видов отклонителей возможно при проколе с помощью пневмопробойника

- Кривой переводник.
- Турбинный отклонитель (ТО).
- Отклонитель турбинный секционный (ОТС).
- Шпindel отклонитель (ШО).
- Отклонитель с эксцентричной накладкой.
- Винтовой забойный двигатель с механизмом искривления.
- Шарнирный отклонитель.
- Центратор с изменяющимся диаметром.

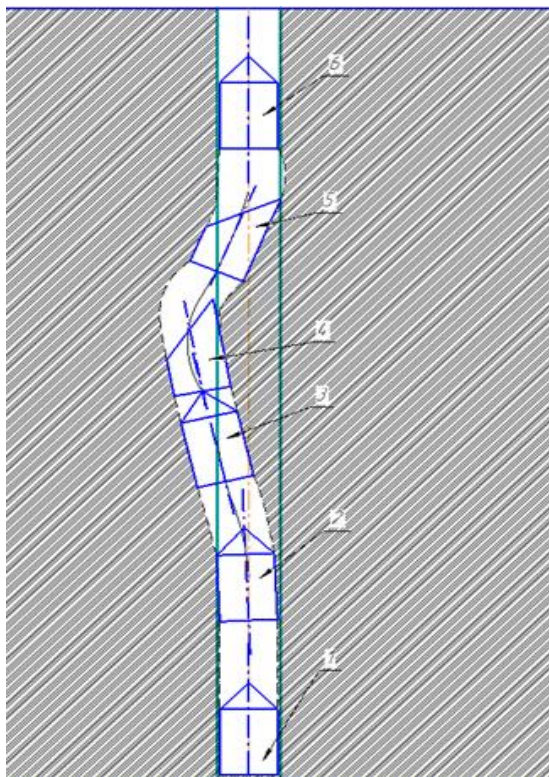
Способ корректировки курса пневмопробойника с помощью пневмопробойника-корректора с закрытым извлекаемым клином

Этап проходки без необходимости корректировки производится с помощью пневмопробойника, который движется в грунте, образуя скважину, в момент, пока описанные выше средства определения его положения следят за корректностью его курса. Если обнаруживается несоответствие проектного и фактического курса, то пневмопробойник останавливается и выводится из скважины. Затем, в скважину вводится пневмопробойник-корректор. Он отличается от обычного тем, что имеет несимметричную форму головной части корпуса, смещенный рабочий орган или рабочий орган со скосом. При проходке по уже разработанной скважине, дальнейшее движение происходит не по прямой, а по криволинейной траектории (дуге), благодаря чему пневмопробойник возвращают на заданное направление. Когда пневмопробойник-корректор вернул машину на заданное направление, его останавливают и извлекают из скважины, а на его место запускается обычный пневмопробойник. В дальнейшем, этот процесс повторяют, при необходимости последующего изменения направления проходки.

В конечном итоге траектория пневмопробойников и ось фактической скважины представляют собой волнообразную линию, колеблющуюся около оси проектной скважины. Величины отклонений от оси проектной скважины будут тем меньше, чем чаще будет определяться и исправляться положение пневмопробойника и его контроль по отношению к оси проектной скважины.

Пробитая скважина будет располагаться в своеобразном коридоре, границы которого могут быть заданы ранее.

Для контроля курса пневмопробойника при прокладке горизонтальной скважины методом бестраншейной пробивки была предложена схема, показанная на рис. 1



**Рис. 1.** Изменение курса пневмопробойника с помощью пневмопробойника-корректора с отклоняющим клином

- 1 – Начало прокола, отклонения от курса нет.
- 2 – Бурение, отклонение от курса не превышает допустимых значений.

3 – Бурение, отклонение от курса превысило допустимые значения. Пневмопробойник выводится из скважины, его заменяет пневмопробойник-корректор.

4 – Бурение, пневмопробойник- корректор начинает возвращать курс на заданную позицию.

5 – Бурение, пневмопробойник- корректор возвращает курс на заданную позицию, выводится из скважины. Его заменяет пневмопробойник без отклонителя.

6 – Бурение, пневмопробойник без отклонителя вернулся на заданный курс.

#### Библиографический список

1. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы (проектирование и строительство). - М.: Недра, 1982. - 384 с.  
Добросельский П.В. патент РФ N 2013499, кл. E 02 F 5/16, опублик. 1994

2. Добросельский П.В патент РФ N 2114300, кл. E21B47/02, E02F5/16, опублик 1998

3. Дроздов А. Н. Ручные машины для строительного-монтажных работ. – М, МГСУ, 1999

4. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства – М.: АСВ 2005

5. Принципы построения радиочастотных систем навигации для бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций // Изд-во СО РАН, 2011 №7.

6. Оценка эффективности дорожных машин как инструмент технического аудита / Г. В. Кустарёв; К. П. Мандровский; Я. И. Тюрин. Механизация строительства №5 2015 с. 18-23

7. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий // М.: ПрессБюро №1, 2005. — 304 с.

8. Фетисова М. А., Горшков Д. Н., Страхов К. А. Прокладка трубопроводов без разрытия траншей // Молодой ученый. — 2014. — №4. — С. 287-289.

9. Храменков С.В., Дрейцер В.Н., Плешков Л.В. Ремонт трубопроводов бестраншейным способом с помощью комбинированного рукава: «ВиСТ», 1998,

# АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Горелов А.Ю., аспирант*

*Научный руководитель – Локшин Е.С., проф., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

На российском рынке строительной и дорожной техники представлен широкий спектр производителей фронтальных погрузчиков. Перед потребителями стоит задача, из всей гаммы представленных моделей выбрать рациональный вариант фронтального погрузчика, что является довольно сложной задачей.

Темп поставок импортных погрузчиков значительно превышает темп относительно производства российской техники. Доля рынка отечественных предприятий не увеличилась, импорт новых погрузчиков значительно превышает производство отечественных погрузчиков (табл. 1).

*Таблица 1*

## Производство фронтальных погрузчиков в Российской Федерации

Предприятие-изготовитель	Количество выпускаемых моделей
«Амкор-Брянск» ООО	13
«Завод Дорожных машин» ООО, г. Рыбинск	1
«Завод Спецмашин «Балтиец» ЗАО, г. С-Петербург	2
«ЧТЗ-Уралтрак» ООО, г. Челябинск	5

Основной причиной закупки отечественных погрузчиков государственными организациями, относительно зарубежных, является их высокая степень ремонтпригодности. Простота и удобство обслуживания с минимальным набором инструментов. К категории сменного оборудования относятся гидравлическое или электрифицированное навесное оборудование, смена которого может выполняться самим оператором.

Использование дополнительно навесного оборудования позволяет заполнить большой спектр строительных и подготовительных работ за счет увеличения функциональности машины, что в свою очередь, позволяет добиться экономической эффективности. Многие представители иностранных компаний констатируют, что более значительное увеличение поставок невозможно из-за ограниченных производственных возможностей.

Анализ рынка дорожно-строительных машин позволил выявить рейтинг фирм наиболее востребованных производителей техники (табл. 2),

наиболее распространенных на территории Российской Федерации, и которых: США-3 фирмы, Япония-2 фирмы, Китай-6 фирм, Корея-2 фирмы, Германия-1 фирма, Турция-1 фирма, ЮАР-1 фирма, Швеция-1 фирма, Италия-1 фирма, Великобритания-1 фирма.

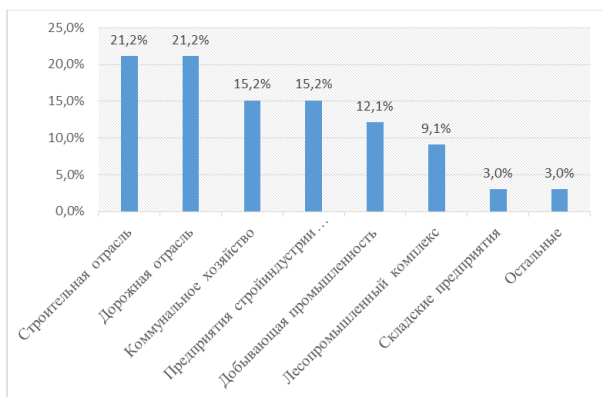
Таблица 2

**Ведущие компании, осуществляющие производство и поставку фронтальных погрузчиков в Российскую Федерацию**

Страна, предприятие-изготовитель		Страна, предприятие-изготовитель	
1.	Caterpillar, США	11.	JCB, Великобритания
2.	Komatsu, Япония	12.	CNH Industrial, Италия
3.	Hitachi, Япония	13.	Hyundai, Корея
4.	Volvo, Швеция	14.	Liugong, Китай
5.	Terex, США	15.	Lonking, Китай
6.	Liebherr, Германия	16.	Shantui, Китай
7.	John Deere, США	17.	XGMA, Китай
8.	XCMG, Китай	18.	BELL, ЮАР
9.	Sany, Китай	19.	Hidromek, Турция
10.	Doosan, Корея		

Данные были получены из различных источников, включая отчеты компаний, их заявления и авторитетные сторонние источники.

На основании сбора и анализа индивидуальных оценок экспертов из числа производителей, дилеров и эксплуатационных предприятий (анкетный опрос) в городе Москве, были получены и обработаны (методом индексов) статистические данные по оснащенности отраслей фронтальными погрузчиками (рис. 1).



**Рис. 1.** Оснащение отраслей фронтальными погрузчиками (в процентах)



Очень важным моментом является формирование отраслевых (общих и специальных) требований к техническим, конструкционным и другим параметрам фронтальных погрузчиков, с целью осуществления выбора рационального варианта для конкретной отрасли применения.

#### Библиографический список

1. Интернет-сайт компании «Петербургский тракторный завод». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.kirovets-ptz.com>
2. Интернет-сайт компании «ЧЕТРА-Промышленные машины». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.chetra.ru>
3. Интернет-сайт компании «АМКОДОР». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.amkodor.by>
4. Интернет-журнал «Экскаватор Ру». [Электронный ресурс]: режим доступа: [http://exkavator.ru/articles/wheel\\_loader/~id=9048](http://exkavator.ru/articles/wheel_loader/~id=9048)
5. Информационный портал Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) [Электронный ресурс] // Режим доступа: [www.aebrus.ru](http://www.aebrus.ru)
6. Интернет-сайт компании «TEREX». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.terex.com>
7. Интернет-сайт компании «CATERPILLAR». [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.cat.com>

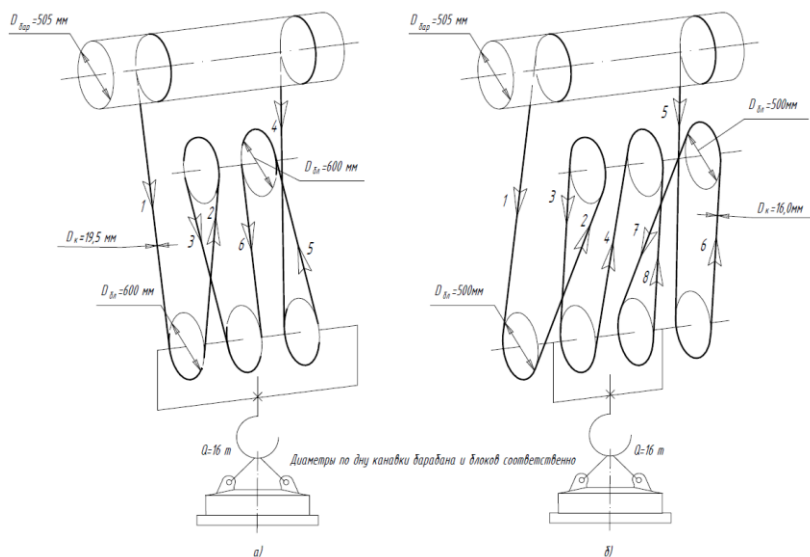
# АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА МОСТОВОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МАГНИТНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 16 ТОНН

*Григорьев С.В., студент*

*Научный руководитель – Леонова О.В., проф., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

В настоящей работе рассмотрены варианты компоновочных схем механизма подъема мостового крана в зависимости от схемы запасовки каната (см. рис. 1).



**Рис. 1.** Схема запасовки каната:

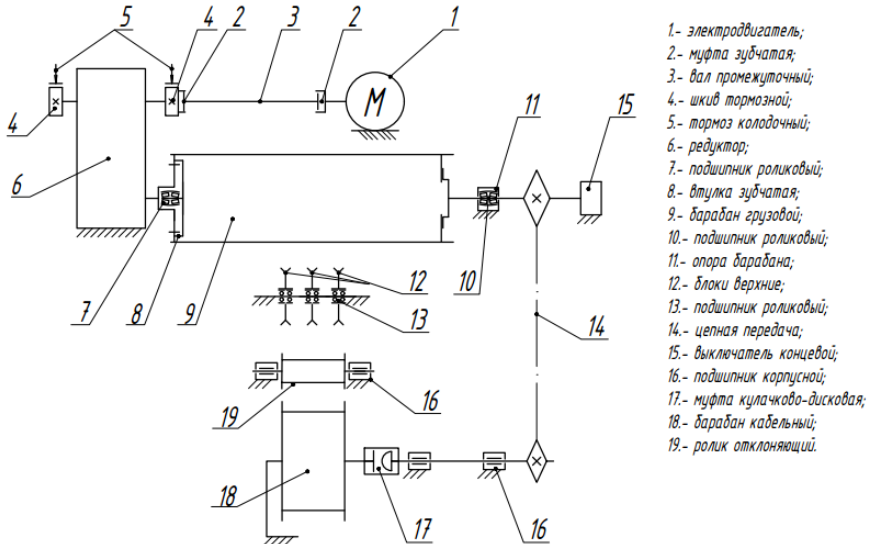
а) кратность полиспаста  $i_n=3$ ; б) кратность полиспаста  $i_n=4$

Изначально принятая схема запасовки каната оказывает большое влияние на выбор комплектующих механизма подъема. В зависимости от выбранной кратности полиспаста возможно: снизить нагрузку на канат; уменьшить диаметры каната, блоков и барабанов, выбрать соответствующие редукторы, электродвигатели и тормоза.

Цель работы – выбрать оптимальную кратность полиспаста, размеры барабана; редуктор, двигатель и тормоз так, чтобы получить компактную

грузовую тележку – с наименьшей колеей, а механизм подъема – с наименьшей массой.

Оптимизация проводилась на примере механизма подъема мостового металлургического магнитного крана грузоподъемностью 16 тонн. Кран предназначен для подачи, настилки, сортировки, уборки и выгрузки из вагонов непрерывно-литой заготовки. Максимальный размер заготовки 200×525×6000 мм, максимальная температура груза +400°С.



**Рис. 2.** Кинематическая схема механизма подъема

Оптимальный вариант может быть определен расчётом для нескольких схем запасовки каната.

Принята схема механизма подъема (см. рис. 2) с односторонним расположением электродвигателя 1 и барабана 9 относительно редуктора 6. Такая схема компактна и широко применяется на мостовых кранах.

В соответствии с рекомендациями ВНИИПТМАШ [10, с. 84] и [11, с. 48] для механизма подъема грузоподъемностью  $Q = 16$  т принят сдвоенный полиспаст кратностью  $i_{\text{п}} = 3$  и 4, барабан с правой и левой нарезкой витков.

Исходные данные для расчета механизма представлены в табл. 1.

## Исходные данные

Параметр	Обозначение	Величина	
		$i_n=3$	$i_n=4$
Грузоподъемность, т	Q	16	
Скорость подъема груза, м/с	$v_n$	0,3	
Диапазон подъема груза, м	$H_n$	16	
Режим работы механизма по ГОСТ 34017	–	M7	
Количество одинарных полиспастов	m	2	
Масса крюковой подвески, кг (Чертеж ПМ22.001.02.05.00.000)	$G_{к.п}$	495	545

Расчет механизма подъема для выбранных кратностей полиспаста ( $i_n = 3$  и  $4$ ) включал в себя выбор каната [4], [1]; определение геометрических параметров блоков и барабана [2], [7]; расчет барабана на прочность [5], [6]; расчет стенки барабана на устойчивость [6]; выбор электродвигателя [9]; выбор редуктора [8], [10]; выбор тормоза [3]; выбор муфт [2].

По результатам проведенных расчетов (см. табл. 2) привод механизма подъема мостового крана для рассмотренных кратностей полиспаста  $i_n = 3$  и  $4$  будет иметь одинаковое значение колеи и практически одинаковую массу. Различие по массе незначительно и составляет около 3%. Но при кратности полиспаста  $i_n = 3$  используется канат большего диаметра при том же диаметре барабана, как следствие напряжения изгиба в канате в таком случае будут больше, а долговечность каната меньше. Таким образом канатно-блочная система будет более жесткой.

Затраты и сложность изготовления привода механизма подъема будут практически одинаковыми как при кратности полиспаста  $i_n = 3$ , так и  $i_n = 4$ .

Комплектующие привода механизма имеют большой запас по ресурсу при кратности полиспаста  $i_n = 4$ . Также режим работы механизма заявлен заказчиком и потому достоверно не известен, так как не рассчитывался.

Поскольку рассматриваемый привод механизма подъема используется для металлургического крана, работающего при высоких значениях температур, ударных нагрузок, скоростей, то считаем оптимальной схему запасовки каната при кратности полиспаста  $i_n = 4$ . При такой схеме запасовки механизм будет иметь большой запас по ресурсу комплектующих и как следствие расчетный срок службы как механизма, так и входящих в него компонентов будет обеспечен с большей гарантией.

## Комплектация привода механизма подъема

<i>Кратность полиспаста <math>i_n=3</math></i>				
№ п. п.	Наименование элемента	Мас-са, кг	Количе-ство, шт	Итоговая масса, кг
1	Электродвигатель 4МТКФ2П280SA6 (55 кВт; 985 об/мин)	550	1	550
2	Редуктор РМ-750-31,5-32М(6,56)	1030	1	1030
3	Тормоз ТКГ-300	55	2	110
4	Обойма зубчатая (узел соединения редуктора с барабаном) (чертеж ПМ022.001.02.03.00.002)	115	1	115
5	Канат ЛК-РО 6х36(1+7+7/7+14)+7х7(1+6); 19,5-Г-I-O-H-1770(180) ГОСТ 7669-80	1,630 кг/м	48 м	78
6	Барабан грузовой (Ø505 мм)	524	1	524
7	Блоки верхние (Ø600 мм)	285	1	280
8	Опора барабана	40	1	40
9	Подвеска крюковая г/п 16 т	495	1	495
Итого				3222
<i>Кратность полиспаста <math>i_n=4</math></i>				
№ п. п.	Наименование элемента	Мас-са, кг	Количе-ство, шт	Итоговая масса, кг
1	Электродвигатель 4МТКФ2П280SA6 (55 кВт; 985 об/мин)	550	1	550
2	Редуктор РМ-750-22,4-32М(6,56)	1030	1	1030
3	Тормоз ТКГ-300	55	2	110
4	Обойма зубчатая (узел соединения редуктора с барабаном) (чертеж ПМ022.001.02.03.00.002)	115	1	115
5	Канат ЛК-РО 6х36(1+7+7/7+14)+7х7(1+6); 16,0-Г-I-O-H-1770(180) ГОСТ 7669-80	1,145 кг/м	64 м	73
6	Барабан грузовой (Ø505 мм)	524	1	524
7	Блоки верхние (Ø500 мм) (Чертеж ПМ22.001.02.04.00.000)	337	1	337
8	Опора барабана (Чертеж ПМ022.001.02.03.05.000)	30	1	30
9	Подвеска крюковая г/п 16 т	545	1	545
Итого				3314

## Библиографический список

1. ГОСТ 33710-2015 Краны грузоподъемные. Выбор канатов, барабанов и блоков. – М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
2. ГОСТ 33171-2014 Краны грузоподъемные. Краны металлургические и специальные. Общие технические требования. – М.: Стандартиформ, 2015. – 12 с.
3. ГОСТ 33166.1-2014 Краны грузоподъемные. Требования к механизмам. Часть 1. Общие положения. – М.: Стандартиформ, 2015. – 16 с.
4. РТМ 24.090.29-77 Краны грузоподъемные. Механизм подъема груза. Метод расчета [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Введ. 04.04.1997.
5. РТМ 24.090.54-79 Краны грузоподъемные мостовые и козловые. Нормы проектирования [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Введен впервые.
6. РТМ 24.090.21-76 Краны грузоподъемные. Барабаны канатные. Метод расчета [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Введ. 09.02.1976.
7. Расчеты крановых механизмов и их деталей. ВНИИПТМАШ [Электронный ресурс]: в 2-х томах. Т.2. Издание 4-е, переработанное и дополненное. – Электронные данные. – М., 1993. – 163 с.
8. ПАО «ЗАРЕМ». Каталог редукторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zarem.ru/obshchemashinostroitelnye-reduktory/reduktory> – (Дата обращения: 21.02.2019).
9. АО «СИБИРСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАВОД». Каталог асинхронных электродвигателей переменного тока [Электронный ресурс]. – Электронные данные.
10. Расчеты крановых механизмов и их деталей. ВНИИПТМАШ [Электронный ресурс]: в 2-х томах. Т.1. Издание 4-е, переработанное и дополненное. – Электронные данные. – М., 1993. – 187 с.
11. Колода С. Ф., Колода А. С. Расчет и конструирование крановых механизмов [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – «Азовье», 2011. – 348 с.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДНОТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕВОЗКИ И ПЕРЕГРУЗКИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

*Дзедатайс А.С., студент*

*Научный руководитель – Гаранин С.Н., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Поскольку атомная энергетика постоянно развивается и потребность все большего числа государств в ней растет, следует максимально серьезно подходить к вопросам планирования и осуществления перевозок всех ее составляющих от производителя до конечного потребителя. Именно по этой причине следует уделять внимание новейшим видам транспортеров и различным видам перегрузочного оборудования (как стационарного, так и передвижного). Конечно данное решение требует немалых капиталовложений, однако оно необходимо для обеспечения максимальной сохранности подобных грузов и усовершенствования перспективной схемы дальнейшего развития атомной энергетике в мире.

Как одну из главных проблем можно выделить наличие у Российской Федерации недостаточного количества оборудования необходимого для осуществления подобных перевозок регулярно. Так же следует упомянуть что чаще всего такие перевозки производятся с применением нескольких видов транспорта из-за малоразвитых транспортных коридоров в отдельных регионах, имеющих потребность в атомной энергетике. Более того порой происходят серьезные ошибки и недочеты при осуществлении подобных перевозок и это приводит в лучшем случае к видимым повреждениям реакторов и их сразу же необходимо не допускать до эксплуатации, а заменять на новые. В противном случае неисправный реактор может привести к страшным последствиям.

## **Транспортировка ядерных реакторов различными видами транспорта:**

Грузы такого объема практически невозможно транспортировать по обычными дорогам. Большой вес и объем требует укрепления дорожного покрытия на всем пути следования. Даже незаметные простому взгляду подземные инженерные коммуникации и линии электропередач вызывают проблемы. А мосты и путепроводы зачастую для подобных грузов становятся непреодолимым препятствием.

Проще дела обстоят при транспортировке по железной дороге. Но и тут требуется подготовка инфраструктуры и корректировка расписания поездов. На пути следования могут временно демонтироваться светофоры, знаки, опоры контактной сети и другие элементы инфраструктуры. Изменяется расписание не только попутных поездов, но и встречных.

Проще всего транспортировать подобные грузы по воде. Даже на небольшой барже корпус ядерного реактора не выглядит крупногабаритным.

***Рассмотрим конкретные примеры перевозок и оценим их.***

Осуществлена транспортировка корпуса реактора для Ростовской АЭС

Организацию транспортировки корпуса ядерного реактора для энергоблока № 2 Ростовской АЭС на всех этапах (от погрузки на ОАО «Ижорские заводы» в г. Колпино Ленинградской области до выгрузки на территории Ростовской АЭС в г. Волгодонске) осуществляла транспортно-экспедиторская компания «Евротранс», которая выступала в качестве генерального перевозчика, при Предназначенный для перевозки корпус реактора изготовлен на ОАО «Ижорские заводы», заказчиком перевозки являлся ФГУП Концерн «Росэнергоатом».

Доставка груза (погрузка на предприятии-изготовителе и выгрузка в пункте назначения) была осуществлена в период с 23 сентября по 19 октября 2006 года.

На первом этапе транспортировки сверхтяжеловесный и сверхнегабаритный груз был погружен на территории цеха ОАО «Ижорские заводы» на единственный в своем роде 28-осный железнодорожный транспортер сочлененного типа и был доставлен железнодорожным транспортом от станции Колпино до станции Новый Порт в Морской порт Санкт-Петербург. Это был самый сложный и ответственный участок операции по транспортировке. В порту корпус реактора при помощи 350-тонного плавающего крана «DEMAG» и кранов ОАО «Морской порт Санкт-Петербург» был перегружен на речное специализированное судно-площадку. Далее Волгодонск перевозка осуществлялась водным транспортом, в ходе которой до Волгодонска груз проследовал по Волго-Балтийскому и Волго-Донскому каналам. 18 октября корпус реактора прибыл на специальный причал ОАО «Энергомаш» г. Волгодонск и в тот же день козловым краном грузоподъемностью 600 тонн был перегружен с речного судна на специальный автомобильный трейлер.

Доставку оборудования от спецпричала на промышленную площадку второго энергоблока Ростовской АЭС осуществляла компания «Спецтяжтранс-Холдинг» на двух сверхмощных тягачах «Ураган». Выгрузка корпуса реактора с автопоезда на специальные тумбы была произведена такелажным способом с помощью гидродомкратов. К 15 часам 19 октября операция по доставке и разгрузке корпуса реактора для второго энергоблока Ростовской атомной станции была успешно завершена.

На данном примере мы можем сделать выводы о том что при перевозке таких грузов применяются очень дорогие и нестандартные решения. Однако следует развивать данное направление ввиду постепенно растущего спроса на подобные перевозки, чтобы обеспечить надежность, доступность и максимальную эффективность подобных перевозок в дальнейшем.



# УЛУЧШЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГИДРОТУРБИН ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС В РАЙОНАХ ШЛЮЗОВЫХ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

*Дзедатайс М.С., студент*

*Научный руководитель – Гаранин С.Н., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Внутренний водный транспорт Российской Федерации - один из видов транспорта, представляющего собой производственно-технологический комплекс с входящими в него организациями, осуществляющими судоходство и иную связанную с судоходством деятельность на внутренних водных путях Российской Федерации.

Внутренние водные пути Российской Федерации - пути сообщения внутреннего водного транспорта, определяемые Правительством Российской Федерации.

Судоходство - деятельность, связанная с использованием на внутренних водных путях судов для перевозок грузов, пассажиров и их багажа (включая операции по погрузке и выгрузке грузов и багажа, посадке и высадке пассажиров), почтовых отправлений, буксировки судов и плавучих объектов, проведения поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, строительных, путевых, гидротехнических, подводно-технических и других подобных работ, лоцманской и ледакольной проводки, спасательных операций, осуществления мероприятий по охране водных объектов, защите их от загрязнения и засорения, подъема затонувшего имущества, проведения мероприятий по контролю, проведения научных исследований, для учебных, спортивных и культурных целей, иных целей внутреннего водного транспорта.

Логистика — управление материальными, информационными и людскими потоками с целью их оптимизации (минимизации затрат).

Судоходный шлюз — гидротехническое сооружение на судоходных и водных путях для обеспечения перехода судов из одного водного бассейна (бьефа) в другой с различными уровнями воды в них. С двух сторон шлюз ограничен затворами (воротами), между которыми располагается камера с регулируемым уровнем воды.

Гидравлической турбиной (гидротурбиной) называют двигатель преобразующий механическую энергию воды в энергию вращения турбины. Современная классификация турбин включает в себя их деление на классы, системы и типы.

Основным рабочим органом гидротурбины, в котором происходит преобразование энергии- рабочее колесо. Вода подводится к рабочему ко-

лесу в активных гидротурбинах через сопла, в реактивных - через направляющий аппарат.

Мини гидроэлектростанция – это оборудование мощностью от 1 до 3000 кВт, которое включает в себя водозаборное устройство (турбину), генерирующий энергоблок и систему управления оборудованием.

Малыми считаются гидроэлектростанции вырабатывающие мощность до 5,0 МВт. Существующие малые гидроэлектростанции классифицируются по:

Принципу действия

Возможности применения

По конструкции турбины

По условиям монтажа

Оптимизация транспортных перевозок – это использование методов и технологий, позволяющих максимально точно рассчитать время управления маршрутами и расходами, связанными с перевозками.

Основные задачи транспортной оптимизации:

Основная задача, которая стоит перед менеджерами организации в данном аспекте, это снижение затрат на перевозки без потери их качества. Основные типы издержек, характерных для процесса перевозки сырья, готового товара или персонала:

Затраты на погрузку/разгрузку, а также доставку товара в торговую точку.

Расходы на эксплуатацию, текущий и капитальный ремонт ТС.

Топливные затраты.

Оплата труда водителей, механиков, экспедиторов.

Уплата налогов, пошлин, таможенных сборов.

Затраты на проезд по платным автодорогам.

Оптимизация транспортной работы необходима при неконтролируемом росте описанных издержек. Процесс оптимизации транспортных расходов на предприятии начинается с анализа текущей логистической стратегии и сбора рекомендаций по ее коррекции.

Издержки производства — затраты, связанные с производством товаров. В бухгалтерской и статистической отчетности отражаются в виде себестоимости. Включают в себя материальные затраты, расходы на оплату труда, проценты за кредиты.

Процесс перевозки турбин очень трудоемок и под силу только специалистам. Сложности заключаются в негабаритных размерах перевозимых турбин, а также в их большом весе.

Паровые и газовые турбины очень разные по конструкции, назначению и массогабаритным характеристикам. Объединяет их высокая стоимость и чувствительность к механическим повреждениям, в том числе к нештатным ударным нагрузкам. Поэтому при планировании транспортной операции основное внимание уделяется вопросам подбора грузовой платформы и надёжного крепления.

Гидротурбины для генераторов ГЭС менее критичны к механическим воздействиям, но при этом их характеризуют очень большие размеры и вес.

Перед транспортировкой турбин специалисты разрабатывают маршрут, который в дальнейшем согласовывается с органами ГИБДД. Выдаются необходимые разрешения на перевозку, выделяется сопровождение сотрудниками ДПС.

Дорога от места погрузки турбин и до конечного пункта, должна быть максимально короткой и безопасной, без сложных рельефов. Дело в том, что турбина является чувствительным оборудованием, и какое-либо механическое повреждение может стать для нее губительным.

Важным моментом при перевозке турбин является выбор грузового транспорта. Тягачи с прицепами подходят для данных целей как никогда. Они обладают хорошей грузоподъемностью, оснащены необходимыми крепежными элементами и противооткатами. При помощи их, турбина доедет непосредственно до пункта выгрузки. В некоторых случаях из-за больших параметров груза организуется автопоезд, достигающий нескольких десятков метров.

Кроме того, турбина может быть отправлена железнодорожным или морским транспортом. Однако эти способы доставки являются более затратными и уже не мобильными. В данном случае потребуется дополнительный автотранспорт, который и довезет технику до конечного пункта.

Вывод:

Таким образом, чтобы улучшить перегрузочный процесс при перевозке гидротурбин, нужно использовать методы и технологии, чтобы рассчитать все затраты на погрузку и разгрузку и рассчитать время управления маршрутами.

#### Библиографический список

1. [www.biblus.ru](http://www.biblus.ru)
2. В.В. Парлит. Гидравлические турбины.
3. <http://www.gigavat.com>

## **ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЛАВУЧИХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*Дьяконов С.В., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Обоснование механовооруженности перегрузочных комплексов и выбор их типа в каждом конкретном случае является сложной комплексной задачей. Наличие ограничений по глубине водного пути, высокая стоимость причальных сооружений обуславливают актуальность применения плавучих перегрузочных комплексов [1,2].

Очевидно, что выбор средств механизации и автоматизации технологических процессов зависит от объема и режима выполняемых работ. В связи с ростом производительности труда и постоянно расширяющимся объемом производства значительно возрастают объемы работ, связанные с большой номенклатурой грузов, отличающейся как по типу, так и по виду. Для создания современного технологического процесса требуется создание плавучих перегрузочных комплексов, способных обеспечить высокую степень механизации и автоматизации.

На выбор вида перегрузочного комплекса влияет большое число факторов: вид груза, тип судов, с которых и на которые ведется перегрузка, грузопоток, проходящий через перегрузочный комплекс, требуемая производительность, удобство обслуживания, соблюдение требований безопасности и др. [3,5-7].

При выборе типа перегрузочного оборудования необходимо выполнить сравнительный анализ возможных вариантов и выбрать наиболее подходящий для данных условий. Следует учитывать, что один и тот же груз может перегружаться различными по конструкции механизмами. Выбор типа перегрузочного устройства следует производить с учетом того, что в процессе перегрузки должна быть исключена возможность повреждения груза или его частичная утеря (например, бой хрупких изделий, высыпание сыпучих грузов на акваторию) [3].

Для выбора перегрузочного оборудования на основании проведенного анализа были выбраны следующие направления исследования:

- степень механизации и автоматизации технологического процесса;
- производительность технологической линии;
- выработка на одного рабочего или трудоемкость перегрузки одной тонны груза;
- расход материалов, топлива и электроэнергии;

сложность и продолжительность подготовительно - заключительных операций технологического процесса, а также содержания предусмотренных технических средств в исправном состоянии и готовности к работе;

экономическая эффективность при заданном грузообороте;

выполнение требований безопасности производства работ и противопожарной безопасности;

обеспечение сохранности груза;

реальные возможности внедрения технологии, исходя из наличия перегрузочной техники, оснастки и персонала, соответствующей квалификации, а также перспективы развития этих производственных возможностей.

На основе методики обоснования механовооруженности перегрузочного комплекса [4] разработана математическая модель оптимального выбора машин и оборудования плавучего перегрузочного комплекса.

### Библиографический список

1. Дьяконов С.В., Замолотчиков А.М. «Исследование процессов перегрузки груза с судна на судно на акватории» // // Интерстроймех–2018 [Электронный ресурс] : сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.) / ред. кол.: [С.Я. Галицков и др.]; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (22 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/>
2. Дьяконов С.В., Замолотчиков А.М. «Организация процессов перегрузки груза с судна на судно на акватории» // // Интерстроймех–2018 [Электронный ресурс] : сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.) / ред. кол.: [С.Я. Галицков и др.]; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (22 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/>
3. Комплексная механизация портовых перегрузочных работ Н. И. Ерофеев, Г. И. Гордеев, В.Я. Зильдман, М.П. Масюк. М.: Транспорт. 288 с. 1977г.
4. Суколенов А. Е. Методика обоснования на ЭВМ оптимальной механовооруженности причалов. — Москва : Транспорт, 1972. - 199 с. : черт.; 22 см. - (Труды Центрального научно-исследовательского института экономики и эксплуатации водного транспорта/ М-во реч. флота РСФСР; Вып. 85).
5. ГОСТ Р 57113-2016 Внутренний водный транспорт. Комплексы перегрузочные и терминалы пассажирские речных портов. Оборудование акватории и рейдов. Требования безопасности

6. ГОСТ Р 55439-2013 Внутренний водный транспорт. Перегрузочные комплексы и пассажирские терминалы речных портов. Требования безопасности

7. ГОСТ Р 55441-2013 Внутренний водный транспорт. Эксплуатация перегрузочных комплексов и пассажирских терминалов речных портов. Общие требования безопасности

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЪЕМНИКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ**

*Евсеева К.А., студентка*

*Научные руководители – Касьянов В.Ф., проф., к.т.н.,*

*Степанов М.А., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)*

*(Российская Федерация)*

При реконструкции зданий применяются различные средства механизации: краны башенные, автомобильные или короткобазовые (при работе в стесненных условиях), строительные подъемники, средства малой механизации.

Для ремонта фасадов высотных зданий, сантехнических и монтажных работ в основном применяются строительные подъемники и платформы, а при проведении других работ (например, снятие лифта в здании) применяют строительные мачтовые и коленчатые подъемники.

Выбор подъемника зависит от конструкции здания (этажность, конфигурация) и видов работ. В зависимости от этажности здания строительные подъемники используются свободностоящие и приставные. Свободностоящие подъемники применяются при высоте подъема не более 20 м. Приставные подъемники грузовые применяются при высоте подъема до 100 м, грузопассажирские – до 350 м.

Для малоэтажных (до 3-х этажей) могут использоваться подъемники отечественного производства, представленные в табл.1

**Отечественные свободностоящие подъемники для зданий до 3-х этажей**

<b>Тип подъемника</b>	<b>Высота подъема, м</b>	<b>Грузоподъемность, кг</b>	<b>Мощность привода, кВт</b>	<b>Удельные энергозатраты, Вт/кг</b>
<b>ТВ-3А (С-508 А)</b>	9	320	3,7	4,56
<b>ПГС-500</b>	75	500	6,3	12,6
<b>ТП-5</b>	17	500	8	16
<b>ТП-14</b>	27	500	8,2	16,4
<b>ТП-17</b>	75	500	8,5	17

Удельные энергозатраты – отношение мощности привода к грузоподъемности. Анализируя данные в таблице 1 видим, что по функциональным энергозатратам для выполнения сантехнических и монтажных работ для малоэтажных зданий при реконструкции целесообразно использовать подъемник ТП-14 или ТП-17.

При реконструкции зданий более 5 этажей применяются грузовые и грузопассажирские подъемники канатные или реечные.

Для зданий до 12 – 14 этажей можно использовать канатные и реечные подъемники. Грузовые подъемники целесообразно использовать в том случае, когда лифты не демонтированы. Отечественные грузовые канатные подъемники представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Приставные грузовые канатные подъемники отечественного производства**

<b>Тип подъемника</b>	<b>Высота подъема, м</b>	<b>Грузоподъемность, кг</b>	<b>Мощность привода, кВт</b>	<b>Удельные энергозатраты, Вт/кг</b>
<b>ПМГ-500</b>	150	500	7,5	15
<b>ПМГ-750</b>	120	750	11	14,6
<b>ПМГ-1000</b>	100	1000	15	15
<b>ПМГ-1300</b>	100	1300	11	15

Из табл. 2 видно, что по энергетическим и функциональным параметрам для зданий 12 – 14 этажей подходят грузовые подъемники ПМГ-750. Максимальная масса перевозимого груза не превышает грузоподъемность подъемника и имеет наименьшие удельные энергозатраты.

При реконструкции зданий монтаж конструкции производится при отключенном энергоснабжении. В этом случае применение только грузовых подъемников представляется затруднительным, так как это снижает производительность из-за необходимости перемещения рабочих на этажи

здания. В этом случае необходимо применять грузопассажирские подъемники. Грузопассажирские подъемники приведены в табл. 3.

Таблица 3

### Приставные грузопассажирские подъемники

Тип подъемника	Высота подъема, м	Грузоподъемность, кг	Мощность привода, кВт	Удельные энергозатраты, Вт/кг
<b>МГП-1000</b>	150	1000	23,35	23,5
<b>ALIMAK CH</b>	120	800	14	17,5
<b>ALIMAK Scando 10/32</b>	150	1000	26	26
<b>ДМВ-1003/100</b>	150	1000	17	17

Применение противовеса в подъемниках существенно снижает нагрузку на привод подъемника, поэтому при сравнительно небольших высотах зданий (12 – 14 этажей) выгоднее использовать подъемники с противовесом. При больших высотах в связи с достижением массы канатов слишком больших величин, применение подъемников с противовесом не целесообразно.

При реконструкции зданий больше 14 этажей наиболее рационально применять реечные грузопассажирские подъемники, например ALIMAK CH.

### Библиографический список

1. Барков А.Ю., Степанов М.А. Режимы нагружения строительных грузопассажирских подъемников. М.: Строительные и дорожные машины №8. 1999 г. – 8-9 с.
2. Евсеева К.А., Степанов М.А., Касьянов В.Ф. Методика подбора строительных подъемников при капитальном ремонте зданий. Механизация и автоматизация строительства. Сборник статей. Самара, 2018 г. – 49-52 с.
3. Сайт Alimac group [Электронный ресурс]. – С.-П.: ООО «Алимак», – Режим доступа: <http://www.alimac.ru/>, свободный.
4. Евсеева К.А. Применение подъемного оборудования при реконструкции жилых зданий. Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации. Электронный ресурс. 2018 г. – 286-294 с.
5. Барков А.Ю. Режимы нагружения привода грузопассажирского строительного подъемника с зубчато-реечным механизмом подъема: дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва, 2003 г. – 157 с.



6. Касьянов, В. Ф. Реконструкция жилой застройки городов: учебное пособие. М.: АСВ, 2005 г. – 224 с.

7. Нечаев Н.В. Капитальный ремонт жилых зданий. М.: Стройиздат, 1990 г. — 207 с.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕЧНЫХ ПОРТОВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ ГРУЗОВ**

*Егорov С.В., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А. М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

За последние 10-15 лет уровень механизации отечественных морских портов заметно возрос: в технических парках стивидорных компаний, особенно крупных, появилось немало нового перегрузочного оборудования, способствующего быстрой и эффективной перегрузке различных грузов.

Изменение корреспонденции, состава и характеристик грузопотоков, проходящих через речные порты Российской Федерации, значительный срок службы имеющихся в портах перегрузочных машин (в первую очередь – порталных кранов) [1], а также широкий выбор современных технических средств, имеющих ряд характеристик, превосходящих показатели порталных кранов [2], выводят задачу обоснования перевооружения перегрузочных комплексов речных портов на иной уровень, особенно в рамках реализации положений «Стратегии развития водного транспорта до 2030 г.».

Базируясь на действующие нормы технологического проектирования [3], [4] и методики обоснования механовооруженности перегрузочных комплексов [5], [6], необходимо дополнительно учитывать:

- современное состояние сооружений и оборудования;
- наличие и характеристики инженерных сетей;
- режимы эксплуатации;
- имеющуюся пропускную способность складов, фронтов обработки транспортных средств и др.

При проведении модернизации перегрузочного комплекса должны быть учтены требования технических регламентов [7], [8].

Безопасность портовых сооружений на стадии эксплуатации в соответствии с ГОСТ Р 55441 [9] обеспечивается их конструктивной безопасностью, соблюдением установленного режима эксплуатации, безопасными методами ведения перегрузочных работ и др.

Поэтому выбирая тип перегрузочного оборудования для эксплуатируемого причала необходимо учитывать, что нормы эксплуатационных нагрузок следует устанавливать для каждого участка причального фронта, отличающегося по конструкции или по техническому состоянию конструктивных элементов, независимо от объединения ряда участков в один причал по эксплуатационной нумерации [10]. При изменении условий эксплуатации проектной организацией или аккредитованной в установленном порядке специализированной организацией должны быть проведены поверочные расчеты сооружений, результаты которых определяют новый режим их эксплуатации.

При разработке схемы механизации и технологических схем перегрузочных работ необходимо учитывать особенности конструкции и эксплуатации различных видов машин и оборудования:

- наличие (отсутствие) портала;
- наличие (отсутствие) рельсов;
- данные диаграммы грузоподъемности;
- наличие (отсутствие) гибкой подвески грузозахватного устройства;
- место нахождения крановщика (оператора перегрузочной машины);
- размещение мест загрузки-разгрузки сухопутных транспортных средств;
- мобильность
- и др.

Дополнительным фактором, влияющим на выбор перегрузочных машин в процессе перевооружения, является безопасность, простота и низкая стоимость технической эксплуатации выбираемых перегрузочных машин и оборудования.

В условиях недостатка собственных оборотных средств на дорогостоящее оборудование, отсутствия в стране адекватной системы кредитования, отхода государства от прямого финансирования развития транспортной инфраструктуры к моделям государственно-частного партнерства основным критерием выбора перегрузочных машин и оборудования может быть стоимость модернизации перегрузочного комплекса с учетом изложенных выше ограничений.

#### Библиографический список

1. А.М. Замолотчиков, С.В.Егоров Применение мобильных кранов на причалах речных портов // Материалы XXII-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» — Москва : Издательство МАДИ, 2018

2. А.М. Замолотчиков, С.В. Егоров Сравнительный анализ использования порталных и мобильных кранов в речных портах // Интерстроймех–2018 [Электронный ресурс] : сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.) / ред. кол.: [С.Я. Галицков и др.]; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации,

- Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (22 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/>
3. Нормы технологического проектирования портов на внутренних водных путях (утв. Службой речного флота Минтранса России 01.12.1997)
  4. РД 31.3.05-97 (дополнения). Нормы технологического проектирования морских портов, Москва, 2013
  5. Суколенов А. Е. Методика обоснования на ЭВМ оптимальной механизированности причалов. — Москва : Транспорт, 1972. - 199 с. : черт.; 22 см. - (Труды Центрального научно-исследовательского института экономики и эксплуатации водного транспорта/ М-во реч. флота РСФСР; Вып. 85)
  6. Инструкция по обоснованию специализации причалов, потребных ресурсов порта в годовом периоде, содержащая оптимизационные решения. Утв. УЭФИП 26 апреля 1979 г. / ММФ СССР. М. ММФ СССР, 1979.- 93 с.
  7. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. N 623 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта»
  8. Постановление Правительства РФ от 12 августа 2010 г. N 620 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов морского транспорта»
  9. ГОСТ Р 55441-2013 Внутренний водный транспорт. Эксплуатация перегрузочных комплексов и пассажирских терминалов речных портов. Общие требования безопасности
  10. ГОСТ Р 56241—2014 Внутренний водный транспорт. Техническая эксплуатация портовых гидротехнических сооружений. Требования безопасности

## ОСОБЕННОСТИ ОБОСНОВАНИЯ КРЫТЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПОРТАХ

*Емяшева Д.Д., магистрантка*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

На сегодняшний день проблема простаивания судов в портах из-за погодных условий существенно усложняет организацию и планирование работы водного транспорта. [2] Для возможности дальнейшего проектирования данного инновационного решения необходимо обоснование всех критериев и ограничений, возникающих при анализе особенностей «всепогодных» перегрузочных комплексов.

Актуальность темы и неполнота научных исследований в области обоснования оптимальных размеров крытых причальных сооружений, определяют основную цель и направленность исследования – совершенствование научно-методических основ определения размеров причальных комплексов, обеспечивающих заданную пропускную способность. [5]



**Рис. 1.** Выгрузка груза в крытом перегрузочном комплексе порта Коккола, Финляндия

Разработка опорных планов для обоснования крытых перегрузочных комплексов в портах - представляет собой трудоемкую процедуру, и показывает необходимость проанализировать ряд критериев и ограничений возникающих при проектировании причальных комплексов.

Первоочередной задачей в данном процессе является выбор региона нашей страны под плановое проектирование терминала, так как климат и погодные условия в различных районах страны существенно влияют на выбор предлагаемого технологического решения: применение крытого перегрузочного комплекса с комбинированным крытым либо открытым складом хранения. Данное инновационно-технологическое решение помогает избежать потерь рабочего времени из-за метеорологических условий (вет-

ра, волн, дождя и так далее) и потерь качества груза из-за влияния осадков. [1,3]

На следующем этапе, необходимо определить габариты комплекса, в частности: длину причальной линии и площадь необходимой складской емкости при заданной пропускной способности порта, так как от данного решения будет зависеть ценовой диапазон данного вопроса, а также выбор перегрузочного оборудования [6].

Перегрузочное оборудование, подходящее по ограничениям предполагаемых вложений в данный терминал, зависит также от специализированности терминала под определенные виды грузов, так как в крытых перегрузочных комплексах есть возможность без потерь времени и качества перегружать грузы, боящиеся атмосферных осадков, такие как: минеральные удобрения, хладнокатаная сталь, зерно, цемент и так далее.[4]

При обосновании данного решения, нужно учитывать необходимость буксировки судов к крытому причалу. Данный процесс серьезно влияет на время нахождения судна в порту, так как швартовка происходит в ограниченных условиях. [7]

На основе полученных данных проработана математическая модель получения опорных планов прохождения грузов через крытый перегрузочный терминал.

#### Библиографический список

1. Емяшева Д.Д., Замолотчиков А.М. «Крытые перегрузочные терминалы – инновационные решения в проектировании портов» // «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы», 2018г.
2. Емяшева Д.Д., Замолотчиков А.М. «Особенности работы крытых перегрузочных комплексов» // Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции, 2018 г.
3. Руководство по технологическому проектированию морских портов (РД 31.3.01.01-93, приложение 23)
4. Сайт всепогодных терминалов в Европе [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://allweatherterminals.com>
5. Сайт всепогодных терминалов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://morprouekt.ru/articles/materialy-po-tekhnologii/>
6. Сайт проектирования всепогодного терминала в Генте [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.generalcrewing.com/new/2092-north-sea-port-developing-all-weather-terminal-in-ghent>
7. Сайт о складских емкостях крытых терминалов порта Роттердам [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.portofrotterdam.com/en/distribution-storage-and-value-added-services>

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА КРЫТЫХ ЗАГЛУБЛЕННЫХ СКЛАДОВ И ОСНОВНОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ НА БАЛКЕРНЫХ ТЕРМИНАЛАХ

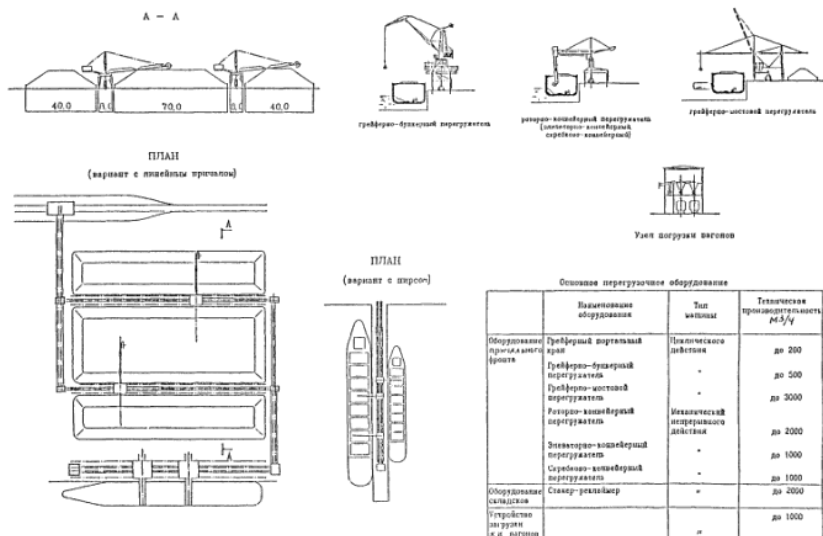
*Ильин В.В., магистрант*

*Научный руководитель – Фомин Е.И., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

На сегодняшний день экспорт угля является одним из важнейших отраслей экономики России. Согласно мировым подсчетам – доля экспорта российского угля на мировом рынке составляет 50%. . Конкурентоспособность на мировом рынке будет определяться главным образом транспортно-технологическими системами (ТТС). На них опирается логистика экспорта угля и слабым звеном которых является морские порты и специализированные перегрузочные комплексы.

Все российские морские специализированные терминалы проектируются и строятся по единому образцу, которые указаны в «Нормах технологического проектирования морских портов». Характеризуются такие терминалы большой площадью занимаемой территории, применением сложной и дорогой механизацией (большое число пересыпных станций, стакеры-реклаймеры, и др.). Склады – открытые. Схема такого терминала представлена на рисунке 1. Сильный недостаток этой схемы – экология. Одним из негативных свойств угля является пыль. В ходе перегрузочных работ или просто при хранении груза при порывах ветра, встает очень сильная пыль, которая разлетается по всему терминалу и ближайшие населенные пункты



**Рис. 1.** Схема механизации специализированного угольного терминала

В ходе работы над данной проблемой нами были рассмотрены некоторые терминалы, где были применены другие технологии перевалки пылящих грузов, а именно: Балкерный терминал порта Вентспилс, терминал LKAB в порту Нарвик. А так же рассмотрены купольные склады и проект полуоткрытого склада на терминале Астафьево.

Анализ работы крытого терминала в порту Вентспилс показал, что крытые терминалы прекрасно справляются с проблемой экологии. Однако не могут полностью решить проблему с площадью занимаемой территории, ибо вместимость одного склада не сильно превышает штабель угля при открытом хранении, а так же не решает проблему с применением дорогостоящего оборудования, так как на каждой секции крытого терминала необходимо использовать – крацер-кран.

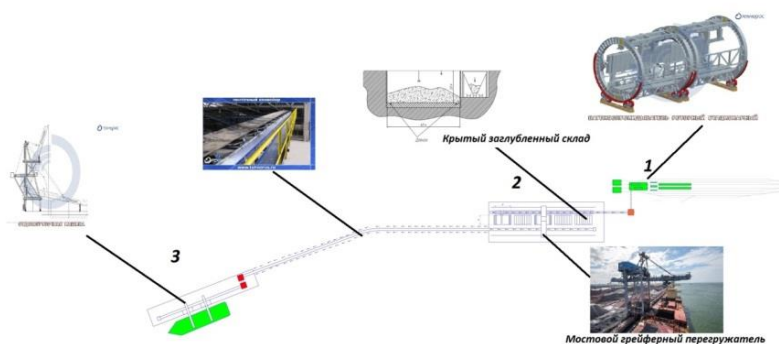
Анализ работы купольных складов показал, что применение такого рода складов, так же позволяет решить проблемы с экологией. Однако, при этом, в каждом куполе необходимо размещать специализированные машины для отгрузки угля и формирования штабеля, при этом вместимость одного такого купола не превышает 250 тыс. тонн.

Терминалу в Астафьево трудно дать какую либо оценку на этапе проекта. Однако уже сейчас можно сделать вывод о том, что проблемы с экологией останутся, площадь занимаемой территории останется все столь же большой, а применяемое оборудование останется аналогичным терминалам с применением открытых складов.

Терминал LKAB в порту Нарвик, Норвегия, специализируется на перевалке окатышей. На терминале используются крытые заглубленные тер-

миналы, без использования перегрузочной машины на складе. Доставка окатышей к причалу осуществляется подземным конвейером. Такой терминал позволяет решить проблемы и с экологией, и с дорогостоящим оборудованием, а так же с площадью занимаемой территории.

Нами предлагается доработать терминал ЛКАВ и использовать крытый заглубленный склад для перевалки угля. Для этого необходимо в качестве основной конструкции склада перейти от силосного типа к прямоугольному параллелепипеду. Поскольку уголь нельзя транспортировать под землей из-за его склонности к самовозгоранию, то в качестве основной перегрузочной машины на складе использовать мостовой грейферный перегрузчик для разгрузки склада, а для загрузки использовать штабелер-укладчик. Схема терминала с применением крытого заглубленного склада показана на рисунке 2.



**Рис. 2.** Схема терминала с применением крытого заглубленного склада:  
1 – тыловой фронт, 2 – складской фронт, 3 – причальный фронт

При выборе крытого заглубленного склада необходимо учитывать и выбор основной перегрузочной машины, ибо это может быть и не обязательно мостовой грейферный перегрузчик. Такой машиной может выступать и консольный кран, козловой кран и др. Тогда в зависимости от выбора машины может меняться конструкция самого склада. Например, при использовании крацер-крана склад может иметь вид прямоугольной трапеции.

Методика выбора склада следующая:

- 1) определить предполагаемый объем грузооборота;
- 2) определить предполагаемый объем единовременного хранения груза на складе;
- 3) рассчитать по формуле емкость склада:

$$E = \frac{G \cdot 360}{S_{xp}},$$



где  $G$  – пропускная способность терминала;

$S_{xp}$  – срок хранения груза на складе.

4) определить основную перегрузочную машину на складе.

Основная перегрузочная машина (ОПМ) на складе выполняет операции по формированию/расформированию штабеля, транспортировке груза по территории склада. В практике работы терминалов навалочных грузов в качестве таких машин могут выступать: порталный кран, мобильный кран, крацер-кран, стакер-реклаймер, грейферный перегружатель и мостовой кран.

При выборе основной перегрузочной необходимо учитывать то, что ее производительность должна равняться производительности судопогрузочной машины на причале. Например, если производительность судопогрузочной машины равна 3500 т/час, то и производительность основной перегрузочной машины должна равняться 3500 т/час. Исходя из необходимого объема единовременного хранения и размеров склада, подбирается и машина.

#### Библиографический список

1. Блиновская Я.Ю. Морская экология и прибрежно-морское природопользование: Учебное пособие. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 168 с
2. Кобзев А.П. Козловые краны и мостовые перегружатели. Саратов. гос.техн.ун-т., 2005 - 93 [3] с.
3. Костин И.В. Порты, портовые сооружения и их техническая эксплуатация. М.:МГАВТ, 2016. - 100 с.
4. Новиков, В.К. Экологические аспекты эксплуатации перегрузочного оборудования в порту. Учебное пособие - М.: МГАВТ, 2015. - 148 с
5. Степанов. А.Л. Перегрузочное оборудование портов и транспортных терминалов. Учебное пособие. Политехника, 2013. - 427с.
6. Фомин Е.И., Ильин В.В. Обоснование технического задания на основную перегрузочную машину на терминале с применением крытых заглубленных складов. XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных «подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы». Материалы конференции. Москва, 25 апреля 2018 г. Том 1, Москва, МАДИ, 2018, с.279.
7. РД 31.03.05-97 «Нормы технологического проектирования морских портов»

# УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕГРУЗОЧНЫМИ МАШИНАМИ С ГИБКОЙ ПОДВЕСКОЙ ГРУЗА КАК ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ОДНОВРЕМЕННОГО ПЕРЕНОСА ГРУЗА И УСТРАНЕНИЯ ЕГО КОЛЕБАНИЙ

*Клочков М.С., студент*

*Научный руководитель – Гаранин С.Н., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

В речных и морских портах преобладающую долю основных перегрузочных машин, используемых для погрузки и выгрузки судов, составляют порталные краны и перегружатели. Эти машины используют гибкую подвеску груза на канатах с высокими скоростями движения, большими высотами подъёма и расстояниями перемещения.

Использование жёстких металлоконструкций в машинах подобного типа значительно увеличило бы нагрузки на металлоконструкции, сделало бы машины тяжёлыми, что, в свою очередь, потребовало бы укрепления дорогостоящих причальных стенок, времени и значительных денежных средств.

Таким образом, альтернативы существующим машинам с гибкой подвеской грейфера, спредера или иного захватного устройства в обозримом будущем, как и в прошедшем столетии, не предвидится. В то же время растущие требования к автоматизации и роботизации дорогостоящих портовых технических устройств заставляют фирмы искать решения даже для таких сложно поддающихся роботизации машин, как порталные краны, грейферные и контейнерные перегружатели.

Отдавая себе отчёт в том, что такая задача в обозримом будущем вряд ли будет решена, так как процесс направления на груз, непрерывный учёт состояния груза и всей оперативной обстановки под силу в настоящее время возможен лишь для профессионально подготовленного крановщика, автор всё же считает, что и для существующих кранов и перегружателей, управляемых традиционными способами, теоретические основы рассматриваемого процесса представляют интерес, так как позволяют объяснить практически полезные приёмы и, следовательно, совершенствовать качество теоретической подготовки молодых крановщиков.

Интерес к задаче неоднократно возникал и пропадал по мере выполнения теоретических работ, защиты диссертаций, внедрения изобретений, создания компьютерных тренажёров. В одной из таких работ по созданию тренажёра крановщика на кафедре ПТМиР МГАВТ участвовал и автор в качестве программиста математической модели.

Многочисленные тренировки за тренажёром показали, что процесс направления и переноса груза является отнюдь не простым и элементарным, а требует специальных приёмов, носящих эмпирический характер.

Как и на практике, в итоге каждый тренирующийся обучается этому процессу, но с разной долей эффективности.

Сложность обучения состоит при этом как в отсутствии хорошей теоретической основы для данного процесса, понятной на уровне обычного техника, так и в разной степени предрасположенности обучаемого к выполнению этих нестандартных задач – скорость реакции, разумная оценка и интуитивное чутьё – когда выполнять тот или иной приём.

Рассматриваемая задача представляется определённым вызовом механику-теоретику, так как решается она ежечасно и ежесекундно десятками тысяч работающих крановщиков в отсутствие ясной теоретической базы.

Однако роботизация систем требует исследования этого и подобных вопросов, так как автоматика и компьютерные методы требуют точности и конкретных инструкций для любой ситуации. Перейдём к непосредственному рассмотрению вопроса, который, на наш взгляд, сохраняет актуальность и интерес, с точки зрения современных представлений о логистике, компьютерном моделировании и оптимизационных методов решения.

Логистика, по греческому происхождению термина, является наукой рассуждать и вычислять. В современном понятии логистика занимается процессами перемещения грузов и товаров от отправителя получателю с соблюдением необходимых показателей качества с минимальными затратами. Если под минимальными затратами понимать затраты времени, то задача перемещения груза перегрузочной машиной – вполне логистическая задача.

Дополнительные требования – ограничения по скоростям, ускорениям, учёт тех или иных дополнительных факторов – также вписываются в схему логистики, т.к. логистика по своему начальному назначению решает практические задачи со множеством как известных, так и ориентировочно оцениваемых факторов.

Методы логистики созданы для управления и контроля процессов, используют компьютерное моделирование и современные математические методы, поэтому есть определённая теоретическая поддержка разрабатываемых моделей и решений и для рассматриваемой области.

В данной работе рассматривается простейшая система управления перегрузочной машиной с постоянной длиной подвески и одним рабочим движением – перемещением тележки в горизонтальном направлении.

Теоретической основой для решения задачи является уравнение движения математического маятника с заданным законом движения точки подвеса.

Визуальное компьютерное моделирование с помощью программы Excel позволяет объединить задачу относительно удобного изображения элементов процесса с задачей оптимизации.

Автором разработана компьютерная программа поиска и анализа решения, при которой компьютер ищет наилучшее решение и анализирует фазовую траекторию движения груза (зависимость перемещение-скорость в относительных координатах). Пример результатов представлен на рис. 1.

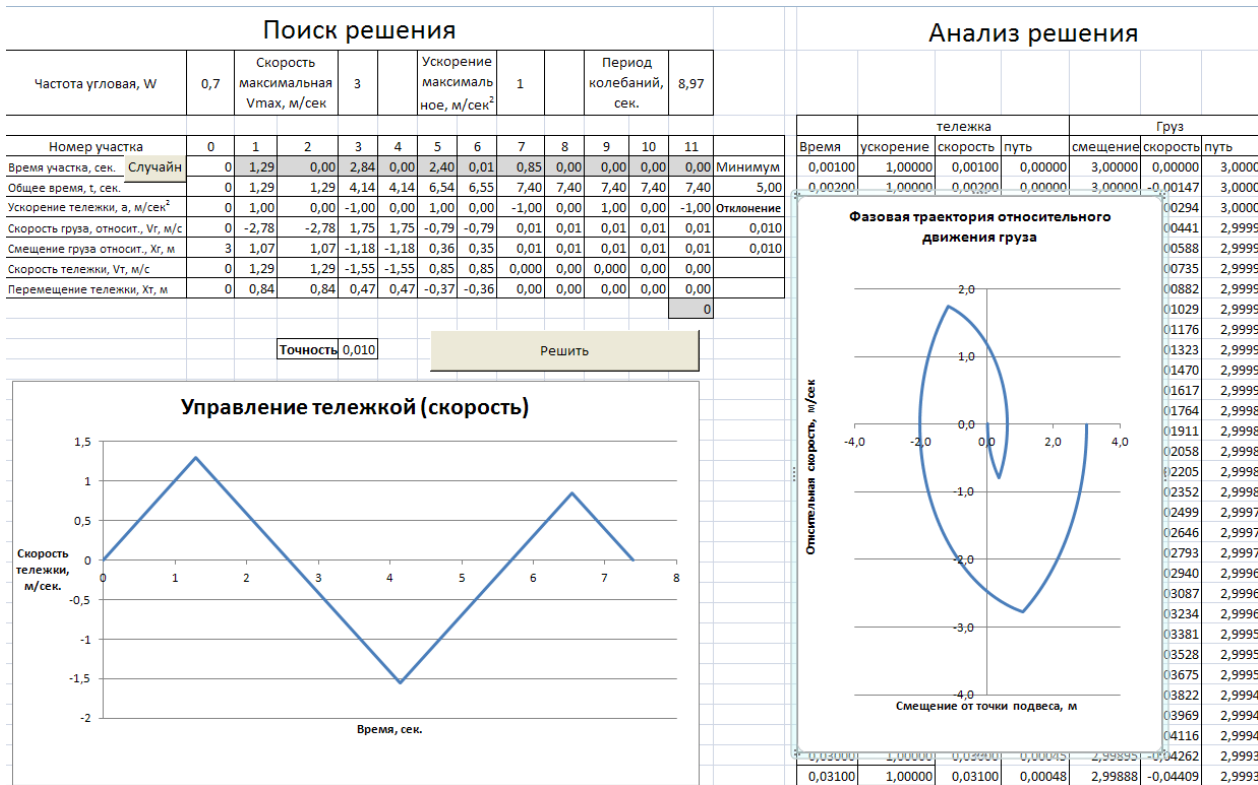


Рис.1. Результаты поиска и анализа оптимального решения

Модель и анализ решений могут быть использованы при обучении студентов, операторов и специалистов по эксплуатации крановых систем.

### Библиографический список

1. Бидерман В.Л., Прикладная теория механических колебаний. - М., Высшая школа, 1972 г., 416 с.
2. Акуленко Л. Д., Асимптотические методы оптимального управления. - М., Наука, 1987 г., 364 с.
3. Гаранин Н.П., Перегрузочные процессы на речном транспорте. - М., Альтаир, 2005 г., 192 с.
4. Гаранин С.Н., Логистика. Практические занятия. М., Альтаир, 2007 г., 88 с.
5. Гаранин С.Н. Логистическое управление перегрузочными машинами с гибкой подвеской груза с динамическим гашением колебаний. //Речной транспорт (21 век), №3, 2012 г.
6. Гаранин С.Н. Разработка методики и компьютерной программы логистического управления перегрузочными машинами с гибкой подвеской груза с учётом необходимости гашения колебаний.//отчёт о НИР. Тема 368 МГАВТ. Рук. Гаранин С.Н. - М., 2012 г., №ГР 01201359476.
7. Терехов А. М. Устройство для успокоения раскачивания груза на портовых порталных кранах : Дис. ... канд. техн. наук : 05.22.19 : Москва, 2003, 155 с.

## ОСОБЕННОСТИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНО-КАРЬЕРНЫХ ДРАГЛАЙНОВ

*Колодин С.О., магистрант*

*Научный руководитель – Пенчук В. А., проф., д.т.н.*

*ГУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства  
и архитектуры» (ДонНАСА) (Украина)*

Достоинством рабочего оборудования экскаваторов-драглайнов является возможность производить экскавацию грунта или другого сырья как на большой глубине, так и на большом расстоянии от базы установки экскаватора. Такие условия производства работ имеются практически во всех странах мира [1; 2], и поэтому выпуск драглайнов наладили более 20 успешных фирм. Повышение эффективности рабочих процессов этих машин является весьма актуальным.

Интенсивно научные разработки в области создания надежных и эффективных драглайнов проводились в 60-70 годах XX века. Основы теории рабочих процессов драглайнов изложены в работах [3; 4]. В исследованиях [5; 6] приводятся научные основы развития расчета параметров драглайнов.

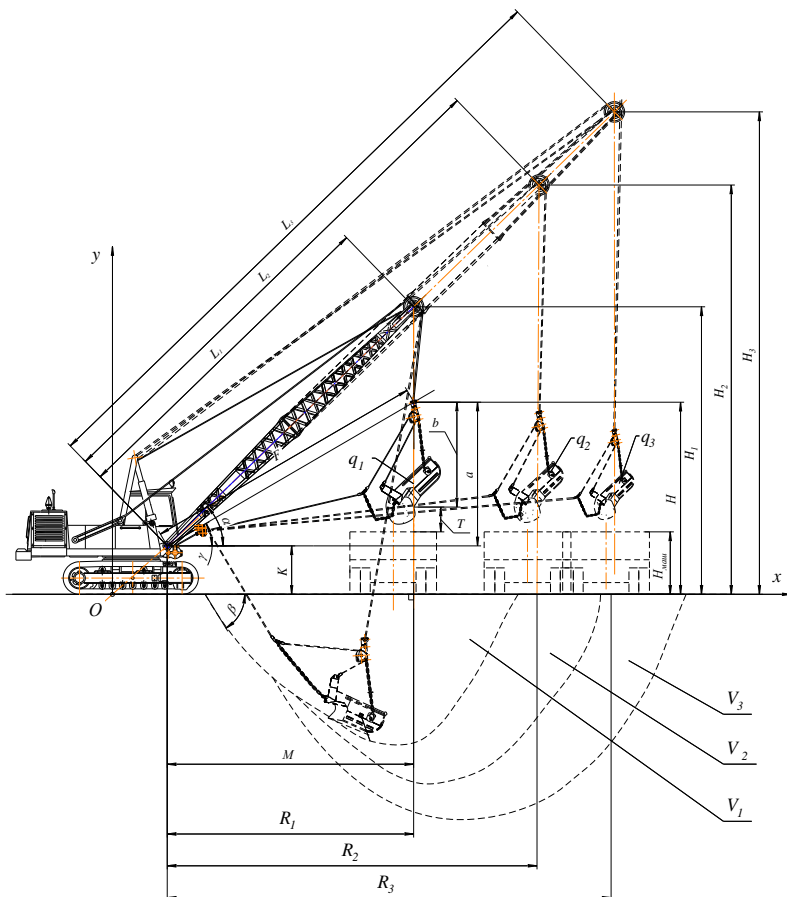
Детальный анализ современного состояния рынка поставок экскаваторов-драглайнов дается в работах [7; 8].

Строительные экскаваторы (ЭО) имели общую базу для навески различных видов сменного оборудования: прямая лопата, обратная лопата, грейфер, драглайн и другие. Наибольшее распространение получили строительные экскаваторы-драглайны с емкостью ковша  $q = 0,65 \dots 0,8 \text{ м}^3$ . Следует отметить, что в последние годы резкое развитие получает малый и средний бизнес в строительном производстве. Подтверждением этому является огромное количество бетонных и кирпичных мини-заводов, которые чаще всего располагаются по окраинам больших городов и не имеют ж/д подъездов. Для доставки из карьеров сырья (песка, щебня, глины и т.д.) необходима мобильная саморазгружающаяся техника. Именно с этим связано появление мобильных 40-тонных автосамосвалов, которые находят широкое применение в коммунальном, сельском хозяйствах, строительной отрасли, при транспортировке глины, песка, щебня из карьеров. Это объясняется их высокой производительностью и простотой доставки и разгрузке непосредственно на складах кирпичных заводов, бетоносмесительных установок и т.п.

Появление надежных и многотонных автосамосвалов потребовало большего количества соответствующих по технологии экскаваторов, объем ковшей которых находится в рациональном сочетании с объемом кузова самосвала  $V = (4 \dots 5) q$ . Так фирма ОМЗ «Горное оборудование и технологии», используя базовые машины ЭКГ-5А, создала четыре модификации драглайнов ЭДГ-3,2 и ЭДГ-4, соответственно с емкостью ковша 3,2 и 4, 0 м<sup>3</sup>, длинами стрел 25 и 30м.

Из-за длинной стрелы увеличивается дальность и глубина заброса ковша, но затрудняется погрузка сырья, грунта в самосвалы и увеличивается продолжительность рабочего цикла.

На рис. 1 показана схема драглайна с разными длинами стрел и разными объемами ковшей, а также с расстояниями, необходимыми для определения рациональной высоты расположения точки подвеса ковша при разгрузке.



**Рис. 1.** Схема драглайна с различными длинами стрел

На рис. 1 обозначены наиболее необходимые для анализа длины, размеры и объемы. Также на схеме нанесена линия минимальной высоты разгрузки ковша драглайна. Фактическая картина процесса взаимодействия ковша драглайна с грунтом при копании является сложным физико-механическим процессом, где можно выделить несколько специфических фаз, в каждой из которых могут происходить один или несколько физико-механических процессов.

В процессе копания принято выделять фазу, при которой происходит резание грунта и заполнение ковша стружкой, и последующую фазу, в которой стружка грунта претерпевает ряд структурных превращений, приводящих к изменению формы и механических свойств грунта в ней.

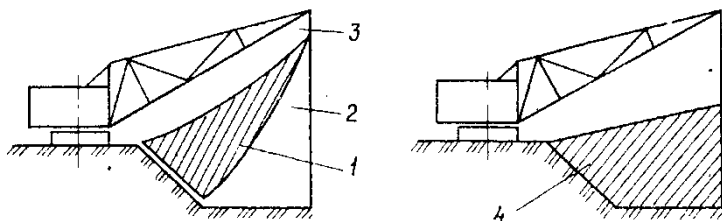
Элементами, рабочего поля являются плоские зоны копания, зона транспортирования, зона растяжки, зона разгрузки ковша.

Зона копания является совокупностью точек, в которых может находиться режущая кромка ковша, и из которых возможно копание при движении порожнего или частично заполненного грунтом ковша по заранее заданному направлению в забое.

Зоной транспортирования груженого ковша является та часть рабочего поля, в которой ковш способен находиться в статическом положении или перемещаться, находясь в подвешенном на тяговом и подъемном канатах состоянии, удерживая номинальный объем грунта. В зависимости от состояния, в котором находится ковш в зоне транспортирования, зона называется статической или динамической.

Зоной разгрузки рабочего поля является та его часть, где ковш в силу кинематических особенностей подвески не способен удержать номинальный объем грунта, который предусмотрен для переноса к месту разгрузки. Как правило, эта зона располагается под и за зоной транспортирования.

Зона растяжения ковша формируется под влиянием стопорных нагрузок в подъемном и тяговом канатах или нагрузок в этих канатах, которые создают предельную осевую нагрузку на стрелу.



**Рис. 2.** Схемы расположения зон рабочего поля драглайна:

1 – зона транспортирования; 2 – зона разгрузки; 3 – зона растяжки; 4 – зона копания

Площади рабочего поля и составляющих его зон, а также соотношение этих площадей, координатная привязка площадей и границ между ними к экскаватору являются важнейшими характеристиками технологических возможностей машины и зависят от линейных параметров стрелы, конструктивных и линейных параметров рабочего оборудования.

С помощью прямой задачи решены вопросы определения технологических возможностей экскаватора на основе анализа параметров, характеризующих статические зоны рабочего поля, вопросы оптимизации конструктивных и линейных параметров транспортируемой системы.



## Библиографический список

1. Беляков Ю.И. Совершенствование экскаваторных работ в карьерах/Ю.И. Беляков, В.М. Владимиров. - Москва: «Недра», 1974.- 128 с.
2. Лагунова Ю.А. Экскаваторы драглайны: учебно-методическое пособие. - Екатеринбург: УГГТА, 2004.- 107 с.
3. Белицкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: учебное пособие. Изд. 3-е.- Ростов н/д: «Феникс», 2008.- 608 с.
4. Драглайн – это рабочее оборудование экскаватора [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.promspectehcentr.ru>stroitel'naja/ekska\\_vatory](http://www.promspectehcentr.ru>stroitel'naja/ekska_vatory, свободный), свободный.
5. Блохин В.С., Малич Н.Г. Машины для земляных работ. Предпосылки повышения их конкурентоспособности: учебное пособие. - Днепропетровск: ИМА-пресс, 2005.- 304 с.
6. Малич Н.Г. Научные основы развития расчета параметров машин для земляных работ в горно-металлургическом комплексе: Монография..- Днепропетровск: ИМА-пресс, 2010.- 380 с.
7. Подэрни, Р.Ю. Анализ современного состояния мирового рынка поставок выемочно-погрузочного карьерного оборудования (мех.лопат и драглайнов) 2-я часть. //Горная промышленность, 2013. № 6(111).- С. 14-30.
8. Подэрни, Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: учебник для вузов. Изд. 8-е.- Москва: Изд-во «Майнинг Медиа Групп», 2013.- 993 с.
9. Обзор зарубежных экскаваторов: основные тенденции развития [Электронный ресурс] //Журнал СТТ.- 2003. - № 1.- Режим доступа: [http://www.excavator.ru>articles|inf-articles|-id=668](http://www.excavator.ru>articles|inf-articles|-id=668, свободный), свободный.
10. Конструктивные особенности современных самосвалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.Revolution.alibest.ru>00330586\\_0.html](http://www.Revolution.alibest.ru>00330586_0.html, свободный), свободный.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА РАБОЧИХ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

*Коршиков Д.А., магистрант*

*Научный руководитель – Даугелло В.А., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

**Предприятие технического сервиса** – организация, оказывающая комплекс услуг потребителю в вопросах приобретения или аренды машин и оборудования, их технического обслуживания, ремонта, эффективного их использования и поддержания в работоспособном состоянии в течении всего периода эксплуатации.[3]

Техническое обслуживание дорожно-строительных машин (ДСМ) производится либо на стационарных станциях технического обслуживания, либо с помощью мобильных передвижных мастерских, которые выезжают на место работы техники. Например, техническое обслуживание ДСМ, возвращающихся в конце смены на базу, правильнее проводить в сервисном цеху базы или на ее площадке, а та техника, которая находится на объекте в течение всего проекта обслуживается по месту их использования.[2]

Техническое обслуживание ДСМ может проводиться несколькими способами:

- централизованным;
- децентрализованным;
- смешанным методами.

Централизованный метод – метод, когда работы, установленные технической документацией, выполняет специализированное подразделение. Обычно подразделением является завод-изготовитель, либо участок технического обслуживания и ремонта машин того предприятия, которому принадлежат машины.

К недостаткам метода можно отнести то, что ему требуются большие затраты, так как ограничивается применение средств механизации и более прогрессивных форм организации труда.

Смешанный метод - предусматривает разделение частей работ, когда выполнение значительной части работ производится специализированным подразделением, а другая часть — участками, которые занимаются эксплуатацией обслуживаемых машин.

Наиболее прогрессивная форма организации проведения технического обслуживания машин – специализированные звенья, которые могут быть организованы при любом из названных выше методов обслуживания, но наилучшие условия для него имеются при централизованном методе.

В состав звена включают слесарей, в их числе и машинист обслуживаемой машины. Каждый член звена специализируется на выполнении одно-

типных работ, таких, как крепежные, смазочные, заправочные, очистные, регулировочные и контрольно-осмотровые. Различие в сложности работ определяет и различие квалификационного состава звена. [4]

Своевременность выполнения работ по поддержанию работоспособности машин возможна при наличии информации по их наработке и данных о проведенных технических обслуживаниях и ремонтах. Нарботку машин ежемесячно заносят в сменный рапорт, а из него переносят в журнал учета наработки машин, который ведет технический отдел или отдел главного механика предприятия. В начале каждого месяца подсчитывают наработку каждой машины за прошедший месяц и из журнала переносят ее в формуляр или паспорт.[7]

Записи в журналах ведут звеньевые или участковые механики. Из журналов записи ежемесячно переносятся в формуляры или паспорта машин работниками технического отдела или отдела главного механика. [6]

На сегодняшний день в России представлено большинство зарубежных компаний, выпускающих землеройную, транспортную и крановую технику: CATERPILLAR, DAEWOO, HITACHI, ORENSTEIN & KOPPEL AG., HYNNDAI, JCB, LIEBHERR, MITSUBISHI. [8]

В большей степени, современные экономические условия обостряют проблемы возникновения значительных рисков при возникновении кризисных ситуаций в экономике и нестабильности рынка продукции.

С наибольшей вероятностью, можно сказать, что наибольшая доля возникновения рисков возникает у предприятий технического сервиса занимающихся продажей, обслуживанием и ремонтом дорожно-строительной техники.

Данная ситуация может быть связана, например, с политическими рисками, среди которых наибольшую угрозу представляет возможность ухудшения отношений со странами, поставляющими на российский рынок современные машины и оборудование. На фоне имеющегося экономического и политического давления со стороны Китая и других стран Востока эти риски могут постоянно увеличиваться. [1]

Для предприятия технического сервиса характерны 2 группы рисков: внешние и внутренние. На Рис.1 представлена классификация рисков по сфере их воздействия.

## Риски предприятий технического сервиса



Рис. 1. Классификация рисков по сфере их воздействия

Проанализировав классификацию рисков, характерных для предприятий технического сервиса можно определить возможные этапы управления риском:



Рис. 2. Модель управления риском

В начале происходит оценка риска, его определение, анализ, затем анализируется возможность его предотвращения, либо возможность снижения, по итогам модели определен вид риска ставится на контроль и в дальнейшем мониторится.

Для примера управления рисками, разработана математическая модель, с использованием программы MS Excel и датчиков случайных чисел, моделирующая потребность в определенном числе ремонтных рабочих на предприятии, а также трудоемкость работ в течение года, расчет проводился отдельно по каждой неделе.

В качестве случайных факторов, определяющих эффективность производственной деятельности предприятия технического сервиса при обслуживании и ремонте машин, были приняты: количество заказов на ремонт и на технические обслуживания (ТО) разной периодичности, поступающих на предприятие за неделю; трудоемкость проведения ремонтных работ в

рамках одного заказа; себестоимость ремонта машин, приходящаяся на единицу трудоемкости; недельный явочный фонд рабочего времени при выполнении поступивших заказов. В работе были использованы датчики случайных чисел, распределенных по нормальному закону и закону Вейбулла (для трудоемкости проведения ремонтных работ в рамках одного заказа).

Результаты деятельности					
неделя	Суммарная трудоемкость за неделю	Суммарная стоимость заказов	Явочный фонд рабочего времени	Суммарная стоимость переработки	Риск дефицита рабочей силы
1	315	732	200	40	174
2	312	614	200	40	141
3	204	448	200	4	0
4	241	480	200	40	2
5	211	450	192	19	0
6	187	432	200	0	0
7	276	542	200	40	70
8	259	597	200	40	44
9	340	737	192	40	234
10	213	426	200	13	0
11	243	457	200	40	7
12	332	741	200	40	205
13	107	203	200	0	0
14	286	563	200	40	91
15	272	640	200	40	75
16	300	560	192	40	127
17	184	332	200	0	0
18	297	552	192	40	121
19	203	396	192	11	0
20	288	541	200	40	90
21	175	285	200	0	0
22	176	391	200	0	0
23	137	252	192	0	0
24	221	380	200	21	0
25	156	347	192	0	0
26	169	286	200	0	0
27	306	654	200	40	141
28	143	259	200	0	0
29	155	311	192	0	0
30	238	533	200	38	0
31	357	654	200	40	214

Рис. 3. Результаты деятельности

В статье рассмотрены основные виды внешних и внутренних рисков, способы их частичного или полного устранения. Подводя итог можно сделать вывод, что оптимизация риска возможна за счет качественного управления факторами, оказывающих значительное влияние на экономические показатели деятельности предприятия. Невозможность полного устранения рисков вызывает необходимость дополнительных исследований связи и путей минимизации негативных последствий, возникающих при рискованных ситуациях. Эффективную деятельность организации возможно наладить лишь с помощью анализа, соответствующего управления и организации грамотного риск-менеджмента.

Таким образом, при наличии математической модели, позволяющей связать между собой значения возможного ущерба при работе предприятия и вероятности возникновения этих значений, появляется возможность определять значения интересующих рисков и управлять ими при планировании деятельности предприятия.

#### Библиографический список

1. Даугелло, В.А. Риски предприятия технического сервиса, возникающие в процессе ремонта машин //Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. №6, С.17-20
2. Даугелло В.А. Риски технического сервиса машин. Монография. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013 – 72 с.
3. Плошкин В.В. Оценка и управление рисками на предприятиях: Учебное пособие. – Ст. Оскол: ТНТ, 2015. – 448 с.
4. Стельмух Г.И. «Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов. Методические указания. М. - 2012 г.
5. «Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин». М., 2010 г.
6. Рогожкин, В.М. Разработка мероприятий по техническому обслуживанию машин строительных организация: Методические указания к курсовому проекту / В.М. Рогожкин, Е.В. Павлов, Н.Н. Гребенникова. - Волжский: ВИСТех (филиал) ВолгГАСУ, 2016. - 23 с.
7. Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин / А. М. Шейнин под общ. ред. Шейнина А. М. - М.: Машиностроение, 2008. - 328 с.
8. 5колесо от 25.05.2016. Интернет ресурс – Режим доступа: <http://5koleso.ru/avtopark/rezervy-effektivnosti-servis-dorozhno-stroitelnoy-tehniki> , свободный.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРКА МАШИН

*Котьяков Н.С., магистрант*

*Научный руководитель – Даугелло В.А., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Информационные технологии (ИТ) в современном обществе проникают во все сферы интересов как отдельных людей, так и предприятий, организаций, учреждений и целых государств. Информация в период перехода от индустриального развития общества к информационному становится главным стратегическим ресурсом. Объект ИТ непосредственно не относится к материальным объектам, но практическое использование этих технологий позволяет в значительной мере экономить природные, энергетические и человеческие ресурсы, снижать себестоимость продукции, повышать эффективность производства, снижать внешние и внутренние риски предприятий. Отсюда и появилась идея создать такое мобильное приложение, которое поможет достаточно плотно приблизиться к достижению этих целей. [1]

Главный экран приложения состоит из раздела “Парк машин”. [2] В этом разделе пользователь может увидеть список всех машин, которые есть у него в парке. Также здесь отображается основная информация о машинах пользователя, можно увидеть: место положение машины; уровень топлива машины (в процентах); состояние по техническому обслуживанию (проведено было оно своевременно или нет); также можно отсортировать отображение машин (по низкому уровню топлива, по машинам, которым требуется ТО, по машинам, находящиеся рядом с пользователем);

Также на этом экране можно открыть карту, на которой будет отображаться местоположение погрузчиков. Экран “Парк машин” показан на рис. 1.



**Рис. 1.** Парк машин

Немаловажный экран приложения – это экран “Информация о машине”. В этом разделе пользователь может увидеть подробную информацию о машине, а также удаленно управлять некоторыми элементами. Основные возможности данного экрана:

Отображение информации о машине - фото машины; регистрационный знак; серийный номер;

Информация о состоянии машины – время работы погрузчика; предупреждение о необходимости проведения ТО, при условии, если техническое обслуживание не проводилось;

Отображение информации о всех показателях машины – кол-во топлива (в процентах); средний расход топлива; температура масла; давление в шинах; средняя частота оборот. Двигателя; напряжение в АКБ;

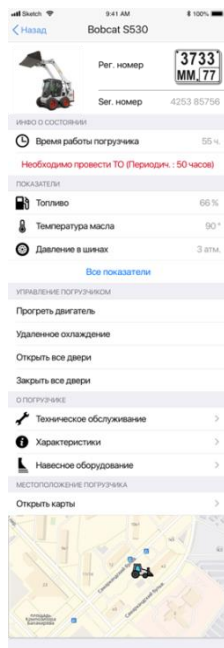
Управление машиной – удаленно прогреть двигатель; удаленно охладить салон; открыть/закрыть все двери;

Другая информация о погрузчике – проведения технического обслуживания; характеристики машины (техническая документация, схемы машины); информация о навесном оборудовании;

Местоположение машины – возможность увидеть местоположение машины на карте;

Экран “Информация о машине” показан на рис. 2.





**Рис. 2.** Экран “Информация о машине”

Как говорилось выше, в приложении реализована возможность просматривать местоположение своего парка машин на карте. [3] В раздел “Карты” можно перейти из бокового меню. Из карты можно найти требуемую машину и оттуда перейти на экран информации выбранной машины. Отображение парка машина на карте показано на рис. 3. [4],[5]

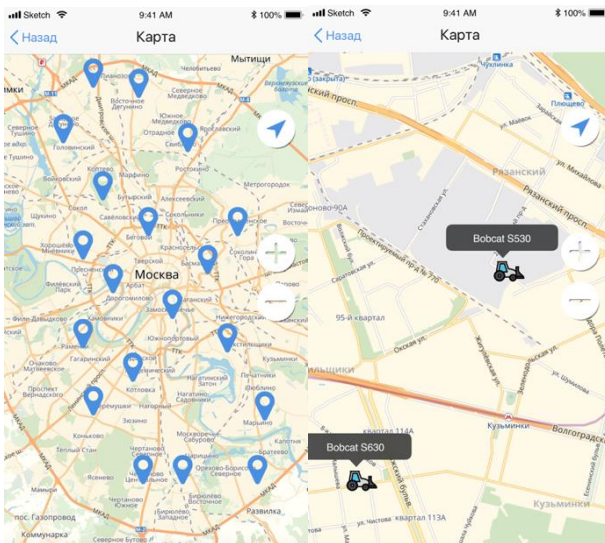


Рис. 3. Экран “Карта машин”

Также в приложении есть раздел с навесным оборудованием, в этом разделе можно увидеть всю информацию о навесном оборудовании, его характеристики. Если открыть конкретное оборудование, то откроется экран с полными характеристиками данного оборудования, а также отобразится список всех машин, на которых данное оборудование установлено. Экраны представлены на рис. 4. [6]

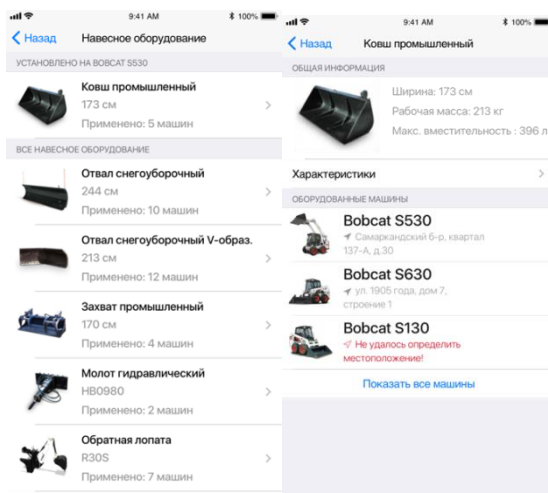


Рис. 4. Экран “Карта машин”

Комплексный подход к разработке такого приложения дает возможность видеть цельную информацию о том, как работают ваши погрузчики, как при работе в движении, так и при стационарной работе на определенном объекте. [7]

Главной проблемой может быть - это сбор необходимых датчиков, с которых потребуется считывать информацию и также сделать так, чтобы эта информация передавалась на сервер, так как на рынке существует множество датчиков, которые по-разному устроены в техническом плане. А поскольку идея собрать именно приложение, которое будет собирать информацию с датчиков разных производителей, это может стать серьезной преградой для реализации такого решения.

#### Библиографический список

1. Даугелло, В.А. Развитие информационных технологий на предприятиях технического сервиса технологических машин //Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. №1, С.34-36
2. Расс Унгер, Кэролайн Чендлер. UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия, 2011 г. – 143 С.
3. Akhavian, R., and Behzadan, A. (2012). Remote Monitoring of Dynamic Construction Processes Using Automated Equipment Tracking. Construction Research Congress 2012, 1360-1369.
4. Технотон-Мск, системы мониторинга [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.technoton-msk.ru/oborudovanie/datchiki-dfm/diff-dfm/>
5. Технотон-Мск, системы мониторинга [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.technoton-msk.ru/oborudovanie/terminali/online-terminali/galileosky\\_v23/](http://www.technoton-msk.ru/oborudovanie/terminali/online-terminali/galileosky_v23/)
6. Даугелло, В.А. Информационные технологии при создании и эксплуатации машин /В.А. Даугелло. – М: МАДИ, 2015. – 128 С.
7. Майкл Портер, Джеймс Хеппельман. Интернет вещей. Революция в конкуренции. Умные технологии изменяют конкурентную волну. Harvard Business Review (HBR), ноябрь 2014 г. – 20 с. – Режим доступа: [http://P7C.com\\_свободный](http://P7C.com_свободный).

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ РАБОТЫ

*Кудашева Т.А., магистрант*

*Научный руководитель – Карабутов Н.Н., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Из опыта работы кранов известно, что основным временем в цикле является время поворота, поэтому целесообразно изменения вылета осуществлять за время поворота и начинать включение механизма вылета надо после включения механизма подъема.

Для сокращения цикла крана выгодно изменять вылет в начале в меньшей сторону (в сторону кабины крановщика), что позволяет увеличить скорость вращения поворотной части, а затем в большую сторону. Вылет стрелы продолжают увеличивать и во время торможения поворотной части до требуемой величины тормозного момента механизма поворота. После включения механизма вылета стрелы можно включить механизм подъема на спуск, ориентируясь на возможные препятствия вагоны, склады и т.д. Спуск продолжается до момента установки груза на складе или судне, или до высоты, с которой можно сбрасывать насыпной груз из грейферов судна и склад на берегу. Отдача груза, исходя из условий безопасности, не должна совмещаться с выполнением движением других механизмов. Особенно это касается тарно-штучных грузов, где используется труд стрально-пальщиков.

После отдачи груза начинается подъем для безопасной высоты. Если нет препятствий для поворота крана в обратную сторону загрузочными органами, то включение механизмов подъема и поворота осуществляют одновременно. Если вначале окажется необходимым поднять грузозахватный орган до высоты препятствия (например, над погонами), то механизм поворота надо включать лишь при гарантийном свободном вращении поворотной части без задевания грузозахватного органа за какие-либо препятствия (рядом стоящий кран, габариты склада, вагоны, вертикальная стенка и т.д.).

По окончании подъема грузозахватного органа, если поворот продолжается ещё в обратную сторону, то целесообразно включать механизм изменения вылета в сторону уменьшения (для повышения скорости вращения), а затем до окончания поворота переключить в сторону увеличения вылета для снижения требуемого момента торможения поворотной части. Спуск грузозахватного органа к новому месту захвата можно начать при выполнении следующих условий:

1. Нет препятствий во время спуска грузозахватного органа во время поворота экрана и механизм изменения вылета стрелы выключен.

2. Поворот закончен и спуск производится одновременно с изменением вылета, если для этого нет препятствий.

Для достижения наивысшей производительности перегрузки из опыта лучших крановщиков (метод был опробован у более чем 1000 человек при различных вариантах работы) профессор, д.т.н. Сиротский В.Ф. получил формулу для функции поворота от времени:

$$\Omega = \frac{\Omega_{\text{пов}}}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{2\omega}{\Omega_{\text{пов}}} * t \right) \right]$$

где  $\Omega_{\text{пов}}$  - угол, необходимый для перемещения груза из одной точки в другую;

$\omega$  - паспортная скорость вращения поворотной части крана.

Производные этой функции равны:

$$\dot{\Omega} = \omega * \sin \frac{2\omega}{\Omega_{\text{пов}}} * t$$

$$\ddot{\Omega} = \frac{2\omega^2}{\Omega_{\text{пов}}} * \cos \frac{2\omega}{\Omega_{\text{пов}}} * t$$

Общий вид формулы Н.П. Гагарина для угла качания стрелы будет

$$\alpha = B_1 - A_1 * \sin \left( \frac{3\omega t}{\pi} \right)$$

Коэффициенты  $A_1$  и  $B_1$  им определены только для плавучих кранов и воспользоваться этой формулой для портального крана не представляется возможным.

Для задачи мы получили формулу для угла качания стрелы портального крана для оптимального цикла работы при несовпадении наибольших нагрузок от поворота и качания стрелы в виде

$$\alpha = 0,8 - 0,5 \sin \left( \frac{3\omega t}{\pi} \right)$$

Соответственно скорость и ускорение качания стрелы равны

$$\dot{\alpha} = 0,5 \frac{3\omega}{\pi} * \cos \frac{3\omega t}{\pi} = \frac{3\omega}{2\pi} * \cos \frac{3\omega t}{\pi}$$

$$\ddot{\alpha} = 0,5 \left( \frac{3\omega t}{\pi} \right)^2 * \sin \frac{3\omega t}{\pi}$$

Использование этих выражений позволяет описывать изменения скорости и ускорения одной непрерывной функцией, что облегчает использование с применением ЭВМ.

#### Библиографический список

1. Гаранин Н.П. Портовое подъемно-транспортное оборудование. Учебник для институтов водн.трансп. – М.: Транспорт, 1985.311с.
2. Гаранин Н.П., Брауде В.И., Артемьев П.П. Грузоподъемные машины на речном транспорте: Учеб. для вузов/ Под ред. Н.П. Гаранина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991.319с.

3. Терехов А. М. Диссертационная работа «Устройство для успокоения раскачивания грузозахватного органа» 2003.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА ОТКРЫТОЙ ПЛОЩАДКЕ ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ

*Кузнецов С.Д., студент*

*Научный руководитель – Шафорост А.Н., к.т.н.*

*Тульский государственный университет (ТулГУ)  
(Российская Федерация)*

Предприятию по изготовлению ограждающих конструкций потребовалась модернизация парка ПТМ для механизации погрузочно-разгрузочных на открытой площадке временного хранения операций с трубной продукцией (профильные трубы). Для выгрузки из транспорта прибытия, складирования и хранения профильных труб предполагается использовать в качестве грузоподъемной машины полукозловой кран.

Профильные трубы поступают на предприятие в тягачах с полуприцепом, грузоподъемная машина служит для перегрузки поступающего груза из полуприцепа на склад, а в дальнейшем со склада на рельсовую тележку, которая транспортирует груз в цех. Для перевозки пачек труб в соответствии с техническими требованиями заказчика в данной работе принят автомобиль марки Man – TGX 33.440 с полуприцепом ЧМЗАП 99065-038.

В качестве предполагаемого груза приняты профильные трубы длиной 6 м, которые увязывают в пачки массой 5 т. Диаметр пачки составляет порядка 0,8 м. Каждая пачка туго перевязывается в трех местах. Для этого используется стальная лента либо катанка для упаковки. Кроме того, на каждой пачке крепят два хомута, которые служат для крепления строп крановых механизмов, обеспечивающих механизированную погрузку и выгрузку товара. Так как максимальная масса перевозимая тягачом составляет 28 т загружаем 5 пачек для лучшего распределения масс на полуприцепе [1].

Рассчитана техническая норма загрузки для автомобиля и для рельсовой тележки, которая находится по формуле:

$$P_{\text{тех}} = nP_{\text{сп}}, \text{ т,}$$

где  $n$  – количество пачек, шт;  $P_{\text{сп}}$  – масса одной пачки, т [2-3].

Зная годовой грузопоток трубной продукции был найден суточный грузопоток, который определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр, omn}} = \frac{Q_{\text{год}}^{\text{пр, omn}} \cdot K_n}{T}, \text{ т,}$$

где  $Q_p^{np, omn}$  - расчетный годовой грузопоток прибытия (отправления) груза, т;  $K_n$  - коэффициент неравномерности прибытия груза ( $K_n = 1,2$ ); Т - время работы склада по прибытию (отправлению), сут [2-3].

Далее среднесуточный поток:

$$m_{сут}^{CP} = \frac{Q_p^{np, omn}}{P_{тех}}$$

где  $P_{тех}$  - техническая норма загрузки вагона [2-3].

Далее рассчитывается площадь склада. Находится запас груза:

$$E = \frac{k_z}{T_{Г}} \cdot Q \cdot [\tau_{xp}]$$

где  $Q$  - годовой поток поступления, т;  $k_z$  - коэффициент неравномерности поступления груза;  $T_{Г}$  - время работы склада, дн;  $\tau_{xp}$  - запас хранения груза, дн [2-3].

Затем выбираются тип, форма, длина, ширина, высота стоечного стеллажа для хранения груза. После этого произвоидлся расчет количества погрузочно-разгрузочной техники для выполнения суточного расчетного объема грузопереработки:

$$Z_1^{np, omn} = \frac{Q_p^{np, omn} \cdot 365}{P_{экс} \cdot t_{см} \cdot n_{см} \cdot (365 - T_p)}$$

где  $Q_p$  - расчетный суточный грузопоток с учетом «прямого» варианта переработки груза, т;  $t_{см}$  - продолжительность одной смены, ч;  $n_{см}$  - число смен работы машин за сутки;  $T_p$  - регламентированный простой каждой машины в течении года, сут [2-3].

В результате расчетов определено, что для механизации на открытой площадке временного хранения необходима 1 единица грузоподъемной машины (полукозловой кран) и 1 единица транспорта отправления (рельсовая тележка).

Для проектирования козлового крана необходимо провести следующие расчеты: механизмы подъема и передвижения тележки и крана, грузозахватного органа, приборы и устройства безопасности, электрооборудования, кранового пути, кабина управления, ограждения, галереи, площадки и лестницы, материалы монтаж, демонтаж, ремонт, сварка, рельсы для тележки расчет металлоконструкции в САПР [4-7].

В ходе выполнения проекта по полученным данным были рассчитаны механизмы подъема и передвижения тележки, подобраны современные комплектующие.

Исходными данными для расчета механизма подъема которого были такие характеристики, как: грузоподъемность, скорость подъема груза, режим работы крана, высота подъема.

При расчете механизма подъема На первоначальном этапе производится выбор полиспафта, а именно рассчитывается его кратность, определяется усилие в канате набегающего на барабан, выбирается канат и рассчитывается крепление каната к барабану, определяется требуемый диаметр блоков и барабанов, выбирается крюковая подвеска, выбирается материал для барабана по проверке прочности стенки барабана, рассчитывается мощность привода из чего производится подбор двигателя, по передаточному числу привода подбирается редуктор, по расчетным крутящим моментам на быстроходному и тихоходном валах подбираются муфты, по расчетному тормозному моменту на тормозном валу подбирается тормоз, а так же определяются пусковые и тормозные характеристики, проверяется их соответствие допустимым значениям, проводится проверка двигателя на нагрев [4-7].

Произведен расчет механизма передвижения тележки с центральным приводом, исходными данными для которого были такие характеристики, как: грузоподъемность, скорость передвижения тележки, режим работы. На первоначальном этапе рассчитывается масса тележки, определяется нагрузка на ходовое колесо, определяется диаметр ходовых колес, рассчитывается мощность привода, подбирается двигатель, по передаточному числу привода подбирается редуктор, по расчетным крутящим моментам на быстроходному и тихоходном валах подбираются муфты, по расчетному тормозному моменту на тормозном валу подбирается тормоз, а также определяются пусковые характеристики и тормозной момент и проверяется их соответствие допустимым значениям [4-7].

Таким образом в ходе выполнения проекта для механизации погрузочно-разгрузочных на открытой площадке временного хранения операций с трубной продукцией (профильные трубы) определили грузопотоки, рассчитали размеры склада, механизмов подъема и передвижения тележки.

#### Библиографический список

1. Маликов О.Б., Малкович А.Р. Склады промышленных предприятий. Справочник. Под общей редакцией О.Б. Маликова. Машиностроение, 1989.
2. Шафорост А.Н., Абрамов Г.В. Роль систем автоматизированного проектирования в процессе создания продукции машиностроения // Молодёжный вестник Политехнического института: сб. статей. В 2-х частях. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. Ч.2. С. 250-252.
3. Барышев А.И., Стеблянко В.Г., Хомичук В.А. Механизация ПРТС работ. Курсовое и дипломное проектирование транспортирующих машин: Учебное пособие/ Под общей редакцией А.И. Барышева - Донецк: ДонГУ-ЭТ, 2003 - 471 с., ил.



4. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. Изд. 4-е. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1972 г.
5. Павлов Н.Г. Примеры расчетов кранов. Изд. 3-е. Л.: Машиностроение. 1967.
6. Кузьмин А.В., Марон Ф.А. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Справочник 2-е издание. Высшая школа, 1983.
7. Курсовое проектирование грузоподъемных машин, под ред. С.А. Казака. Учебное пособие, М.: Высшая школа, 1989.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭКОДУКОВ ПОД ДОРОЖНЫМ ПОЛОТНОМ**

**Кузьмин Н.В., магистрант**

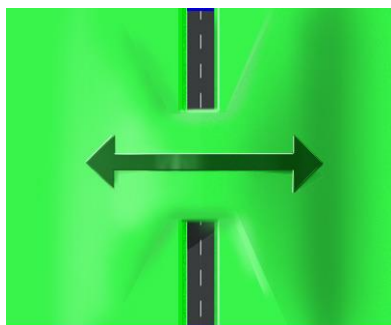
*Научный руководитель – Мандровский К.П. доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Экодук – мост или тоннель, служащий для перехода животными через дороги механических транспортных средств, например, автотрассы. Экодуки помогают сохранить единство среды обитания животных и снижают вероятность появления на дороге животных, что могло бы привести к дорожно-транспортному происшествию [1-3].

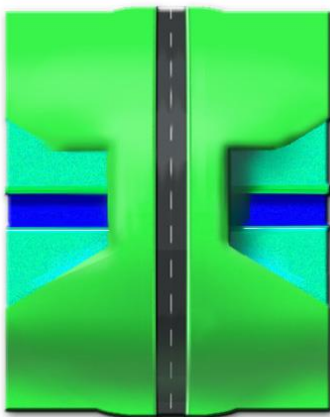
Основная цель экодука состоит в том, чтобы популяции животных могли перемещаться для удовлетворения своих жизненно важных потребностей миграции и обмена генами; чтобы увеличить популяцию видов, находящихся под угрозой антропогенных воздействий. Биопереходы (экодуки) бывают мостового, тоннельного и трубного видов.

Биопереход мостового типа – искусственное дорожное сооружение, обеспечивающее сохранение экосистем, среды обитания диких животных и природного ландшафта, а также создание благоприятной визуальной среды над дорогой (рис.1) [4-7]. Рекомендуемая ширина биоперехода составляет 50 метров. Возможно увеличение или уменьшение размеров сооружений в зависимости от отдельных видов животных, а также зон их обитания. Толщина растительного грунта для многолетних растений от 0,30 м, для кустарников -0,6 м, для деревьев от 1 м. В целях защиты конструкции биоперехода мостового типа требуется создание гидроизоляции. Для предотвращения повреждений гидроизоляции корнями растений кладется защитный слой, поверх которого насыпается плодородный грунт. Создается бетонный защитный слой и засыпки из щебня, композитных конструкций, металлических мембран с учетом дополнительной защиты металла от коррозии.



**Рис. 1.** Биопереход мостового типа

Биопереход тоннельного типа – искусственное дорожное сооружение, обеспечивающее пропуск диких животных под полотном дороги (рис.2). В биопереход тоннельного типа применяются шумозащитные мероприятия с целью недопущения эффекта искусственного эха и снижение вибраций и импульсных шумов, для этого следует использовать звукопоглощающие материалы. Также необходимо цветовое оформление внутренних стен (лицевых стен опор) переходящих снизу-вверх от темных к светлым тонам.



**Рис. 2.** Биопереход тоннельного типа

Биопереход трубного типа – искусственное дорожное сооружение, обеспечивающее пропуск отдельных видов мелких млекопитающих, пресмыкающихся и земноводных под полотном дороги (рис.3). Проектирование биопереходов трубного типа должно осуществляться в соответствии ГОСТ 32871. Переходы имеют диаметр от 1 м в случае использования круглого сечения, ширину 1 м при высоте не менее 1 м для труб прямо-

угольного сечения. Дно трубы засыпается местным грунтом с толщиной слоя 0,1-0,2 м.



**Рис. 3.** Биопереход трубного типа

Таким образом, рассмотрены различные виды экодуков и их особенности [8].

#### Библиографический список

1. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) / под ред. В.Н. Луканина, К.-Х. Ленца. – М.: Логос, 2002.
2. Сайт [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.environment.fhwa.dot.gov/env\\_initiatives/ecological/report/eco\\_index.aspx](http://www.environment.fhwa.dot.gov/env_initiatives/ecological/report/eco_index.aspx), свободный.
3. СТО АВТОДОР 7.4-2016 «Требования к экодукам на автомобильных дорогах Государственной компании «Автодор» (приказ от 01.09.2016 № 174)
4. ОДМ 218.6.017.2015 Методические рекомендации по применению дорожных ограждений различного типа на автомобильных дорогах федерального значения
5. СП 34.13330.2012 СНиП 32-04-97. Тоннели железнодорожные и автомобильные. Актуализированная редакция СНиП 32-04-97. Утв. Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации №278 от 30.06.2012
6. Рубцов А.А., Евгеньев Г.И. Биопереходы для животных на автомобильных дорогах I категории //Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4-7.;
7. СТО АВТОДОР 7.1-2013 «Зелёный стандарт Государственной компании «Автодор» (приказ от 05.09.2013 № 176).
8. Кустарёв Г.В., Мандровский К.П., Вершинский А.В. Международная молодёжная конференция в МАДИ // Подъемно-транспортное дело. – 2014. – Т.77. – № 3-4. – с. 34-37

## ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗАЦИИ ДОБЫЧИ САПРОПЕЛЯ ЧЕРЕЗ СКВАЖИНЫ

*Курныков А.Р., студент*

*Научный руководитель – Вершинский А.В., проф., д.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Наша страна богата природными ресурсами. В настоящее время, особенность этапа развития человечества заключается в том, что использование природных ресурсов в хозяйстве определяется не только наличием, но и опасностью для окружающей среды в результате человеческого вмешательства. Природный фактор является объективным ограничением, в результате которого современная наука и техника должна обеспечить максимальное сохранение окружающей среды.

Одним из видов хозяйственной деятельности является добыча полезных ископаемых, потребность в которых не уменьшается по сегодняшний день. Однако встает вопрос о не возобновляемых ресурсах, что заставляет ограничивать добычу ископаемых. Одним из возобновляемых источников является озерная сапропель, ресурс которой восстанавливается ежегодно.

Сапропель – это донные отложения пресноводных водоемов, которые сформировались из отмершей водной растительности, останков живых организмов, планктона и частиц почвенного перегноя. Сапропель используют для производства удобрений, почвообразователей, лечебных и косметических средств.

Добыча сапропеля (озерного органического ила) ведется с помощью земснарядов или плавучих грейферов. Добывается сапропель только в теплые 6-7 месяцев года. Зимний простой техники и оборудования во льдах приводит к повышению себестоимости продукта и снижает эффективность технологии добычи.

В 2018 году центром по сапропелю была разработана новая технология добычи сапропелей без использования стандартных технологий с использованием земснарядов [5] и грейферов [4]. Появилась возможность вести добычу с использованием буро-добычной установки глубинного направленного бурения (УГНБ) на гусеничном ходу (рис.1 и 4), скважинного глубинного снаряда (СГС) с механическим рыхлителем слоя (РС) и скважным высоконапорным землесосом (СВЗ). Оборудование модульного типа, мобильное, легко устанавливается на месте эксплуатации и убирается по завершению [1].

Самым главным достоинством новой технологии является круглогодичная разработка сапропелевого месторождения, которая позволяет увеличить годовой объем добычи в 2 раза! [3].

Для начала работ на месторождении сапропеля подготавливается технический проект добычи (рис.2). Сроки подготовки составляют 1.5 месяца. В течение этого времени проект проходит государственную экспертизу и на заводе изготавливается требуемое оборудование, которое далее транспортируется на место эксплуатации. После получения положительного решения комиссии начинаются эксплуатационные работы на месторождении. Обслуживают комплекс всего 2 человека.

Сущность данного способа добычи заключается в том, что УГНБ устанавливают на берегу, неподалеку от места отстаивания и переработки извлеченного сапропеля (рис.3), от нее веером вдоль оси водоема пробуриваются наклонно-горизонтальные скважины, которые вскрывают слой сапропеля по границе подошвы продуктивного пласта и выходящие с обратной стороны водоема на берег [1]. На другой стороне водоема пилотный снаряд снимают, к буровой трубе прикрепляют механический цилиндрический рыхлитель и осадную трубу с встроенным землесосом [1].

В геологическом архиве объединенного российского интернет-центра по сапропелю [3] имеются разведанные и подготовленные к освоению месторождения сапропеля, расположенные по всей территории России. Основные из них расположены в Калининградской, Тверской, Псковской, Ленинградской, Московской, Костромской, Ивановской, Калужской, Ярославской, Томской, Челябинской, Оренбургской, Свердловской, Тюменской, Новосибирской, Читинской области, Республике Марий Эл, Удмуртии, Татарстане, др. [3]. Документальная подготовка крупного месторождения сапропеля с получением лицензии на добычу занимает по времени до 1–1.3 года и по стоимости не превышает 5-8 млн. руб.

Если широко внедрить такую или подобные технологии добычи сапропеля, то это даст возможность поднять предпринимательскую сельскую среду, повысить количество рабочих мест более чем на 200 тыс. чел. в производственную сферу, и сможет принести в бюджет страны через 2 года более \$10 млрд. дохода [3].



Рис. 1. Установка глубинного направленного бурения

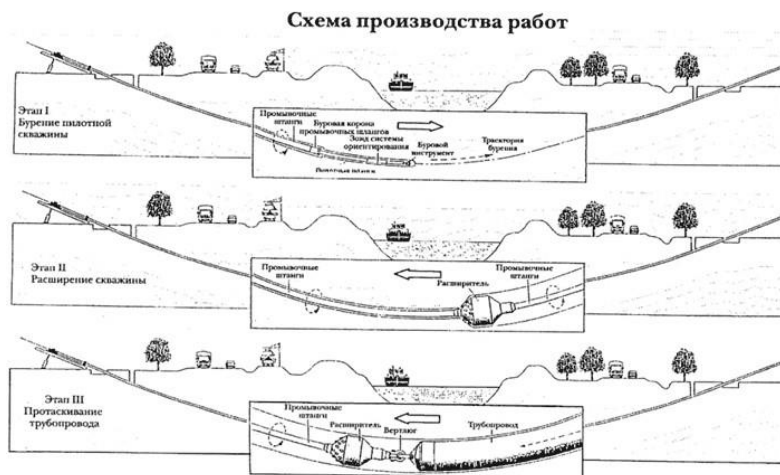
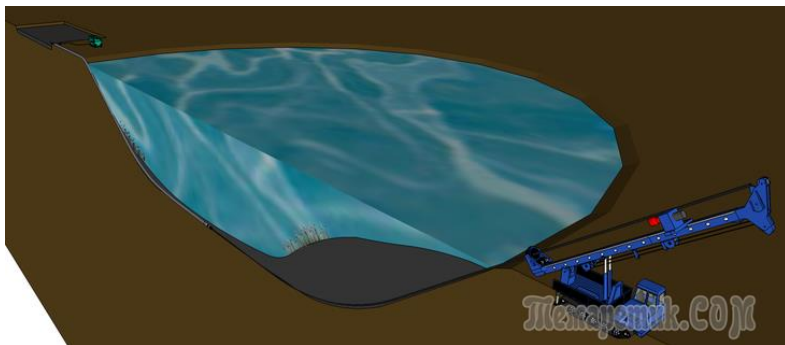
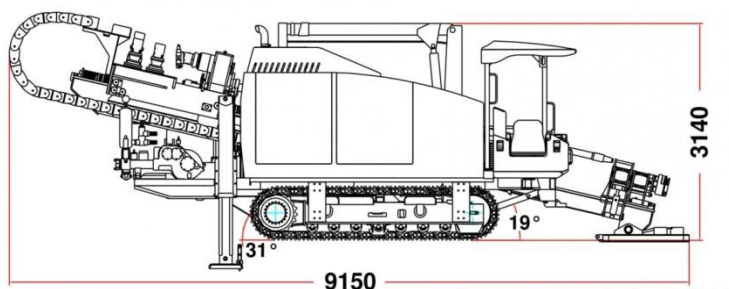


Рис. 2. Схема производства работ



**Рис. 3.** Способ добычи



**Рис. 4.** Установка глубинного направленного бурения

#### Библиографический список

1. «Наука и жизнь. Технология круглогодичной добычи озерного сапропеля через скважины» № от 17.06.2018 г.
2. «Обоснование рационального освоения месторождений озерного сапропеля» Холоднякова В.А., 1999 г.
3. Сайт: [www.sapropex.ru](http://www.sapropex.ru)
4. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства.
5. Я. Урисман - Российские земснаряды для глубоких карьеров.

## ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ПОСТУПЛЕНИЯ ГРУЗОВ В СИСТЕМЕ «ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАНЦИЯ – МОРСКОЙ ПОРТ»

Лобанова Д. Ю., студент

Научный руководитель – Карабутов Н. Н., доц., к.т.н.

Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)

Слабым звеном в организации смешанных перевозок в транспортной системе страны, является стык между железнодорожным и другими видами транспорта. Особенно это проявляется при перевозке экспортных грузов через морские порты и сухопутные пограничные переходы. Сегодня основными подходами к организации перевозок в смешанном железнодорожно-водном сообщении являются следующие: организация перевозок с участием агента фрахта; организация перевозок при наличии оператора смешанной перевозки (транспортного оператора). Графическая интерпретация взаимодействия участников перевозочного процесса представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Варианты организации перевозок в смешанном железнодорожно-водном сообщении

Первый подход (см. рис. 1-а) характеризуется созданием информационной логистической цепочки «грузоотправитель-порт-оператор фрахта-судно», в которой агент фрахта сведения о подходе вагонов по железной



дороге получает от порта. Управляющие воздействия по согласованию подвода вагонов и судна исключены, так как агент по договору с заказчиком обеспечивает только фрахт судна в конкретный порт на определенную дату.

При втором подходе (см. рис. 1-б) логистическая цепочка включает и железнодорожного перевозчика, однако, только на уровне слежения за подводом вагонов. Оператор смешанной перевозки имеет возможность корректировать подвод судна исходя из фактического подхода вагонов в порт. [1]

С целью разработки мероприятий, позволяющих улучшить качество взаимодействия железнодорожного и морского транспорта, необходимо проанализировать все обстоятельства, способствующие задержкам поездов на подходах к морским портам. Ряд исследований, проведенных отечественными специалистами.

*Таблица 1*

#### **Основные причины задержек поездов**

<b>Основные причины задержек поездов</b>	<b>Удельный вес, %</b>
1. Несогласованный подвод вагонов и судов	50
2. Неравномерное прибытие груза на станцию	25
3. Невыполнение плановых норм перегрузки портом	20
4. Форс-мажорные обстоятельства (непогода)	5

Как видно из материалов исследований (см. табл. 1-2) значительный удельный вес причин, связанных с несогласованным подводом вагонов и судов, а также неравномерным (сгущенным) подводом груза к портам, обуславливается следующими факторами. [2]

## Причины и факторы, влияющие на бросание поездов

Причины бросания поездов	Факторы, способствующие бросанию поездов	
1 уровень	2 уровень	
1. Несогласованный подвод вагонов и судов	1.1. Отсутствие информации о подходе судов	- фрахт судов иностранными покупателями; - непредставление данных при погрузке отправителем
	1.2. Отсутствие контроля за согласованным подводом вагонов и судов	- нет календарных графиков согласованного подвода вагонов к прибытию судна.
	1.3. Невыполнение принципа «доставка точно в срок»	- отсутствие логистических принципов управления продвижением грузопотоков
2. Неосвоение заявленного объема перегрузки портом	2.1. Недостаточная перерабатывающая способность погрузочно-разгрузочных механизмов (ПРМ)	- поломки оборудования; - недостаточное количество ПРМ
	2.2. Отсутствие свободных складских площадей	- отсутствие судов; - недостаточная вместимость складов
3. Неравномерное прибытие грузов в вагонах на припортовую станцию	3.1. Погрузка сверх заявки без учета перегрузочных возможностей порта	
	3.2. Неравномерная отгрузка	- нарушение графиков отгрузки
4. Форс-мажорные обстоятельства	4.1. шторм	
	4.2. сильный ветер	
	4.3. ледовая обстановка	
5. Несовершенство существующей нормативно-правовой базы	5.1. нет федерального закона о смешанных перевозках	
	5.2. отсутствует понятие и статус оператора смешанной перевозки	

Первый фактор. Эффективность смешанных перевозок в первую очередь зависит от успешного взаимодействия на уровне «железная дорога - морской транспорт». Необходимо отходить от стереотипа, что взаимодей-

ствие железнодорожного и морского транспорта начинается и заканчивается в порту. Морской порт представляет собой стационарный инфраструктурный элемент транспортной логистической цепи с четко определенной стратегической целью - перегрузка груза с железнодорожного транспорта на морской и обратно - и взаимодействием железнодорожного и морского транспорта заниматься не должен и не может по определению. В настоящее время уровень «станция-порт» может эффективно функционировать только при создании новой технологии взаимодействия железнодорожного и морского транспорта.

Второй фактор. Грузоотправитель не заинтересован в скорейшей перевалке груза. Сложившаяся в настоящее время практика заключения международных контрактов купли-продажи между российскими продавцами и зарубежными покупателями на условиях ФОБ - FOB (Free on board) - «свободно на борту» не способствует организации четкой и слаженной организации перевалки грузов с железнодорожного транспорта на морской. В соответствии с этим условием фрахт судна осуществляет зарубежный покупатель, который планирует подвод судна с таким расчетом, чтобы груз уже был на месте (на причале или в вагонах).

Третий фактор. Уровень информированности ОАО «РЖД» о подходе судов не соответствует реалиям сегодняшнего дня и должен быть усовершенствован с точки зрения его достоверности и своевременности получения, а также возможности использования для согласования подвода вагонов и судов.

#### Библиографический список

1. Балалаев А.С. Методология формирования транспортных логистических цепей. Научная монография / А.С. Балалаев, Р.Г. Леонтьев. - Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2009; Волков В.Д.
2. Оценка рисков в сложных транспортно-логистических системах// Транспорт: наука, техника, управление. - М.: ВНИТИ РАН. - 2010.
3. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков. -М.: Транспорт, 1979.
4. Архангельский Е.В. Взаимодействие в работе элементов крупной грузовой станции общего пользования, расположенной в узле //Вестник ВНИИЖ-Та. 1960.
5. Ляхницкий В.Е. Проектирование портов. Л.: Речной транспорт, 1956.
6. Сайт Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/>, свободный.
7. Сайт Студбукс [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studbooks.net>, свободный.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА**

*Мандровский К.П., к.т.н., доцент*

*Научный консультант – Доценко А.И., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Разработка мероприятий по повышению показателей качества земляных работ невозможна без анализа технических характеристик землеройно-транспортных машин (ЗТМ) и формирования своевременных рекомендаций по их совершенствованию.

В работах [1; 2] предлагается и аргументируется рациональность применения рекуперированных приводов ЗТМ, позволяющих снизить потери энергии при работе в переходных режимах. Эффект рекуперации достигается в таких системах за счёт использования аккумуляторов, вспомогательных цилиндров, а также за счёт научно обоснованной рационализации параметров приводов земляных машин. Развитие данной теории демонстрирует работа [3], в которой представлены математические модели работы энергосберегающего гидропривода ЗТМ и показана их связь с показателями функционирования ЗТМ, в частности, со стоимостью эксплуатации машины [4].

Исследование [3] в области экономико-математического моделирования систем ЗТМ обосновывает применение концепции оптимизационного синтеза в качестве инструмента повышения эффективности использования парка машин дорожно-строительных организаций.

Помимо вышеперечисленных направлений следует отметить технико-экономическое моделирование как метод анализа работы и оценки эффективности использования отдельной ЗТМ [5; 6] и комплекта землеройных машин в составе парка [7].

Теоретические основы технико-экономического моделирования предусматривают использование ряда основных показателей таких, как удельные приведённые затраты, продолжительность работы машины на объекте, продолжительность технологического цикла, себестоимость производства выполняемого вида работ.

Рассмотренные методы и способы решения проблемы повышения эффективности использования ЗТМ не учитывают роли оператора в рабочем процессе. Между тем, показатели качества и скорости выполнения рабочих операций технологического процесса напрямую определяются квалификацией и методикой работы человека. Внедрение систем автоматизированного управления (САУ) ЗТМ позволит повысить эффективность рабочего процесса путём снижения влияния «человеческого фактора», то есть за счёт

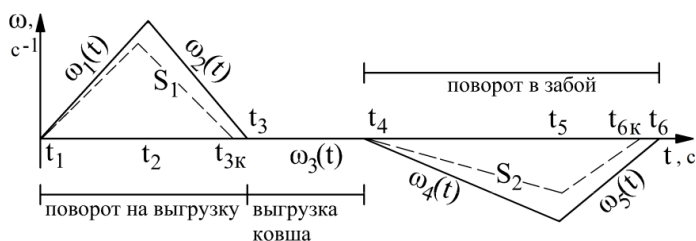
повышения точности и уменьшения вероятности совершения ошибок при управлении рабочим оборудованием ЗТМ [8–11].

Рассмотрим способ повышения производительности и эффективности использования одноковшового экскаватора, оснащённого САУ ЗТМ. Инструменты САУ предполагается применять для оценки возможности сокращения времени транспортных перемещений рабочего оборудования одноковшового экскаватора и разработки конкретных рекомендаций оператору при выборе управляющих воздействий.

Одноковшовый экскаватор – машина циклического действия, основные этапы его работы состоят в транспортном перемещении рабочего оборудования и процессе разработки грунта.

Этап транспортного перемещения рабочего оборудования есть сочетание двух движений: поворота на выгрузку и подъёма рабочего оборудования (рис. 1). Сплошной линией на рис. 1 показан график скорости перемещения за счёт поворота платформы. График скорости перемещения коша за счёт поворота шарниров стрелы, рукояти и ковша обозначен пунктирной линией.

С целью ликвидации возможности удара о стенку забоя или о борт транспортной машины (самосвала) должно соблюдаться следующее условие: время  $t_3$  завершения поворота платформы на выгрузку должно быть больше времени  $t_{3к}$  подъёма рабочего оборудования. Для предотвращения потерь времени, отведённого на технологическую операцию, необходимо соблюдение условия: величина  $t_6$  поворота платформы в забой должна быть больше либо равна величине  $t_{6к}$  опускания рабочего оборудования.



**Рис. 1.** Угловая скорость  $\omega$  поворотной платформы в режиме транспортного перемещения ковша

Повысить производительность работ экскаватора можно в том случае, если обеспечить обоснованное сокращение времени транспортного перемещения ковша. В сочетании с сохранённым на прежнем уровне качеством выполнения работ это гарантирует повышение эффективности использования экскаватора.

Необходимо учитывать опасность опрокидывания машины при выполнении транспортных операций. С помощью возможностей системы автоматизированного управления ЗТМ следует предусмотреть выбор тре-

угольных тахограмм поворота из условия сохранения устойчивости машины и определения САУ минимально допустимого времени транспортного перемещения.

Для этого САУ должна быть оснащена математическим и программным обеспечением, осуществляющим оценку и назначение скорости движения рабочего оборудования.

Угол поворота на выгрузку ковша равен углу поворота в забой, что означает равенство площадей  $S_1=S_2$  тахограмм (рис. 1). Следовательно, необходимо подобрать такие законы изменения  $\omega_1(t)\dots\omega_5(t)$ , при которых выполнялось бы это условие. Величины площадей  $S_1$  и  $S_2$  определяются по формулам:

$$S_1 = \int_{t_1}^{t_2} \omega_1(t)dt + \int_{t_2}^{t_3} \omega_2(t)dt, \quad S_2 = \int_{t_4}^{t_5} \omega_4(t)dt + \int_{t_5}^{t_6} \omega_5(t)dt.$$

Для заданных комбинаций времени  $t_1\dots t_6$  (при соблюдении условия  $t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 < t_6$ , при заданной величине угла поворота на выгрузку  $\alpha_{пов}$ ) можно определить законы движения  $\omega_1(t)\dots\omega_5(t)$ , обеспечивающие устойчивость машины [12–15].

Так методом последовательных автоматизированных расчётов, выполняемых программными средствами САУ, можно определить минимально возможное время транспортного перемещения  $t_6$  рабочего оборудования экскаватора или осуществить оценку возможности сокращения  $t_6$  в различных производственных условиях.

#### Библиографический список

1. Карпенко М.М., Пелевин М.М., Богдявичус М. Перспектива использования гидравлического энергосберегающего привода // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2017. – № 3(41). – С. 7-12.
2. Якушев А.Е. Исследование энергосберегающих систем // Строительные и дорожные машины. – 2003. – № 12. – С. 35-38.
3. Попиков П.И., Клубничкин В.Е. Математическая модель энергосберегающего гидропривода механизма поворота лесного манипулятора // Лесотехнический журнал. – 2015. – №4. – С. 223-234.
4. Бужинский А.Д. Эффективность применения энергосберегающей системы погрузчика // Вестник Белорусско-российского университета. – 2008. – №4(21). – С.11-18.
5. Анферов В.Н., Кузнецов С.М., Васильев С.И. Оценка надёжности бульдозеров // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3 (19). – С. 16-21.
6. Максименко А.Н. Методика определения эффективности эксплуатации СДМ на всех этапах использования // Механизация строительства. – 2011. – №5. – С. 9-11.
7. Максименко А.Н., Кутузов В.В., Сидоров А.Н. Планирование годового количества рабочего времени и годовой наработки строительных и

дорожных машин // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – № 1(5). – С. 77–81.

8. Доценко А.И. Строительные машины и основы автоматизации. – М.: Высшая школа, 1995. – 400 с.

9. Тихонов А.Ф., Демидов С.Л., Дроздов А.Н. Автоматизация строительных и дорожных машин. – М.: Издательство МГСУ, 2013. – 256 с.

10. Дьяконов И.Ф. Строительные и дорожные машины и основы автоматизации. – М.: Транспорт, 2014. – 516 с.

11. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля. – Саратов: Вузовское образование, 2019. – 307 с.

12. Карасёв Г.Н., Мандровский К.П. Анализ технико-экономической модели работы экскаватора // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2007. – № 3. – С. 54-56.

13. Мандровский К.П. Возможные перспективы развития систем мониторинга дорожных машин при управлении эффективностью и техническом аудите // Интерстроймех-2016. Материалы международной научно-технической конференции. – М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 119-128.

14. Мандровский К.П., Тюрин Я.И. Направления повышения эффективности колесных машин с рабочим оборудованием манипуляторного типа и расчетная оценка устойчивости // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77 – № 4. – С. 52-55.

15. Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Контроль устойчивости грузоподъемных машин (на примере колесно-шагающего экскаватора) // Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства. Международная научно-практическая конференция. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. – Ч.2. – С. 327-330.

## **СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО ШУМОЗАЩИТНОГО ВАЛА**

*Непомнящий З.С., магистрант*

*Научный руководитель – Мандровский К.П., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Грунтовые шумозащитные валы представляют собой один из видов шумозащитных экранирующих сооружений. Наличие свободного места, окружающие пространство и ландшафт являются определяющими факторами при выборе между грунтовыми валами и специальными шумозащитными сооружениями.

На автомобильных дорогах везде, где это возможно и экономично, следует отдавать предпочтение грунтовым валам, поскольку они имеют ряд преимуществ:

- откос грунтового вала не отражает шум на противоположную от защищаемой сторону, представляет собой удобное место для посадки зеленых насаждений, что очень важно для жителей, проживающих на защищаемой территории;

- в случае придания шумозащитным валам естественного внешнего вида, они не воспринимаются как специальные инженерные сооружения

- валы сочетаются местным ландшафтом и по сравнению с экранами создают чувство открытости пространства;

- при устройстве валов обычно не требуются ограждений; - не высокая стоимость сооружения;

- не сложно содержание;

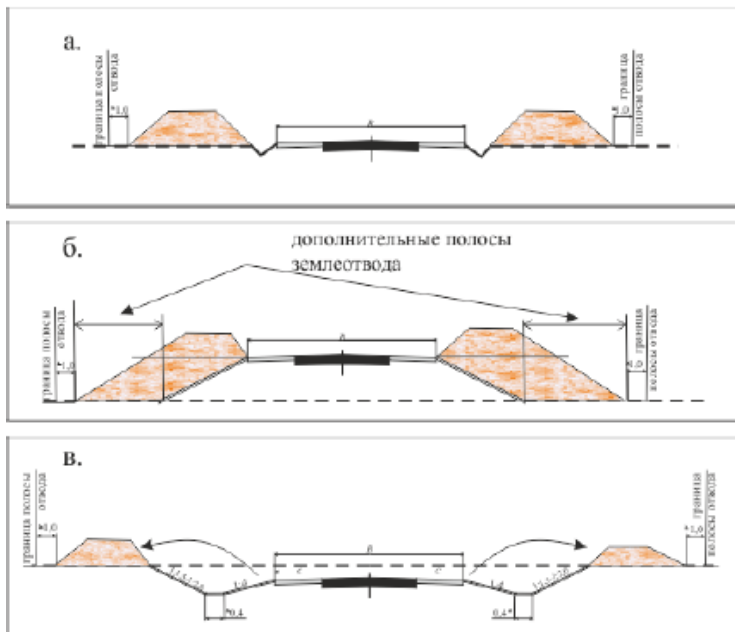
- большой срок службы;

- в сочетании с засевом травой или при посадке цветов имеют эстетичный вид.

Шумозащитный вал может возводиться из излишнего грунта, если его строительство ведется одновременно с автомобильной дорогой. При этом в самом худшем исполнении всего-навсего просто напоминает откос выемки, который в свою очередь является необходимым атрибутом автомобильных дорог. Если позволяют местные условия, возможно устройство шумозащитных валов и на участках насыпей. В случае выемки, шумозащитный вал можно устраивать из вынимаемого грунта (рис. 1) [1-3].

Акустическая эффективность шумозащитного вала определяется его формой и высотой. По акустическим соображениям и соображениям строительства (уплотнение) предпочтение следует отдавать грунтовым валам трапецидального очертания. В идеальном случае при большой ширине по верху грунтового вала приходящий от автомобильной дороги шум отклоняется от первой грани, обращенной к автомобильной дороге, а затем от второй грани трапеции. Теоретически при этом на второй огибаемой бровке следует считать, что звук имеет меньшую энергию.



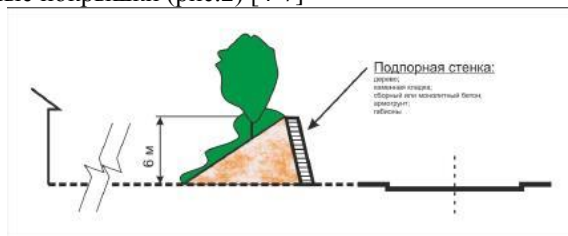


**Рис. 1.** Шумозащитные валы:

а – в нулевых отметках, б – на участке насыпи, в – на участке выемки

Из акустических соображений грунтовые шумозащитные валы следует размещать как можно ближе к проезжей части автомобильной дороги и назначать внутренний откос по возможности более крутым, 1:1,5 и круче.

При необходимости обеспечения устойчивости откоса возможно устройство подпорных стен преимущественно из местных материалов: древесина, каменные материалы, габионы, армогрунт, утилизированные автомобильные покрышки (рис.2) [4-7]



**Рис. 2.** Сочетание грунтового вала с подпорной стенкой

Проектирование грунтовых валов, из-за увеличения полосы отвода автомобильной дороги требует особого внимания к отводу воды и планировке прилегающей территории во избежание образования застойных областей с затрудненным стоком воды.

Очертание подошвы вала со стороны проезжей части всегда определяется типом водоотводных сооружений. При проектировании грунтовых валов после строительства земляного полотна необходимо предусматривать отвод воды с обеих сторон вала и обеспечивать дренирование воды из подстилающих слоев дорожной одежды.

При достаточной площади отвода и наличии хорошо дренирующего материала у подошвы вала устраивают водоотводную канаву, обычную для автомобильных дорог, проходящих в выемке. Когда естественный уклон местности направлен в сторону шумозащитного вала, необходима разработка мер по обеспечению водоотвода от шумозащитного грунтового вала.

В случае разрыва шумозащитного вала можно устраивать экранирующий шумозащитный вал, при этом, если он устраивается на расстоянии  $d$ , то величина перекрытия должна быть не менее  $3d$  (рис. 3) [7-9].

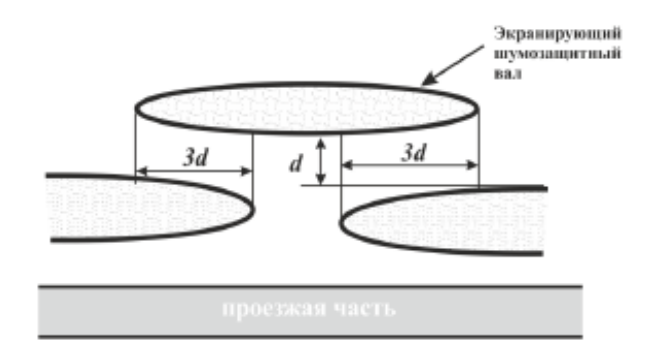


Рис. 3. Экранирование разрыва шумозащитного вала

#### Библиографический список

1. ОДМ 218.2.013-2011 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА Указания по ландшафтному проектированию автомобильных дорог. ВСН 18- 84. М, 1985
2. Указания по ландшафтному проектированию автомобильных дорог. ВСН 18- 84. М, 1985
3. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Москва: «РОСАВТОДОР», 2011.
4. Васильев А.В. Экология и промышленность России, июнь 2004. Снижение шума транспортных потоков в условиях современного города.
5. Осипов Г. Л. Защита от шума в градостроительстве. 1993.
6. Иванов Н.И. Безопасность жизнедеятельности, № 8, 2005. Применение акустических экранов для защиты от шума автомобильного и железнодорожного транспорта.

7. Анджелов В.А., Анджелов Л.В., Любакова Е.В. Защита от транспортного шума. 2010.
8. Мандровский К.П. Эргономика и технико-экономические показатели эксплуатации дорожных и строительных машин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2017. – №1(54). – С. 112-118
9. Кустарёв Г.В., Мандровский К.П., Вершинский А.В. Международная молодёжная конференция в МАДИ // Подъемно-транспортное дело. – 2014. – Т.77. – № 3-4. – с. 34-37

## О ВЛИЯНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА РЫСКЛИВОСТЬ ПЛАВУЧИХ КРАНОВ

*Никулин В.М., студент*

*Научный руководитель – Амелин В.С., проф.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Рыскливость: способность плавучего крана перемещаться в горизонтальной плоскости при выполнении грузовых операций. В существующих методиках физическую модель явления рыскливости крана обычно рассматривают состоящей из двух последовательно происходящих процессов: свободное движение без связи, движение понтона со связью до полной остановки в горизонтальной плоскости.

Расчёты рыскливости выполняются на основе исследований по ряду аппроксимационных формул. В частности в [1] изложена приближённая методика расчёта рыскливости, основанная на экспериментальных данных. В основу методики заложены аппроксимационные формулы для определения кинетической энергии понтона при работе крана (с грузом на крюке) Кинетическая энергия представлена в виде:

$$K_0 = \frac{K_{max}}{0.5M_n l_c^2 \omega^2} = 10^{-4} (1 - 0.21 \frac{L}{B}) \left[ \frac{105}{0.4+12T/l_c} - 4 \frac{B}{T} \right] \quad (1)$$

где  $K_{max}$  – наибольшая кинетическая энергия;

$M_n$  – масса понтона с поворотной частью и грузом на крюке, т;

$l_c$  – длина стрелы, м;

$\omega$  – паспортная угловая скорость поворотной части, рад/с.

Величина  $K_0$  выражается через соотношение главных размерений понтона и длину стрелы.

$$K_0 = L/BT * l \quad (2)$$

где  $l$  – длина стрелы, м;

Полученная кинетическая энергия преобразуется в потенциальную через характеристики швартовного каната

$$K_{\max} = \Phi:$$

$$\Phi = \frac{S_{\text{шв}}^2 l_{\text{шв}}}{2E_k A_k} \quad (3)$$

где  $S_{\text{шв}}$  – усилие в швартовном канате, Н;  
 $l_{\text{шв}}$  – длина рабочей части швартовного каната, м;  
 $E_k$  – модуль упругости каната, Па;  
 $A_k$  – площадь поперечного сечения каната, м<sup>2</sup>.

Заменяя массу плавучего крана через плотность и объёмное водоизмещение, можно получить величину пропорциональную натяжению в швартовном канате, которую принимают за критерий рыскливости крана. Такой подход позволяет определить критерий рыскливости до начала проектирования и сравнить с аналогичными критериями крана прототипа.

Как недостаток критерия рыскливости можно отметить тот факт, что в используемых выражениях никак не учитывается присоединённая масса воды. Известно, что присоединённые массы в ограниченном по габаритам водоёме могут быть значительными и даже превосходить массу крана. Присоединённые массы жидкости зависят от геометрических данных водоёма в которых выполняются грузовые операции. Как следствие, изменения системы «плавучий кран – присоединённая жидкость» может привести к неблагоприятному изменению сил инерции и траекторных характеристик.

В данной работе рассмотрено влияние изменений присоединённых масс на инерционные и траекторные характеристики крана. При оценке изменения величины присоединённых масс в зависимости от геометрических характеристик водоёма использовались результаты выполненных ранее диссертационных исследований. В частности [1] [2].

Результаты работ представлены в виде зависимостей изменения нагрузок инерционного характера на элементы плавучего крана, при изменении присоединённых масс

#### Библиографический список

1. Гаранин Н.П., Брауде В.И., Артемьев П.П. Грузоподъемные машины на речном транспорте. Москва «Транспорт» 1991
2. Воробьёв П.С. Экспериментальное исследование коэффициентов присоединённых масс для параллелепипедов с учётом мелководья. – Труды НИИВТа Новосибирск 1966;
3. Короткин А.И. Присоединённые массы судна. Справочник;
4. Воробьёв П.С. Учёт влияния свободной поверхности жидкости на величину присоединённой массы при разгоне и торможении судна. – Труды НИИВТа, Новосибирск 1970;
5. Борисов Р.В, Мирохин Б.В. Экспериментальное исследование моментов инерции присоединённых масс и демпфирования при бортовой качке малых судов на мелководье. – Труды ЛКИ 1975.
6. Басин А.М., Анфимов В.Н. Гидродинамика судна. Ленинград 1961

7. Крутова В.И., Попова В.В. Основы научных исследований. Москва «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1989. 318-337 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДСМ С ОБЪЕМНЫМ И ОБЪЕМНО-ДРОССЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ**

*Пимонов А.А., магистрант*

*Научный руководитель – Сабуренков С.Е., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Гидравлические системы дорожно-строительных машин неизменно состоят из одних и тех же базовых компонентов: источник энергии, исполнительные механизмы, а также аппаратура управления потоком жидкости и защиты системы от перегрузок. Этот порядок комплектования гидросистем является установившимся и широко применяемым. Одним из усовершенствований в конструкции гидросистем стало использование электроники для согласования работы гидросистем и гидроагрегатов машины. Одним из способов повышения производительности дорожно-строительных машин – это возможность одновременно выполнять несколько операций, например, работать стрелой, рукоятью ковша и поворотом платформы экскаватора, используя при этом возможность работать регулируемой насосной установки в режиме постоянной мощности. В процессе выполнения этой задачи используются системы управления, регулирующие скорость выходного звена в зависимости от нагрузки и требуемого скоростного режима. Существующие современные способы регулирования скорости регулирования широко применяются на различных типах машин.

Основные способы регулирования скорости в гидросистемах дорожно-строительных машин можно разделить на 3 основные группы: объемное регулирование, дроссельное регулирование и объемно-дроссельное регулирование (рис. 1).



**Рис. 1.** Системы регулирования скорости основных типов ДСМ

Из представленной схемы можно сделать вывод, что объемный вариант регулирования скорости применяется в приводах трансмиссии дорожных катков, в системах привода хода и рабочего оборудования экскаваторов, в приводах хода малогабаритных погрузчиков и др. Дроссельный вариант регулирования применяется в приводе подъема, опускания, изменения углов наклона и перекоса отвала бульдозеров, в приводе подъема и опускания стрелы погрузчиков, в приводе подъема и опускании ковша, подъеме и опускании заслонки, выдвигении и отводе задней заслонки или повороте днища ковша скреперов, в приводе подъема-опускания и поворота отвала автогрейдеров и др. А объемно-дроссельное регулирование применяется в приводах экскаваторов, катков и автомобильных кранов.

С точки зрения сервисного сопровождения современных гидравлических систем ДСМ установлено, что основными гидроагрегатами, наиболее часто подверженными отказам и поломкам являются насосы, гидрораспределители, гидроцилиндры и клапанная аппаратура. Оценка эффективности данных элементов в составе гидропривода может быть проведена на основе экономических показателей сервисного сопровождения (цена дефектовки, стоимость ремонтных работ, цена запасных частей, которые в большей степени влияют на общую сумму восстановительных работ) этих агрегатов.

В ходе математического исследования многофакторной линейной зависимости для определения наиболее значимого параметра из экономических показателей сервисного обслуживания гидронасов и гидрораспределителей в общей стоимости восстановительных работ ( $y$ ) были получены многофакторные уравнения регрессии для насосов (1) и гидрораспределителей (2):

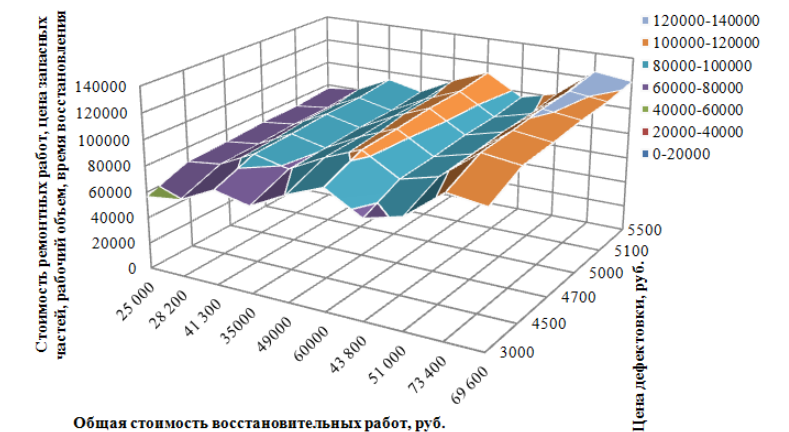
$$y_n = 99,3968 - 12,0838x_1 - 22,5861x_2 - 69,5981x_3 + 0,1545x_4 - 577,1496x_5 - 752,0591x_6 \quad (1)$$

$$y_e = -0,5458 - 14,0832x_1 + 9,9191x_2 - 37,4432x_3 - 4,3574x_4 + 2870,3475x_5 + 3709,2244x_6 \quad (2)$$

где  $x_1$  – цена дефектовки, руб.;  $x_2$  – стоимость ремонтных работ, руб.;  $x_3$  – цена запасных частей, учитывая доставку, руб.;  $x_4$  – стоимость новой детали, руб.;  $x_5$  – рабочий объем, см<sup>3</sup>;  $x_6$  – время восстановления, н-ч.

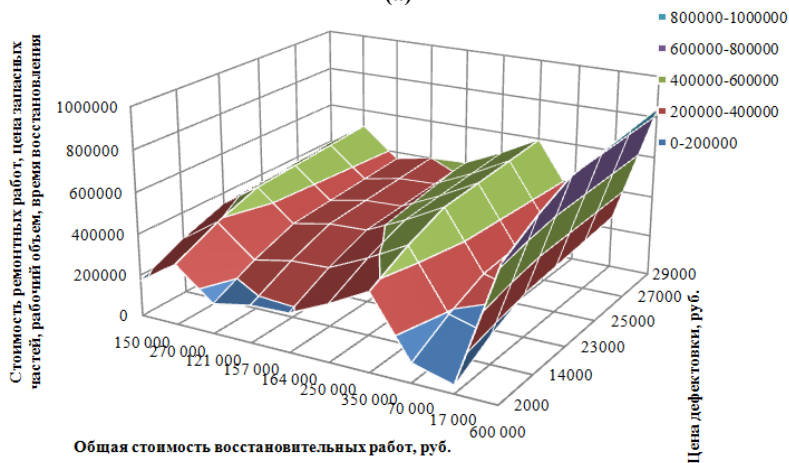
Наибольшее влияние на общую стоимость затрат на восстановительные работы для насосов оказывает время восстановления, а для гидрораспределителей – цена запасных частей. Исходя из полученных поверхностей отклика многофакторных регрессионных моделей, составленных для насосов (рис. 2а) и гидрораспределителей (рис. 2б), можно судить об общей тесной взаимосвязи между техническими и ценовыми характеристиками гидроагрегатов.

Используя полученные зависимости, можно оценить общую стоимость восстановительных работ, исходя из типоразмера насосов (рабочий объем) и гидрораспределителей (условный проход и расход).



Общая стоимость восстановительных работ, руб.

(а)



Общая стоимость восстановительных работ, руб.

(б)

**Рис. 2.** Поверхность отклика многофакторной регрессионной модели для насосов (а) и гидрораспределителей (б)

Для обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации гидроагрегатов и минимизации затрат на восстановление элементов был проведен анализ поломок насосов и гидрораспределителей, в результате которого были определены основные отказы данных гидромашин. Так основными отказами гидронасосов являются нестабильность при работе, малый расход, вибрации при низком давлении, сильные перепады давления, сильный нагрев насоса, чрезмерный шум при работе насоса. Для гидрораспределителей основными видами отказов являются медленный подъем/спуск орудия (либо отсутствие подъема/спуска), автоматическое невозвращение золотника из положения «Подъем» или «Принудительное опускание», отсутствие фиксации золотника при установке его в рабочее положение или воз-



вращение в нейтральное положение до окончания полного хода поршня в цилиндре, падение навесной машины и подтекание рабочей жидкости. В ходе исследования выявлены возможные причины приведенных выше отказов, и предложены способы их устранения.

В результате проведенного исследования были изучены принципиальные гидравлические схемы основных типов ДСМ и проведена их классификация по способу регулирования скорости, разработаны корреляционно-регрессионные многофакторные модели технико-экономических параметров для насосов и гидрораспределителей, изучены основные отказы гидронасосов и гидрораспределителей, их причины и методы устранения.

#### Библиографический список

1. Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник.– М.: Машиностроение, 1983.
2. Сабуренков С.Е. Элементы гидравлических приводов дорожно-строительных машин: Учебное пособие. – М.: МАДИ, 2010.
3. Корнюшенко С.И. Простейшие методы диагностики гидросистем машин // Строительная техника и технологии. – 2006. - №1. – с. 94-101
4. Завадский Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионно корреляционного анализа. – М.: МАДИ, 1981.
5. Головин С.Ф., Коншин В.М., Рубайлов А.В. и др. Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник для сред. проф. образования/ под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002.
6. Галдин Н.С., Кукин А.В. Атлас гидравлических систем мобильных машин и оборудования: Учебное пособие. – Омск, СибАДИ, 2006.
7. Гринчар Н.Г., Чалова М.Ю. Дроссельное регулирование гидропривода путевых и строительных машин. – Москва, 2015.

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМАХ ЭКСПОРТНО-ИМПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ С КРАХМАЛОМ И КРАХМАЛОПРОДУКТАМИ**

*Рублевик Е.В., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Экспортно-импортные операции являются основой внешнеэкономической деятельности любой страны, а связанные с этим операции внутри логистических систем представляют собой сложно - организованный процесс, регулируемый не только внутренним законодательством РФ, но и правилами международной торговли.

Анализ современного состояния экспортно-импортных перевозок крахмала и крахмалопродуктов показал, что объём занимаемого рынка крахмала и крахмалопродуктов в РФ, а также планируемое увеличение импортированного крахмала, что существенно увеличивает нагрузку на транспортную сеть[1].

В настоящее время недостаточно уделяется внимания экспортно-импортным поставкам крахмала и крахмалопродуктов с использованием водного транспорта, так как основными потребителями являются страны ближнего зарубежья, такие как Беларусь, Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Азербайджан, Украина и Киргизия. Доля экспорта крахмала в Беларусь и Казахстан составляет 22% и 13% соответственно [8]. В целом производство крахмала в России, как и во всем мире, является одним из направлений в деятельности по переработке сельскохозяйственных продуктов. Доля импорта остается значительной, особенно в сегменте модифицированных крахмалов.

Так как крахмал имеет широкое применение не только в пищевой промышленности, но и в текстильной и бумажной промышленности, а также нефтяной промышленности. В нефтяной промышленности модифицированный крахмал используется в качестве добавки в бурые растворы и является основой для стабилизаторов глинистых растворов, используемых при буровых работах [5].

Исторически сложилось, что наша страна является главным экспортером нефти на международной арене, именно поэтому технические виды крахмалов активно используются при бурении скважин в регионах России: Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО и Красноярский крае, а значит, и востребованность данного вида груза будет расти.

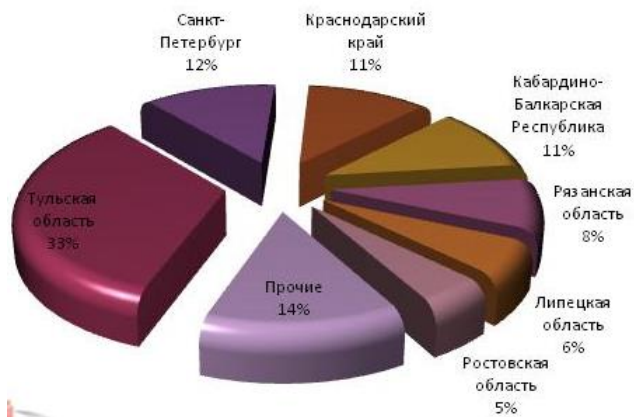
Основным видом транспорта в таких перевозках является железнодорожный. Однако, кроме российского экспорта, значительное количество

крахмала, в том числе и различные виды модифицированных поступают в Россию из Европы и Юго-Восточной Азии.

Перевозка зачастую производится в пакетах или мешках, затраты по времени на погрузку/разгрузку существенно выше, чем у мягких контейнеров (далее – МК), или биг-бэги. В МК обеспечивается защита окружающей среды от загрязнений, сохраняется качество продукции, сводятся к нулю ее потери. Грузовые элементы современных мягких контейнеров выполнены в виде стропов, которые вшиты в углы грузонесущей оболочки или представляют с ней единое целое. Отличие от мешочных грузов состоит в том, что мешочные требуют крытого хранения, а хранение биг-бэга возможно на открытом воздухе, без потери или порчи груза под влиянием атмосферных воздействий. Температура эксплуатации этой тары – от –40 до +80 °С. К тому же биг-бэг возможно рециклировать, что способствует меньшему загрязнению окружающей среды [3].

Проведенный анализ условий эффективного функционирования перегрузочных комплексов по перегрузке крахмала и крахмалопродуктов показал основных получателей крахмала. Ими являются предприятия бумажной сферы. География регионов-получателей крахмала совпадает с расположением предприятий-покупателей.

Более 80% потребления крахмала, отправленного по железной дороге за исследуемый период, сконцентрировано в 10 регионах. Более трети поставок приходится на Республику Коми, где расположены производственные мощности целлюлозно-бумажного комбината «Монди Сыктывкарский ЛПК» [2].



**Рис. 1.** Структура перевозок крахмала в 2017г. по регионам отправления

Сложностью организации (ограничением) таких перевозок является комплекс задач, требующих решения:

- определение способа перевозки: навалом или в таре (отдельными мешками или пакетом);
- определение дополнительных технических средств потребителя (поставщика);
- определение механовооруженности портовых перегрузочных комплексов;
- определение транспортных связей между потребителями (поставщиками) и портами, осуществляющими экспортно-импортные операции.

Таким образом, для обоснования оптимального использования перегрузочных комплексов водного транспорта в логистических схемах экспортно-импортных операций с крахмалом и крахмалопродуктами предлагается использовать математическую модель с критерием оптимизации «минимальная стоимость суммарных затрат на перевозку», который включает:

- стоимость фрахта  $C_{ljr}^{\Phi}$  при использовании в схеме поставок l-порта, где l – индекс порта,
- j – индекс способа перевозки груза,
- k – индекс вида тары;
- стоимость доставки  $C_{mikl}^T$  от (до) порта до потребителя (поставщика), где m – индекс вида подвижного состава сухопутного транспорта, доставляющий груз от (до) порта;
- стоимость перегрузочных работ в l-ом порту  $C_{iim}^{\Pi}$ , где i – индекс механовооруженности перегрузочного комплекса l-го порта;
- стоимость  $C_{nikm}^O$  пакетирования (затаривания) и погрузки (выгрузки) груза у поставщика (потребителя), где n – индекс типа оборудования у потребителя (поставщика).

При этом предлагается одновременно оптимизировать состав перегрузочных комплексов в рассматриваемых в модели портах.

### Библиографический список

1. Анализ современного состояния экспортно-импортных перевозок крахмала и крахмалопродуктов: Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.). — Ответственный за выпуск Е.М. Кудрявцев. — М: МИСИ – МГСУ, 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-7264-1896-4.
2. Анализ условий эффективного функционирования перегрузочных комплексов по перегрузке крахмала и крахмалопродуктов: XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительное, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» (г. Москва, 25 апреля 2018 г.).
3. Замолотчиков А. М. Технология работы с мягкими контейнерами: Уч. пособие – М. : МГАВТ, 2005. - 28 с.

4. ГОСТ 32902-2014 Крахмал и крахмалопродукты. Термины и определения
5. Журнал Агробизнес. – 2018. – №1. – с. 5-8.
6. Логистика. Искусство управления цепочками поставок / Д. Шехтер. - М.: Альпина, 2013. - 452с.
7. Вопросы повышения эффективности производственной деятельности морского транспорта. /Сб.науч.тр./, под ред. В.П.Грузино-ва. М.: ЦРФА Морфлот, 1979. - 118 с.
8. Эффективность экономики России: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа - <http://www.gks.ru/>, свободный.

## **ВЛИЯНИЕ КАЧКИ НА НАГРУЗКИ В КОНСТРУКЦИЯХ ПЛАВУЧЕГО КРАНА**

*Рулев В.И., студент*

*Научный руководитель – Амелин В.С., проф.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Одной из проблем при проектировании и эксплуатации плавучих и судовых кранов является волнение, которое влияет на остойчивость судна, рысканье и нагрузки на корпус и механизмы плавкранов.

Этот вопрос контролируется правилами Российского Речного Регистра (ППС), которые основаны на опыте эксплуатации и научных исследованиях.

Согласно ППС (п. 6.4.2 Правила классификации и постройки судов. Часть V «Судовые устройства и снабжение») расчетная нагрузка для судовых и плавучих кранов определяется суммированием следующих составляющих:

1 весовой нагрузки от массы поднимаемого груза и массы съемных грузозахватных приспособлений;

2 весовой нагрузки от массы конструкции крана;

3 ветровой нагрузки, действующей на поверхности палубного крана и груза в продольном и поперечном направлениях. Для кранов, работа которых допускается на волнении, должны учитываться также:

нагрузки, вызываемой раскачиванием груза

нагрузки, вызываемые наклоном судна (понтон).

В качестве расчетных нагрузок для верхних строений плавкранов принимаются следующие:

инерционные нагрузки при подъеме груза с подхватом при ускорении (торможении) подъема (спуска) груза. Коэффициент динамичности, со-

гласно Правилам, принимают для верхних строений, предназначенных для работы на тихой воде, не менее 1,15, а для верхних строений, предназначенных для работы на волнении – не менее 1,4;

нагрузки от вертикальных сил инерции, действующих на груз при качке на волнении. Эти нагрузки учитывают с помощью коэффициента динамичности, значение которого, согласно Правилам, принимать не менее 1,25;

Теоретико-экспериментальные исследования, выполненные по этому вопросу, носят ограниченный характер. В частности, Гараниным Н.П.[5] рекомендуется, учитывает только два положения понтона относительно взволнованной поверхности:

- если отношение ширины понтона  $B$  к длине волны  $\lambda$  меньше, либо равно 0,5, то движение понтона будет практически соответствовать изменению формы волновой поверхности воды;

- если ширина понтона  $B$  или дока больше половины действительной длины волны  $\lambda$  на поверхности воды, то понтон или док не будет следовать за волновой поверхностью и будет отставать от нее на  $1/4 \lambda$ ;

В действительности, как это следует из решений задач качки, амплитуды качки зависят от соотношения ( $s_i$ ) частот волны ( $\sigma_i$ ) и частот собственных колебаний ( $\omega_i$ ) понтона ( $s_i = \frac{\sigma_i}{\omega_i}$ , где  $i$ -вид качки). Наиболее опасным является случай резонанса, когда это соотношение равно единице. В практических задачах зону значений  $1,4 < s_i < 0,7$ , как наиболее опасную исключают.

В связи с изложенным, представляет интерес рассмотреть влияние характеристик волнения на характеристики качки понтонов, для выявления, в первую очередь, опасных зон частот волн и, соответственно, ускорений, возникающих при качке.

В работе рассмотрены характеристики существующих плавучих кранов, определены частоты собственных колебаний, определены характеристики волн и показана зависимость инерционных нагрузок от относительной частоты ( $s_i$ ).

Указанные характеристики крана приведены ниже:

Плавучий кран грузоподъемностью 5т. Проекты 528,528Б.

Вертикальная собственная частота:

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{pgS_0}{m + M_{33}}} = 1,47 \text{ с} \quad (1.0)$$

где  $p$  – плотность забортной воды,  $\text{кг/м}^3$ ;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$S_0$  – площадь ватерлинии,  $\text{м}^2$ ;

$m$  – масса,  $\text{кг}$ ;

$M_{33}$  – присоединенные массы,  $\text{кг}$ .

Бортовая собственная частота:

$$\omega_4 = \sqrt{\frac{mgh}{I_x + M_{44}}} = 2,20 \text{ с} \quad (1.1)$$

где  $h$  – поперечная метацентрическая высота, м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$m$  – масса, кг;

$I_x$  – момент инерции,  $\text{кг/м}^2$ ;

$M_{44}$  – присоединенные массы, кг.

Килевая собственная частота:

$$\omega_5 = \sqrt{\frac{mgH}{I_y + M_{55}}} = 1,38 \text{ с} \quad (1.2)$$

где  $H$  – продольная метацентрическая высота, м;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$m$  – масса, кг;

$I_y$  – момент инерции,  $\text{кг/м}^2$ ;

$M_{55}$  – присоединенные массы, кг.

Периоды вертикальной, бортовой и килевой качки:

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{m + M_{33}}{pgS_0}} = 4,27 \text{ с}; \quad (2.0)$$

$$T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{I_x + M_{44}}{mgh}} = 2,86 \text{ с}; \quad (2.1)$$

$$T_5 = 2\pi \sqrt{\frac{I_y + M_{55}}{mgH}} = 4,55 \text{ с}. \quad (2.2)$$

Используя формулу Циммермана, находим длину волны при  $r = 0,6 \text{ м}$ ,  $r = 1,0 \text{ м}$ ,  $r = 1,2 \text{ м}$  и  $r = 1,6 \text{ м}$ :

$$\lambda_{0,6} = \sqrt[4]{\left(\frac{r}{0,085}\right)^3} = 4,45 \text{ м}; \quad (3.0)$$

$$\lambda_{1,0} = \sqrt[4]{\left(\frac{r}{0,085}\right)^3} = 6,53 \text{ м}; \quad (3.1)$$

$$\lambda_{1,2} = \sqrt[4]{\left(\frac{r}{0,085}\right)^3} = 7,48 \text{ м}; \quad (3.2)$$

$$\lambda_{1,6} = \sqrt[4]{\left(\frac{r}{0,085}\right)^3} = 9,28 \text{ м}. \quad (3.3)$$

Скорости вол:

$$c_{0,6} = \sqrt{\frac{g\lambda_{0,6}}{2\pi}} = 2,64 \text{ м/с}; \quad (4.0)$$

$$c_{1,0} = \sqrt{\frac{g\lambda_{1,0}}{2\pi}} = 3,19 \text{ м/с}; \quad (4.1)$$

$$c_{1,2} = \sqrt{\frac{g\lambda_{1,2}}{2\pi}} = 3,42 \text{ м/с}; \quad (4.2)$$

$$c_{1,6} = \sqrt{\frac{g\lambda_{1,6}}{2\pi}} = 3,81 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \quad (4.3)$$

Наибольший амплитудный угол взволнованного склона:

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{\lambda} r_{0,6} = 0,85; \quad (5.0)$$

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{\lambda} r_{1,0} = 0,96; \quad (5.1)$$

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{\lambda} r_{1,2} = 1,01; \quad (5.2)$$

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{\lambda} r_{1,6} = 1,08; \quad (5.3)$$

Угол взволнованной поверхности определяется по формуле:

$$\alpha_{0,6} = \alpha_0 \sin(\sigma_0 t - kx) = 0,092; \quad (6.0)$$

$$\alpha_{1,0} = \alpha_0 \sin(\sigma_0 t - kx) = 0,105; \quad (6.1)$$

$$\alpha_{1,2} = \alpha_0 \sin(\sigma_0 t - kx) = 0,110; \quad (6.2)$$

$$\alpha_{1,6} = \alpha_0 \sin(\sigma_0 t - kx) = 0,118; \quad (6.3)$$

#### Библиографический список

1. Крутова В.И., Попова В.В. Основы научных исследований. Москва «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1989. 318-337 с.
2. Российский Речной Регистр. Правила (в 5-и томах).Т. 3.,Т. 2. Москва 2015.
3. Басин А.М. Ходкость и управляемость судов. Москва «ТРАНСПОРТ» 1977.
4. Ремез Ю.В., Качка корабля. Ленинград «Судостроение» 1983. 27-32, 126-137, 215-222с.
5. Гаранин Н.П., Брауде В.И., Артемьев П.П. Грузоподъемные машины на речном транспорте. Москва «Транспорт» 1991.
6. СП 38.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82\* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.: ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева", 2012.
7. Смирнов Е.Л., Речная справочная книга корабельного инженера Е.Л.Смирнова. Режим доступа: <http://russrivership.ru/page>, свободный.



## **ПРЕДПРОДАЖНАЯ ПОДГОТОВКА. ЦЕЛЬ, СОСТАВ, МОТИВАЦИЯ ПРЕДПРОДАЖНОЙ ПОДГОТОВКИ**

*Салазубов А.И., магистрант*

*Научный руководитель – Доценко А. И., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Предпродажное обслуживание выполняется за счет производителей техники на предприятиях системы фирменного обслуживания.

Государственный стандарт на предпродажное обслуживание средств малой механизации в настоящее время отсутствует, что негативно сказывается на работе предприятия системы фирменного обслуживания.

Предпродажная подготовка – комплекс мероприятий, задача которых – привести технику в близкое к идеальному состояние.

Цель предпродажной подготовки является обеспечение комплексного исправного состояния машины, реализуемой покупателю.

Идентификация проводится с целью проверки соответствия марки машины, заводского номера, года выпуска, а так же наличия сертификата соответствия.

Внешний осмотр, проверка комплектности машины проводится с целью контроля целостности деталей и сборочных единиц, прочности их крепления, отсутствия дефектов, наличия и целостности пломб в местах, предусмотренных эксплуатационной документацией. Проверяется так же комплектность ЗИП.

Монтаж на машину комплектующих изделий, снятых на период транспортирования, проводится согласно эксплуатационной документации.

Проверка уровней, заправка и дозаправка машин топливом и смазочными материалами должны проводиться закрытым способом в соответствии с эксплуатационной документацией.

Проверка работоспособности машины проводится на стоянке и в движении.

Проверка соответствия требованиям безопасности должна проводиться по машине в целом при работающей силовой установке и после его остановки.

Регулировка сборочных единиц и систем проводится по мере необходимости (регулировка натяжения ремней вентилятора, приводов вибраторов рабочих органов).

Мотивация- побуждение к действию; психофизиологический процесс, управляющий поведением человека, задающий его направленность, организацию, активность и устойчивость.

Мотивация для предпродажного обслуживания выделяет следующее:

Длительность и условие транспортирования:

Условия транспортирования, в том числе требования к выбору вида транспортных средств, устанавливают в стандартах или другой НТД на отдельные типы или группы изделий. Допускается устанавливать в технических заданиях или технических условиях на изделия требования к условиям транспортирования, не установленные. Если условия транспортирования выбраны только по признаку количества перегрузок, то при установлении ограничительных требований к обращению с грузом допускается устанавливать более легкие условия транспортирования.

Условия транспортирования изделий в части воздействия климатических факторов - по ГОСТ 15150. При этом для транспортирования самолетами ниже значение атмосферного давления устанавливают 19,4 кПа.

Сроки транспортирования входят в общий срок сохраняемости изделий.

Сроки транспортирования и промежуточного хранения при перегрузках не должны превышать 1 мес - для условий транспортирования ОЛ и Л, 3 мес - для условий С и 6 мес - для условий Ж.

Допускается увеличивать срок транспортирования и промежуточного хранения изделий при перегрузках за счет сроков сохраняемости в стационарных условиях.

Технологии поставок:

Система поставки "точно в срок" - это система производства и поставки комплектующих или товаров к месту производственного потребления или к моменту продажи в торговом предприятии в требуемом количестве и в нужное время.

Логистическая концепция «точно в срок» характеризуется следующими основными чертами:

- минимальными (нулевыми) запасами материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции;
- короткими производственными (логистическими) циклами;
- небольшими объемами производства готовой продукции и пополнения запасов (поставок);
- взаимоотношениями по закупкам материальных ресурсов с небольшим количеством надежных поставщиков и перевозчиков;
- эффективной информационной поддержкой;
- сокращение складских площадей;
- высоким качеством готовой продукции и логистического сервиса.

На развитие логистики и концепции управления цепями поставок в исторической перспективе влияло взаимодействие следующих факторов: рыночные тенденции, охват и уровень логистического управления, используемые технологические инновации. В данном разделе исследования развитие логистики и управления цепями поставок рассматривается с точки зрения комплексного влияния этих факторов: изолированное влияние технологических инноваций рассмотреть невозможно - именно

совокупность вышеприведенных факторов побуждала внедрение технологических инноваций. Тем не менее, ввиду направленности данного исследования особое внимание уделяется именно роли технологических инноваций.

Привести в исправное техническое состояние:

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 различают следующие виды состояния технических объектов.

Исправное состояние - это состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации, называется неисправным.

Работоспособным называется состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации. Под неработоспособным понимают такое состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего его способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Предельное состояние - это состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

При диагностировании объектов используют понятие правильного или неправильного функционирования.

Вывод: Предпродажная подготовка является существенным фактором в выборе техники. Ведь при проведении ППП сверяется наличие всех комплектующих изделия, сверяется техническая документация, проводится внешний осмотр. Дилер несёт убытки на этих работах, но покрывает их за счёт увеличения числа клиентов. Для потребителя же предпродажный сервис также важен. Благодаря ему он может быть уверен, что купленная техника является в оптимальной эксплуатационной готовности, что, конечно же, не маловажно. Ведь при проведении предпродажной подготовки при клиенте проверяется работоспособное состояние агрегата, благодаря этому клиент может наблюдать как работает техника и что он приобретает, а это в свою очередь выгода как клиенту, так и дилеру.

### Библиографический список

1. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин : учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений / [А. В. Рубайлов, Ф.Ю. Керимов, В.Я. Дворковой и др.] ; под ред. Е.С. Локшина. –М. : Издательский центр «Академия», 2007.- 512 с.

2. Бобровицкий, В. И. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт / В. И. Боровицкий, В. А. Сидоров. – М.: Изд-во Донецк: Юго-Восток, найма 2011. — 238 с.
3. Головин, С. Ф. Производственная база для технического обслуживания и ремонта верстак дорожных машин: учеб. пособие для вузов трудоемкость / С. Ф. Головин. – М.: Изд-во МАДИ, 1986. – 92 с.
4. Головин, С.Ф. Эксплуатация таблица и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей оформление и тракторов / С. Ф. Головин, В. М. Коншин, А. В. Рубайлов – Изд-во МАДИ, 2002. – 153 с.
5. Керимов, Ф. Ю. Техническая эксплуатация строительных, коммунальных и дорожных машин: учеб. пособие для вузов / Ф. Ю. Керимов. – М.: Изд-во МАДИ, 2009. – 156 с.
6. ГОСТ 27.002-89 «Виды состояния технических».
7. ГОСТ 15150 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

## **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ АЭРОДРОМНЫХ МАШИН ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

*Синюков Д.О., магистрант*

*Научный руководитель – Коншин В.М., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Классификация широко применяется как в науке, так и в практической деятельности. Современная аэродромная техника также нуждается в систематизации, так как в настоящее время для обслуживания одного самолета необходимо около 28-ми единиц различной техники.

Мотивация классификации обусловлена:

Принципиально разными по назначению видами машин, по типу шасси, двигателя, рабочим оборудованием и т.д;

Особенностью технического обслуживания;

Разными производителями. На сегодняшний день один и тот же тип техники производят разные компании в разных странах.

Прежде всего классификация аэродромных машин будет полезна для потенциальных покупателей техники и тем, кто будет заниматься ее эксплуатацией. Будущий владелец сможет оценить стоимость приобретения, возможные затраты на обслуживание, с заправку, особенности в обучении персонала и т.д. Систематизация позволит не тратить время, перебирая сотни типов машин в поисках необходимой.

Систематизация - это мыслительная деятельность, в ходе которой исследуемые объекты организуются в некую систему на базе выбранного принципа. Одним из основных видов систематизации является классификация, т.е. распределение объектов согласно группам подобия и различия между ними. Систематизации предшествует анализ, синтез, обобщение, сравнение.

Классификация машин – это система, основанная на распределении машин по совокупности признаков их сходства и различия, а также взаимосвязей. Она делится на различные классификационные подразделения (уровни):

Класс – подразделение машин, объединенных общностью назначения;

Подкласс – подразделение машин для определенного вида работ;

Группа – подразделение машин, сходных по принципу действия;

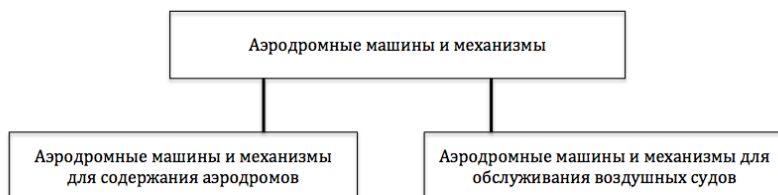
Подгруппа – подразделение машин, объединенных принципом действия, методом выполнения технологических операций, конструктивной схемой, ограниченное величинами главного параметра;

Вид – разновидность данной подгруппы;

Подвид – разновидность данного вида, отличающаяся конструктивным исполнением, например, ходового устройства.

Классификации разделяются на вспомогательные и естественные. Вспомогательной называется классификация, в основание которой закладываются несущественные для выделяемых классов признаки. Естественной называется классификация, в основание которой положены существенные для выделяемых классов признаки.

В современной России по примеру всего мира произошло разделение аэродромных машин на две группы. К первой относятся машины и механизмы для содержания аэродромов, ко второй машины и механизмы для обслуживания воздушных судов (рис.1). Также существует третья группа аэродромных машин. Пожарные аэродромные машины предназначены для пожарно-спасательной службы на стартовой полосе аэродромов. Они обеспечивают тушение пожаров в самолетах, проведение работ по эвакуации пассажиров и членов экипажа из самолетов потерпевших аварию. Эти машины вынесены из данной схемы по причине их отношения к специальным аварийным службам.



**Рис. 1.** Группы аэродромных машин и механизмов

В данной работе речь пойдет о систематизации аэродромных машин для обслуживания воздушных судов. **Наиболее важна классификация для технического обслуживания по назначению.** Аэродромные машины по назначению можно разделить на 5 групп:

Средства заправки;

Средства энергоснабжения;

Средства обслуживания грузов;

Средства очистки и специальной обработки;

Средства сервисного обслуживания воздушных судов.

**Средства заправки.** Машины предназначенные для заправки воздушного судна спец-жидкостями, необходимыми для полета. К данной группе относятся:

топливозаправочные машины;

маслозаправочные машины;

машины для заправки азотом;

машины для заправки кислородом;

машины для заправки питьевой водой.

**Средства энергоснабжения.** Внутренняя энергосистема самолета во время полета питается от собственных генераторов, которые приводятся во вращение от вала двигателя воздушного судна. Во время стоянки самолет использует вспомогательную силовую установку, которую обычно используют в аварийных случаях или при отсутствии наземных источников питания. Во время подготовки самолета к полету в аэропортах с развитой инфраструктурой используют установки наземного электропитания, по причине большого потребления керосина вспомогательной силовой установкой самолета. Для экономичного запуска мощного авиационного двигателя используют установки воздушного запуска, которая создает теплый интенсивный поток сжатого воздуха для раскрутки газотурбинного двигателя самолета. К этой группе относятся:

Установки наземного электропитания;

УВЗ (установки воздушного запуска).

**Средства обслуживания грузов.** По назначению техника для обслуживания грузов разделяется на 2 категории. Спецтранспорт первой категории предназначен для обслуживания самолетов, второй – обеспечивает удобство пассажиров и бесперебойную погрузочно-разгрузочную работу багажа, а также его доставку к месту получения. К этой группе относятся:

Транспортеры контейнеров и паллет;

Ленточные погрузчики багажа;

Перегрузжатели контейнеров и паллет;

Багажные тележки;

Багажные тягачи.

**Средства очистки и специальной обработки.** Во время стоянки в холодное время года самолет может покрываться инеем, льдом или выпавшим снегом. Эти факторы снижают летные качества авиатранспорта. Для защиты самолетов от наледи используют деайсеры. Для очистки фюзеляжа

и крыльев от загрязнений используются машины для мойки воздушных судов. При перевозке пассажиров салон самолета загрязняется, для уборки используют клининговые автолифты. Для очистки и промывки баков туалетных отсеков, а также для заливки воды и химических реагентов используют аэродромные ассенизационные машины. К этой группе относятся:

- Машины для антиобледенительной обработки воздушного судна;
- Аэродромные ассенизационные машины;
- Машины для мойки воздушного судна;
- Машины для уборки салонов.

**Средства сервисного обслуживания воздушных судов.** Для обеспечения комфортного полета пассажиров, во время стоянки самолета при жаркой погоде используют системы кондиционирования. Для перевозки малоподвижных пассажиров и перевозки больных существует специальный амбулаторный автолифт. Еду и напитки для пассажиров доставляет кейтеринговые автолифты. Для посадки и доставки к месту стоянки самолета используют перронные автобусы и пассажирские трапы. После подготовки самолета к вылету для его перемещения по территории аэропорта без задействования собственных двигателей используют аэродромные тягачи для буксировки. К этой группе относятся:

- СКВ (системы кондиционирования воздуха);
- Тягачи для буксировки воздушных судов;
- Амбулаторные автолифты;
- Пассажирские трапы;
- Перронные автобусы;
- Кейтеринговые автолифты.

Также широко применяются различные вспомогательные средства для обслуживания воздушных судов, к ним относятся буксировочные водила, стремянки, технические трапы, средства измерения коэффициента сцепления, автомобили контролирующие работу аэропорта, автомобили доставки экипажа и т.д. Эти средства не вошли в классификацию аэродромных машин по назначению, так как они применяются только совместно с машинами из предлагаемой классификации.

Учитывая вышеизложенное, классификация аэродромных машин для обслуживания воздушных судов может быть предложена в следующем виде представленном на рис.2.

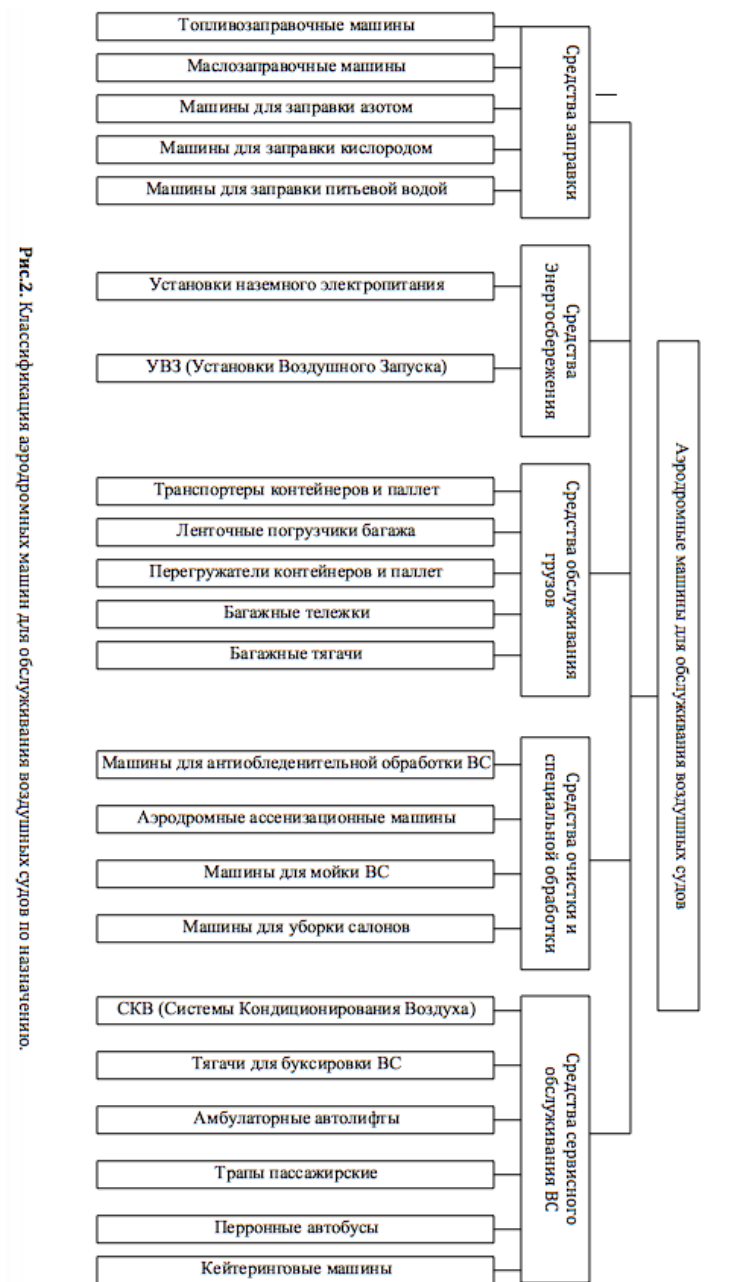


Рис. 2. Классификация аэродромных машин для обслуживания воздушных судов по назначению.



## Библиографический список

1. Бим-Бад Б.М. Педагогический энциклопедический словарь // Большая российская энциклопедия, 2002. С.528.
2. Основные положения Федеральных авиационных правил (ФАП) (приказ Минтранса РФ от 25.08.2015 года №262)
3. Основные положения «Руководства по организации работы спецавтотранспорта аэропортов Российской Федерации» (РОРОС-95)
4. Основные положения «Инструкции по организации движения спецавтотранспорта и средств механизации на гражданских аэродромах Российской Федерации, утвержденной приказом Минтранса России от 13 июля 2006г. №82
5. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской федерации. (РЕГА РФ-94). М: «Воздушный транспорт», 1996
6. Сайт компании ЕВРОТЕК [Электронный ресурс]. – М.: ООО ЕВРОТЕК, – Режим доступа: <http://eurotech-group.ru>, свободный.
7. Сайт компании АЭРОСМАРТ СИСТЕМЫ [Электронный ресурс]. – М.: ООО АЭРОСМАРТ СИСТЕМЫ, – Режим доступа: <http://aero-smart.ru>, свободный.
8. Сайт компании АКМТ КОМИНВЕСТ [Электронный ресурс]. – М.: АО АКМТ КОМИНВЕСТ, – Режим доступа: <http://www.cominvest-akmt.ru>, свободный.

## ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЬНЫХ РОБОТОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Сырых Н.В.**, студент

Научный руководитель – **Степанов М.А.**, доц., к.т.н.

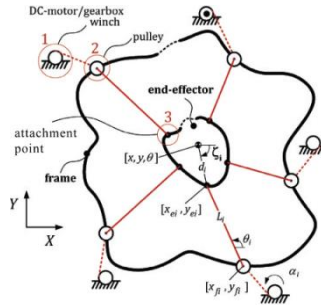
*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Кабельные роботы параллельной структуры – это механизмы параллельной структуры, в которых жёсткие приводные звенья заменены канатами. Развитие таких механизмов началось в 80е годы XX века [1].

Основными преимуществами кабельных роботов параллельной структуры над стандартными кранами являются: полный контроль над положением груза, большие ускорения перемещения груза, меньшая стоимость изготовления, а также модульность конструкции.

Основным недостатком кабельных роботов параллельной структуры является сложность управления. В процессе работы имеет место удлинение канатов, которое требует постоянного учёта, возможность работы канатов только на растяжение [2], а также вероятность интерференции канатов.

Роботы параллельной структуры, обычно, состоят из трёх основных частей: неподвижной рамы, рабочего органа и канатов, соединяющих неподвижную раму и рабочий орган. Пример схемы приведён на рис. 1 [3].

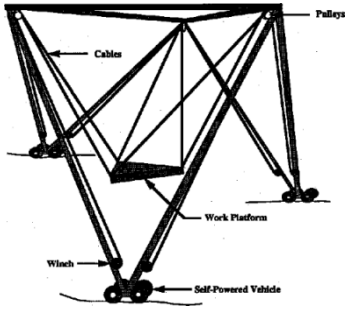


**Рис. 1.** Принципиальная схема кабельного робота параллельной структуры

Кабельные роботы параллельной структуры классифицируются на три категории: не полностью ограниченные (*incompletely restrained*), если  $m < n+1$ ; ограниченные (*completely restrained*), если  $m=n+1$  и с избыточными связями, если  $m > n+1$  [4], где  $m$  – количество канатов,  $n$  – количество степеней свободы рабочего органа. Под степенями свободы понимается количество независимых движений (поступательных и вращательных) рабочего органа. Увеличение количества канатов повышает грузоподъёмность рабочего органа. Однако, усложняет управление из-за возможности интерференции канатов [5].

Роботы параллельной структуры находят применение во многих областях науки и техники. Робот [1], разработанный в Национальном институте стандартов и технологий в США (The National Institute of Standards and Technology, NIST, USA), предназначен для перемещения грузов (рис. 2).

Широкое применение роботы параллельной структуры нашли в телекамерах (рис. 3).

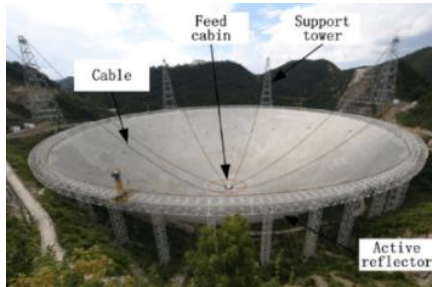


**Рис. 2.** NIST RoboCrane



**Рис. 3.** Skycam

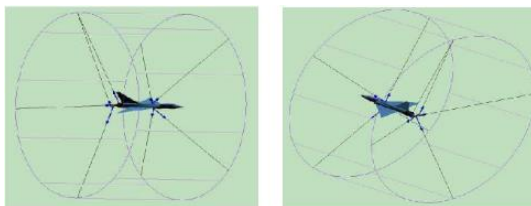
В сферическом радиотелескопе с пятисотметровой апертурой (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope, FAST) [6] для перемещения приёмной аппаратуры используется кабельная система параллельной структуры (рис. 4).



**Рис. 4.** Сферический радиотелескоп с пятисотметровой апертурой



**Рис. 5.** CableRobot Simulator

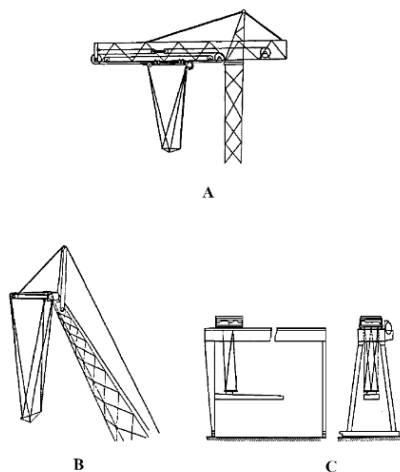


**Рис. 6.** 3D модель подвеса самолёта в аэродинамической трубе

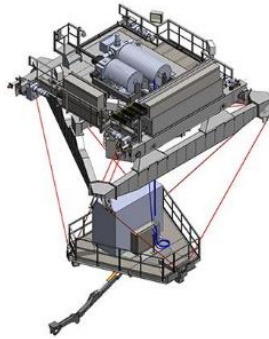
Роботы параллельной структуры востребованы в задачах виртуальной реальности [7] (рис. 5), в медицинских приложениях [8], а также при испытаниях моделей в аэродинамических трубах [9] (рис. 6).

Перспективным направлением является использование кабельных роботов параллельной структуры в строительстве, что рассмотрено, например, в статье [10], а также при перегрузочных работах на различных складах.

Возможна модернизация существующих кранов до кранов параллельной структуры. В таком случае грузовая тележка крана выступает в качестве условно неподвижной рамы кабельного робота (рис. 7, 8)



**Рис. 7.** Возможные конструкции модернизированных кранов [1]:  
 А – башенный кран, В – стреловой кран, С – козловой кран



**Рис. 8.** CAD модель модернизированной тележки мостового крана [11]

В связи с повышающимся интересом индустрии к аддитивным технологиям, целесообразно применение кабельных роботов для 3D печати строительных конструкций и небольших зданий. Применение кабельных роботов в 3D печати рассмотрено в работах [10, 12] (рис. 9).



**Рис. 9.** Процесс печати экспериментального образца [12]

#### Библиографический список

1. Albus, J., Bostelman, R., & Dagalakis, N. The NIST SPIDER, A Robot Crane // Journal of research of the National Institute of Standards and Technology. 1992. № 97(3). С. 373-385.
2. Y Wiscznitzer, N Shvalb, M Shoham. Wire-driven parallel robot: permitting collisions between wires // The International Journal of Robotics Research. 2008. № 27(9). С. 1007-1026.
3. A. Gonzalez-Rodriguez, F.J. Castillo-Garcia, E. Ottaviano, P. Rea, A.G. Gonzalez-Rodriguez. On the effects of the design of cable-Driven robots on kinematics and dynamics models accuracy // Mechatronics. 2017. № 43. С. 18-27.

4. Verhoeven R. Analysis of the workspace of tendon-based Stewart platforms: диссертация PhD. Duisburg. 2004.
5. Gorman J. J., Jablolkow K. W., Cannon D. J. The Cable Array Robot: Theory and Experiment // International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Seoul. 2001. С. 2804-2810.
6. В.У. Дуан. A new design project of the line feed structure for large spherical radio telescope and its nonlinear dynamic analysis // Mechatronics. 1999. № 9(1). С. 53-64.
7. <http://www.cablerobotsimulator.org/> (дата обращения: 28.02.19).
8. Maria João Varela, Marco Ceccarelli, Paulo Flores. A kinematic characterization of human walking by using CaTraSys // Mechanism and Machine Theory. 2015. № 86. С. 125-139.
9. P Lafourcade, M. Llibre, and C. Reboulet. Design of a parallel wire-driven manipulator for wind tunnels // Workshop on Fundamental Issues and Future Research Directions for Parallel Mechanisms and Manipulators. 2002. С. 187-194.
10. Shahmiri, Fereshteh & Gentry, Russell. A Survey of Cable-Suspended Parallel Robots and their Applications in Architecture and Construction // Proceedings of the 20th Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. 2016. С. 914-920.
11. <https://www.par.com/hazardous-environments/tensile-truss/> (дата обращения: 28.02.19).
12. Jean-Baptiste Izard, Alexandre Dubor, Pierre-Elie Hervé, Edouard Cabay, David Culla, Mariola Rodriguez, Mikel Barrado. Large-scale 3D printing with cable-driven parallel robots // Construction Robotics. 2017. № 1 (1-4). С. 69-76.

## ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ ВИБРОЗАЩИТЫ МАШИНИСТА КРАНА

*Торговцев В.С., магистр*

*Научный руководитель – Новиков В.К., проф., д.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Сохранение здоровья и работоспособности машиниста крана от влияния опасных и вредных факторов является одной из основополагающих проблем в области охраны труда на кранах различного назначения в промышленности и на транспорте.

Основным вредным фактором, длительное воздействие которого сказывается на утомляемости машиниста крана и соответственно приводит к снижению производительности труда и профессиональным заболеваниям, является вибрация.

Анализ имеющихся литературных источников показывает [1, 2], что недостаточно изучен вопрос влияния вибрационных характеристик в кабине крана на рабочих местах на безопасность машиниста. В связи с этим поиск путей и методов снижения уровня вибрации на рабочем месте крановщика до требуемых предельно допустимых значений санитарных норм [3] является достаточно актуальным направлением, требующим проведения специальных исследований.

Практический опыт использования кранов различного типа и назначения в промышленности и на транспорте показывает, что снижение вибрации существующих кранов, влияющей на работоспособность машиниста, можно обеспечить только на основе проведения специальных исследований по совершенствованию их конструктивного исполнения с привлечением соответствующих специалистов НИИ и КБ промышленности по следующим основным направлениям [4]:

- снижение виброактивности самого крана;
- отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы крана;
- динамическое виброгашение путем присоединения к защищаемому объекту систем, реакции которых уменьшают размах вибраций объекта в точках присоединения систем крана;
- снижение вибрации путем усиления в конструкции крана процессов внутреннего трения, рассеивающих виброэнергию в результате необратимого преобразования ее в теплоту;
- установка между источником вибрации и объектом защиты упруго-демпфирующего устройства, виброизолятора, с малым коэффициентом передачи.

- дооборудование рабочего места машиниста путем внедрения специального технического устройства – кресла, гасящего возникающую вибрацию.

Наиболее реализуемым методом из числа перечисленных с технической точки зрения для снижения вибрации крана, влияющей на машиниста крана в ходе эксплуатации крана, по-нашему мнению [2, 5], является внедрение технического устройства – кресла, дооборудованного системой пружин для гашения вибрации, что достаточно положительно повлияет на рабочее место машиниста крана.

По своему конструктивному исполнению такое кресло должно содержать [6, 7]: основание, каркас с подушкой и спинкой, связанные между собой посредством направляющего устройства типа «ножницы», и амортизирующее устройство, шарнирно связанное посредством кронштейна с каркасом.

Амортизирующее устройство должно содержать корпус, жестко связанный с основанием, выполненным в виде круглого подпятника.

На подпятник опирается нижний ограничитель хода пружины цилиндрической формы с осевым цилиндрическим отверстием.

Пружина взаимодействует с верхним и нижним ограничителями хода через нижний опорный стакан и верхнюю охватывающую пружину крышки, которая жестко соединена с резьбовой втулкой.

На крышке закреплен верхний ограничитель хода пружины, выполненный в виде цилиндрической втулки, охватывающей сверху крышку. В резьбовой втулке закреплен винт для соединения пружины с виброизолируемым объектом. Корпус в верхней части соединен с крышкой, на торцевой поверхности которой закреплен упругий ограничитель динамического хода объекта, выполненный из эластомера. В крышке, перпендикулярно ее оси, выполнено отверстие для закачки в систему смазочного вязкого материала, например солидола.

Принцип работы предлагаемого кресла машиниста крана заключается в том, что колебания оператора посредством направляющего механизма передаются на амортизирующее устройство, при этом упругий элемент воспринимает вертикальные нагрузки, ослабляя тем самым динамическое воздействие.

При приложении статической нагрузки на сиденье оно опускается вниз, сжимая пружину, которая воспринимает вертикальные нагрузки, ослабляя тем самым динамическое воздействие на основание. Нелинейное демпфирование в системе осуществляется за счет наличия нижнего и верхнего ограничителей хода пружины, выполненных из эластомера. Горизонтальные колебания гасятся за счет нестесненного (с зазором) расположения нижнего опорного стакана пружины и верхней охватывающей пружину крышки.

При приложении динамической нагрузки со стороны объекта, например работающего оборудования, вибрация гасится пружиной и упруго-демпфирующими элементами, жесткость которых рассчитывается на рабо-



ту сложной системы «человек-оператор-транспортное средство» в за резонансном режиме.

Таким образом, предлагаемое техническое решение в виде кресла машиниста крана является эффективным виброзащитным средством, так как достаточно просто в обслуживании и надежно в эксплуатации. За счет введения маятникового подвеса обеспечивается дополнительная пространственная виброизоляция машиниста крана по всем шести направлениям колебаний (по трем координатным осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и поворотные вокруг этих осей).

#### Библиографический список

1. Активные методы борьбы с шумом и вибрацией: учеб. пособие. / Сост. А.В. Карасев. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 52 с.;
2. Торговцев В.С., Новиков В.К. Оценки вибрационной безопасности машиниста крана и возможные направления её повышения. // Межвузовская научно-практическая конференция обучающихся «Естественнонаучные и математические дисциплины в транспортной отрасли». Сборник тезисов докладов. - М.: Альтаир-МГАВТ, 2017. С. 143-148.;
3. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;
4. Капцов В. А. Физические факторы производственной среды и безопасность движения /В. А. Капцов, А. Г. Лексин //Гигиена и санитария. - № 5. 2009. - С. 88.;
5. Торговцев В.С., Новиков В.К. Производственная вибрация и возможные методы борьбы с вибрацией на рабочем месте машиниста крана. // XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы». Материалы конференции. Москва, МАДИ, 25 апреля 2018 г. Том 1. С. 77-79.
6. Интернет ресурс: <http://www.findpatent.ru/patent/245/2451608.html>
7. Патент РФ 2281864-прототип. Интернет – ресурс: [findpatent.ru/patent/245/2451608.html](http://www.findpatent.ru/patent/245/2451608.html).

## О ВОПРОСАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА

*Тюрин Я.И., соискатель*

*Научный руководитель – Мандровский К.П., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Развитие конкурентоспособной рыночной экономики порождает постоянное развитие и совершенствование дорожно-строительной техники. Сегодня совершенствование технологий происходит практически ежедневно, и автоматизированное выполнение рабочих операций значительно способствует повышению эффективности и производительности машины.

Автономность машины достигается с помощью методик и средств, которые формируют системы, позволяющие управлять различными процессами и объектами [1].

Известно, что оптимизация траекторий перемещения груза может быть выполнена на взвешенных графах, а зная значения действующих сил и начальных условий, возможно теоретически предсказать траекторию перемещения любого механического объекта. Стоит заметить, что Ляпуновым А.М. были предложены соответствующие теоремы для исследования устойчивости движения [2].

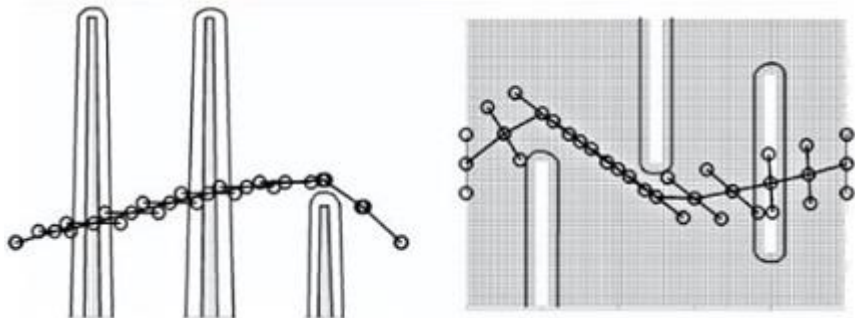
Оптимизация - процесс поиска наилучших параметров и характеристик определено заданного объекта, за счет которых обеспечивается минимизация времени перемещения груза. Задача оптимизации формулируется следующим образом: заданы множество  $X$  (допустимое множество задачи) и функция  $f(x)$  (целевая функция), определенная на  $X$ ; требуется найти точки минимума или максимума функции  $f$  на  $X$  [3, 4].

Задачу оптимизации можно сформулировать, если заданы критерии оптимальности, варьируемые параметры, математическая модель процесса и отведенные ограничения.

В работе [5] проведен детальный поиск оптимальной траектории перемещения груза автокраном с использованием целевой функции, учитывающей 6 координат груза в пространстве. Целевую функцию допускается задавать дискретно в виде суммы расстояний (рис. 1). При рассмотрении 6 координат груза в каждой точке пространства, при наличии 10 таких точек, мы получим функцию с 60 переменными. Таким образом, решение такой задачи стандартным способом не является самым удобным.

Согласно [6], нахождению глобального минимума способствует перебор максимально возможных сочетаний переменных с наименьшим шагом, что не представляется возможным при наличии достаточно большого количества переменных. Вдобавок, мы не сможем оценить приращение каждого шага измерений.

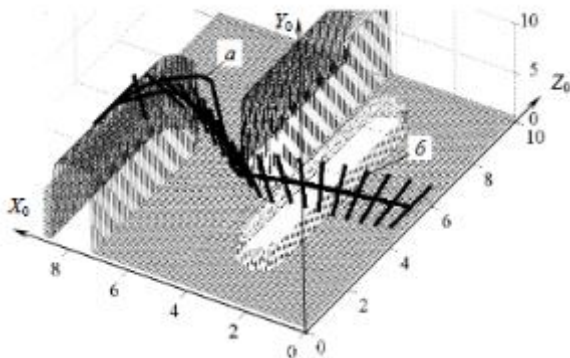
Существуют методы, в которых использован вероятностный фактор, позволяющие найти единственное решение [7]. В работе [5] отмечается, что для оптимизации траектории перемещаемого груза можно прибегнуть к достаточно быстрому и эффективному способу локального поиска, который каждое из дискретных положений груза последовательно корректирует с очень мелким шагом, минимизируя значение целевой функции.



**Рис. 1.** Пример траектории груза цилиндрической формы в виде дискретной последовательности расположения центра масс (слева – вид сбоку, справа – вид сверху)

В работе [8] предлагается алгоритмизированная методика по оптимизации не только управляемых координат, но и по расположению базового шасси с учетом ограничений и препятствий для достижения оптимальности временных и энергетических затрат. Для оптимизации траектории перемещения груза автокраном с ограничением устойчивости, необходимо прибегнуть к использованию современного алгоритма PRM – Probabilistic Road Map (с англ. «Алгоритм вероятностной дорожной карты»), который считается одним из самых эффективных в среде поиска оптимальных траекторий движения для многозвенных механических систем в средах с препятствиями с учетом координат угловой ориентации.

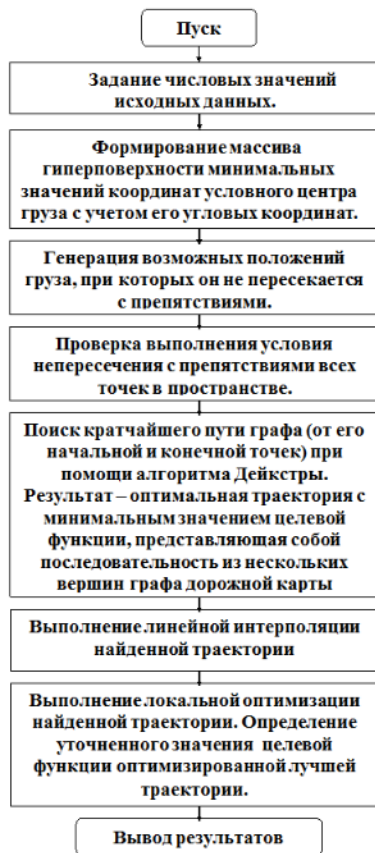
Алгоритм поиска оптимальной траектории перемещения груза автокраном на основе вышеуказанного способа представлен на рис. 3 [8]. Пример полученной траектории согласно данному алгоритму изображен на рис. 2.



**Рис. 2.** Изображение оптимизированной траектории перемещения, полученной при использовании алгоритма PRM (до и после локальной оптимизации)

В работе [10] исследуется траектория перемещения груза в пространстве на примере портального крана. Заявлено о необходимости более глубокого исследования траектории перемещения груза с точки зрения геометрии. Разработан алгоритм по оптимизации траектории перемещения груза для различных начальных и конечных точек расположения груза, который позволяет рассчитать техническую производительность крана на основе полученных значений времени цикла.

В работе [11] и зарегистрированного на основе нее патента [12], предлагается способ повышения точности и скорости перемещения груза краном, который обеспечивает соответствие фактической и требуемой траекторией перемещения. На основе разработанных математических выражений, использующие как текущие требуемые, так и текущие фактические координаты груза в пространстве, формируются сигналы управления приводами. Разработанный способ основан на управлении углами отклонения подвеса за счет формирования закона движения точки подвеса для того, чтобы максимально приблизить фактическую траекторию перемещения груза к требуемой. Подвижные элементы конструкции крана оснащаются датчиками, которые измеряют фактические текущие координаты груза в пространстве. Полученные в ходе выполнения данных исследований векторные выражения, определяют перемещение точки подвеса из текущего положения в требуемое и учитывают вертикальное смещение груза относительно вертикального положения, что позволяет повысить точность и скорость перемещения груза. Степень точности соответствия фактической траектории перемещения к требуемой определяется посредством задания предельного значения коэффициента усиления.



**Рис. 3.** Алгоритм поиска оптимальной траектории перемещения груза автокраном, основанный на методике PRM

В работе [13] рассматривается возможность повышения эффективности перемещения груза мостовым краном. Предполагается, что критерий эффективности перемещения груза заключается в минимизации времени его перемещения. Далее, представляется математическая модель процесса перемещения груза краном, основанная на широко используемом методе Лагранжа-Эйлера.

В работе [14] оптимизируется закон перемещения мостового крана с грузом. При передвижении мостового крана с подвешенным грузом возникают колебания, которые вызывают неравномерность перемещения крана. На базе математической модели крана с грузом, состоящей из дифференциальных уравнений, проведены расчеты, в ходе которых установлено, что незначительное отклонение скорости движения груза от установленной вызывает небольшие остаточные колебания груза, амплитуда которых ва-

рыруется в пределах 1 градуса, что позволяет произвести безостановочное опускание груза в конце остановки крана.

В работе [15] предлагается математическая модель и алгоритмизация для автоматического выбора параметров виброзащиты крана с возможным повышением грузоподъемности, разработан специализированный программный комплекс. Установлено, что отклонения вызваны силами инерции механизмов поворота и изменениями вылета, центробежной силой груза, влиянием ветра на груз и пр. Моделирование процесса перемещения груза краном включает ввод исходных данных о весе груза, скорости подъема-опускания груза, скорости ветра и пр.; далее происходит проверка паспортных характеристик крана введенным данным; осуществляется выбор математической модели; определяются предварительные значения критериев оптимизации; происходит моделирование; производится оптимизация веса транспортируемого груза; производится анализ полученных данных. Доказано, что оптимизация веса груза по критерию сохранения заданного коэффициента грузовой устойчивости обеспечивает повышение производительности крана на 20-30%. Оптимизация траектории перемещения груза по критерию минимизации боковой силы устраняет колебания каната, уменьшая тем самым на 5-7% динамические нагрузки, действующие на кран.

Проблема оптимизации траектории перемещения объектов является актуальной задачей также для дорожно-строительной техники. Например, имеет место необходимость маневрирования фронтального телескопического погрузчика при перемещении грузов, где необходим выбор оптимальной траектории, исключающей столкновение груза с препятствием и прочие внештатные ситуации [16].

#### Библиографический список

1. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для вузов / Под ред. Н. М. Капустина. — М.: Высшая школа, 2004. — 415 с.
2. Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Оценка влияния характеристик транспортных перемещений на длительность рабочего цикла фронтального погрузчика // Интерстроймех-2018: сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. - М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. - С. 190-196.
3. Харчистов Б.Ф. Методы оптимизации: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 140 с.
4. Азарнова Т.В., Каширина И.Л., Чернышова Г.Д. Методы оптимизации: Учебное пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. - 87 с.
5. Щербаков В.С., Корытов М.С. Поиск оптимальной траектории груза, перемещаемого автокраном, в среде с произвольными препятствиями, с учетом координат угловой ориентации в трехмерном пространстве // -

Брянск: Вестник Брянского Государственного Технического Университета, 2009. - С. 48-51.

6. Powell, Warren B. Approximate Dynamic Programming: Solving the Curses of Dimensionality / Warren B. Powell. – New York: Wiley, 2007. – 488 P.

7. Панченко, алгоритмы: учеб.-метод. пособие / ; под ред. . – Астрахань: Астраханский университет, 2007. – 87 с.

8. Щербаков В.С., Кoryтов М.С. Оптимизация траектории перемещения груза грузоподъемным краном в пространстве его конфигураций с учетом препятствий // - М: Вестник Московского Автомобильно-Дорожного Государственного Технического Университета (МАДИ), 2012. - С. 44-50.

9. Щербаков В.С., Кoryтов М.С. Методика планирования траектории объекта в среде с препятствиями на основе модифицированного алгоритма вероятностной дорожной карты // Известия Томского политехнического университета. - Омск: 2011. - С. 144-148.

10. Новиков С.П. Геометрический расчет рациональных траекторий перемещения грузов в условиях погрузки-разгрузки: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. - Нижний Новгород, 2003. - 121 с.

11. Щербаков В.С., Кoryтов М.С., Вольф Е.О. Повышение точности и скорости перемещения груза по требуемой траектории грузоподъемным краном мостового типа // - Омск: Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, 2014. - С. 52-57.

12. Патент РФ № 2014118376, 06.05.2014. Щербаков В.С., Кoryтов М.С., Вольф Е.О. Способ повышения точности и скорости перемещения груза по требуемой траектории грузоподъемным краном мостового типа // Патент России № 2564560. 2015.

13. Шершнева Е.О. Повышение эффективности процесса перемещения груза мостовым краном: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. - Омск, 2017. - 19 с.

14. Ромасевич Ю.А., Ловейкин В.С. Оптимизация режимов движения мостовых кранов // Синергия. - 2016. - №2. - С. 73-80.

15. Кравченко В.В., Роганов Л.Л. Автоматизация расчета параметров виброзащиты портального крана при раскачивании груза // Вібрації в техніці та технологіях. - 2009. - №4 (56). - С. 18-25.

16. Мандровский К.П., Тюрин Я.И. Возможности управления фронтальными погрузчиками // Дорожная держава. - 2018. - №82.

## ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ МТЗ

*Ханугин Р.А., студент*

*Научный руководитель – Карагодин В.И., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Сбор информации о надежности составных частей машин на базе тракторов МТЗ 82.1 проводился на эксплуатационном предприятии “Ресурс Транс” в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]. Обработка информации производилась по специальной программе для цензурированных выборок [2]. В качестве исходных данных для каждой составной части вводились наработки до отказа и наработки до цензурирования (момента прекращения испытаний). Программой выдавались значения параметров  $a$  и  $b$  распределения Вейбулла, средняя наработка на отказ, среднеквадратическое отклонение наработки на отказ, коэффициент вариации и 90-процентная наработка на отказ. Нарботки на отказ составных частей тракторов в маш-ч приведены в табл. 1.

Относительные ошибки определялись при доверительной вероятности 0,8 и 0,9 в зависимости от количества отказов рассматриваемой составной части и от полученного коэффициента вариации ее наработки на отказ.



## Результаты обработки информации о надежности тракторов МТЗ 82.1

Наименование отказавшей составной части	Параметры распределения Вейбулла		Статистические оценки наработок на отказ				Относительная ошибка при доверительной вероятности	
	$a$	$b$	средней наработки	средне-квадратич. отклонения	коэффициента вариации	90% наработки	0,80	0,90
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Элементы механизмов управления</b>								
Наконечник рулевой тяги	10743	4,18	9762	2633	0,27	6269	0,15	0,2
Рулевая колонка	14307	3,09	12792	4530	0,35	6904	0,15	–
Гидроусилитель руля	14307	3,09	12792	4530	0,35	6904	0,15	–
<b>Элементы несущей системы</b>								
Передний лонжерон	14590	3,17	13062	4518	0,35	7175	0,2	–
Передние шины	8579	3,4	7708	2499	0,32	4432	0,1	0,15
Задние шины	8598	3,7	7756	2350	0,3	4660	0,1	0,15
<b>Элементы трансмиссии</b>								
Сцепление	7939	3,6	7157	2195	0,31	4267	0,1	0,1
Коробка передач	11679	4,2	10619	2839	0,27	6851	0,15	–
Раздаточная коробка	12278	4,3	11169	2960	0,27	7239	0,15	–
Подвесной подшипник	11553	4,09	10485	2881	0,27	6666	0,15	–
<b>Элементы двигателя и дополнительного оборудования</b>								
Стартер	12622	2,8	11233	4399	0,39	5585	0,15	0,2
Генератор	14966	2,3	13257	6146	0,46	5592	0,2	–
Аккумулятор	13446	3,1	12031	4206	0,35	6556	0,15	–
ТНВД	12651	3,5	11387	3581	0,31	6681	0,15	–
Радиатор системы охлаждения	12121	4,2	11017	2957	0,27	7094	0,15	–

Продолжение табл. 1

Элементы гидропривода и навесного оборудования								
РТИ гидро-системы	10811	3,5	9729	3069	0,32	5697	0,15	0,2
РВД	14458	2,8	12871	5003	0,39	6441	0,15	–
Опорные рычаги навесного оборудования	12123	3,9	10968	3169	0,29	6779	0,15	–
Рычаги задней подвески навесного оборудования	10684	3,6	9628	2968	0,31	5721	0,15	0,2

Из данных табл. 1 следует, что для большинства составных частей получены приемлемые по точности и достоверности результаты, которые могут быть практически использованы. Наиболее точные и достоверные результаты получены для сцепления, у которого наблюдалось наибольшее количество отказов. Относительная ошибка определения параметров распределения Вейбулла наработок на отказ сцепления составляет 0,1 при доверительной вероятности 0,8 и 0,1 при доверительной вероятности 0,9. Близкая к этому точность определения параметров распределения Вейбулла наработок на отказ достигнута только для передних и задних шин, по которым тоже было зафиксировано большое количество отказов.

Предельный случай, когда еще полученный результат может считаться удовлетворительным по точности, наблюдается для генератора и переднего лонжерона. При доверительной вероятности 0,9 относительная ошибка превышает 0,20, а при доверительной вероятности 0,8 она находится в пределах 0,20.

Значения средних наработок на отказ составных частей машины различаются от 7157 маш-ч для сцепления до 13257 маш-ч для генератора, т.е. почти в два раза. Минимальное значение коэффициента вариации – 0,27 для трансмиссии, максимальное – 0,46 для генератора, т.е. вариация наработок на отказ составных частей различается почти в два раза. Это показывает, что при близких средних наработках на отказ различные составные части могут иметь существенно различный характер роста вероятности отказа с увеличением наработки.

Это иллюстрируется и 90-процентными наработками на отказ различных составных частей. Так, стартер при средней наработке на отказ 11233 маш-ч имеет 90-процентную наработку всего 5585 маш-ч, в то время как радиатор системы охлаждения при средней наработке на отказ 11017 маш-ч (ниже, чем у стартера) имеет 90-процентную наработку 7094 тыс.км (почти в полтора раза выше, чем у стартера). Аналогичные выводы вытекают, например, из сопоставления наработок генератора и пе-

реднего лонжерона, наконечника рулевой тяги и опорных рычагов навесного оборудования. Это требует анализа динамики вероятностей отказов составных частей с ростом наработки. С этой целью были рассчитаны вероятности отказов при наработке до 10 тыс. маш-ч отдельных элементов и систем.

Вероятность отказа элемента системы определялась по формуле

$$F(t) = 1 - e^{-(t/a)^b}, \quad (1)$$

где  $t$  – наработка, маш-ч;

$a$  и  $b$  – параметры распределения Вейбулла (табл. 1).

Вероятность отказа  $k$ -й системы определялась исходя из вероятностей отказов ее элементов по формуле [4]

$$P_{ok}(t_i) = 1 - \prod_{j \in J_k} [1 - P_{oj}(t_i)], \quad (2)$$

где  $P_{ok}(t_i)$  – вероятность отказа  $k$ -й системы при наработке  $t_i$ ;

$j$  – индекс составной части;

$J_k$  – множество составных частей, входящих в  $k$ -ю систему;

$P_{oj}(t_i)$  – вероятность отказа  $j$ -й составной части при наработке  $t_i$ .

Вероятность отказа составной части машины, прошедшей плановое диагностирование, в межконтрольный период определяют как частное от деления числа отказов на общее количество машин, прошедших плановое техническое обслуживание и диагностирование в начале рассматриваемого межконтрольного периода и проработавших до конца этого периода:

$$P_o(l_i) = \frac{n(l_i)}{A(l_i)}, \quad (3)$$

где  $n(l_i)$  – число отказов рассматриваемой составной части машины в межконтрольный период  $l_i$ ;

$A(l_i)$  – общее количество машин, прошедших плановое техническое обслуживание и диагностирование в начале межконтрольного периода  $l_i$  и проработавших до конца этого периода.

Вероятность отказа машины в целом определяется вероятностями отказа составных частей, не проходящих диагностирования, и вероятностями отказа продиагностированных составных частей. Первые вероятности на  $i$ -м интервале наработки  $P_o(t_i)$  определяются по формуле (2). Вероятности отказа продиагностированных составных частей определяются по формуле (3), а вероятность  $P_{om}(t_i)$  отказа машины в целом – по формуле

$$P_{om}(t_i) = 1 - \prod_{j \in H} [1 - P_{oj}(t_i)] \cdot \prod_{j \in D} [1 - P_{oj}(t_i)], \quad (4)$$

где  $j$  – индекс составной части;

$H$  – подмножество не диагностируемых составных частей;

$D$  – подмножество диагностируемых составных частей.

График планового технического обслуживания тракторов МТЗ 82.1, рекомендованный заводом-изготовителем, предусматривает плановые регулировки, принудительную замену отдельных элементов и рабочих жид-

костей, а также плановые проверки при техническом обслуживании различных элементов и систем трактора, среди которых есть рассмотренные выше элементы, лимитирующие надежность и элементы, проверка которых необходима исходя из требований безопасности движения и выполнения работ. Фрагмент графика планового технического обслуживания, отражающий контрольно-диагностические операции по проверке технического состояния элементов, лимитирующих надежность трактора, представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Фрагмент графика установленного технического обслуживания**

Контролируемые системы и элементы	Наработка, маш-ч						
	125	250	375	500	625	750	875
Рулевое управление	1	1	1	1	1	1	1
Несущая система				1			
Сцепление	1	1	1	1	1	1	1
Трансмиссия				1			
Двигатель				1			
Электрооборудование				1			
Гидрооборудование				1			

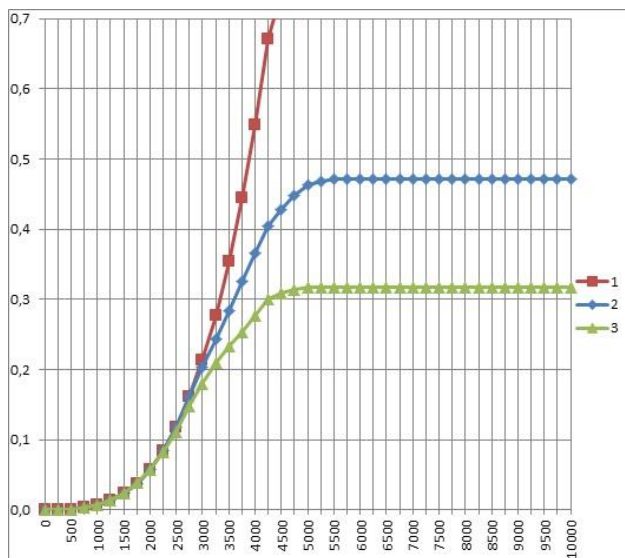
Предварительный анализ надежности тракторов показал, что из-за большого межконтрольного периода диагностирования трансмиссии, электрооборудования и гидропривода вероятность отказа техники хотя и меньше, чем при отсутствии диагностирования, но все же весьма велика. Поэтому был проработан вариант, предусматривающий уменьшение периодичности контроля данных систем до 250 маш-ч. Фрагмент рекомендуемого графика планового технического обслуживания представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Фрагмент рекомендуемого графика технического обслуживания**

Контролируемые системы и элементы	Наработка, маш-ч						
	125	250	375	500	625	750	875
Рулевое управление	1	1	1	1	1	1	1
Несущая система				1			
Сцепление	1	1	1	1	1	1	1
Трансмиссия		1		1		1	
Двигатель				1			
Электрооборудование		1		1		1	
Гидрооборудование		1		1		1	

На рисунке 1 представлены вероятности отказов техники по интервалам пробега для трех рассматриваемых вариантов: при отсутствии диагностирования, при периодичности диагностирования, установленной заводом-изготовителем и при рекомендуемой периодичности диагностирования. Из представленных данных видно, что своевременная замена по результатам диагностирования элементов с низкой безотказностью при графике технического обслуживания, рекомендованном заводом-изготовителем, приводит к существенному увеличению безотказности техники. Однако этот вариант не является наилучшим. Переход к рекомендуемой периодичности диагностирования позволяет снизить вероятность отказа техники более чем в полтора раза.



**Рис. 1.** Вероятности отказов по интервалам наработки:

1 – при отсутствии диагностирования; 2 – при периодичности диагностирования, установленной заводом-изготовителем; 3 – при рекомендуемой периодичности диагностирования

### Библиографический список

1. Хапугин Р.А., Карагодин В.И. Повышение точности и достоверности информации о безотказности составных частей машин на базе трактора МТЗ 82.1 // Молодежь и научно-технический прогресс: Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т.1/ Сост.: В.Н.Рощупкина, В.М.Уваров [и др.]. – Губкин; Старый Оскол: ООО «Ассистент-плюс», 2018. – С.93-96.

2. Ивченко, Г.И. Введение в математическую статистику. Учебное пособие / Г.И. Ивченко, И.Ю.Медведев. – М.: Статистика, 2010. – 310 с.
3. Карагодин, В.И. Методы обоснования структуры ремонтного цикла автомобилей и их составных частей / В.И.Карагодин, Д.В.Карагодин. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2011. – 157 с.
4. Карагодин, В.И. Эффективность системы автосервиса / В.И. Карагодин, Д.Р. Бокарев. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2009. – 164 с.
5. Карагодин, В.И., Малютин, В.О. К вопросу прогнозирования трудоемкости ремонта механизмов по результатам диагностирования // XVIII Московская международная межвузовская конференция «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы». Материалы конференции. Часть II. – М.: МАДИ, 2014. – С. 172-174.
6. Карагодин, В.И., Павлов, А.П. Обеспечение надежности наземных транспортно-технологических средств методами резервирования // Ремонт, восстановление, модернизация, 2018. №5. С. 36-40.
7. Карагодин, В.И. Ремонтные модификации изделий // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), вып. 1 (48), март, 2017. – С. 55-59.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКРЕПЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ 4.0**

*Хоанг Лонг, магистрант МАДИ (республика Вьетнам)  
Научный руководитель – Мандровский К.П., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

«Промышленная революция 4.0» проходит во многих развитых странах. Это дает человечеству возможность развития уровня экономики, но одновременно предполагает наличие многих непредсказуемых рисков. Согласно Gartner, Промышленная Революция 4.0 (или четвертая промышленная революция) исходит из концепции «Industrie 4.0», впервые изложенной в немецком правительственном отчете в 2013 году. «Industrie 4.0» соединяет интеллектуальные объекты с целью создания цифровой конвергенции между промышленностью, бизнесом, функциональностью и процессами внутри.

Если определение Gartner трудно для понимания, объяснение понятия Промышленной революции 4.0 Клауса Шваба, основателя и президента Всемирного экономического форума, более простое:

«Первая промышленная революция использовала гидроэнергию и энергию пара, чтобы механизировать производство». Вторая революция прошла с помощью электричества для массового производства. Третья ре-

волюция использовала информационные технологии, чтобы автоматизировать производство. Теперь, Четвертая промышленная революция, продолжая развитие третьей революции, объединяет в себе все виды технологий вместе, нивелируя границы между физикой, технической цифрой и биологией.

Основные цифровые элементы в промышленной революции 4.0:  
Виртуальная и дополненная реальность (AR),  
Интернет вещей (Internet of Things (IoT)),  
Большие данные (Big Data).



**Рис. 1.** Промышленная революция 4.0

Промышленная революция 4.0 затрагивает все направления и сектора, в том числе отрасль транспортного строительства, особенно в управлении и использовании оборудования строительства. В этой статье кратко рассмотрены изменения в строительстве железных дорог, связанные с использованием скрепера, в контексте промышленной революции 4.0.

Во-первых, комбинация BIM (Building Information Modeling или Building Information Model - информационное моделирование строительства или информационная модель строительства) и ГИС (geographic information systems - географическая информационная система) - основных элементов информационных и коммуникационных технологий в создании решений строительства является основой для разработки цифрового моделирования многих строительных моделей. В BIM и ГИС существуют комбинация различных технологических тенденций, таких как 3D моделирование, дизайн ориентации, строительство и анализ различных поверхностных типов, объективный сбор данных на строительстве посредством лазерного сканирования (ЛИДАР - Light Identification Detection and Ranging «обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света»), 3D визуализация. Эти технологии в различных комбинациях часто используются,

чтобы улучшить качество работ на каждой стадии жизненного цикла строительства.

На этапе разработки проекта строительства железных дорог можно использовать технологию «игры». Это означает то, что можно моделировать прохождение людей и транспортных в виртуальной среде и детализировать образы временных дорог. Всё это необходимо для накопления материала, необходимого для выноса проекта в натуру.

Таким образом, комбинация БИМ - ГИС позволяет решать следующие проблемы:

- повысить гибкость в сравнительном анализе строительства и эксплуатации железных дорог,
- грамотное управление ресурсами,
- сопоставление сроков фактической работы с директивными сроками строительства,
- анализ прогресса,
- планирование мер по повышению качества строительства
- анализ и планирование отдельных стадий жизненного цикла,
- синхронизация данных с MS Project и Primavera,
- методы обновления моделей при строительстве объектов,
- использование инструментов Email,
- проведение аналитического отчета о стоимости проекта,
- подготовка отчета об использовании ресурсов.

Работающие на объекте скреперы, оснащенные датчиками, возможно соединить между собой посредством интернета. Таким образом можно легко определить местонахождение машины во время операции, а в перспективе и перевести ее работу в режим беспилотника [2-6]. Назначение инженера в таком случае будет состоять в дистанционном контроле за работой машины [7-8]. Программное обеспечение БИМ - ГИС позволит оптимизировать подвижность скрепера, а также позиционирование машин во время рабочего процесса, что гарантирует повышение точности земляных работ и производительности техники. При возникновении внештатных ситуаций и ошибок об этом будет сообщено серверу для последующего компьютерного анализа для получения своевременных решений.

При наличии в системе управления машиной датчиков, точно анализирующих свойства грунта во время работы, таких, как влажность, пористость и так далее предоставит возможность определить глубину и продолжительность послойного резания грунта, тем самым повысив точность профилирования и минимизируя время выполнения рабочей операции.

Естественные недостатки в случае работы автоматических систем управления предсказуемы. Например, можно легко определить и заблаговременно подготовиться к вероятному возникновению неблагоприятной метеорологической обстановки, затягивающей строительство. В данной системе ежедневная рабочая нагрузка операторов проверяется на соответствие нормам и отслеживается с помощью компьютеров.



О техническом состоянии скреперов сообщают серверу таким образом, чтобы техническое обслуживание было обеспечено своевременно и были предупреждены экономические потери от вынужденных простоев техники.

Достоинства Промышленной революции 4.0: улучшается производительность, качество работы и одновременно уменьшаются затраты на производство строительных работ. Однако на данный момент не существует единой концепции создания и развития информационных технологий в строительстве, поэтому необходим сбор и анализ данных о направлениях развития информационных технологий и создание модели внедрения их в проектирование и строительство технических объектов.

### Библиографический список

1. Хавьер Иризарья, Эбрагим П.Карана, Фарзад Джалай (Javier Irizarra, Ebrahim P.Karana, Farzad Jalaei) Интеграция БИМ и ГИС для улучшения визуального мониторинга управления цепочкой поставок строительства (Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management) // журнал: Автоматизация в строительстве. 2013. № 31. С.241-254 (Automation in Construction Volume 31, May 2013, Pages 241-254).
2. Бондарева Н. Н. Состояние и перспективы развития роботизации: в мире и России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Вып. 3. С. 49-57.
3. Беспилотные транспортные средства: итоги международной научно-технической конференции ассоциации автомобильных инженеров // ААИ Сегодня. 2016. Вып. 2 (97). С. 4-11.
4. Мандровский К.П. Экологическая безопасность и стоимость топлива как факторы конкурентоспособности дорожно-строительных машин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2017. №2 (239). С.36-41.
5. Бакатин Ю.П., Лобиков А.В., Садовникова Я.С. Использование программного комплекса RISK ASSISTANT при обосновании целесообразности создания беспилотных специальных транспортных средств // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2018. № 1 (15). С. 10.
6. Садовникова Я.С., Бакатин Ю.П. Экологичность как фактор конкурентоспособности беспилотных специальных транспортных средств // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. Материалы конференции. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). 2018. С. 47-48.
7. Яковлев К. С., Баскин Е. С., Андрейчук А. А. Метод автоматического планирования совокупности траекторий для навигации беспилотных транспортных средств // Управление большими системами: сборник трудов. 2015. № 58. С. 306-342.
8. Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Исследование устойчивости колёсно-шагающих экскаваторов при помощи системы автоматизированного

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Чоботарь М.**, магистрант МАДИ (республика Молдова)  
Научный руководитель – **Мандровский К.П.**, доц., к.т.н.

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

В вопросах борьбы с шумом достигнуты немалые успехи. Достаточно лишь сослаться на такие известные факты: за последние 30 лет (после появления в ведущих странах законов о шуме) шум автомобилей снижен на 10-15 дБА, реактивных пассажирских самолетов на 30 дБА, промышленного оборудования на 10-20 дБА. и др. [1-2].

В последние годы достигнуты значительные успехи и в снижении внутреннего (в большей мере) и внешнего шума строительно-дорожных машин. Работы по снижению шума велись экспериментальными методами. Методы и средства снижения шума можно подразделять на:

- снижение шума в источнике образования;
- снижение шума по пути от источника до точки наблюдения;
- снижение шума в точке наблюдения (только для внутреннего шума).

Классификация средств и методов снижения шума исследуемых машин показана на рис. 1 [3-7].



**Рис. 1.** Классификация шумозащиты ДСМ

Снижение шума в источнике образования идёт по нескольким направлениям. Так, снижение шума в источниках - рабочих органах достигается их вибродемпфированием, изменением технологий. Например, корпорация Mitsubishi производит малошумную алмазную пилу, снижение шума в которой связано с высокими технологическими свойствами и малой звукоизлучающей способностью. Для отдельных источников, например, зубчатых передач, вентиляторов снижение шума достигается повышением точности изготовления. Интенсивность источников в значительной степени связана с их скоростным режимом, поэтому уменьшение частоты вращения уменьшает шум. Отмечается снижение шума двигателей строительно-дорожных машин на 2-3 дБА путём снижения на 200-500 числа оборотов двигателя в минуту. Отмечается также, что двигатели с водяным охлаждением на 3-4 дБА тише, чем двигатели с воздушным охлаждением. Для уменьшения шума от гусеничного движителя в строительно-дорожных машинах используются прорезиненные гусеницы.

Снижение шума выхлопа и всасывания ДВС достигается применением глушителей. Глушители в основном применяются трёх типов: реактивные, где звук отражается в элементах расширения и сужения, абсорбционные, где звук снижается при переходе в тепло в звукопоглощающем элементе, а также комбинированные. Во многих исследованиях, посвященных шуму строительно-дорожных машин, указывается на заметный вклад шума выпуска в процессы шумообразования, что говорит о недостаточной проработке конструкций глушителей.

Наиболее распространённой конструкцией для снижения шума на пути распространения являются звукоизолирующие капоты на двигатель внутреннего сгорания. Капоты изготавливаются металлическими с покрытием звукопоглощающими материалами внутренних поверхностей. Применяются специальные акустически обработанные каналы систем воздушного охлаждения. Эффективность таких капотов может достигать 10-12 дБА. Применяются также капоты из углеродных материалов и базальтового стекловолокна. В конструкциях стен капотов находят применения также сэндвич-конструкции, которые обладают хорошими вибродемпфирующими свойствами.

В последнее время для снижения шума находят применения акустические экраны. Нами, в частности, был предложен акустический экран между источником шума аэродинамического происхождения и кабиной, эффективность которого составила свыше 20 дБА. Иногда используются акустические экраны для защиты открытого рабочего места, эффективность которых достигает 8-10 дБА. Акустические экраны - достаточно эффективная, но не вполне изученная конструкция по снижению шума на исследованных машинах.

Основная мера по снижению шума на рабочем месте - применение звукоизолирующих кабин. Кабина выполняется акустически герметизированной с высокой степенью звукоизоляции.

Как правило, звукоизолирующие кабины устанавливаются на виброизоляторы, при этом виброизолируются и основные источники вибрации - двигатели внутреннего сгорания, виброактивные рабочие органы.

Отметим, что некоторые конструкции являются менее разработанными. К ним можно отнести в первую очередь акустические экраны и глушители шума выхлопа ДВС.

На строительно-дорожных машинах применяется, как правило, комплекс шумозащитных средств. Это приводит к постепенному снижению шума машин [2, 8, 9].

Дальнейшее снижение шума на строительно-дорожных машинах требует более глубоких научных исследований.

#### Библиографический список

1. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин, М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. -488 с.
2. Копин В.М., Лукашенко Л.Э., Любченко Е.Н. Методы и средства снижения шума в строительном дорожном производстве. «Техническая акустика» т. 1, вып. I, 2002. стр. 24-28.
3. Строительная, дорожная и специальная техника. Краткий справочник, Изд. второе, перераб. и дополн., М.: АО «Профтехника», 1998. - 640 с.
4. Поляков В.И. Машины грузоподъемные для строительномонтажных работ / Поляков В.И., Полосин М.Д. - 3 изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1993. - 248 с.
5. Евтюков С. А. Строительно-дорожные машины: Учеб. пособие / С.А. Евтюков, С.А. Рысс-Березарк, Я. Райчык; М-во образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. архит.-строит. ун-т. С- Петерб. гос. архит.-строит. ун-т. - СПб.: СПбГАСУ,2001. - 180 с.
6. Строительная, дорожная и специальная техника: Краткий справочник/ Манаков Н.А., Глазов А.А., Понкратов А.В. и др. -М.: АО «Промтехника», 1996. -298с.
7. Машины для земляных работ/ Кириллов Г.В., Марков П.И, Раннев А.В. и др; Под общ.ред. М.Д. Полосина, В.И. Полякова. -3 изд., перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1994. -288с.
8. Мандровский К.П. Эргономика и технико-экономические показатели эксплуатации дорожных и строительных машин // Вестник Брянского государственного технического университета . – 2017. – №1(54). – С. 112-118
9. Мандровский К.П. Возможные перспективы развития систем мониторинга дорожных машин при управлении эффективностью и техниче-

ском аудите // Интерстроймех-2016. Материалы международной научно-технической конференции. – М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2016. – С. 119-128.

## **АСПЕКТЫ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

*Шилов А.А., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Современный этап развития транспортных перевозок характеризуется ростом требований к срокам обработки грузов, качеству перевозок, сокращению затрат на транспортно-складские операции и сокращение персонала. В системе транспортных перевозок транспортные узлы являются центральным звеном. В них начинается и завершается доставка грузов, происходят процессы перевалки с одного вида транспорта на другой и хранения грузов. В этой связи ведущим направлением повышения эффективности работы транспортных узлов является оптимизация управления перегрузочными процессами порта, его инфраструктурой на основе применения современных информационных и компьютерных технологий. [1,8] Потребность в выборе автоматизированных информационных технологий может быть вызвана либо необходимостью автоматизации или модернизации существующих информационных процессов, либо необходимостью коренной реорганизации в деятельности организации.[5,7] Для обеспечения эффективного функционирования перегрузочного комплекса, имеющего многоцелевой характер, требуется взаимосвязь значительного количества технических, экономических и социальных показателей, которые подвержены влиянию многочисленных факторов.

Другой особенностью перегрузочных процессов в порту является их непрерывное развитие, обусловленное как изменением потребностей в переработке тех или иных грузов, так и постоянно изменяющейся обстановкой внутри порта и в обслуживаемых им регионах. [6] Это вызывает необходимость максимальной формализации способов принятия решений как по оперативно-диспетчерскому управлению перегрузочными процессами, так и по их модернизации и реорганизации. Разработка эффективной координирующей системы управления технологическими процессами является одним из путей снижения затрат и улучшения эксплуатационных и технико-экономических показателей работы порта. С этими задачами поможет справиться система Smart Factory («умное предприятие»). Она подразумевает переход на цифровые технологии и взаимоподключение производ-

ственных систем. В рамках системы происходит взаимодействие устройств и обмен информацией между ними о текущем статусе работ. Мы получаем возможность с легкостью определить маршрут каждого места груза, а также повысить уровень загрузки машин и оборудования, сократив время цикла. Система уже используется на машиностроительных, пищевых, авиационных, фармацевтических предприятиях, которые характеризуются постоянными инновациями.[4]

«Smart Factory» предполагает использование следующих технологий[3]:

ERP–система – центральный элемент и пункт хранения и распределения данных;

Прогнозирующее планирование – упреждающее планирование, оптимальное по затратам производство;

Решение для автоматизации – «умные» конвейеры, машины и роботы;

Технологии анализа фотоизображений – предприятие учится «видеть»;

Система пульта управления – целенаправленное использование информации машин;

Облачные приложения – обеспечение связи между уровнем производства и управления.

Решения для автоматизации становятся основным элементом Smart Factory, прежде всего, потому, что в сочетании с высокоэффективными информационными технологиями они выполняют все более сложные процессы.

«Умные» концепции автоматизации характеризуются тремя показателями:

1. Правильный подход – при разработке решения для автоматизации необходимо учитывать множество параметров, таких как размер и оборот предприятия (терминала, склада), а также его характеристики;

2. Умная инфраструктура автоматизации. Складская техника, способная регистрировать и обрабатывать данные в режиме реального времени, например, посредством технологии идентификации, сенсорной техники или даже робототехники;

3. Программное решение для обеспечения непрерывной связи между независимыми системами. Таким образом уже существующее оборудование может быть интегрировано в технологию передачи данных и подготовлено к цифровой трансформации.

За технологией фотоанализа на Smart Factory стоит промышленная обработка фотоизображений, которая обеспечивает существенное повышение эффективности там, где человеческий глаз при количественных измерениях событий достигает предела своих возможностей. Технология помогает в определении свойств груза, распознавании тары, классификации в соответствии с целью назначения, адресации груза на нужное место склада, документировании результатов.

В портах существует значительный потенциал развития «умных» сред. На сегодняшний день гибкость и скорость внедрения инноваций являются

ключевыми факторами успеха не только отдельного предприятия, но и экономики в целом. В этом смысле «умным» средам принадлежит особая роль: по сути, они выполняют функцию каркаса, на который в ближайшем будущем будет крепиться и тем самым обеспечивать новое качество процессов[2].

#### Библиографический список

1. Кузьмина Н.А. «Проблемы выбора информационных технологий управления предприятием», 2006 г.
2. Головкин В.Г. «Умное производство», 2018г.
3. Сайт технологии Smart Factory [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://info.csb.com/CSB-Systems>
4. Княгинин В.Н. «Умные» среды, «Умные» системы и «Умные» производства» — СПб., 2012. — Вып. 4. — 62 с.
5. Шилов А.А., Замолатчиков А.М. «Технологии идентификации и учета грузов» // XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы", 25 апреля 2018г, МАДИ.
6. Прохоренков А.М. «Оптимизация режимов работы грузовых терминалов морских портов (на примере мурманского транспортного узла)» - Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (часть 3) – С. 672-677
7. Шилов А.А., Замолатчиков А.М. «Инновационные технологии швартовки судов» // XXI Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции, 8-12 октября 2018 г, МГСУ.
8. Макеева, Ю.Н. «Автоматизированные перегрузочные комплексы транспортно-грузовых систем ж.-д. и портовых терминалов. Технология перегрузочных работ. Оптимизация технологических решений»: учебное пособие для вузов / РостГУПС. – Ростов н/Д, 2007. – 292 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

*Яковлева О.А., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Балластный слой - это слой сыпучих материалов (щебня, отходов асбестового производства, гравия, крупно- и среднезернистого песка, ракушки) в виде трапеции на основной площадке земляного полотна. На балластный слой укладывают рельсовые опоры (шпалы, брусья, иногда - железобетонные рамы) и балласт под ними уплотняют подбивочными машинами или электрическими шпалоподбойками.

Балластный слой оказывает необходимое сопротивление вертикальным, боковым и продольным смещениям рельсошпальной решетки; равномерно распределяет воспринимаемое от рельсовых опор давление на большую поверхность земляного полотна, амортизируя при этом ударные и вибрационные воздействия проходящего подвижного состава; отводит от пути поверхностную воду и не допускает увлажнения подшпального основания капиллярной влагой из грунтов земляного полотна; допускает выправку положения рельсошпальной решетки в плане и профиле [1].

В процессе длительной эксплуатации балластная призма постоянно засоряется как сыпучими грузами с проходящих поездов, так и мелкими фракциями грунта, попадающими со стороны дефектной площадки земляного полотна, а также мелкими частицами щебня при его разрушении под воздействием поезда на нагрузку. При таком воздействии балластная призма теряет свои первоначальные свойства, а остаточные деформации пути увеличиваются, что ведет к повышенному износу элементов верхнего строения пути и подвижного состава.

На эффективность очистки щебня оказывает влияние гранулометрический состав загрязненного щебня, определяющий соотношение размеров его частиц и отверстий просеивающих поверхностей. Частица щебня, чтобы просеяться, должна сначала пройти через слой крупных частиц, а затем пройти через отверстие сита, чтобы удалиться из слоя.

Существенное влияние на эффективность процесса очистки оказывает влажность щебня. Внешняя влага вызывает слипание мелких частиц засорителя, налипание их на частицы щебня, а также забивание отверстий просеивающей поверхности материалом. Однако при повышении влажности свыше 12% снижение эффективности очистки прекращается, она начинает возрастать и при влажности 15-16% достигает более высоких значений.[2].

На эффективность очистки щебня также оказывают влияние форма отверстий просеивающей поверхности щебнеочистительного рабочего органа и угол его наклона (для вибрационного грохота). Квадратные отверстия



наиболее распространены и позволяют пропускать частицы засорителя размером на 15-20% больше, чем при круглых отверстиях такого же размера.

Применение машин и комплексов для глубокой очистки щебеночного балластного слоя позволило существенно повысить качество выполняемой работы и увеличить межремонтные сроки эксплуатации пути.

Высокопроизводительная щебнеочистительная машина ЦОМ-1200 производительностью до 1200 куб. м/ч, осуществляет послыйную укладку очищенного балласта в путь с разделением его по фракциям и уплотнением поверхности среза перед укладкой геотекстиля или пенополистирольных плит и уплотнением первого (нижнего) слоя очищенного балласта. Машина состоит из трех секций: тягово-энергетической секции ТЭС, добывающей секции, очистной секции [3].

Особенности и новизна выполняемых операций:

- высокая производительность, до 1200 м<sup>3</sup>/ч;
- послыйное распределение крупного и мелкого щебня;
- наличие бункера запаса щебня для засыпки рельсошпальной решетки послеокончания работы;
- применение грохота повышенной производительности, с регулируемой частотой и амплитудой колебания;
- плавное регулирование скорости подачи;
- низкая энергоёмкость.

#### Библиографический список

1. Краснов О.Г. «Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств», г. Санкт-Петербург, 2002 – 160 с.
2. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий» «Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД»
3. Больбат Л.А, Пупатенко В.В. «Механизированные и механизированные путеремонтные комплексы», г. Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2012 – 60 с.
4. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.
5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.
6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.
7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

Секция  
**«РЕМОНТ И НАДЕЖНОСТЬ ПОДЪЕМНО-  
ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ,  
ПУТЕВЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ  
КОМПЛЕКСОВ»**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ  
ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ**

*Алевтдинова Ю.В., ассистент*

*Научный руководитель – Сорокин П.А., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (РУТ)  
(Российская Федерация)*

Программное обеспечение, основной структурной единицей которой является банк данных. При этом программа должна обладать следующими функциональными особенностями, необходимыми для комфортной работы пользователя-инженера: окно ввода данных; помощь в выборе исходных данных; контроль исходных данных; сообщения об ошибках; окно с результатами; печать результатов; сохранение результатов в текстовом файле формата HTML.

Программа, должна позволять быстро заполнять технические заключения и эффективно работать с находящимися в банке данных заключениями. [1] При этом техническое заключение содержит следующую информацию: Краткая характеристика объекта диагностирования; Акт обследования; Технический отчет о состоянии несущей металлоконструкции и возможности ее дальнейшей эксплуатации; Выписка из паспорта; Ведомость дефектов; Протокол статических испытаний; Протокол динамических испытаний; Акт проведения полного технического освидетельствования; Прогноз остаточного ресурса несущей металлоконструкции.

Такой алгоритм, позволяет, автоматизировано оценить выработанный ресурс исследуемой металлоконструкции по изменению оптических свойств поверхности [2].

В зависимости от типа металлоконструкции содержание технического заключения может изменяться. При этом за счет использования различных способов защиты информации технических заключений, находящихся в банке данных, программу можно использовать для архивного хранения данных заключений. Обязательно организовать удобный поиск требуемых технических заключений (рис. 1), искать по: Номеру акта; Марке ГПМ; Дате изготовления; Дате обследования; Номеру приказа; Заводскому номеру; Регистрационному номеру; Предприятию изготовителю; Проведенным ремонтам и т.д.

Причем, оставить возможность искать вначале по одному из полей, а потом осуществлять дальнейший поиск в найденных технических заключениях в неограниченном количестве уровней.

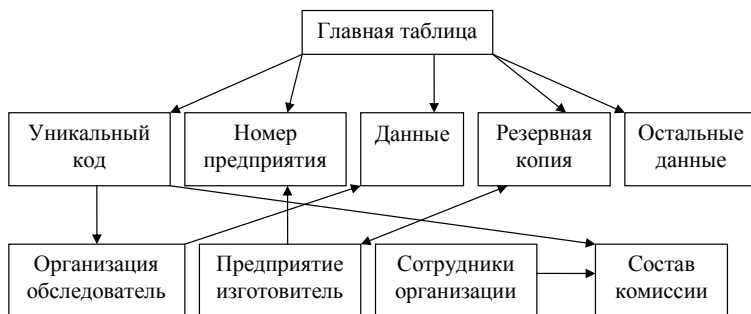


Рис. 1. Структурная схема банка данных

Банк данных состоит из совокупности взаимосвязанных таблиц, все таблицы имеют связь с основной «главной» таблицей, в которой хранится вся информация о техническом заключении, необходимая для однозначной идентификации дополнительных данных технических заключений в подчинённых таблицах (рис. 1). [1]

Программа должна содержать два различных способа защиты информации технических заключений, которые применяются в зависимости от типа данных:

- Данные, содержащиеся в подчиненной таблице и соответствующие определенному заключению, копируются в главную таблицу. Рассмотрим алгоритм защиты (рис. 2) на примере данных о предприятии изготовителе. В главной таблице содержится номер предприятия изготовителя, а в подчиненной таблице «Предприятие изготовитель» содержится список предприятий. Это нужно для того, чтобы пользователь при вводе нового заключения имел возможность выбирать изготовителя из списка, а не тратил время на ввод информации. В этом случае есть один существенный недостаток: при изменении данных в подчиненной таблице изменятся данные в главной, т. е. при удалении (изменении) предприятия изготовителя из списка во всех заключениях, использующих данное значение, оно так же удалится (изменится), что не всегда удобно, т. к. архив рассчитан на большой промежуток времени, при котором предприятия изготовители могут изменить название или прекратить свое существование. При отсутствии совпадения значений должен осуществляться поиск предприятия в подчиненной таблице соответствующей резервной копии, при положительном результате корректируется номер предприятия в главной таблице в соответствии с номером предприятия в подчиненной таблице. При отрицательном результате название временно добавляется в подчиненную табли-

цу и соответствующим образом корректируется номер предприятия в главной таблице. При переходе к другому акту, временно созданная запись в подчиненной таблице удаляется, это сделано с целью обеспечения оптимального состава списка предприятий изготовителей и нежелательного расширения данного списка неактуальными данными. При желании добавить данное значение в список, должно быть достаточно перевести набор данных в режим редактирования, и нажать клавишу «Enter» на поле, содержащем информацию о предприятии изготовителе. [4] Данные из подчиненной таблицы должны добавляться в главную только при реальной потребности в этих данных. Рассмотрим алгоритм защиты (рис. 3) на примере данных о реквизитах организации обследователя. [3] В главной таблице содержатся все реквизиты организации обследователя для каждого заключения на момент ввода данных заключений, а в подчиненной таблице содержатся реквизиты соответствующие текущему моменту времени. При вводе нового заключения, поля главной таблицы заполняются данными из подчиненной таблицы, но далее при работе с данным заключением используются поля главной таблицы, т. о. обеспечивается корректность этих данных, т. к. некоторые реквизиты организации имеют временный характер, например, номер лицензии, и при отсутствии защиты его изменение повлекло бы аналогичные изменения во всех хранящихся заключениях, а в данном случае новый номер будет фигурировать только в актах, введенных после данного изменения.



**Рис. 2.** Способ защиты информации №1

### Библиографический список

1. В.И. Сероштан, Р.А. Испирян, В.А. Яснов Разработка экспертной системы и банка данных СТД ГПМ // М34 Математическое моделирование сложных технических систем: Сборник статей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 108-117 с. (Труды МГТУ №584).
2. Альянах И.Н. Моделирование вычислительных систем. М.: Машиностроение, 1988.
3. Басс Ф.Г., Фукс И.М. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. – М.: Наука, 1972. – 424 с.
4. В.И. Сероштан, Р.А. Испирян Банк данных и управление им в составе СТД ГПМ // М54 Методы исследования и проектирования сложных

технических систем: Сборник статей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 111-121 с. (Труды МГТУ №585).

5. В.И. Сероштан, Р.А. Испирян, В.А. Яснов Разработка экспертной системы и банка данных СТД ГПМ // М34 Математическое моделирование сложных технических систем: Сборник статей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 108-117 с. (Труды МГТУ №584).

6. Колясников А.А. Автоматизированный контроль дефектов поверхности деталей методом анализа дисперсий. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. к-та техн. наук. – Тула: ТулГУ, 2001.

7. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. М.: Энергоатомиздат, 1987.

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ В ПАО «СЕВЕРНЫЙ ПОРТ»**

*Александрова О.А., магистрант*

*Научный руководитель – Ганикевич А. Ю., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Одним из способов снижения трудозатрат при техническом обслуживании и ремонте грузоподъемных кранов, повышения надежности и эффективности использования их механизмов, оборудования и деталей, является широкое внедрение в практику эксплуатации системы технического обслуживания по фактическому состоянию. Организация технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию предполагает периодический или непрерывный мониторинг оборудования для обеспечения заданного уровня надежности и работоспособности. Вибродиагностика, как метод оценки технического состояния, позволяет проводить диагностику механизмов, деталей и узлов грузоподъемных кранов и выявлять дефекты на ранних стадиях их жизненного цикла, пока их величина не достигла критического значения [1].

Вибродиагностика широко применяется для контроля состояния агрегатов в различных сферах деятельности, что дало нам множество примеров, демонстрирующих возможности виброанализа [2].

При вибродиагностике грузоподъемных кранов существует ряд особенностей, связанных с большим количеством процессов, сопровождаемых вибрацией: работает одновременно несколько механизмов; механизмы работают в повторно-кратковременном режиме; возникают колебания груза и металлоконструкции крана; в механизмах крана может применяться несколько видов механических передач. Из-за вышеперечисленных особен-

ностей создается ряд проблем, возникающих при попытке применить методы вибродиагностики, разработанные для других областей деятельности.

Цель нашей исследовательской работы – разработка алгоритма, позволяющего получить адекватную картину технического состояния механического оборудования на основе вибрационной диагностики.

Нами был выполнен ряд экспериментальных исследований, которые позволили получить вибрационную картину работы кранов, имеющих эксплуатационные повреждения. Экспериментальные исследования по диагностированию оборудования проводились на порталных кранах марки Альбрехт 10/32, рег. № 78517 и рег. № 78519, принадлежащих ПАО «Северный порт».

Измерительный комплекс для проведения эксперимента [3] включал в себя акселерометр - датчик ускорения, аналого-цифровой преобразователь, персональный компьютер (ПК) с установленным на нём программным обеспечением (ПО) для обработки поступающих сигналов.

В эксперименте применялся акселерометр BC 201 производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» (ЗАО «ЭТМС»). Датчик BC 201 внесен в реестр средств измерений РФ под № 49619-12.

Для исследований использовался аналого-цифровой преобразователь ZET 220 производства ЗАО «ЭТМС».

Датчики устанавливались на нижней крышке баллера опорно-поворотного устройства; портале, в месте крепления нижней опоры баллера; выносном подшипнике барабана механизма подъема; у основания стрелы и на тележке опорно-поворотного устройства. В каждую из перечисленных точек устанавливалось 3 датчика, расположенных взаимно перпендикулярно. Датчики устанавливались на призме с магнитным креплением.

Установка датчиков на нижнюю крышку баллера, имела целью выявление дефектов, создающих вибрации при работе механизмов подъема, поворота и изменения вылета стрелы, которые установлены на поворотной платформе, а также дефектов, вибрации от которых возникают при движении тележек опорно-поворотного устройства по круговому рельсу. Аналогичное обоснование использовалось при установке датчиков на портале, в месте крепления нижней опоры баллера.

Установка датчиков на подшипник грузового барабана имела целью выявить повреждения подшипников качения, вибрации от которых могут маскироваться при установке датчиков на баллер или портал.

Датчики на стрелу устанавливались в нижней опоре, с целью выявления возможных дефектов подшипников скольжения в проушинах пяты стрелы.

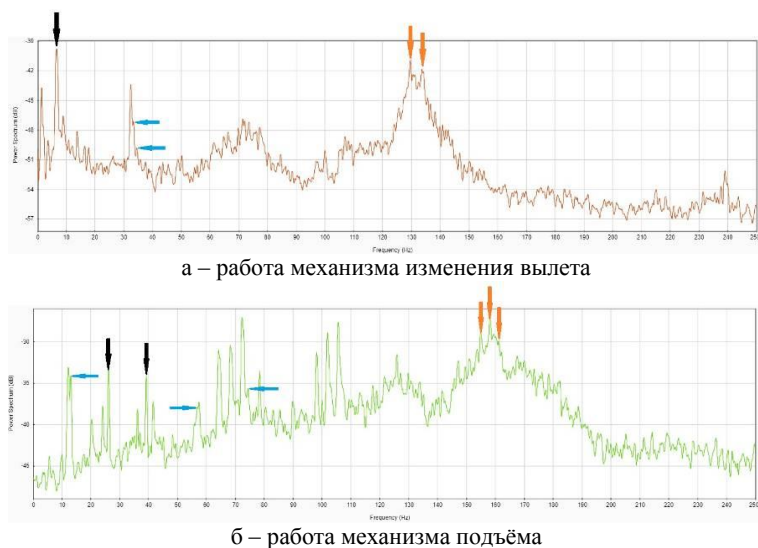
С целью выявления процессов, вызывающих вибрации при работе различных механизмов, экспериментальные исследования проводились без совмещения рабочих движений. Отдельно выполнялись подъем/опускание груза, изменение вылета стрелы, поворот крана в разных направлениях.

Измерения выполнялись с частотой опроса 500 Гц, измеряемый параметр – виброускорение.

Первичная обработка полученных временных рядов включала несколько этапов: удаление незначущих участков ряда, нормализация, выделение характерных участков. Обработка и анализ результатов проводились с использованием программного комплекса Matlab.

Первой задачей при анализе акселерограмм процесса работы является выделение в ряду стадий работы механизма: разгон, номинальный режим, торможение; и направления рабочих движений: подъём, опускание, увеличение и уменьшение вылета, направление поворота, поскольку от этого зависит частотный состав колебаний. Так, например, частота вращения двигателя механизма подъёма при подъёме груза составляет  $735 \text{ мин}^{-1}$ , при опускании –  $750 \text{ мин}^{-1}$ , а при разгоне и торможении вообще меняется от  $0 \text{ мин}^{-1}$  до рабочей частоты. Различия частоты возбуждающей силы создаёт и различия в диагностических частотах и в частотах их боковых гармоник. Кроме того, дефекты зубчатых и цевочных зацеплений могут иметь выраженную односторонность и по-разному проявляться в зависимости от направления рабочего движения.

Одним из наиболее распространённых методов поиска и идентификации дефектов является представление временного сигнала в виде энергетического спектра на основании преобразования Фурье [2, 5]. Спектры полученных в результате эксперимента акселерограмм приведены на рис. 1.



**Рис. 1.** Спектры Фурье акселерограмм вибраций крышки баллера

На спектрах, представленных на рис. 1, имеются выраженные пики на ряде частот (некоторые пики указаны чёрными стрелками). Наряду с ярко выраженными пиками на спектрах имеются вершины с пологими склонами и множественными близко расположенными пиками (указаны красными

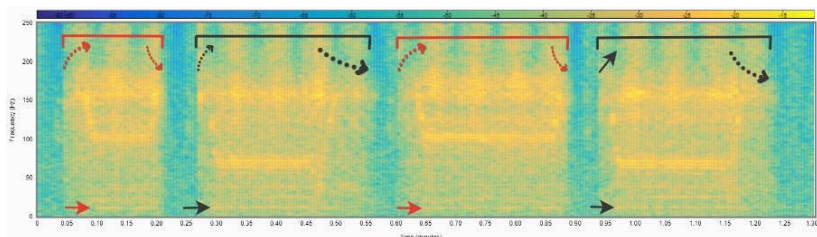


стрелками), что затрудняет определение частоты, соответствующего процесса. Кроме того, имеются вершины с рядом дополнительных пиков на склонах (указаны синими стрелками). Такая картина возникает вследствие отображения в спектре всей совокупности стадий и рабочих движений механизма, реализованных в исследуемом цикле работы крана. Следствием этого является невозможность оценки диагностических признаков при отсутствии надёжного разделения направлений и стадий рабочих движений.

Определение стадий работы и направлений рабочих движений по временным реализациям акселерограмм может представлять определённую трудность в ряде случаев.

Учитывая вышеизложенное, авторы считают целесообразным применение методов частотно-временного анализа [6], таких как: кратковременное преобразование Фурье (short time Fourier transform, STFT), вейвлет-преобразование и распределение Вигнера-Вилле. STFT использует скользящие окна во времени, чтобы фиксировать частотные характеристики, как функции времени. Недостаток STFT – это ограничение между временным и частотным разрешением. Более тонкое частотное разрешение может быть достигнуто только за счет временного разрешения и наоборот. Вейвлет-преобразование способно одновременно предоставлять информацию о временной и частотной областях. Недостатками Вейвлет-анализа являются низкое разрешение метода и его неадаптивный характер. Распределение Вигнера-Вилле широко используется в областях мониторинга состояния механизмов. Ещё одним перспективным направлением анализа являются методы, основанные на эмпирической модовой декомпозиции (empirical mode decomposition, EMD), такие как преобразование Гильберта-Хуанга [7] и преобразование Тигера-Хуанга [6].

Частотно-временной спектр (ЧВС) работы механизма подъёма приведен на рис. 2.



**Рис. 2.** Частотно-временной спектр акселерограммы работы механизма подъёма, представленной на рисунке 3в

Приведённый спектр имеет частотное разрешение 1,96 Гц и временное разрешение 0,6 с.

Анализ приведённого на рис. 5 частотно-временного спектра позволяет уверенно идентифицировать участки подъёма (выделены красным цветом) и опускания (выделены чёрным цветом) груза. Кроме того, на спектре

легко определяются стадии разгона (восходящая пунктирная стрелка) и торможения (нисходящая пунктирная стрелка). Горизонтальными стрелками показаны частоты вращения электродвигателей: 12,1 Гц при подъёме и 13,1 Гц при опускании груза. В нижней части ЧВС видны вторая и третья гармоники частоты вращения двигателя, что говорит о расцентровке валов редуктора и двигателя. Выше видны полосы, соответствующие основным гармоникам зубозацепления и боковым гармоникам, причём на подъёме наиболее сильный сигнал даёт быстроходная ступень редуктора, а при опускании – тихоходная. Наличие боковых гармоник говорит об износе зубчатых зацеплений тихоходной и быстроходной ступеней. Помимо описанных выше на спектре можно выделить ещё ряд гармоник, но для более надёжного их определения необходимо применять методы обработки с более высоким частотным разрешением.

На основании вышеизложенного авторы предлагают использовать частотно-временные спектры для поиска и идентификации дефектов механического оборудования порталных кранов.

#### Библиографический список

1. А. Ю. Ганшкевич, О. А. Александрова Диагностика дефектов механизмов порталных кранов на основе анализа спектров вибрации. // Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции Интерстроймех–2018 [Электронный ресурс] (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.) / ред. кол.: [С.Я. Галицков и др.] — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdstupa/>

2. А. Н. Гаврилин, Б. Б. Мойзес Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2. // М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Томский политехнический ун-т. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 128 с.

3. Экспериментальная оценка вибрационных нагрузок на металлоконструкции кранов при их работе // отчёт по НИР. – Москва: ФБОУ ВПО «МГАВТ», 2014. № государственной регистрации 114121550021

4. Р. Ш. Мустафин, Е. В. Макарьева Опыт диагностики редукторов главного подъема грузоподъемных машин кислородно-конвертерного цеха на примере КГ-1830 // Журнал Евразийского союза учёных (ЕСУ) 2015, №6 (15) с. 132-136

5. Н. А. Баркова, А. А. Борисов Вибрационная диагностика машин и оборудования. Расчет основных частот вибрации узлов машин, параметров измерительной аппаратуры и практическая экспертиза: учеб. пособие. – СПб.: СПбГМТУ, 2009. – 111 с.

6. Hui Li, Haiqi Zheng, and Liwei Tang Gear Fault Detection Based on Teager-Huang Transform // Hindawi Publishing Corporation International Journal of Rotating Machinery Volume 2010, Article ID 502064

7. Norden E. Huang, Zheng Shen, Steven R. Long, Manli C. Wu, Hsing H. Shih, Quanan Zheng, Nai-Chyuan Yen, Chi Chao Tung and Henry H. Liu The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis // Proceedings of the Royal society A 2015, January, p. 903-995

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*Геращенко А.О., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Автоматизация процесса диагностики является рациональной для машин с автоматизированным процессом управления на базе компьютерной техники. При этом процесс диагностирования может рассматриваться как специфическая часть процесса управления

Использование автоматизированных систем диагностики позволяет повысить эффективность получения результатов и упростить процессы диагностирования.

Введение автоматизированной диагностики должно обеспечить [1]:

- снижение вероятности отказов за счет своевременного обнаружения и предупреждения неисправностей;
- уменьшение затрат на определение параметрических и функциональных отказов;
- обеспечение максимального срока службы узлов и деталей за счет полного использования ресурса;
- поддержание высокого коэффициента готовности гидропривода и предотвращение аварийных или неконтролируемых режимов;
- устойчивую работу системы управления;
- снижение трудоемкости диагностического процесса.

Для диагностики гидропривода наиболее целесообразно использование метода групповых проверок с последующей локализацией отказа в пределах групп. Выделение в структуре системы основных групп элементов, позволяет решить проблему минимизации количества встроенных датчиков. Для обнаружения функциональных и параметрических отказов в момент их возникновения в гидроприводе необходимо непрерывно, в автоматизированном режиме, обрабатывать измерительную информацию, хранить ее и выработать решения по принятому алгоритму. Рассматривая группу элементов в целом, считаем, что группа исправна, если параметры входа и выхода находятся в пределах допуска, определяемых критерием работоспособности гидропривода.

Данный подход дает возможность технической реализации на различных уровнях при использовании практически любых измерительных средств или косвенных оценок параметров. Учитывая, что диагностирование чаще всего ведется при стационарных нагрузках, мало изменяющихся в процессе эксплуатации машины, то решается проблема одновременности измерения параметров и это позволяет использовать простейшие измерительные системы с последовательной перестановкой измерительных приборов и нагрузжателей в контрольные точки. Развитием таких систем являются бортовые системы со стационарно оснащенными контрольными точками, обеспечивающие повышение скорости получения информации.

Следует отметить, что возможности таких систем принципиально не превышают возможностей систем с последовательной оценкой состояния элементов схемы путем их замены на заведомо исправные. К их принципиальным недостаткам относятся:

- необходимость создания диагностической нагрузки при помощи специальных нагрузжателей, при этом необходимо обеспечить управление нагрузжателем и распределителями;
- для исполнительных механизмов в данном случае затруднительна идентификация режима;
- вероятность внезапного отказа возрастает с увеличением периода между диагностированием;
- проверка гидропривода в рабочем режиме позволяет обнаружить только аварийные отказы.

Из сказанного следует, что механический перенос принципов диагностики, разработанных для простейших систем с контролем параметров гидропривода, на машины, оснащенные компьютерным управлением нецелесообразен[2].

Принципиально отличная система диагностирования может быть создана, если использовать способность бортового компьютера практически одновременно (по отношению к частоте изменения режима нагружения) опрашивать датчики контролируемых параметров, что позволяет анализировать их текущие соотношения. В этом случае в качестве контрольных необходимо использовать не жесткие установки, а вычисляемые для конкретных условий в соответствии с уравнениями движения.

Такой подход позволяет в качестве основного режима принять рабочий, при этом привод нагружается эксплуатационной нагрузкой, что позволяет снять проблему идентификации режима нагружения. Такой принцип можно назвать динамической диагностикой.

#### Библиографический список

1. Гринчар Н.Г. О системах автоматизированной диагностики гидроприводов. / Гринчар Н.Г.// Путь и путевое хозяйство, 2003,- № 5, стр.39-40.

2. Сидоров В.Н. Исследование процессов диагностирования гидроприводов универсальных строительных экскаваторов: Дис.канд.техн.наук: 05.05.04.-Защищена 19.03.81; Утв. 02.09.81; К261932.- Л., 1980.- 202 с.
3. Соколов М.М., Варава В.И., Левит Г.М. Гасители колебаний подвижного состава : Справочник. – М.: Транспорт, 1985. – 216 с.
4. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.
5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.
6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.
7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК МЕХАНИЗМОВ МОСТОВОГО КРАНА**

*Гревцев Ю.И., Пастушков С.А., студенты  
Научный руководитель – Загруденов Р.Р., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Принцип действия тормозов заключается в создании тормозного момента за счет трения между вращающимся шкивом и стационарными колodками или лентой, поверхностями дисков или конусов.

Конструктивно тормоза делятся на радиальные (колодочные и ленточные) и осевые (дисковые и конусные). Они могут быть управляемыми и автоматического действия, нормально открытыми (постоянно разомкнутые и замыкаемые по мере надобности) и нормально закрытыми (постоянно замкнутые и размыкаемые в момент начала работы механизма). Удержание тормоза в замкнутом состоянии может выполняться пружинами или специальным грузом. Размыкание автоматического тормоза производится либо электромагнитом, шарнирно прикрепленным к тормозному рычагу, либо различного рода толкателями, наибольшее распространение из которых получили электрогидравлические толкатели.

Работа тормозных систем мостового крана имеет давние устоявшиеся проектировочные традиции. Расчет габарита, тормозного момента, место установки, компоновочные схемы, материалы, всё это успешно применяется в проектировании и эксплуатации кранов. Один из элементов тормозов в кранах – фрикционные накладки.

В настоящее время в основном применяют два вида накладок: асбестовые и безасбестовые (3). Состав первых (например: ретинакс) состоит из смол, компонентов чугуна, стали, меди, и волокнистого асбеста. Они выдерживают большие температуры, бесшумны, относительно бездымны, являются основным видом тормозных накладок тормозов мостовых кранов и других видов грузоподъемных механизмов (2). Единственный недостаток – применение асбеста, который является канцерогенным веществом.

Второй вид накладок изготовлен из минеральных материалов: базальт, волокнистых не канцерогенных составляющих. Но они при работе шумные, обладают повышенной абразивностью.

С развитием современных технологий в материаловедении приходит эпоха новых материалов и основную роль в этом играют аддитивные технологии (1).

Аддитивное производство является драйвером развития ряда наукоемких направлений. Его развитие влияет также и на скорость освоения производства и выхода на рынок новой продукции. Предлагаемые решения позволят в будущем обеспечивать эксплуатацию, ремонт или создание элементов и деталей машин на расстоянии т.е. существенно упрощая вопросы логистики.

В традиционном производстве, эксплуатации и ремонте кранов применяют материалы которые имеют устойчивые показатели в работе, хорошие проектировочные и конструкторские наработки. Однако мировыми производителями подъемно-транспортных машин проводятся исследования на предмет использования композитов с керамической матрицей и углепластика для изготовления деталей, расходного и эксплуатационного материала.

Наблюдается общая тенденция замены традиционных компонентов на высококачественные полимеры с высокими показателями механических характеристик, например, полимерные материалы группы полиарилэфиркетонов (PAEK), обладающие высокой деформационной теплостойкостью, низкой гигроскопичностью, высокой термостойкостью, устойчивостью к огню, химическим, радиационным и механическим воздействиям. К наиболее прочным современным полимерным материалам для аддитивного производства можно отнести расходные материалы следующих марок: AccuraCeraMAXComposite – керамический армированный композитный материал; Arrium PEEK 450 Natural и EOS PEEK HP3 – полиэфирэфиркетон PEEK, входящие в группу PAEK; Windform XT 2.0 – полиамид, армированный углеродным волокном.

Налаживается производство собственного оборудования для аддитивных технологий. Представленное на мировом рынке профессиональное и

промышленное оборудование для 3D-печати обладает высокими показателями производительности и качества. Сегодня активно развивается направление аддитивного производства. Аддитивные технологии применяются для: изготовления деталей макетных образцов деталей машин; технологической оснастки; мастер-моделей деталей для использования в технологическом процессе литья в силиконовые формы.

Однако в настоящее время большинство деталей, изготовленных с использованием современных аддитивных технологий, имеют существенные недостатки по сравнению с деталями, полученными традиционными методами производства, что не позволяет использовать их в широком ассортименте. Изделия, полученные с использованием аддитивных технологий, требуют последующей механообработки в местах сочленений, посадочных местах и т.д. (меньшая точность, большая шероховатость поверхности), при этом стоимость последующей механообработки сопоставима со стоимостью изготовления изделия традиционными методами. Изделия часто имеют анизотропные свойства, что обусловлено способами изготовления, реализованными в технологиях аддитивного производства. Структура материала характеризуется высоким содержанием несплошностей и пор, образовавшихся при изготовлении, и ликвационной неоднородностью, не устраненной при термообработке, что обуславливает низкий уровень механических свойств и неравномерное распределение твердости.

Для изготовления фрикционных накладок не требуется особой точности изготовления, имеющаяся будет достаточной. Аддитивный метод изготовления тормозных накладок дает возможность для перспективного развития производства, сокращения логистической и складской загруженности, повышает квалификацию рабочих мест и т.д.

Единственным недостатком аддитивного метода производства это нормативно-законодательная база, которая может развиваться с развитием производства.

Были проведены опыты по созданию макетов тормозных накладок, отдельных деталей с использованием 3D принтера, которые показали перспективность выбранного направления исследования в области создания перспективных материалов (рисунок 1). Работа по данному направлению продолжается.



**Рис. 1.** Создание макетов деталей на 3D принтере

Вывод. Аддитивный метод необходимо развивать, под него необходимо создавать техническую и нормативную документацию. Проектирование элементов механизмов крана является одним из развивающихся на рынке конструирования.

#### Библиографический список

1. Зорин В.А., Полухин Е.В. Аддитивные технологии. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве дорожно-строительных машин // Строительная техника и технологии. 2016. №3(119).
2. ГОСТ 10851-94. Изделия фрикционные из ретинакса. Технические условия.
3. ГОСТ 1786-95. Накладки фрикционные. Общие технические требования.
4. Баксанова Ю.А., Максимов П.В. Обзор методов аддитивного формирования изделий. //Технические науки. ISSN 2227-6017 (ONLINE), ISSN 2303-9868 (PRINT), DOI: 10.18454/IRJ.2227-6017 ПИ № ФС 77 – 51217. 2016
5. ГОСТ Р 57558–2017. Аддитивные технологические процессы. базовые принципы. Часть 1. Термины и определения.
6. ГОСТ Р 57556–2017. Материалы для аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний.
7. А.М. Шалагин. Использование аддитивных технологий открывает перед человечеством принципиально новые возможности. //Наука Сибири "Время, вперед!" Специальный выпуск. №6 2016.



## АНАЛИЗ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ РУЧНЫХ МАШИН

*Давыдченко И.Д., студент*

*Научный руководитель – Дроздов А.Н., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Понижение уровня вибрации также ведет к снижению уровня шума и негативного воздействия на организм человека, что увеличивает допустимое время работы на производстве. В свою очередь, увеличивая срок службы механизмов и узлов машины. Данные аспекты очень актуальны с экономической точки зрения.

Известно, что уменьшение интенсивности колебаний объекта может быть достигнуто следующими способами [1]:

а) уменьшением уровней механических воздействий, возбуждаемых источником; такой способ виброзащиты называется снижением виброактивности источника;

б) изменением конструкции объекта, при котором заданные механические воздействия будут вызывать менее интенсивные колебания объекта или отдельных его частей; этот метод называется внутренней виброзащитой объекта;

в) присоединением к объекту дополнительной механической системы, изменяющей характер его колебаний. Такая система называется динамическим гасителем колебаний, а метод виброзащиты, основанный на ее применении, — динамическим гашением колебаний;

г) установкой между объектом и источником дополнительной системы, защищающей объект от механических воздействий, возбуждаемых источником; этот метод виброзащиты называется виброизоляцией, а устройства, устанавливаемые между источником и объектом, — виброизоляторами.

При решении задач уравнивания приходится учитывать динамические свойства источников, и в первую очередь жесткость их элементов.

**Изменение конструкции объекта.** Проблему уменьшения колебаний объекта путем изменения его конструкции необходимо рассматривать в каждом случае особо, с учетом особенностей объекта и конструктивных возможностей его изменения. Однако можно указать два способа снижения колебаний, общих для всех механических систем. Первый способ состоит в устранении резонансных явлений. Если объект обладает линейными свойствами, то задача сводится к соответствующему изменению его собственных частот. Для нелинейных объектов должны выполняться условия отсутствия резонансных явлений. Второй способ заключается в увеличении диссипации механической энергии в объекте. Этот способ виброзащиты, назы-

ваемый демпфированием. В ряде случаев демпфирование осуществляется введением в конструкцию объекта специальных устройств, называемых демпферами.

**Динамическое гашение колебаний.** Динамический гаситель, присоединяемый к объекту, формирует дополнительные динамические воздействия, прикладываемые к объекту в точках присоединения гасителя. Динамическое гашение осуществляется при таком выборе параметров гасителя, при котором эти дополнительные воздействия частично уравновешивают (компенсируют) динамические воздействия, возбуждаемые источником.

**Виброизоляция.** Действие виброизоляции сводится к ослаблению связей между источником и объектом; при этом уменьшаются динамические воздействия, передаваемые объекту. Ослабление связей обычно сопровождается возникновением некоторых нежелательных явлений: увеличением статических смещений объекта относительно источника, увеличением амплитуд относительных колебаний при низкочастотных воздействиях и при ударах и связанным с этими явлениями, увеличением габаритов системы. Поэтому применение виброизоляции как метода виброзащиты, в большинстве случаев связано с нахождением компромиссного решения, удовлетворяющего всю совокупность требований.

**Виброзащитные устройства и их эффективность.** Демпферы, динамические гасители и виброизоляторы образуют в совокупности виброзащитные устройства. Пассивными называют устройства, состоящие из инерционных, упругих и диссипативных элементов. Активные устройства могут, кроме того, содержать элементы немеханической природы и, как правило, обладают независимым источником энергии.

Эффективность виброзащитных систем принято оценивать отношением величины какого-либо характерного параметра колебаний объекта, происходящих при применении данного виброзащитного устройства, к величине того же параметра при отсутствии виброзащиты. Это отношение называется коэффициентом эффективности вибрационной защиты.

Экспериментальный метод оценки является основным при выборе системы виброзащиты. Поэтому на стадии подготовки к выполнению проекта были проведены экспериментальные испытания ряда машин с целью отладки оборудования и методики проведения эксперимента.

В статье представлен комплекс результатов для испытаний ряда ручных машин ведущих фирм в единых условиях по единой методике. Испытывались пять перфораторов класса SDS-Plus с расположением двигателя вдоль продольной оси машины.

Снижение уровня вибрации является актуальным направлением ведущих фирм-производителей ручного механизированного инструмента.

Методика проведения испытаний предусматривала измерение для каждой испытываемой модели следующих показателей: среднеквадратичное скорректированное значение виброускорения; потребляемая мощность; время, затраченное на бурение отверстий заданных диаметра и глубины. Разрабатываемая среда – бордюрный камень из виброуплотнённого бетона

марки М200. Для проведения испытаний использовались система сбора данных на базе 8-ми слотового шасси NI cDAQ и четырехканального модуля NI9234 для измерения динамических сигналов с частотой оцифровки 51,2 кГц/канал и разрядностью АЦП 24 бит, датчик-акселерометр общего назначения однокомпонентный чувствительностью 10 мВ/г с частотным диапазоном 0,5 – 10 000 Гц по уровню не хуже  $\pm 3$  Дб, обеспечивающим точность 0,0005 г. В качестве программного обеспечения использовался помощник по вибрационным и акустическим измерениям Sound and Vibration Assistant - реконфигурируемый программный комплекс, специально разработанный для проведения интерактивных измерений параметров звука и вибрации без необходимости программирования.

#### Библиографический список

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т./Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). — М.: Машиностроение, 1981. — Т. 6. Защита от вибрации и ударов /Под ред. К. В. Фролова. 1981.
2. Алифов А. А. О связанных колебаниях в автоколебательной с ограниченным возбуждением. — В кн. Виброзащита человека-оператора и колебания в машинах. М. Наука, 1977
3. С. В. Елисеев. Структурные методы исследования виброзащитных систем.— Материалы Всесоюзного симпозиума Влияние вибраций различных спектров на организм человека и проблемы виброзащиты М., ИМАШ, 1972
4. Математические модели ручных машин для строительно-монтажных работ с примерами реализации. А.Н. Дроздов, В.В. Степанов
5. Арустамов Э.А. «Безопасность жизнедеятельности», М., 2001г.
6. Махатдзе М.А. Производственные вибрации и техника борьбы с ними.
7. Микулинский А.М., Стариков Г. А., Шейман Л. С. Защита от вибрации при работе с пневматическими шлифовальными машинами. М., Машиностроение, 1976.
8. Дроздов А. Н., Степанов В. В. Экспериментальное определение вибрационных характеристик ручных машин. Методические указания к проведению лабораторной работы – М.: МГСУ, 2015

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*Дворянкин А.О., магистрант*

*Научный руководитель – Косенко Е.А., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Важнейшим требованием к дорожно-строительным и транспортно-технологическим машинам является высокий уровень надежности. Известно, что совокупность показателей свойств, определяющих уровень надежности изделия, закладывается на этапе его проектирования и изготовления, при этом важно обеспечить высокую точность получения заготовки детали. Чем выше качество заготовки, тем меньше механических операций требуется для придания детали определенной геометрической формы, размеров и достижения наименьшей шероховатости поверхности.

Традиционно при изготовлении зубчатого колеса зубчатый венец получают на поверхности отливки одним из известных способов механической обработки: долблением, нарезанием, фрезерованием и пр. При этом требуется выполнение последующих чистовых и финишных операций: зубозакругляющей, зубошевинговальной или зубошлифовальной – что делает технологический процесс получения зубчатого венца трудоемким, энергозатратным и, как следствие, дорогостоящим [1]. Одним из основных направлений развития машиностроения в настоящее время являются применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) при производстве деталей машин. В настоящее время широкое распространение получили аддитивные технологии.

Преимуществами аддитивных технологий по сравнению с традиционными являются: сокращение себестоимости, трудоёмкости, сроков проектирования и изготовления деталей [2, 3]. Кроме этого аддитивные технологии имеют огромный потенциал при решении вопросов снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции [4].

Применение в литейном производстве методов аддитивных технологий позволяет повысить точность, технологичность и темп производства литейных деталей. Аддитивными технологиями получают литейные модели, мастер-модели, литейные формы и оснастку. Так применение литейных форм и мастер-моделей, изготовленных методами аддитивных технологий, при производстве зубчатого колеса позволяет получить отливку зубчатого венца.

Основой аддитивного производства является создание компьютерной виртуальной цифровой трехмерной модели детали, это стало возможным благодаря внедрению современного программного обеспечения (CAD-программы, моделирования и расчетов(CAE)). Полезность CAD модели за-

ключается в возможности ее проверки на этапе проектирования на влияние знакопеременных нагрузок, а также в возможности выявления мест концентрации напряжений.

Наиболее распространенной технологией 3D печати является FDM (fused deposition modeling). Суть технологии заключается в послойном наплавлении пластмасс при нагревании переходящих из твердого состояния в вязкое. В процессе печати у оператора принтера есть возможность выполнить ряд настроек, благодаря которым удастся изменить не только время печати и количество израсходованного материала, но и качество модели [5].

При изготовлении литейных форм и мастер-моделей для их получения применяют следующие методы аддитивных технологий:

- SLS (Selective Laser Sintering) – метод основанный на послойном спекании порошковых материалов (полиамиды, пластик) с помощью луча лазера [5].

- SLA (от англ. Stereolithography) – метод основанный на послойном отверждении жидкого материала под действием луча лазера [6].

- Технология печати песчаных литейных форм - сущность технологии заключается в послойном спекании лакированного песка лазерным лучом и послойного нанесения связующего состава, вследствие чего изготавливается форма для заливки расплавленного металла [6].

В зависимости от используемого материала для печати мастер-модели, могут быть использованы в качестве основы для создания форм для литья до 40 раз [6].

Метод печати напрямую зависит, как от используемого материала, так и от оборудования, на котором он производится.

Большинство принтеров позволяют изготавливать лишь изделия небольших и средних размеров, в то время как изготовление габаритных изделий является трудной задачей. Это обусловлено рядом факторов, начиная от размеров рабочей зоны принтера и заканчивая возникновением вероятности коробления и перекоса готового изделия. На данный момент, единственным решением для печати моделей больших размеров, является разделение их на составные элементы, изготавливаемые по отдельности и впоследствии склеивающихся в одно изделие. Но даже напечатанные по отдельности сегменты остаются объемными, в таких случаях для печати модели применяются поддержки - вспомогательный материал, применяемый при печати моделей сложной формы, который не позволяет частям моделей деформироваться под собственным весом и удаляется после завершения процесса печати.

Применение аддитивных технологий в литейном производстве позволяет изготавливать выжигаемые модели из легковоспламеняющихся материалов, песчаные литейные формы для отливки сложных деталей, а также мастер-модели для получения литейных форм различной конфигурации.

Полученные 3D-печатью мастер-модели после минимальной механической финишной обработки можно использовать для создания силиконовых форм для отливки восковых моделей.

Особенность применения аддитивных технологий в литейном производстве заключается в том, что выбор метода печати напрямую зависит от заданной производственной программы.

Метод SLS можно применить совместно с литьем по выжигаемым моделям, так как мастер-модели, напечатанные из пластика, хорошо выжигаются из литейной формы без остатка. В следствии того, что SLS-принтеры не нуждаются в полном расплавлении частиц материала, на создания модели уходит меньше времени чем у других принтеров, поэтому данный способ возможно использовать для отработки конструкции необходимой модели в опытном производстве, путем быстрой доработки CAD - модели [6]. По причине разовости получаемых мастер-моделей данный способ целесообразно применять при мелкосерийном и единичном типах производства.

Метод SLA основанный на применении фотополимера возможно использовать совместно с литьем по выплавляемым моделям. Полученную данным способом силиконовую форму используют для отливки восковой выплавляемой модели, которую в дальнейшем применяют для создания литейной формы. Метод SLA целесообразно применять в среднесерийном и массовом производстве, так как одна мастер-модель, изготовленная из фотополимера, обладающего хорошими физико-механическими свойствами, может быть использована для создания от 30 до 40 силиконовых форм [7].

Технологию печати песчаных литейных форм, основанную на применении лакированного песка можно отнести к среднесерийному или массовому производству, в следствии того что одна напечатанная литейная форма, используется для создания одной детали [6]. Данный способ подходит для быстрого изготовления детали, так как напечатанная форма готова к заливке сразу после печати и не требует использования поддержек материала, а также исключает пост обработку.

Применение в литейном производстве мастер-моделей, полученных методами аддитивных технологий, позволяет получать литейные формы для отливки зубчатого венца с высокой точностью, что значительно сокращает количество операций и трудоемкость технологического процесса последующей механической обработки заготовки, а также повышает ресурс готового изделий.

#### Библиографический список

1. Синельников А.Ф. Основы технологии производства и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования: учебник / А.Ф. Синельников. - М.: Издательский центр "Академия", 2014. - 320с.

2.Зорин В.А. Применение аддитивных технологий при изготовлении деталей машин / В.А. Зорин, М.И. Тимченко // Механизация строительства. – 2018. - № 1 – С.5-8

3.Зорин, В.А., Серёгин, Д.В. Перспективы применения неметаллических материалов при производстве дорожно-строительных машин//Механизация строительства. 2015. №7(853). С.4-7

4. Методы оценки эксплуатационных свойств деталей из полимерных композиционных материалов: метод. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2017. – 84 с

5.Нефёлов И.С. Исследование влияния технологических режимов 3D-печати на прочностные параметры деталей / И.С. Нефёлов, М.И. Тимченко, Н.И. Баурова, В.А. Зорин // Механизация строительства. – 2018. - №2. – С.25-30

6.Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.

7.Зорин В.А., Косенко Е.А., Дворянкин А.О. Перспективы применения аддитивных 3D-технологий при изготовлении деталей зубчатых передач дорожно-строительных машин// Интерстроймех –2018. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С.335-337

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ

*До С.Т., аспирант*

*Научный руководитель – Ромашко А.М., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Трение представляет собой совокупность одновременно протекающих процессов. При построении моделей сухого трения обычно учитываются следующие физико-химические процессы в зоне трения: деформация контактирующих поверхностей, структурные изменения материалов трущихся поверхностей, разрушение поверхностей в зоне контакта, нагрев тел пары трения. Иногда учитываются и некоторые другие процессы, такие например, как химическое и электрическое взаимодействие. В качестве исходных данных в этих моделях используются: нормальное давление на тела пары трения, скорость скольжения, коэффициент трения, механические и теплофизические характеристики материалов пары трения, экспериментально полученные сведения об изнашивании конкретных материалов. Выделение тепла при трении обычно оценивается теоретически по работе трения или определяется экспериментально по объёмному нагреву тел пары трения. Проблема заключается в том, что процесс трения локализуется в чрезвычай-

чайно малых объёмах материала на поверхности трения, температура нагрева которых существенно отличается от температуры окружающей области. В настоящее время не существует достоверных методов измерения температуры нагрева этих локальных объёмов материала, потому что датчики температуры значительно превосходят по размерам эти объёмы, а время существования в них высоких температур очень мало. Для теоретического определения нагрева необходимо оценить деформируемые в процессе трения объёмы. Эти объёмы, в свою очередь зависят от температуры их нагрева при трении. Получается замкнутый круг: для определения нагрузок на реальном контакте необходимо знать температуры нагрева этих зон, а для определения температуры их нагрева необходимо знать распределение нагрузок в зоне контакта. Значения температуры нагрева полученные экспериментально или рассчитанные без учёта фактической площади контакта, дают значения, заниженные в несколько раз [1]. Причём, реальные температуры нагрева поверхности трения носят статистический характер, зависящий от распределения нагрузок в зоне контакта. Известны попытки решить проблему с использованием уравнений тепловой динамики трения [2] либо путём теоретического задания априори площади контакта в статистическом виде [3]. Таким образом, недостаточная эффективность большинства существующих методик расчёта параметров трения объясняется тем, что взаимодействие при трении, вследствие дискретности контакта, происходит в чрезвычайно малых объёмах контактирующих тел, с характерными размерами в единицы, десятки, максимум - сотни микрон (например, размеры разогретых частиц, представляющихся наблюдателю в виде искр, при абразивном изнашивании). А теоретическое определение характерных размеров площадок фактического контакта затруднительно вследствие их нагрева. Существующие методики расчета опираются на экспериментальные измерения параметров трения в объёмах, значительно превышающих фактически взаимодействующие объёмы.

В настоящее время есть попытки использовать для анализа процесса трения методы имитационного моделирования [4]. В работе показано, что при трении закаленных сплавов или мелкодисперсных структурных составляющих, в частности, наноструктур, могут происходить релаксационные процессы, а нагрев до температур, близких к температуре плавления одного из элементов контактной пары приводит к деструкции материала поверхности или даже к его плавлению, сопровождающимися абляцией материала. Утверждается, что на фактическом контакте фрикционного узла происходит существенное изменение физико-механических характеристик материалов, участвующих в процессе трения и напряженно-деформированного состояния поверхностных слоёв тел пары трения.

В автомобильных, авиационных тормозах, в тормозах железнодорожного подвижного состава, в тормозах подвёмно-транспортных машин активно используются фрикционные полимерные материалы. Причем температуры нагрева тел пары трения, измеренные традиционными методами, составляют от 100 до 1000°C. Это означает, что реальные температуры



нагрева деформируемых при трении областей, даже при лёгких режимах работы могут составлять сотни градусов. Механические свойства материалов, используемых в тормозах, в существенной степени зависят от температуры. Зависимость прочностных показателей (предел прочности при разрыве, сжатии, срезе) от температуры для большинства фрикционных материалов имеет падающий характер и описывается экспонентой [5]. Для ряда фрикционных материалов, при изменении температуры от 20 до 300°C снижение показателей достигает значительной величины – до 90%. Поэтому при моделировании процесса трения необходимо учитывать изменение механических характеристик трущихся тел при нагреве.

При соприкосновении двух тел с шероховатыми поверхностями, микронеровности под действием сил нормального давления деформируются и контактирование поверхностей происходит в некоторых локальных зонах, суммарная площадь которых называется фактической площадью контакта. Контактные деформации при приложении нагрузки могут быть упругими и пластическими. В работе [6] отмечается, что при повторном приложении нагрузок большая часть вершин микронеровностей будет деформироваться упруго, а меньшая – иметь пластический характер деформаций. Однако, мы полагаем, что соотношение между областями с упругой и с пластической деформациями зависит от конкретных условий и, в частности, от распределения температур при трении.

Таким образом, можно отметить, что в процессе трения, вследствие нагрева, изменяются механические свойства материалов. Соответственно происходит изменение площади контакта и перераспределяется нагрузка на контакте. Представляется эффективным использовать для учёта этого изменения имитационное моделирование, которое позволит определить площадь поверхности контакта и распределение нагрузки на отдельные площадки контакта с учетом их нагрева при трении.

Нами разработана имитационная модель контактирования двух тел с учётом изменения механических свойств материала в результате нагрева при трении.

Особенности модели:

1. Вся поверхность разбивается на отдельные площадки с базовой длиной  $l$ , причём считается что распределение нагрузок что на всех площадках одинаковое;
2. Механические характеристики материала при различных температурах должны быть заранее определены экспериментально.
3. По результатам первого этапа моделирования (с исходной механической характеристикой) проводится коррекция с учетом нагрузки на отдельных площадках контакта.

## Библиографический список

1. Ромашко А.М. Исследование нагрева дисковых колодочных тормозов подъемно-транспортных машин: 05.05.05: дис...к.тн / Ромашко А.М.; МВТУ им. Н. Э. Баумана. М. 1979. 254 с.
2. Чичинадзе А.В. Расчёт и исследование внешнего трения при торможении/ А.В. Чичинадзе. –М., «Наука», 1967. 230 с.
3. Линг Ф. Ф. О неустановившихся температурах на поверхностях контакта при скольжении // Проблемы трения и смазки. 1968. № 3. С. 33-42.
4. Лепеш Г.В. Имитационное моделирование процесса высокоскоростного трения и изнашивания. //Технико-технологические проблемы №3(25), 2013. С.35– 42.
5. Чичинадзе А.В. Полимеры в узлах трения машин и приборов. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
6. Моделирование рабочих процессов трения в колодочно- колесном тормозе шахтных локомотивов: монография / А.Н. Коптовец, Л.Н. Ширин, Э.М. Шляхов, А.В. Денищенко, В.В. Зиль, В.В. Яворская; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. Днепро, 2017 – 258 с.

## АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ СТАЛЬНЫХ ПРОУШИН

*Егоров Д.С., студент*

*Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

В различных отраслях техники широко применяются соединения типа «палец–проушина». Такой тип соединения находит применение и в подъемно-транспортной области. Один из вариантов соединения – шарнир с проушиной.

В таких соединениях расчетам на прочность подвергаются проушины и соединяющий их палец (ось). В настоящем исследовании внимание акцентируется на расчете на прочность проушин, работающих только на растяжение без изгиба. Методики расчета проушин приведены в источниках [1–4].

В методиках [1-3] для расчета проушин предлагаются разные формулы, построенные на различных предположениях, в источнике [4] авторы приводят методику, аналогичную методике [2], ссылаясь при этом на [2]. Первым отличием методик является то, что в расчетах проушин на прочность при растяжении как в методике [1], так и в методике [3], в отличие от методики [2], используется понятие «коэффициента концентрации напряжений» [1] или «коэффициента осевой нагрузки» [3], которые в обоих ме-

тодиках определяются исходя из геометрических параметров проушины и их соотношений. При этом в методике [3], в отличие от методики [1], подчеркивается важность материала, из которого изготовлена проушина. Для точного определения коэффициента концентрации напряжений в [1] приводятся графики зависимости данного коэффициента от соотношения геометрических параметров проушины. В дополнение к графикам в источнике представлена формула, по которой этот коэффициент может быть получен приближенно. Для определения коэффициента осевой нагрузки в [3] для проушин, изготовленных из разных материалов, приводятся графики зависимости коэффициента осевой нагрузки от соотношения геометрических параметров этих проушин, и также дана формула для приближенного вычисления этого коэффициента. В методике [2], в свою очередь, отсутствуют предположения о том, что соотношения геометрических параметров проушины влияют на распределение напряжений по сечению, поэтому расчет на прочность проушины при растяжении в этой методике ведется подобно расчету бруса (стержня) с определенной геометрической формой и площадью сечения.

Также существенное различие методик заключается в том, что, при расчетах проушин на прочность при срезе, данные о количестве и расположении плоскостей среза различны. Так, в методике [1] предполагается, что количество сечений, по которым происходит срез – два, расположение сечений относительно оси симметрии проушины – симметричное, а расстояние между ними строго регламентировано и определяется диаметром отверстия проушины. В методике [3] авторы предполагают, что таких сечений два, что их расположение симметрично относительно оси симметрии проушины, но не приводят информации о точном расстоянии между ними. В свою очередь, в методике [2] высказывается предположение о том, что такое сечение одно, и оно проходит по оси симметрии проушины.

Еще одно различие методик состоит в том, что в методике [3] вводится в рассмотрение новый вид разрушения: «разрушение от окружных напряжений», о котором не упоминается ни в одной из перечисленных методик. Проблема заключается в том, что упомянутые методики дают существенно отличающиеся результаты, что неприемлемо в современной инженерии.

Цель работы – исследовать характер разрушения стальных проушин и, опираясь на результаты эксперимента, сделать оценку предлагаемых в источниках расчетных формул.

Сформулированы следующие задачи:

1. Из листового металла изготовлены проушины с различными, специально подобранными для проведения эксперимента, геометрическими параметрами (см. рисунок 1). Способ изготовления – лазерный раскрой.
2. Из этого же проката аналогичным образом изготовлены образцы для определения механических характеристик материала согласно [5].
3. На испытательном стенде с наглядным визуальным и графическим интерфейсом (см. рисунок 2) планируется определение механических характеристик материала, затем – растяжение проушин.

#### 4. Заключительная задача – обработка результатов.



**Рис. 1.** Стальные проушины



**Рис. 2.** Испытательный стенд

Все эксперименты на испытательном стенде и подготовка к ним проводились согласно [5]. Хотя настоящая работа не претендует на получение новых научных знаний, однако, опираясь на эксперимент, она позволяет лучше понять существующие методики решения практических задач.

## Библиографический список

1. ГОСТ 33169-2014. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности.
2. Матвеев В.В., Крупин Н.Ф. Примеры расчета такелажной оснастки: Учебное пособие для техникумов. 4-е изд. Л.: Стройиздат. 1987. 320 с.
3. Майнсков В.Н., Глушков С.В., Савельев Л.М., Скворцов Ю.В., Арзыбов О.И. Расчет и проектирование проушин: Электронное учебное пособие. Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т). САМАРА 2011. 28 с.
4. Яцков А.Д., Холодилин Н.Ю., Холодилина О.А. Методика расчета монтажной и ремонтной оснастки: Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 96 с.
5. ГОСТ 1497-84. Методы испытаний на растяжение.

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

*Иванова Н.В., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

До введения в действие стандарта ГОСТ 18855-2013(ISO 281-2007) [1] срок службы подшипника рассчитывался через коэффициент базового расчетного ресурса  $L_{10}$ , зависящий от базовой динамической грузоподъемности подшипника и динамической эквивалентной нагрузки на подшипник. ГОСТ 18855-2013 (ISO 281-2007) ввел новый коэффициент для расчета срока службы подшипника – модифицированный ресурс  $L_{nm}$ , который включает в себя системный коэффициент модификации ресурса  $a_{ISO}$ . Однако, несмотря на введение более 30 лет назад поправочного коэффициента базового номинального ресурса и стандартизованного в 2007 году коэффициента модификации ресурса  $a_{ISO}$ , многие инженеры-проектировщики продолжают принимать проектные решения на основе старого стандарта ГОСТ 18855-94 (ISO 281-89) [2].

Из анализа эволюции стандарта ISO 281 видно, что технологии изготовления подшипников качения достигла гигантских успехов в течение последних 50 лет, и этот прогресс является важным аспектом существенно улучшения общей эффективности и надежности механических систем. Однако этот прогресс требует наличия значительного количества данных испытаний на выносливость для статистической проверки динамической грузоподъемности подшипников, а учитывая высокие затраты, связанные с испытаниями на выносливость большого числа подшипников, только некоторые крупные производители подшипников могут финансово поддержи-

вать инвестиции для проведения таких крупных тестовых кампаний. С другой стороны, компании-производители подшипников, которые не имеют специальных знаний и средств тестирования, могут использовать простоту правил оценки ресурса по ISO 281 в своих интересах.

Антонио Габелли, Армэль Дойер и Гуилермо Моралес-Эспейель в своей работе «The modified life rating of rolling bearings: a criterion for gear box design and reliability optimization» [3] были рассмотрены примеры расчета грузоподъемности для подшипников различных производителей по методике, предложенной в стандарте ГОСТ 18855-2013 (ISO 281-2007) и пришли к выводу что необоснованное увеличение динамической грузоподъемности подшипника ведет к тому что при расчете системного коэффициента модифицированного ресурса  $a_{ISO}$  итоговое значение модифицированного ресурса  $L_{nm}$  будет сильно завышено. Такой способ оценки эксплуатационных характеристик подшипников может привести к появлению продуктов, которые не смогут достичь заданного уровня безотказности и не смогут оправдать свои проектные ожидания. Поэтому выбор подшипника на основании только динамической грузоподъемности, указанной в каталоге производителей, может быть ненадежен, так как изготовители всегда будут искать способы доказать преимущества своей продукции для потребителей, а завышение динамической грузоподъемности является простым и эффективным способом сделать это. Чтобы избежать таких ситуаций необходимо проводить расчет модифицированного ресурса  $L_{nm}$ , который сочетает в себе базовый расчетного ресурса  $L_{10}$  и системный коэффициент срока службы  $a_{ISO}$ .

Для повышения надежности подшипников необходимо провести корректирующие действия, однако они не должны заключаться только в увеличении динамической грузоподъемности, а и содержать меры по улучшению трибологии контактных поверхностей. Для этого можно использовать противозадирные присадки (EP-присадки) в смазочных материалах, либо повысить чистоту до 10 класса по ГОСТ 17216-2001 (ISO 4406)[4], либо оба этих варианта одновременно.

Использование масла, содержащего EP-присадки, обеспечит наиболее значительное улучшение, особенно в подшипниках, работающих на низких скоростях выходного вала.

Для переходного подшипника выходного вала (2B) улучшение на 40% достигается за счет улучшения чистоты масла. Объединение этого усовершенствования с оптимизированной EP-присадкой к маслу может обеспечить еще 80% прироста срока службы, что позволит достичь требуемого номинального ресурса.

Такой пример расчета подшипников редуктора показывает, как использовать модифицированный номинальный ресурс подшипников для повышения производительности нескольких критических подшипников. Этот прозрачный и простой процесс оптимизации был бы невозможен при использовании номинального ресурса  $L_{10}$  или выбора подшипника только на основании значения динамической грузоподъемности  $C$ .

## Библиографический список

1. ГОСТ 18855-2013 (ISO 281-2007) Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 56 с.
2. ГОСТ 18855-94 (ISO 281-89) Подшипники качения. Динамическая расчетная грузоподъемность и расчетный ресурс (долговечность). – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 20 с.
3. Габелли А., Дойер А., Моралес-Эспейель Г. Модифицированный ресурс подшипников качения: критерии для оптимизации компоновки и надежности редукторов (Gabelli A., Doyer A., Morales-Espejel G. Themodifiedliferingofrollingbearings: acriterionforgearboxdesignandreliabilityoptimization. Power Transmission Engineering, Mar. 2015, pp. 46-54).
4. ГОСТ 17216-2001 (ISO 4406) Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей – Москва: Стандартинформ, 2008. – 8 с.
5. Краснов О.Г. «Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств», г. Санкт-Петербург, 2002 – 160 с.
6. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий» «Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД»

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОПОЛНЕННЫХ КЛЕЯЩИХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Кострыкин В.В., магистрант*

*Научный руководитель – Косенко Е.А., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Широкое применение полимерных материалов в области ремонта наземных транспортно-технологических машин обусловлено рядом факторов, среди которых можно выделить: возможность создания полимерных материалов с заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами, а также сравнительно низкую трудоемкость технологического процесса и стоимость ремонтных работ.

Для ремонта машин используют, как правило, термореактивные полимерные материалы (реактопласты), которые структурируются при нагревании и превращаются в неплавкие и нерастворимые продукты, неспособные к повторному формованию. Наибольшее распространение при ремонте изделий машиностроения получили эпоксидные полимерные материалы [1].

Клеевыми составами устраняют трещины, сколы, коррозионные или эрозионные повреждения, поверхностные раковины, восстанавливают по-

садовые места. Для улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств восстановленных с помощью полимерных материалов деталей в состав ремонтной клеевой массы вводят дисперсные наполнители: порошки углерода, графита, а также цинковые, титановые, алюминиевые, стальные и др. порошки. [2 - 4].

Применением металлонаполненных клеящих композиций обладает рядом преимуществ: высокой производительностью, простотой и низкой трудоемкостью, возможностью оперативно устранять повреждения на месте поломки, кроме этого нанесенная ремонтная масса обладает высокой прочностью на сжатие и надежностью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред, что позволяет повысить срок службы детали.

В настоящее время в области ремонта изделий машиностроения применяют большое количество клеящих композиций (например, Унирем, Десан, Ремос, Полирем и пр.), разнообразие которых обусловлено различием требований, как к их свойствам, так и к свойствам материалов деталей, подлежащих восстановлению, подготовке их поверхностей и технологии ремонта.

При выборе состава металлонаполненной клеящей композиции и способа ее нанесения необходимо учитывать место и причины появления отказа, тип и вид дефекта, а также экономическую целесообразность ремонтных работ.

При восстановлении деталей машин с помощью клеящих композиций важно обеспечить высокую адгезионную прочность за счет подготовки поверхности детали к нанесению ремонтной массы путем ее обезжиривания и протравливания. Шероховатость поверхности восстанавливаемой детали должна соответствовать применяемому типу клея, при этом микронеровности не должны быть очень малыми, так как клеящая композиция плохо взаимодействует с такой поверхностью и не должны быть очень большими, так как выступающие вершины и резкие впадины являются концентраторами напряжений и очагами зарождения трещин. Подготовка поверхности следует осуществлять непосредственно перед нанесением клеящей композиции (не ранее, чем за 24 часа) [2, 3, 5].

На практике основная проблема при ремонте деталей машин с применением клеящих композиций заключается в правильном выборе компонентов (связующего, наполнителя и отвердителя) и их пропорций [2]. Тип клея и наполнитель выбирают в зависимости от вида дефекта, материала и условий эксплуатации восстанавливаемой детали (температурные, механические и пр. нагрузки). Избыток или недостаточное количество отвердителя и наполнителя оказывает значительное влияние на прочностные свойства восстановленной детали. В зависимости от предъявляемых требований к ремонтируемой детали наполнение клеящих композиций может достигать до 80% [3]. Поэтому выбор оптимального состава металлонаполненной клеящей композиции должен быть основан на результатах проведенных испытаний по определению ее физико-механических свойств [3, 6 - 8].



Немаловажным технологическим фактором, определяющим последующее качество ремонта является время перемешивания компонентов клеящей композиции: с увеличением массы компонентов, время перемешивания также увеличивается [2].

При использовании клеящей композиции важно учитывать время жизнеспособности клея – время до начала химической реакции. После начала химической реакции даже незначительная деформация приведет к необратимому разрушению уже образовавшихся химических связей, в результате чего ремонтная масса не обретет необходимую прочность [2].

После отверждения ремонтная масса дает небольшую усадку, что необходимо учитывать при организации последующей механической обработки: точении, сверлении, нарезании резьбы.

Таким образом, для повышения эффективности применения того или иного состава клеящей композиции при устранении различных типов дефектов важно учитывать совокупность как технологических, так и эксплуатационных факторов. Важное значение при выборе ремонтной стратегии имеют физико-механические и химические свойства клеящих композиций, которые устанавливаются в результате серии лабораторных испытаний.

Прогнозирование ресурса клеевого соединения на основании данных предельно допустимого значения его прочности и скорости процессов деградации в реальных условиях эксплуатации позволит избежать или свести к минимуму риск возникновения внезапных отказов отремонтированных с помощью клеевых композиций деталей машин.

#### Библиографический список

1. Баурова Н.И. Диагностика и ремонт машин с применением полимерных материалов. – М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. – 280 с.
2. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебн. пособие /Н.И. Баурова, В.А. Зорин. - М.: МАДИ, 2016. - 264 с.,
3. Петрова, А.П. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учебн. пособие /А.П. Петрова, Г.В. Малышева; под общ ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2017. – 472с.
4. Восстановление и упрочнение деталей: справочник / В.П. Иванов, [и др.]; под ред. Ф.И. Пантелеенко. – М.: Наука и технологии, 2013.– 368 с.
5. Konoplin A.Y. Distinctive Features of Surface Preparation for Gluing in Arctic Conditions/ A.Y. Konoplin, N.I. Baurova // Polymer Science - Series D. – 2018. - № 4. – pp. 440-442.
6. Баурова, Н.И. Методы оценки эксплуатационных свойств деталей из полимерных композиционных материалов: методическое пособие /Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2017.– 84 с.
7. Лапина, Н.В. Оценка эксплуатационных свойств термопластичных полимерных материалов, используемых при ремонте дорожно-

строительных машин /Н.В. Лапина, Н.И. Баурова // Технология металлов. – 2018. - №4. – С. 39-43

8. Baurova, N.I. Application of differential-scanning calorimetry for studying the properties of filled adhesive materials / N.I. Baurova, A.Y. Sergeev // Polymer Science - Series D. – 2014. - №7 (2). - pp. 140-144.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПАРАМЕТРА ГИДРОАГРЕГАТОВ**

*Набоков А.А., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

В конструкции современных строительно-дорожных машин (СДМ) основным конструктивным решением является применение гидропривода, используемого для приведения в действие рабочих органов, основного, вспомогательного оборудования и хода.

Надежность гидравлических машин определяется в первую очередь надежностью прецизионных пар. Различают прецизионные золотниковые пары распределительной, регулирующей аппаратуры и плунжерные прецизионные пары силовых элементов гидравлических машин. Для увеличения ресурса и безотказности агрегатов гидравлического привода применяют ряд мероприятий, направленных на повышение износостойкости металлов, повышение эффективности эксплуатации дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин на основе периодического восстановления ресурсного параметра прецизионных пар гидравлических распределителей, улучшение свойств рабочей жидкости и т.п.

Практика использования машин с гидравлическим приводом показывает, что удельный вес отказов гидропривода достигает 70%. В основном это обусловлено низкой надежностью таких дорогостоящих агрегатов, как гидронасосы (гидромоторы) и гидравлические распределители.

Работоспособность гидропривода и в частности гидравлических распределителей во многом определяется техническим состоянием гидроагрегатов (прецизионных пар), предназначенных для распределения потоков рабочей жидкости.

К основным техническим условиям, которые предъявляются к золотниковым и плунжерным парам, относятся:

- Параметры удовлетворительной работы: допустимые силы трения, величины зазоров;
- Ресурс

- Условия работы: вид перемещений, характер приложения нагрузки, условия смазки;
- Особенности условий эксплуатации;
- Определение отказа, например, повышения трения, заклинивание, увеличение перетечек.

Из этого следует, что определителями удовлетворительной работы золотниковых и плунжерных пар является стабильность трения, размеров деталей и перетечек через зазоры.

Отказы различают внезапные и постепенные. Внезапные отказы золотниковых и плунжерных пар возникают при повышении трения. Постепенные - являются результатом изнашивания поверхностей деталей.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности эксплуатации СДМ является совершенствования методов периодического восстановления ресурсных параметров гидроагрегатов, в частности применением металлоплакирующих покрытий.

Необходимым условием надежной работы золотниковых и плунжерных пар гидравлических агрегатов является высокая износостойкость. Наиболее распространенной причиной повышения трения, вызывающей заклинивание и выход из строя деталей золотниковых регулирующих устройств, является схватывание трущихся поверхностей и фреттинг-коррозия, представляющая собой коррозионно-абразивный процесс разрушения сопряженных металлических поверхностей деталей, подверженных вибрации.

С целью исключения схватывания и фреттинг-коррозии, образования наростов, задиrow, глубинного вырывания материала, переносом его с одной поверхности трения на другую и воздействием возникших неровностей на сопряженную поверхность, целесообразно использовать химически инертные, температуроустойчивые, диэлектрические и износостойкие покрытия, которые обеспечивают антиадгезионные (барьерные) свойства при контакте трущихся материалов.

Процесс финишного плазменного упрочнения обеспечивает возможность нанесения алмазоподобного покрытия толщиной до 3 мкм на рабочие поверхности золотниковых и плунжерных пар. Нанесенное покрытие обладает повышенной твердостью (до 52 ГПа), химической инертностью, низким коэффициентом трения, не изменяет своих свойств до температур 1200 °С, имеет высокую адгезию к основе, улучшает параметры исходной шероховатости, обеспечивает возможность нанесения покрытия на выполненные по окончательным размерам рабочие поверхности.

Вопросы аналитического определения ресурса гидроагрегатов, повышения их надежности путем периодического частичного восстановления ресурсных параметров и определяет актуальность данной работы.

## Библиографический список

1. Гринчар Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин. М.: УМЦ ЖДТ, 2007. – 302 с.
2. Лозовский В.Н. «Надежность гидравлических агрегатов» . М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
3. Краснов О.Г. «Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств», г. Санкт-Петербург, 2002 – 160 с.
4. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий» «Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД»
5. Большат Л.А, Пупатенко В.В. «Механизированные и механизированные путеремонтные комплексы», г. Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2012 – 60 с.
6. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.
7. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ. АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ

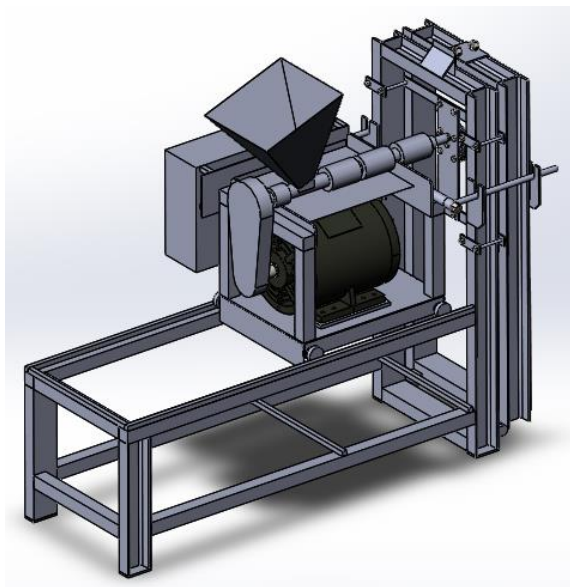
**Назаров А.Н., Опарин И.В., студенты**  
**Научный руководитель – Сафронов Е. В., асс.**

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Цель исследований – определение направлений применения пластмасс в машинах непрерывного транспорта (роликовых конвейерах) и изучение основных характеристик таких изделий.

В рамках данной статьи рассмотрен процесс получения и исследования корпуса подшипника конвейерного ролика.

Использовался материал ABS-пластик. Установка для получения отливок (рис. 2) – термопласт автомат МЕ-3 [1] (рис. 1).



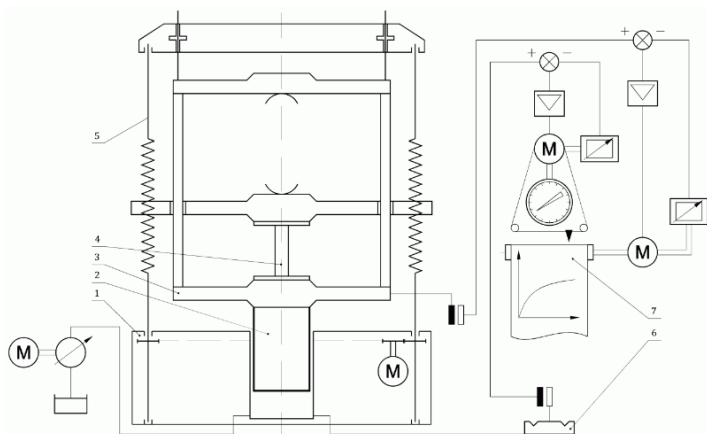
**Рис. 1.** Общий вид ME-3



**Рис. 2.** Отливка корпуса подшипника конвейерного ролика

При помощи термопласт автомата ME-3 льют набор образцов. Образцы получают при разных режимах литья. К варьируемым режимам литья относятся время выдержки [2], температура формы (для определения температуры формы в неё встроена термопара). Полученные образцы подвергают испытаниям на прессе с целью определения разрушающего воздей-

ствия. Для испытаний на сжатие применяют универсальные испытательные машины, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 28840.



**Рис. 3.** Схема универсальной испытательной машины EU-20:

1 – основание станины, 2 – гидроцилиндр, 3 – силовая рама, 4 – образец, 5 – колонна, 6 – силоизмеритель, 7 – диаграммный аппарат

По результатам испытаний определяются наилучшие режимы литья, при которых отливка обретает наибольшую прочность.

На основании первой части испытаний на установленных режимах литья получают кольца подшипников. Эти кольца используют при сборе ролика конвейера. Ролик с применением пластмассовых деталей подвергают статическим испытаниям и испытаниям на ресурс.

По результатам испытаний [3] анализируется обоснованность применения изделий из пластика в исследуемом узле.

#### Библиографический список

1. ООО «Поплавский завод пластмасс» «Литьевая машина МЕ-3. Паспорт и инструкция по эксплуатации»: СПб. 2018.
2. Барвинский И.А., Барвинская И.Е.: Проблемы литья под давлением изделий из полимерных материалов: уплотнение // Полимерные материалы. 2014. № 3. С. 3-13.
3. ГОСТ Р 57841-2017 Оборудование горно-шахтное. Конвейеры шахтные ленточные. Ролики. Общие технические условия. М.: Изд-во Стандартиформ, 2017. 12 с.
4. Алексеев А.А., Пимкин В.И., Кириченко Э.А., Акутин М.С. Влияние условий переработки АБС-пластиков на их свойства // Пласт. массы. 1991. № 1. С. 30-31.

5. Брацыхин Е.А., Шульгина Э.С. Технология пластических масс. -Л.: Химия, 1982. 328 с.

6. Иванова Г.Ф., Олоничев В.А., Кузнецов В.В., Оришина И.Г. Влияние температурных условий литья под давлением на физико-механические свойства АБС-пластиков // Технология переработки термопластов и реактопластов. Сборник научных трудов. М.: НПО Пластик, 1984. С. 45-57.

7. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий: Справочное пособие. Л.: Химия, 1987. 416 с.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Никитин А.С., магистрант*

*Научный руководитель – Зорин В.А., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

В настоящее время использование вторичных полимерных материалов занимает перспективную позицию в современном мире. Актуальность производства деталей машиностроения из полимерных композиционных материалов (ПКМ) не вызывает сомнения, так как материалы из ПКМ отвечают экономическим, техническим, экологическим и эксплуатационным требованиям производителей. Эти качества привлекают не только автопроизводителей, но и потребителей. В связи с этим, растет спрос, что влечёт за собой создание индустриальных предприятий сбора, хранения и переработки изделий, подлежащих утилизации. Вторичная переработка должна рассматриваться как ключевой момент на протяжении всего жизненного цикла автотранспортного средства с момента его создания и до конечной стадии эксплуатации. [1] Поэтому, рециклинг (вторичная переработка) деталей машиностроения из полимерных материалов, отработавших свой эксплуатационный срок, является важной проблемой. [2]

Благодаря высокой стойкости к воздействию окружающей среды полимерные материалы сохраняются в естественных условиях в течение длительного времени. Однако с точки зрения влияния на окружающую среду утилизация полимерных отходов может рассматриваться как важный экономический фактор, поскольку энергия и материалы поступают в повторное использование. Это позволяет сократить использование природных ресурсов, снизить выбросы в окружающую среду, уменьшить потребление энергии и, кроме того, дает экономическую выгоду, при этом необходимо, чтобы техника вторичной переработки позволяла получать чистый и дешевый продукт (энергию или материалы). В мире предлагаются и разрабаты-

ваются различные стратегии вторичной переработки. В настоящее время наибольший прогресс достигнут в механической и химической переработке и в восстановлении энергии, хотя они различаются по степени распространенности, по своим достоинствам и недостаткам. [2]

Полистирольные пластики широко применяются в различных отраслях промышленности. В автомобильном производстве используются изделия из ударопрочного полистирола и акрилонитрилбутадиенстирола (АБС). Это детали облицовки интерьера, различные крупногабаритные детали, получаемые термоформованием из листовых материалов. [3]

АБС-пластик отлично поддается окрашиванию, но обладает низкой стойкостью к ультрафиолетовому излучению, поэтому материал имеет свойство «выгорания» (потери цвета).

Это стало причиной одного из самых обширных и дорогостоящих отзывов автомобилей в истории США.

Сварка пластмасс — технологический процесс получения неразъемного соединения элементов конструкции за счет диффузионно-реологического или химического воздействия макромолекул полимера, в результате чего между соединяемыми поверхностями исчезает граница раздела и создается структурный переход от одного полимера к другому.

Сварка пластмасс условно разделена на три больших группы:

1. сварка растворением
2. комбинированная сварка
3. тепловая сварка

Каждая из групп имеют свои подгруппы, с разными техническими и химическими аспектами. Из более известных и часто используемых стоит отметить сварку чистым растворителем, сварку трением, нагретым инструментом, методом экструзии, нагретым газом. Данные виды сварки хорошо показывают себя в специализированных технологических процессах и не могут быть использованы в широком спектре сварки существующих полимерных материалов, что не скажешь об ультразвуковой сварке.

Ультразвуковая сварка (УЗС) осуществляется при помощи непрерывно генерируемого ультразвука частотой 18-180 кГц. мощностью 0,01 — 10 кВт. Сварка происходит при одновременном воздействии на свариваемые поверхности механических высокочастотных (ВЧ) колебаний, внешнего давления, прикладываемого перпендикулярно к свариваемым поверхностям и теплового эффекта от ВЧ колебаний. Тепловое воздействие ВЧ ультразвуковых колебаний может сочетаться с дополнительным местным импульсным нагревом заготовок от отдельного внешнего источника теплоты. [4]

В области УЗС термопластичных полимеров за последние четверть века ультразвуковая сварка начинает широко использоваться в промышленности. На сегодняшний день ее используют сотни заводов. Без ультразвука невозможно дальнейшее совершенствование технологии сварки, в частности, таких широко распространенных полимеров, как полистирол, полиметил метакрилат, полиэтилентерефталатные пленки и т. п. Техничко-



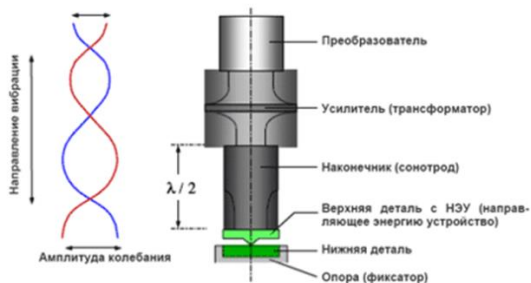
экономическая целесообразность использования энергии ультразвука очевидна. [5]

Ультразвуковая (УЗ) обработка является одним из самых экологически чистых, высокопроизводительных и высококачественных технологических процессов и, как вид электротехнологического процесса соответствующего частотного диапазона представляет самостоятельное направление, имеющее широкое распространение в самых различных отраслях промышленности. Под термином УЗ обработки понимается ряд технологических процессов, при которых ультразвуковые механические колебания воздействуют на твердые, жидкие или газообразные среды. В промышленности, в большинстве случаев, ультразвуковые колебания воздействуют на жидкие или твердые среды. [6]

Технология ультразвуковой сварки полимерных термопластичных материалов находит всё более широкое применение при создании новых видов изделий и упаковке жидких, пастообразных, порошкообразных и сыпучих материалов, производимых химической и смежными отраслями промышленности. Обусловлено это достоинствами ультразвукового (УЗ) способа сварки, основными из которых являются: возможность формирования сварного соединения по покрытой жидкими и твердыми веществами поверхности; возможность соединения различных материалов; возможность упаковки горючих и взрывоопасных материалов; простота реализации и возможность автоматизации процесса УЗ сварки.

Высокое качество (прочность и герметичность) сварного соединения реализуется только при условии точного дозирования (оптимизации) акустической энергии, вводимой в зону сварки. Поэтому при практической реализации ультразвуковой сварки широко используются различные способы дозирования акустической энергии. Эти способы основаны на установлении фиксированного времени УЗ воздействия при заданной амплитуде колебаний, или обеспечении определенного усилия прижима колебательной системы к свариваемому изделию при заданной рабочей частоте генератора, или установлении скорости перемещения сварочного инструмента колебательной системы, или ограничении пути перемещения сварочного инструмента (формировании зазора между опорой и колебательной системой). [7]

Технологию ультразвуковой сварки можно представить с помощью образа падающего резинового шарика. Шарик никогда не возвращается к своей прежней высоте падения, потому что часть потенциальной энергии преобразуется в энергию деформации и теплоту. В зоне сварного шва небольшие участки детали сгибаются силой колебания с частотой 15 000 - 70 000 циклов в сек (кГц). Это приводит к тому, что часть материала оплавляется и обтекает вдоль линии соединения, создавая сварной шов. [8]



**Рис. 1.** Технология ультразвуковой сварки

В ультразвуковой сварке высокочастотная электрическая энергия преобразуется в вертикальное механическое движение с частотой 15 000 циклов в секунду и более. В ходе процесса сварки детали, которые подлежат соединению, скрепляются под давлением, а затем подвергаются этим высокочастотным колебаниям, так что из-за силы вибрации участок соединения испытывает напряжение (см. рис. 1). Вследствие этого стыка из-за совместного воздействия поверхностного и межмолекулярного трения в поверхности вырабатывается теплота, порожденная трением. Сила и вектор вибрации обычно направлены к соединяемым поверхностям под прямым углом. [8]

Автомобильный сектор производит ежедневно миллионы деталей из ПКМ, в связи с этим остро встает вопрос не только о переработке и вторичном использовании ПКМ, но и их взаимодействии с другими материалами (сталью, сплавами, продуктами горения и др.) [9]. С точки зрения сварочных процессов к изделиям из пластиков предъявляются повышенные требования прочности и долговечности соединений. В таком случае, возникает необходимость проведения исследований целесообразности применения и разработки технологических процессов ультразвуковой сварки деталей из ПКМ при производстве и ремонте транспортно-технологических машин.

#### Библиографический список

1. П. П. Володькин, УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА, Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ» 2013, Том 4, № 4, С. 1514 – 1518.
2. Вторичная переработка пластмасс [Электронный ресурс]. - Ф. Ламантиа, ред. Г.Е. Заикова, Handbook of Plastic Recycling, - Режим доступа: <http://plastinfo.ru/information/articles/209/>, свободный.
3. Бобович. Б.Б. Б72 Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учебное пособие. - М.: МГИУ, 2010. - 176 с.

4. Ультразвуковая сварка [Электронный ресурс]. Википедия, - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный.
5. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов, Изд-во: Машиностроение. - Ленинград, 1988. - 224 с.
6. Петушко И. В. Автоматизация технологических процессов ультразвуковой обработки жидких и твердых сред: д.т.н., ВНИИ токов высокой частоты им. И. П. Вологодина, Санкт-Петербург, 2005.
7. Сливин А. Н. Создание ультразвуковых аппаратов с оптимизацией энергетического воздействия для повышения эффективности сварки: к.т.н., Алтайский ГТУ им. И. И. Ползунова, Бийск, 2008.
8. Сварка инженерных полимеров (часть 2): ультразвуковая сварка [Электронный ресурс]. RBU Engineering Plastics Europe Dr. Viktor Mattus, - Режим доступа: <http://plastinfo.ru/information/articles/159/>, свободный.
9. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении. М.: ИНФРА-М, 2018.-301 с.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОБРАЗЦОВ, УПРОЧНЕННЫХ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ**

**Нужин А.В.**, магистрант

*Научный руководитель – Кокорева О.Г., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (МГАВТ) (Российская  
Федерация)*

В статье представлена математическая модель фундаментально-прикладной задачи теории упругости, учитывая напряженно-деформированное состояние индентора (инструмента) и взаимодействующей с ним упрочняемой поверхностью тяжело-нагруженных деталей машин.

В работах [1, 2] рассмотрен общий случай плоской контактной деформации, когда (касание сжимаемых тел происходит по прямой линии, перпендикулярной плоскости  $хоу$  (рис. 1,а).

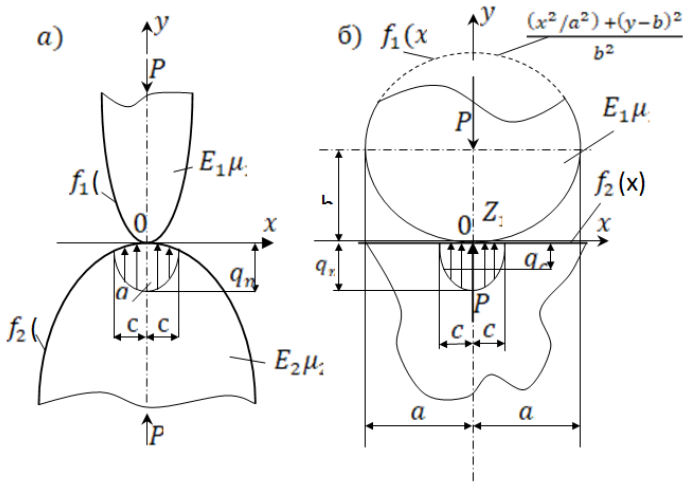


Рис. 1. Общий случай плоской контактной деформации

Направляя ось  $Ox$  по общей касательной к кривым  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$ , ограничивающим упругие тела, будем иметь:  $f_1(x) \vee f_2(x) = 0$ .

Сумму вторых производных  $f_1(x) \vee \vee f_2(x)$  считаем отличной от нуля и, вводя допущение о малости упругих перемещений, приближенно представляем  $f_1 + f_2$  следующим образом [1, 2]

$$f_1'(x) + f_2'(x) = [f_1''(0) + f_2''(0)] \cdot \frac{x^2}{2}, \quad (1)$$

Относительно распределенных контактных сил  $q = q(x)$  вводим предположение, что их равнодействующая  $P$ , перпендикулярная оси  $Ox$ , направлена к точке  $O$  начала касания взаимодействующих поверхностей. Так как первоначальный просвет между контактирующими телами, согласно (1), является симметричным относительно оси  $Oy$ , то и давление  $q$  на цилиндрических поверхностях будет также осесимметричной эллиптической функцией по аргументу  $x$  (функция Герца-Штаермана), которая [1], имеет вид:

$$q = q(x) = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot c^2} \cdot \sqrt{c^2 - x^2} = \frac{q_m}{c} \cdot \sqrt{c^2 - x^2} = \frac{4q}{\pi \cdot c} \cdot \sqrt{c^2 - x^2}, \quad (2)$$

где  $q_c$  – соответственно, максимально и среднее значение функциональной зависимости  $q(x)$  (рис. 1а);

$qm = \frac{2 \cdot p}{\pi \cdot c^2} = \frac{4q}{\pi \cdot c} = m\alpha x; c = \sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot (y_1 + y_2)}{f''_1(0) + f''_2(0)}}$  – полуширина области контакта [1] ( $-c \leq x \leq c$ );  $y_1, y_2$  – физико-механические постоянные взаимодействующих материалов, зависящие от модулей упругости  $E_1$  и  $E_2$  и коэффициента Пуассона  $\mu_1, \mu_2$ :  $y_1 = \frac{P}{\pi \cdot E_1} \cdot (1 - \mu_1^2)$ .

Сила  $P$  связана с реактивным давлением  $q$  интегральным соотношением:

$$P = \int_{-c}^c q(x) dx = 2 \cdot \int_0^c q(x) dx, \quad (3)$$

Применительно к решаемой прикладной механико-математической задаче модифицируем формулу И. Ф. Штаермана (2) [1], когда неподвижный стальной индентор, моделируемый абсолютно жестким и гладким цилиндрическим роликом эллиптического профиля  $f_1(x) (y_1 = 0, E_1) \gg E_2$  или  $E_1 = \infty$ , оказывается статическое давление на упругодеформируемую полуплоскость  $f_1(x) = 0 \Rightarrow f''_2(0)$ , представляющую собой упрочняемую поверхность деталей машин имеющую среднее значение коэффициента Пуассона  $\mu_2 = 0,25(0,2 \dots 0,3)$  и модуль деформации  $E_2 = E_k$  [5] (рис. 1 б). Следует отметить, что параметр  $\mu_2$  сравнительно мало влияет на напряженно-деформированное состояние упрочняемой поверхности деталей машин [5].

Для преобразования и адаптации фундаментальных зависимостей (2) приведем необходимое аналитическое соотношение (рис. 2) [5]:

- Функции нижней половины цилиндрической поверхности индентора

$$sf_1(x) = y(x) = -b \cdot \left( \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} - 1 \right); 0 \leq y \leq b, \quad (4)$$

$$f'_1(x) = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{b}{a^2} \cdot \left( 1 - \frac{x^2}{a^2} \right)^{-\frac{3}{2}}; -a \leq x \leq a, \quad (5)$$

Значение  $f''_1(0)$  при  $x=0$ :  $f''_1(0) = \frac{b}{A^2}$ ;

- Радиусы кривизны  $R=R(x)$  и  $R(0)$  эллиптической направляющей цилиндра (4), принимая во внимание выражение (5):

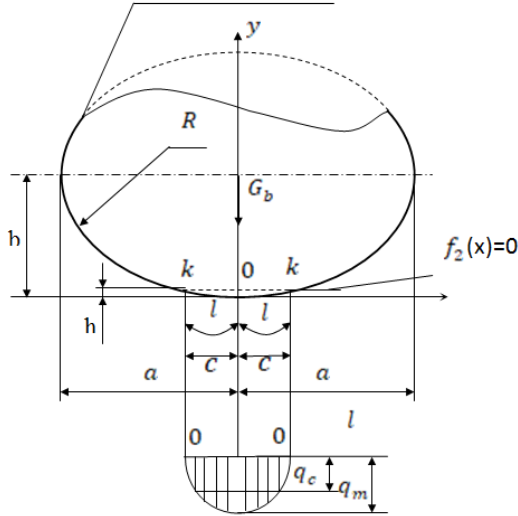
$$R = R(x) = \frac{\left[ 1 + (y')^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{y''} = \left[ 1 - \frac{x^2}{a^2} \cdot \left( 1 - \frac{b^2}{a^2} \right) \right] \cdot \frac{a^2}{b}, \quad (6)$$

$$R(0) = \frac{1}{f''_1(0)} = \frac{x^2}{b}, \quad (7)$$

- Формула связывающая удельную линейную силу  $P$  с шириной индентора  $B$  и вертикальный  $G_b$ , приложенной у его центру :  $P=G_b/B$ ;
- Глубина  $h$  погружения индентора в упрочняемую поверхность (высота сегмента  $k0k'$ , рис. 2), которую находим из уравнения эллипсов (рис. 1,б) когда  $x = \pm c$  и  $y = h$  :

$$\frac{c^2}{a^2} + \frac{(h-b)^2}{b^2} = 1, \text{ или, } h-b < 0, h = b \cdot 1 - \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{c^2}{a^2}} \right),$$

где  $c$  – величина полуохваты кривой  $k0k'$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема контакту индентора с упрочняемой поверхностью

Используя формулы (4)-(8), конкретизируем выражение (2) – (8), после вышесказанных подстановок  $E_2 = f_2(x), f_2''(0) = 0, y_1 = 0, \mu_2 = 0,25$ :

$$q = q(x) = \frac{2 \cdot G_b}{\pi \cdot B \cdot c^2} \cdot \sqrt{c^2 - x^2} = \frac{g_m}{c} \cdot \sqrt{c^2 - x^2} = \frac{4g_0}{\pi \cdot c} \cdot \sqrt{c^2 - x^2}, \quad (8)$$

$$q_m = \frac{2 \cdot G_b}{\pi \cdot B \cdot c^2}; \quad q_c = \frac{G_b}{2 \cdot B \cdot c^2}, \quad (9)$$

$$q_m = \frac{4}{\pi} \cdot q_c, \quad (10)$$

$$Y_2 = \frac{2}{\pi \cdot E_k} \cdot (1 - \mu_2^2) = \frac{1.875}{\pi \cdot E_k}, \quad (11)$$

$$C = \sqrt{\frac{2G_B \cdot Y_2}{B \cdot f_1'(0)}} = a \cdot \sqrt{\frac{3.75 \cdot G_B}{\pi \cdot E_k \cdot b \cdot B}}, \quad (12)$$

$$h = b \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{3.75 \cdot G_B}{\pi \cdot E_k \cdot b \cdot B}} \right), \quad (13)$$

С физико-математической точки зрения корректность формул (8) - (13), базирующихся на классических соотношениях (2)-(3) [1], следует, прежде всего, из осевой симметрии расчётных схем рис. 1 и первоначального соприкосновения взаимодействующих тел по оси  $z \perp xOy$ , проходящей через точку  $x=y=0$  (рис. 1,б). При этом модель плоского деформированного состояния, положенная в основу зависимостей (8) - (13), является адекватной применительно к данной конструкционной (неклассической) задаче [5] для областей контакта цилиндрической поверхности индентора упрочняемой поверхностью в пределах соблюдения условия (см. (7) и [1])

$C \langle R(0) = \frac{a^2}{b}$ , когда выполняется равенство (1), подтверждающее возможность приближенной аппроксимации функции (4), согласно(5):

$$f_1(x) = b \cdot \left( \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}} \right) \approx b \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{2 \cdot a^2}} \right) \right] = \frac{b}{a^2} \cdot \frac{x^2}{2}, \quad (14)$$

$$f_1(x) + f_2(x) = [f_1'(0) + f_2''(0)] \cdot \frac{x^2}{2} = \frac{b}{a_2} \cdot \frac{x^2}{2}, \quad -c \langle x \leq c; (15)$$

где  $f_2(x)=0 \Rightarrow f_2''(0)=0$  рис. 1б и 2).

Практическая реализация аналитических зависимостей (8) - (13) требует введения дополнительной предпосылки о неизменной (продольной недеформируемости) длины эллиптической образующей цилиндра в процессе ее трансформации в окружность радиусом  $R=\text{const}$ . В этой связи и с целью сопоставимости последующих расчётных величин при различных полуосях  $a$ , в эллипса, приводим методику вычисления  $S$  и линейного размера дуги контакта  $kOk'$  (рис. 2).

Для математической формулировки данной процедуры удобнее записать каноническое уравнение эллипса (рис. 1,б и 2)

$$\frac{x_2^2}{a^2} + \frac{y_2^2}{b^2} = 1 \quad (16)$$

где  $x_2 = a \cdot \sin \varphi$ ,  $y_2 = b \cdot \cos \varphi$

Геометрический смысл параметра  $\varphi$  понятен из рис. 3, где  $ANA'$  - полукружность радиуса  $a$  и точкой  $N$ , взятой на одной вертикали с точкой  $M$  эллипса, по ту же сторону от оси  $AA'$ . Непосредственно в решаемой задаче угол  $\varphi$  имеет два численных значения:

1) для расчета одной четвёртой части параметра  $S$ , когда  $x_3 = a$

$$\varphi = \varphi_s = \frac{\pi}{2} = 90^\circ \quad (17)$$

2) к определению длины эллиптической полу дуги  $l$  при  $x_3 = c$  (формулы (12), (16) и рис. 3).

$$\varphi = \varphi_1 = \arcsin \frac{c}{a} = \arcsin \sqrt{\frac{3.75 \cdot G_B}{\pi \cdot E_k \cdot b \cdot B}} \quad (18)$$

Дифференциальная  $dS$  дуги  $S$  (рис. 3) имеет вид:

$$dS = a \cdot \sqrt{1 - \xi^2 \sin^2 \varphi} d\varphi,$$

где  $\xi = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$  эксцентриситет эллипса,  $a \geq b, (0 \leq \xi \leq 1)$

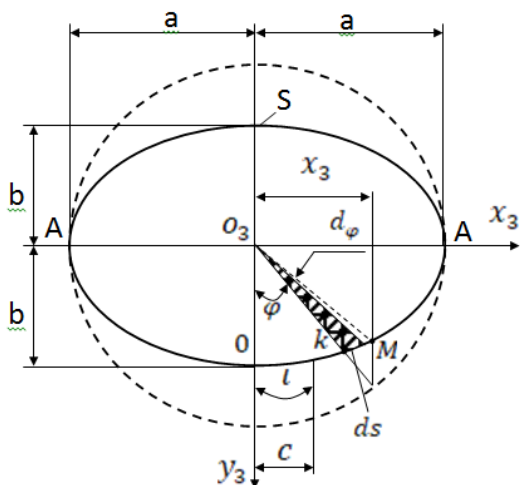


Рис. 3. Определение длины эллиптической полу дуги

Для окружности ( $a = b$ ), являющейся частным видом эллипса,  $\xi = 0$

Представляем искомые размеры  $l$  и  $S$  эллиптическими интегралами

$\xi(\varphi_i, \xi), E\left(\frac{\pi}{2}, \xi\right) = E(\xi)$  второго рода в форме Лежандра [3] (соответственно, неполным и полным),

$$l = a \cdot \int_0^{\varphi_i} \sqrt{1 - \xi^2 \cdot \sin^2 \varphi} d\varphi = a \cdot \xi(\varphi_i, \xi) \quad (19)$$

$$S = 4 \cdot a \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \xi^2 \cdot \sin^2 \varphi} d\varphi = 4 \cdot a \cdot E(\xi) \quad (20)$$



которые как известно [5] не выражаются через элементарные функции и в конечном виде не берутся, а для их вычисления составлены справочные таблицы.

Вывод: Выведенные формулы и разработанная автором теория расчёта подтверждают допущенное, сделанное О.Г. Кокоревой о том что длина дуги “с” равна стягивающей её хорде  $l$  и доказывают возможность регулирования (рационализации) параметров контактного взаимодействия индентора упрочняемой поверхностью путём варьирования в эксплуатационных условиях проектно-конструктивных размеров полуосей эллипсообразной поверхности индентора (инструмента), повышая тем самым, качество упрочняемой поверхности тяжело нагруженных деталей машин.

#### Библиографический список

1. Штаерман И.Ф. Контактная задача теории упругости – М.,Л.: Гостехиздат, 1949.-270с.
2. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкости – М.: Наука, 1980.-340с.
3. Выгодский М.Л. Справочник по высшей математике – М.: Гос. Издательство физико-математической литературы, 1962. – 160с.
4. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Носилевич Г.Б. Расчёт на прочность деталей машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 701с.
5. Решение контактной задачи при статико-импульсной обработке тяжело нагруженных поверхностей деталей машин – М.: Машиностроитель №2, 2015г., с.25-27.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРАНОВ МОСТОВОГО ТИПА

*Петрова М.В., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Контроль опасных процессов в грузоподъемной машине при ее эксплуатации зависит от приборов и устройств, составляющих систему безопасности крана. В настоящее время применяются приборы контроля, которые не всегда удовлетворяют современным требованиям. Например, они могут иметь не унифицированные датчики усилия, т. к. тип датчика зависит от конструкции крана.

Это вызывает проблему применения датчиков при оснащении кранов, у которых ранее не было приборов контроля (установка датчика не обходится без внесения изменений в конструкцию крана).

В связи с вышесказанным, разработка новых устройств и методов автоматического контроля технического состояния механизмов и повышение надежности является актуальной проблемой.

Для снижения динамических нагрузок ограничивается скорость подъема груза при пуске двигателя, что позволяет уменьшить влияние выбега вращающихся масс при отключении механизма.

Существует несколько видов датчиков:

- ограничитель грузоподъемности.

Фиксирует текущую нагрузку на грузоподъемное устройство и производит сравнение этого показателя с заданными параметрами. В случае превышения нормы допустимой нагрузки, датчик отправляет сигнал на устройство, останавливающее работу механизма.

- приборы координатной защиты.

Эти датчики контролируют координатное положение крана относительно стен, линий электропередачи др. В случае нарушения заданных параметров производится остановка движения крана.

- блокировка двери кабины.

Датчики регистрируют возникновение непредвиденных ситуаций и блокируют двери кабины управления для сохранения жизни и здоровья машиниста.

- приборы защиты от столкновения.

Используются на производстве, где число кранов больше одного. Датчики отслеживают расстояние, на которое механизмы приближаются друг к другу, и, при возникновении критических показателей, подается специальный сигнал.

- анемометры.

Приборы измеряют силу ветра. Устанавливаются они на краны, находящиеся вне помещения. Датчики срабатывают, когда порыв ветра достаточно силен и возникает риск угона крана.

Решение проблемы повышения качества контроля технического состояния кранов мостового типа зависит от решения задач:

- повышения организационно-технической дисциплины эксплуатации кранов;

- повышения качества выполнения предписаний по техническому контролю, техническому обслуживанию;

- повышения качества оснащённости кранов приборами и устройствами безопасности и повышения их надежности.

Мостовые краны, устанавливающиеся в настоящее время, оснащаются современным электрооборудованием и новыми системами управления. Следовательно, требуется высококвалифицированный технический персонал. В связи с тем, что опытный персонал заинтересован на ремонте основного технологического оборудования, а на обслуживание кранов выделяется по остаточному принципу, отсюда недостаточное качество ремонтов и монтажа.

Профессиональное техническое обслуживание кранов мостового типа обеспечивает бесперебойную работу, эффективное использование и долговечность оборудования. Качественно проведенное техническое обслуживание позволит избежать поломки и простоя машин, исключит возможность несчастных случаев, сократит материальные расходы на ремонт и монтаж.

При эксплуатации надежность устройств теряется. Однако, уменьшая суммарное время работы, можно увеличить время ее существования в исправном состоянии.

Разработка способов программного управления мостовыми кранами переведет их работу в полуавтоматический режим, а также повысит точность работы и производительность приборов крана. Введение системы микропроцессорного программного управления, учитывающей геометрические и динамические характеристики груза, повысит степень автоматизации в работе механизмов крана.

#### Библиографический список

1. Лобов, Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути / Н.А. Лобов. - М.: Московский Государственный Технический Университет (МГТУ) имени Н.Э. Баумана, 2015. - 185 с.
2. Кобзев А. П., Кобзев Р. А. Специальные краны / Учебное пособие-Старый Оскол: ТНТ, 2013.-472 с.
3. Шабашов А. П., Лысяков А. Г. Мостовые краны общего назначения. М.: Машиностроение, 1980. 304 с.
4. Ереско С.П. Система управления надежностью уплотнений подвижных соединений гидроагрегатов строительных машин, дисс. д. техн. наук// Красноярск, 2003
5. Гринчар Н.Г. Методы и средства повышения эксплуатационной надежности гидроприводов дорожных и строительных машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Новочеркасск, 2007
6. Ветошкин А.Г., Марунин В.И. НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ А.Г.Ветошкина – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 129 с.: ил., библиогр.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Попова Т.А., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Проблема обеспечения надежности технических систем должна решаться в рамках комплексной системы управления качеством.

Одним из вариантов повысить надежность мобильных машин – заведомо снизить показатели назначенного ресурса, таким образом вероятность отказов значительно снизится. Однако, данный подход не всегда экономически целесообразен.

Другой метод обеспечения безотказной работы сводится к оптимизации качества деталей машин. Использование формализованных моделей позволяет получить нехудшие решения и оптимизировать отдельные параметры проектируемых конструкций. При этом нельзя пренебрегать системным подходом на всех этапах создания деталей и узлов.

Кроме того, для оптимизации периодичности ремонта и технического обслуживания необходимо утвердить методику с учетом проведения диагностических и профилактических операций, которая базируется на минимизации эксплуатационных затрат [1]. Кроме того, необходимо разрабатывать соответствующие регламентации по своевременному обслуживанию и проверке, так называемую программу обеспечения надежности.

Одним из перспективных путей совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов, позволяющим на основе учета фактического технического состояния конкретной машины сократить количество unplanned ремонтов и улучшить использование ресурса ее сборочных единиц и агрегатов, является применение методов и средств контроля технического состояния и диагностирования, которое предшествует выполнению технического обслуживания, а его результаты служат для определения перечня и объема предстоящих операций [2].

Повышение технологического обеспечения точности в машиностроении является актуальным, в связи с тем, что точность важна для эксплуатационных качеств машин и технологий их производства.

Чем глубже изучены закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояния материалов, тем достовернее можно предсказать поведение изделия в данных условиях эксплуатации и обеспечить сохранение показателей надежности в требуемых пределах.

В основе потери машиной работоспособности всегда лежат физические закономерности, но в силу разнообразия и переменности действующих факторов эти зависимости приобретают вероятностный характер.

Пусть скорость некоторого процесса повреждения материала  $\gamma$  есть функция ряда входных параметров  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  и времени  $t$ , причем данная зависимость получена на основе физико-химических законов:

$$\gamma = dU/dt = \phi (Z_1, Z_2, \dots, Z_n, t)$$

Параметры  $Z_i$  характеризуют условия эксплуатации (нагрузки, скорости, температура и др.), состояние материала (твердость, прочность, качество поверхности и т. д.) и другие факторы, влияющие на протекание процесса повреждения материала. Однако при наличии только функциональной зависимости, достаточно достоверно описывающей данное явление, нельзя еще точно предсказать, как будет протекать данный процесс, так как сами аргументы  $Z_1, \dots, Z_n$  являются случайными величинами.

Действительно, при работе машины происходят непредвиденные изменения и колебания нагрузок, скоростей, температур, степени загрязнения поверхностей. Более того, сами детали машины могут быть выполнены с различными допусками на технологические параметры (точность, однородность материала и др.).

Разнообразные закономерности и методы расчетов, применяемые при конструировании и производстве машин, полученные общие физические законы и частные зависимости могут быть использованы и при решении вопросов надежности. При этом, поскольку главной задачей является оценка изменения свойств и состояния материала в функции времени, необходимо выявить, какие физические закономерности могут быть использованы и как проявляется фактор времени при оценке работоспособности изделия. [3]

#### Библиографический список

1. Ереско С.П. Система управления надежностью уплотнений подвижных соединений гидроагрегатов строительных машин, дисс. д. техн. наук// Красноярск, 2003
2. Гринчар Н.Г. Методы и средства повышения эксплуатационной надежности гидроприводов дорожных и строительных машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Новочеркасск, 2007
3. Ветошкин А.Г., Марунин В.И. НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ А.Г.Ветошкина – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 129 с.: ил., библиогр.
4. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.

5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.

6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.

7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 12 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКАСА МАТЛАВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПО ГРАФИЧЕСКОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ**

*Стоянцов Н.М., магистрант*

*Научный руководитель – Ганикевич А.Ю., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
(Российская Федерация)*

Важной частью технического диагностирования различных металлоконструкций, является визуальный осмотр, что в свою очередь, влечёт за собой ошибки, связанные с человеческим фактором. Ошибки могут быть двух типов, условно их можно назвать ошибками I и II рода. Ошибкой первого рода это ошибка, при которой дефектуется исправный элемент или узел конструкции, а ошибка второго рода – это принятие дефектного элемента за исправный.

Большую трудность при идентификации дефектов на фото или видео изображениях, представляет определение в явном виде признаков присутствующих определённым дефектам. Трудность усугубляется тем, что съёмка может выполняться при различных погодных условиях, освещённости, на различных поверхностях имеющих разную шероховатость и цвет. Для преодоления указанных проблем, представляется целесообразно применять ИНС.

В современном мире повсеместно применяются искусственные нейронные сети (ИНС), необходимо рассмотреть внедрение ИНС в область технического диагностирования металлоконструкций (МК).

В целях снижения влияния человеческого фактора, предлагается рассмотреть возможность создания комплекса автоматического диагностирования на базе предложенных инструментов (расширений) программного комплекса MATLAB [1, 2].

MATLAB по сравнению с традиционными языками программирования (C/C++, Java, Pascal, FORTRAN) позволяет на порядок сократить время решения типовых задач и значительно упрощает разработку новых алгоритмов [3]. Это даёт возможность значительно сократить время на разработку нового ПО, а также его интерактивная среда даёт более низкий порог входа для освоения языка программирования. Так же к достоинствам стоит отнести возможность программы преобразовывать составленный алгоритм из формата «`mlpkginstall`» в формат «`.exe`», что позволяет сразу записывать алгоритм на исполняющее устройство.

В рамках решения задач, интерес представляет два крупных блока инструментов, а именно IMAGE PROCESSING AND COMPUTER VISION (Обработка изображения и компьютерное зрение) и MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING (Машинное обучение и глубокое обучение). Основная идея заключается в попытке объединения возможностей элементов этих двух блоков в единое целое, а затем создание базы данных, на основе которых будет производиться машинное обучение, по установленным критериям [4].

Первым этапом является определение характерных дефектов МК. К таким дефектам относятся:

- Деформации.
- Трещины.
- Дефекты болтовых соединений.
- Коррозия.

Чтобы обучить ИНС, правильно искать нужную нам информацию, в данном случае дефекты МК, на различных изображениях, а в дальнейшем и видео, необходимо задать ряд характерных признаков [5].

После определения признаков, требуется создать базу данных дефектов, на основе которой будет происходить обучение ИНС, стоит отметить, что увеличение количества изображений повышает точность определения дефектов [6, 7].

С помощью расширений для обработки изображений и компьютерного зрения, можно провести анализ изображения по различным критериям и уменьшить влияние радиальных искажений камеры, что позволит в дальнейшем проводить машинное обучение с меньшей погрешностью.

Следующим этапом планируется обучение ИНС с использованием созданной базы данных и разработка программного продукта, который позволит повысить эффективность работы эксперта при техническом диагностировании.

Применение данного продукта рассматривается в составе комплекса, включающего беспилотный летательный аппарат (БПЛА) или иное устройство, используемое для сбора данных. Управление БПЛА, возможно в ручном режиме, а также автоматическом, траекторию движения и алгоритмы определения положения БПЛА, относительно исследуемого объекта, возможно составить в программе MATLAB.

Автоматический анализ результатов видео или фото фиксации, ввиду высокой точности ИНС, может стать надёжным интерактивным помощником при проведении технического диагностирования МК, тем самым снижает вероятность возникновения ошибок II рода. В перспективе система должна работать в онлайн режиме, отмечая опасные зоны, требующие более детального рассмотрения и выдавать актуальную информацию, связанную с выявленным дефектом.

#### Библиографический список

1. А. А. Локтев, А. Н. Алфимов, Д. А. Локтев Алгоритм распознавания объектов., М.: Диалог-МИФИ.: 2012 г
2. А. Д. Новицкая, Н. А. Жилияк Методы распознавания объектов, используемые в разработке систем ограничения доступа в помещения., М.: СОЛОН-Пресс, 2016 г
3. Официальный сайт программного комплекса MATLAB [Электронный ресурс] Режим доступа <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
4. А. С. Потапов Учебное пособие: Системы компьютерного зрения, М.: Диалог-МИФИ.: 2015 г
5. А. Я. Фомин Распознавание образов: теория и применение, М.: 2004 г
6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений 1982г
7. Г. В. Волхонский – Критерии выбора разрешающей способности в системах видео наблюдения, М.: Диалог-МИФИ.: 2009г



## ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЕ – И МАШИНОСТРОЕНИИ

*Тимофеева А.Г., студентка*

*Научный руководитель – Косенко Е.А., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

В настоящее время в области машиностроения большое распространение получили полимерные композиционные материалы (ПКМ), что обусловлено рядом технологических и эксплуатационных факторов. Это послужило причиной роста содержания деталей из ПКМ в общем объеме деталей автомобиля и другой наземной транспортно-технологической техники. Вследствие чего возникла новая проблема – утилизации и рециклинга пластиковых отходов.

На сегодняшний день автомобильный класс открыт для исследований возможностей переработки материалов во вторичное сырье. Утилизация автомобиля - это процесс его разборки на автомобильные компоненты, оценки их технического состояния, сортировки, переработки [1].

Большим и еще неиспользованным потенциалом для получения вторичных полимеров обладает автомобильный сектор. Автомобильные пластиковые отходы содержат до пятидесяти различных полимеров, но преобладают АБС-пластик (акрилонитрилбутадиенстирола) и ПП (полипропилен), на долю которых приходится около 80%. Преимуществами использования вторичного полимерного сырья являются экологическая эффективность, ресурсосбережение, а главное это создание новых ПКМ с внедрением рециклизаторов, позволяющих получить физико-механические свойства материала, которые могут быть сопоставимы с первичным полимерным сырьем. [2]

Проведение исследований и разработок в области вторичных термопластичных полимерных материалов путем их модификации кремний-органическими соединениями, обусловлено такими параметрами как:

- повышение долговечности изделий машиностроения;
- ресурсосберегающие факторы при производственных процессах в автомобильной промышленности;
- экологическая эффективность.

В следствии того, что полимер подвергается термодеструкции на каждой стадии переработки, и фотоокислительной деструкции во время эксплуатации изделия, а также механодеструкции при измельчении и агломерации отходов, то, в массе материала накапливаются продукты деструкции, и содержится большое количество активных радикалов, перекисных и карбонильных соединений, способствующих дальнейшему разложению и сшивке полимерных цепей. Поэтому в состав таких концентратов входят

рециклизаторы, которые способствуют улучшению физико-механических показателей [3].

В научно–промышленной сфере известны следующие основные способы обращения с отходами полимерных материалов:

- переработка во вторичное полимерное сырье для повторного использования при производстве изделий;
- пиролиз с получением углеводородного сырья для энергетического и химического применения;
- сжигание вместе с твердыми бытовыми отходами с получением тепловой и электрической энергии;
- захоронение на полигонах [4].

Так же, известны и главные виды модификации полимерных материалов при их переработке:

- химические (сшивание пероксидами, например, кремнийорганическими жидкостями и др.);
- физико-химические (введение различных добавок органической природы, например, сажи, термоэластопластов, восков и др., создание композиционных материалов);
- физические (введение неорганических наполнителей: мела, графита и др.);
- технологические (варьирование режимов переработки) [5].

В общем виде переработка отходов пластмасс с целью их повторного использования состоит из следующих стадий: исходные материалы подвергаются изначально тщательной сортировке, затем мойке, сушке, после чего проходят стадию дробления, измельчения (агломерации) и завершающей стадией является грануляция.

Стоит заметить, что многократная (до 5 раз) экструзия полистирола приводит к незначительному изменению его характеристик, за исключением относительного удлинения [6].

На выходе получается готовая продукция – это вторичная полимерная гранула. Применяется для производства полимерных изделий в пропорции с первичной от 20% до 80% в зависимости от назначения изделия. Стоимость вторичной гранулы примерно в три раза ниже первичной.

При содержании в композиции до 20 % вторичного полимерного сырья, эксплуатационные и технологические характеристики материала практически не отличаются от свойств первичного полимера [3].

На основании проведенного анализа видов термопластичных полимерных материалов, применяемых в области машиностроения, способов их модификации и совместимости различных видов модификаторов с термопластичными полимерными материалами были определены виды термопластов и модификатор, которые соответствуют как техническим (характеристики сырья), так и технологическим (оборудование, режимы работы – температурный режим, производительность) параметрам, а так же целесообразны для совмещения в процессе модификации и являются наиболее используемыми полимерными материалами в автомобилестроении. В связи

с вышеприведенными критериями и параметрами, наибольший интерес для исследования представляют вторичный АБС-пластик и вторичный ПЭНД, модифицированные кремнийорганическим соединением

Экспериментальные исследования в области вторичного использования термопластичных полимерных материалов проводятся в лабораторном помещении, в нормальных условиях, и заключается в получении образцов и дальнейших испытаниях этих образцов, в первую очередь на физико-механические свойства (ГОСТ 11262-80 - Пластмассы. Метод испытания на растяжение), определение показателей водопоглощения (ГОСТ 4650-2014 (ISO 62:2008) - Пластмассы. Методы определения водопоглощения) и стойкость к ультрафиолетовому излучению, после модификации вторичных термопластов (проводится на основании научных, статистических и экспериментальных данных). Образцы для проведения исследования должны соответствовать требованиям ГОСТ 11262-80 - Пластмассы. Метод испытания на растяжение. Температурный режим переработки модифицирующих полимеров устанавливается на основании технологических характеристик, используемых материалов.

Научные исследования в данной сфере необходимы как для разработки ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий конструирования и изготовления новых автомобилей «для экологии», их демонтажа, утилизации отдельных компонентов, так и экономически и экологически эффективных технологий сбора, транспортирования, распределения сырья, полуфабрикатов, продукции из автотранспортных отходов, методов организации и управления материальными, финансовыми и информационными потоками в сфере утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств и их компонентов, создания нормативно-правовой и методической базы этого вида деятельности.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка материалов с высокими физико-механическими свойствами на основании модифицированных вторичных полимеров позволит решить проблему более эффективного повторного использования пластиковых отходов, в частности в области автомобиле- и машиностроения.

#### Библиографический список

1. Митрохин, Н.Н. Утилизация и рециклинг автомобилей: учеб. пособие / Н.Н. Митрохин, А.П. Павлов. – М.: МАДИ, 2015. – 120 с.
2. Вторичная переработка пластмасс [Электронный ресурс]. - Ф. Ла Мантиа, ред. Г.Е. Зайкова, Handbook of Plastic Recyclingпод, - Режим доступа: <http://plastinfo.ru/information/articles/209/>, свободный.
3. Вторичная переработка полимеров [Электронный ресурс]. – М.: Полимерные материалы, - Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com/publ/view/30.html>, свободный.
4. Вторичная переработка полимеров и создание экологически чистых полимерных материалов [Электронный ресурс]. Уральский государствен-

ный университет им. А.М. Горького, - Режим доступа: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1575/6/1334888\\_schoolbook.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1575/6/1334888_schoolbook.pdf), свободный.

5. Николаева, Е. Переработка вторична / Е. Николаева // Москва: The Chemical Journal / «Химический журнал» - 2003.

6. Бобович. Б.Б. Б72 Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учебное пособие. - М.: МГИУ, 2010. - 176 с.

7. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН**

*Тюрина Ю.Н., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Производительность и экономичность работы машин в значительной мере зависят от их эксплуатационной надежности.

Надежность машины (узла)— это ее свойство выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение определенного времени или требуемой наработки.

Надежность машин (узлов) обуславливается совершенством их конструкции, технологии производства и ремонта, условиями и уровнем их использования. Правильное техническое обслуживание и ремонт машин позволяют поддерживать их эксплуатационную надежность в заданных пределах.

Следовательно, надежность машин зависит от минимального срока безотказной работы какого-либо узла (сопряжения, детали), входящего в данную машину; от надежности, или иначе равностойкости к износу, деталей и узлов машины. Чем выше эта равностойкость и чем больше период работы узлов и деталей до предельных величин износа, тем выше эксплуатационная надежность машины.

Однако даже при использовании всех современных технических средств и максимальном повышении износостойкости всех узлов производимой машины практически трудно достигнуть абсолютно одинаковой надежности их работы. Это обуславливается влиянием следующих факторов:

1. Узлы, при изготовлении не получают однородными как по размерам, так и по качеству материалов, что определяется системой допусков. С прогрессом техники неоднородность такого рода уменьшается, но не исчезает.

После ремонта неоднородность обычно увеличивается, так как одни группы деталей в топ или иной степени изношены, другие сопряжены с новыми, заменены целые узлы и т.д.

2. Большое разнообразие условий эксплуатации машин приводит к различию в темпах износа даже однотипных узлов машин. Поэтому сроки работы однотипных узлов и машин не одинаковы, и числовые выражения эксплуатационной надежности в силу этого обстоятельства будут вероятностными величинами.

Следует отметить, что надежность машины (узла) зависит не только от надежности одной детали или одного сопряжения деталей с наименьшей предельной величиной износа (наименьшим сроком работы), но и отряда других факторов.

Неполное восстановление первоначальных свойств узла, небрежный ремонт, неудовлетворительное обслуживание обычно приводят к тому, что любая из нескольких деталей независимо одна от другой может определить надежность машины (узла).

Таким образом, эксплуатационная надежность современных машин, состоящих из сотен, а иногда и тысяч деталей, процессы изнашивания которых находятся в сложной взаимосвязи, представляет собой сложную зависимость от ряда факторов.

Во многих случаях для оценки эксплуатационной надежности машины применяется простой обобщающий показатель — коэффициент эксплуатационной надежности.

На основе изучения износов и опыта эксплуатации машинно-тракторного парка и сельском хозяйстве нашей страны разработана и принята плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин. Она представляет собой научно обоснованную систему мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном состоянии. В нее входят обкатка, плановые технические обслуживания, периодические осмотры, ремонт и хранение. Главная цель применения этой системы - содержание машин в технически исправном состоянии, удлинение сроков работы машин и снижение себестоимости механизированных работ.

#### Библиографический список

1. Ариостов А.Н., Борисенко В.С. Оценка надежности механических систем. М.: Знание, 1972.
2. Жиркин Ю.В. Надежность, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт металлургических машин. Руководство к решению задач и управлений: Учеб. Пособие.- Магнитогорск: МГТ, 1998.
3. Краснов О.Г. «Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств», г. Санкт-Петербург, 2002 – 160 с.

4. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий» «Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД»
5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.
6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.
7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ФОТОГРАФИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММЫ MATLAB**

*Уткин Б.О., аспирант*

*Научный руководитель – Ганшкевич А. Ю., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Одной из серьёзных проблем, возникающих при выполнении технического диагностирования металлоконструкций и оборудования грузоподъёмных кранов, является низкая производительность при проведении визуального осмотра, поскольку для обнаружения дефектов эксперт вынужден передвигаться по конструкциям крана, имеющим, зачастую большую высоту. Повысить производительность возможно применением средств фото и видеофиксации, как установленным стационарно на земле, так и установленных на портативные летательные аппараты. При выполнении анализа изображений, полученных в результате съёмки, возникает проблема идентификации различных дефектов.

Matlab – известная среда для численных вычислений, широко используемая научным сообществом. Язык Matlab оптимизирован для работы с матрицами и многомерными массивами, помимо этого существует огромное количество расширений, называемых Toolboxes, которые применяются для решения задач оптимизации, статистических расчетов, обработки сигналов и изображений и т.д. [1, 2] В данной статье проанализируем возможность Matlab для работы с изображениями.

На сегодняшний день система Matlab, в частности пакет прикладных программ Image Processing Toolbox, является наиболее мощным инструментом для моделирования и исследования методов обработки изображе-

ний. Он включает большое количество встроенных функций, реализующих наиболее распространенные методы обработки изображений. Рассмотрим основные возможности пакета Image Processing Toolbox [2, 3].

При обследовании подъёмно-транспортных машин необходимо производить детальную фото и видео фиксацию состояния металлоконструкций. Фото и видео материалы импортируются в соответствующее расширение программного модуля Matlab. При помощи пакета прикладных программ, который включает в себя большое количество встроенных функций, производится моделирование и обработка изображений. Целью обработки изображений является выявление дефектов металлоконструкций, оценка их размеров и форм.

Возможности программного модуля Matlab позволяют обнаружить [4] и идентифицировать следующие дефекты металлоконструкций:

- деформации стержней основных и инерционных решёток ферменных конструкций;
- местные деформации оболочечных и стержневых элементов конструкций;
- коррозионные повреждения;
- отсутствие отдельных элементов болтовых и заклёпочных соединений;
- смещение элементов пакета в болтовых и заклёпочных соединениях.

Первичная подготовка фото и видеоматериалов к анализу должна обеспечивать максимально возможное снижение объёма анализируемой информации, чего можно добиться применением геометрических преобразований изображения, перечисленных ниже [5].

Кадрирование – функция, которая позволяет в интерактивном режиме вырезать часть изображения и поместить ее в новое окно просмотра.

Функция изменения размеров изображения позволяет, используя специальные методы интерполяции, изменять размер любого типа изображения.

Одной из наиболее важных характеристик изображения является гистограмма распределения значений интенсивностей пикселей изображения, которая позволяет оценить отношение площади коррозионного повреждения к общей площади поверхности исследуемого элемента.

Функция `corr2` [6] вычисляет коэффициент корреляции между двумя матрицами. Другими словами, с помощью функции `corr2` можно оценить, насколько две матрицы или изображения похожи между собой. Эта функция широко применяется при решении задач распознавания.

Таким образом, приведенные выше функции позволяют обнаружить и исследовать прогибы и искривления элементов, коррозионные повреждения, отсутствие отдельных элементов или соединений.

Так же программный модуль Matlab при работе с изображениями позволяет автоматически выявлять круглые или прямоугольные объекты, определять их линейные размеры.

Упрощение идентификации объектов переднего плана (отдельных элементов) даёт возможность проанализировать объекты и найти площадь каждого отдельного элемента на изображении.

Matlab предоставляет возможность определения объектов на изображении, которые имеют разные контрасты по отношению к фону [7].

Как уже отмечалось ранее, гистограмма изображения является одной из наиболее информативных характеристик. На основе анализа гистограммы можно судить о яркостных искажениях изображения, т. е. сказать о том, является ли изображение затемненным или засветленным. Известно, что в идеале на цифровом изображении в равном количестве должны присутствовать пиксели со всеми значениями яркостей, т. о. гистограмма должна быть равномерной. Перераспределение яркостей пикселей на изображении с целью получения равномерной гистограммы выполняет метод эквализации, который в системе Matlab реализован в виде функции `histeq`.

Довольно часто при формировании изображений не используется весь диапазон значений интенсивностей, что отрицательно отражается на качестве визуальных данных. Для коррекции динамического диапазона сформированных изображений используется функция `imadjust`.

Таким образом, применение даже стандартных функций программного пакета Matlab, даёт возможность обнаруживать и исследовать такие дефекты, как расстройство болтовых и заклепочных соединений, расслоение структуры металла, трещины в основном металле и сварных швах, коррозия металла.

#### Библиографический список

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва: Техносфера, 2006. - 616 с., цв. илл., Серия “Мир цифровой обработки”.
2. В. П. Дьяконов. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5 + SP1 + Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. - 592 с.
3. В. П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Работа с изображениями и видеопотоками. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 400с.
4. В. Медведев, В. Потемкин. Нейронные сети. MATLAB 6. Диалог-МИФИ. 2002.
5. П. Рудаков, В. Сафонов. Обработка сигналов и изображений Matlab 5.x. Диалог-МИФИ. 2000.
6. Официальный сайт программного комплекса MATLAB [Электронный ресурс] Режим доступа <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
7. А. Д. Новицкая, Н. А. Жиляк Методы распознавания объектов, используемые в разработке систем ограничения доступа в помещения., М.: СОЛОН-Пресс, 2016 г



## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ

*Фадеев Ф.О., студент*

*Научный руководитель – Кокорева О.Г., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) и аддитивных технологий 3D-печати позволило использовать исключительные возможности воспроизведения сложнейших геометрических форм, инженерных конструкций, механизмов и решений во многих областях науки, техники и производства – например в автомобильной, нефтегазовой, военной промышленности, машиностроении, металлообработке, медицине, ювелирном деле.

На данный момент во многих наукоемких отраслях существует проблема точной дозировки жидкости. Применяют различные виды насосов: шестеренные пластинчатые, импеллерные, плунжерные, винтовые, центробежные, перистальтические.

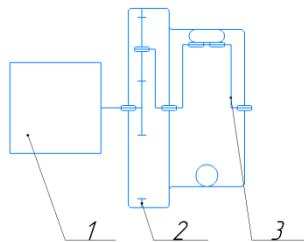
Предметом применения аддитивного метода в данной работе являются планетарный редуктор и перистальтический насос (согласно ГОСТ 17398-72 – шланговый насос).

При изготовлении рабочей модели использована технология FDM-печати, как наиболее доступная, в соответствии с которой в месте построения модели через подогреваемый экструдер выдавливается расплавленная полимерная нить ПЛА-пластика, формирующая физическую модель согласно нарисованному сечению в САД-модели [1]. Технология позволяет применить нестандартные решения в проектировании устройства.

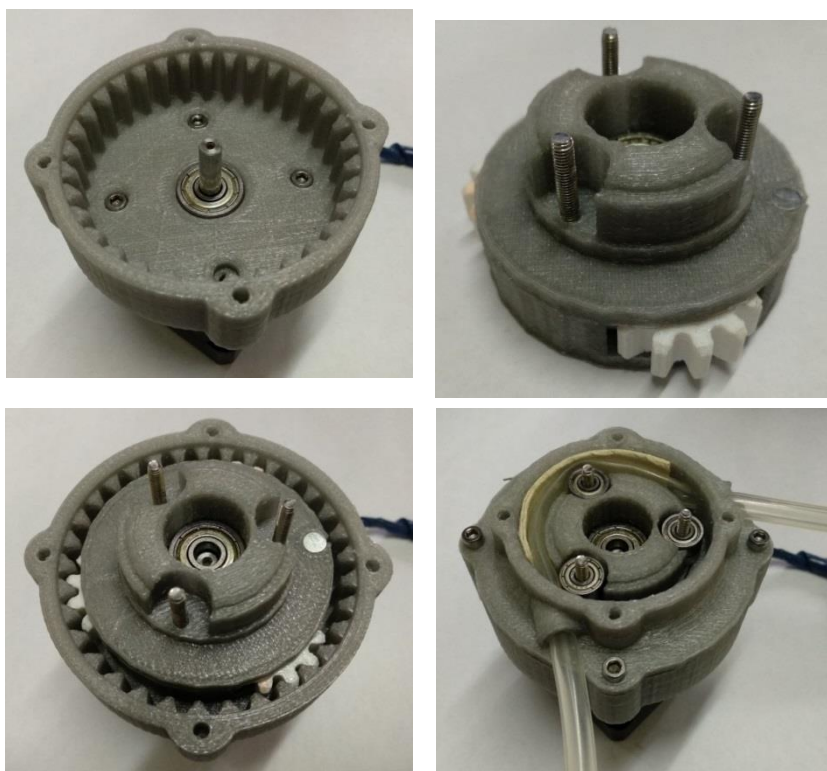
Достоинства перистальтического насоса [4]:

- простота конструкции для воспроизведения аддитивным методом;
- точность объема перекачиваемой жидкости;
- герметичность;
- сохранение стерильности перекачиваемого вещества и возможность применения в медицинских целях.

Изготовленная конструкция состоит из шагового электродвигателя, планетарного редуктора с передаточным отношением  $U=3.66$  и ротора с кулачками.



**Рис. 1.** Кинематическая схема перистальтического насоса:  
 1 – шаговый электродвигатель, 2 – планетарный редуктор,  
 3 – перистальтический насос.



**Рис.2.** Общий вид распечатанного устройства

Среди достоинств можно выделить:

-ПЛА-пластик изготавливается из органического сырья, тем самым устройство не токсично и биоразлагаемо;

-Достаточная износостойкость материала увеличивающая ресурс механической передачи [5];

-Высокая точность изготовления аддитивным методом FDM-печати.

-Снижение материальных и временных затрат на разработку и изготовление.

Недостатки:

-Под воздействием влаги и прямых лучей солнечного света, устройства напечатанные из ПЛА-пластика быстро разлагаются.

Дальнейшие исследования будут направлены на оценку ресурса работы механизма, возможность использования новых материалов FDM-печати и повышение точности изготовления механизма.

### Библиографический список

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров.– М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

2. О.Н. Гончарова, Ю.М. Бережной, Е.Н. Бессарабов, Е.А. Кадамов, Т.М. Гайнутдинов, Е.М. Нагопетьян, В.М. Ковина. Аддитивные технологии - динамично развивающееся производство // Инженерный вестник Дона. 2016. №4.

3. ГОСТ 17398—72. Насосы. Термины и определения.

4.Перистальтический насос // 3D Today URL: <https://3dtoday.ru/blogs/skyone/peristaltically-pump/> (дата обращения: 22.11.18).

5.PLA-пластик для 3D-печати // 3Dtoday URL: [https://3dtoday.ru/wiki/PLA\\_plastic/](https://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic/)

6.Литовкин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 218-221.

7. Лысыч М.Н., Белинченко Р.А., Шкильный А.А. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ // АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ XXI ВЕКА: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова.. 2014. №4-3. С. 200-205.

## **ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МОСТОВЫХ КРАНОВ**

*Фаттахов И.С., студент*

*Научный руководитель – Абрамов Б.Н., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Мостовые специальные краны металлургических предприятий и атомной промышленности непосредственно участвуют в разнообразных технических процессах. Интенсивный режим работы, насыщенность механическим оборудованием в зоне работы специальных кранов требует изменения подходов к обеспечению эксплуатационной надежности данных кранов. Необходимость безотказной работы в данном случае не может быть обеспечена традиционными методами периодических осмотров (освидетельствований) и диагностирования. Необходимы бортовые системы постоянного диагностирования с использованием комплекса диагностических параметров. При этом техническое состояние специальных кранов, работающих при неопределенном нестационарном нагружении, нельзя оценивать методами, используемыми для мостовых кранов общего назначения.

Общим недостатком традиционных методов диагностирования является необходимость в датчиках, преобразующих диагностический параметр (усилие, перемещение, механическое напряжение и т. д.) в электрический сигнал и устанавливаемых на подвижных частях крана. Все это затрудняет или делает невозможным выполнение краном рабочих операций.

Сохранение на заданном уровне, а также изыскание возможностей увеличения производительности специальных кранов во многом зависит от того, насколько правильно организовано их техническое диагностирование.

Отмеченных выше недостатков лишены системы диагностирования, в которых в качестве диагностической информации используют метод ватт-метрирования.

## СТЕНД ДЛЯ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ РОЛИКОВ ГРАВИТАЦИОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ

*Шарифуллин И.А., аспирант*

*Научный руководитель – Носко А.Л., проф., д.т.н.*

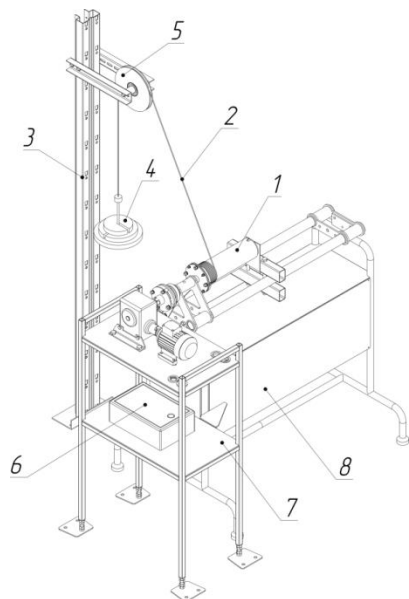
*Научный консультант – Сафронов Е.В., ассистент*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Основным элементом гравитационных роликовых конвейеров для паллет (далее – конвейеров), определяющих их безопасную эксплуатацию, являются тормозные ролики [1,2,3]. Применение тормозных роликов вызвано необходимостью ограничения скорости паллеты с грузом (далее – паллеты) в конвейере [4].

Следует отметить, что при поставках гравитационного стеллажного оборудования, изготовители не сопровождают используемые в конвейерах тормозные ролики технической информацией, позволяющей оценить эффективность применения и срок эксплуатации тормозных роликов в зависимости от режима работы гравитационного конвейера [5]. В связи с этим актуальной задачей является оценка ресурса тормозных роликов, применяемых в гравитационных роликовых конвейерах. Это требует разработки специального стендового испытательного оборудования.

На кафедре «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н. Э. Баумана разработан стенд (рис. 1), позволяющий проводить исследования срока службы тормозных роликов различных конструктивных исполнений [6], применяемых в паллетных гравитационных конвейерах и стеллажах отечественных и зарубежных производителей.



**Рис. 1.** Испытательный стенд

Стенд состоит из станины 8, включающая в себя переднюю и заднюю опоры, между которыми размещается тормозной ролик 1, а также стола 7, на котором установлен механизм подъема.

Полиспастная система, которая предназначена для нагружения тормозного ролика крутящим моментом, имитирующим движение паллеты по тормозному ролику, состоит из ролика 1, на который наматывается канат 2, и направляющего блока 5, размещенного на кронштейнах стойки 3. Один конец каната 2 жестко закрепляется на тормозном ролике 1, а другой конец каната, проходящий через направляющий блок 5, соединяется с грузовой подвеской, на которой размещаются контрольные грузы 4. При проведении испытаний массу контрольного груза 4 выбирают в соответствии с массой паллеты, углом наклона гравитационного конвейерного полотна, шагом и диаметром тормозного и несущих роликов.

Функционирование стенда является автоматическим, оператор осуществляет ввод программы и настройки системы стенда.

Измерительная система, размещенная в шкафу управления 6, построена на аппаратной платформе Arduino UNO Rev3 [7] и обеспечивает оперативный сбор, обработку и отображение информации (на экране ПК), поступающей со стенда и объекта испытаний, что значительно упрощает и снижает трудоемкость обработки результатов испытаний. На основании полученных измерений проводится расчет (в программе Microsoft Excel) и строится график скорости установившегося движения паллеты в процессе ее торможения в гравитационном канале конвейера или стеллажа в зависимо-

сти от ее массы, по которому определяется степень износа тормозного ролика.

Конструкция стенда, позволяет:

- имитировать реальные режимы эксплуатации и проводить ресурсные испытания тормозных роликов различных конструктивных исполнений, применяемых в паллетных гравитационных конвейерах и стеллажах отечественных и зарубежных производителей;
- испытывать тормозные ролики диаметром от 50 мм до 135 мм и имитировать торможение паллет с грузом массой от 50 до 1500 кг;
- снизить трудоемкость проведения испытаний путем их выполнения в автоматическом режиме.

#### Библиографический список

1. Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа: монография / Е.В. Сафронов, И.А. Шарифуллин, А.Л. Носко. М.: Университетская книга, Редакционно-издательский дом РосНОУ, 2018 – 72 с., ил.

2. Ивановский К.Е., Раковщик А.Н., Цоглин А.Н. Роликовые и дисковые конвейеры и устройства. М.: Машиностроение, 1973, 216 с.

3. ПОТ Р М-029-2003. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия). М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003, 83 с.

4. Носко А.Л., Сафронов Е.В. Методика определения максимально допустимой скорости движения поддона на гравитационном роликовом конвейере / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 8 (689). С. 33-41.

5. Пат. 171513 Российская Федерация, МПК G01M 13/00. Устройство для имитации нагрузки в стенде для испытаний тормозных роликов центробежного типа гравитационных конвейеров и стеллажей / Носко А.Л., Сафронов Е.В.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана - № 2016146752, заявл. 29.11.2016; опубл. 02.06.2017, Бюл. № 16-2017.

6. Шарифуллин И.А., Сафронов Е.В., Носко А.Л., Потапов В.А. Стенд для ресурсных испытаний тормозных роликов гравитационных конвейеров / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 4-2 (330). С. 161-167.

7. Платформа Arduino UNO Rev3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/shop/arduino/arduino-uno-r3.html>, свободный.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИННОВАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

*Шевченко А.А., магистрант*

*Научный руководитель – Кокорева О.Г., доц., к.т.н.*

*Московской государственной академии водного транспорта – филиал  
ФГОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Долговечность и надежность выпускаемой продукции во многом обусловлена именно состоянием поверхностного слоя деталей. В процессе изготовления и эксплуатации изделий формируются микротрещины, остаточные напряжения, износ трущихся поверхностей, изменение структуры. В настоящее время существует большое количество методов обработки, изменяющих состояние и свойства поверхностного слоя. Один из наиболее универсальных и экономичных методов упрочняющей обработки — поверхностное пластическое деформирование (ППД) [2], которое, в свою очередь, может быть статическим, динамическим и комбинированным.

Основные преимущества обработки методами поверхностного пластического деформирования [3]:

- необходимое с точки зрения эксплуатации распределение остаточных напряжений в поверхностном слое;
- равномерная мелкозернистая структура;
- целостность волокон металла;
- упрочнение поверхностного слоя.

Следует отметить, что перечисленные преимущества обработки положительно сказываются на таких эксплуатационных свойствах, как: коррозионная устойчивость, контактная жесткость, износостойкость, усталостная долговечность [4].

Решением одной из основных задач технологического проектирования является создание комплекса моделей технологического процесса, позволяющих прогнозировать ожидаемые параметры упрочнения: степень деформации, глубину упрочненного слоя, шероховатость обработанной поверхности. В процессе внедрения индентора в поверхностный слой детали в зоне контакта возникает остаточная вмятина, вокруг которой остается отличающееся от сердцевины детали пластически деформированное пространство глубиной  $h_n$ . Прогнозирование параметров упрочнения (глубины упрочненного слоя и степени деформации), учитывающее технологические режимы обработки и физико-химические свойства материала детали, представляет собой сложную научную задачу. Приведенные в литературе теоретические зависимости основываются на теории упругости или пластичности со значительными упрощениями и допущениями [5].



При моделировании взаимодействия сферического индентора с плоской поверхностью получена обобщающая зависимость. Данная модель описывает влияние размеров площади контакта сферы с плоскостью на глубину упрочненного слоя  $h_n$  [6]:

$$h_n = \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma_T} - 0,5 \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

где  $P$  – контактная нагрузка,  $\sigma_T$  – предел текучести материала детали,  $d$  – диаметр контактной площадки индентора с деталью.

В работе [1] представлена уточненная и пригодная для прогнозирования результатов обработки зависимость, учитывающая, что в большинстве случаев площадь контакта сферического индентора с плоскостью является эллипсной:

$$h_n = K \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma_T} - 1.42 \cdot a \cdot b}$$

Здесь  $K$  — коэффициент, который учитывает влияние формы пятна контакта,  $a$  и  $b$  — полуоси эллипса контакта:

$$b = \sqrt{R_{ш}^2 - (R_{ш} - h_{max})^2}$$

$$a = \frac{\pi}{2} \cdot (ctg - f) \cdot h_{max} + b$$

где  $h_{max}$  — максимальная глубина внедрения индентора;  $R_{ш}$  — радиус индентора;  $\alpha$  — угол встречи индентора с поверхностью детали;  $f$  — коэффициент трения скольжения индентора по материалу обрабатываемой детали.

Применение представленных ранее зависимостей, позволяющих определить глубину проникновения пластической деформации  $h_n$ , требует знания таких величин, как контактная нагрузка  $P$  и предел текучести материала детали  $\sigma_T$ . Однако в некоторых случаях, в особенности при динамических методах обработки, определение  $P$  и  $\sigma_T$  представляет значительные трудности, поэтому определение величины  $h_n$  желательно осуществлять через параметры, которые легко вычислить или определить из опытов. В работе [1] выражение (3) преобразовано:

$$h_n = 2,5 \cdot K \cdot \sqrt{D_{ш} \cdot h_{max}}$$

где  $D_{ш}$  — диаметр индентора.

В работе [6] представлена зависимость для определения коэффициента, учитывающего влияние формы пятна контакта:

$$K = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)^4$$

Тогда с учетом (5) и (6) зависимость для определения глубины упрочненного слоя  $h_n$  принимает вид:

$$h_n = 3,8 \cdot R_{ш} \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)^4\right] \cdot \sqrt{V_{э\phi} \cdot \sin \alpha} \cdot \sqrt[4]{\frac{P_{ш}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}}$$

где  $V_{эф}$  — эффективная скорость обработки;  $\rho_{ш}$  — плотность материала индентора;  $c$  — коэффициент несущей способности контактной поверхности.

Согласно [4], степень деформации  $\varepsilon$  — условно принимаемое отношение диаметра остающейся от вдавливания лунки  $d$  к диаметру вдавливаемой сферы  $D$ .

$$\varepsilon = \frac{d}{D}$$

Пользуясь результатами исследований, представленными в работе [4], диаметр остающейся после внедрения индентора в деформированное полупространство лунки  $d$  можно записать:

$$d = \left( \frac{D \cdot E_y}{0,1 \cdot HD} \right)^{\frac{1}{4}}$$

где  $E_y$  — энергия удара индентора,  $HD$  — динамическая твердость материала.

Для динамических методов ППД:

$$E_y = \left( \frac{m_{ш} \cdot V_{эф}^2}{2} \right)$$

где  $m_{ш}$  — масса индентора.

Учитывая, что  $HB = 0,2 \cdot HD^{0,89}$  [6], после преобразований получим следующую зависимость для динамических методов ППД

$$\varepsilon = 0,8 \cdot \sqrt{V_{эф}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho_{ш}}{HB^{1,12}}}$$

где  $HB$  — твердость материала детали по Бринеллю.

При обработке динамическими методами ППД помимо упрочнения происходит изменение шероховатости поверхности детали от исходных значений до некоторой величины. Она определяется режимами обработки, характеристиками оборудования и инструмента, в дальнейшем сохраняется и называется установившейся. Параметры такой шероховатости формируются при случайном пересечении профилей отпечатков инструмента на поверхности детали. При значительном увеличении времени обработки возникает угроза появления полидеформационных разрушений. Ранее в результате многочисленных теоретических и экспериментальных исследований были получены зависимости для определения установившейся шероховатости [5]:

$$R_{ауст} = 0,006 \cdot k_3 \cdot \sqrt{\frac{h_{max} \cdot a \cdot b \cdot l_{ед}}{R^2}}$$

где  $l_{ед}$  — единичная длина;  $k_3$  — коэффициент загрузки рабочей камеры.

На основании представленных зависимостей разработана методика аналитического прогнозирования параметров качества поверхностного слоя деталей, обработанных динамическими методами ППД. Данные зависимости получили экспериментальную проверку и могут применяться для

проектирования высокоэффективных, экономичных технологических процессов (ТП) обработки динамическими методами ППД.

Оптимизация ТП обработки зависит от выбора технических ограничений, определяющих область существования оптимальных решений. Необходимо как можно точнее формулировать ограничения, которые вытекают из производственных условий. В этом случае остается меньшее количество вариантов процесса, рассматриваемого в качестве основы для выбора оптимального решения [6].

Оптимальным режимом ППД, проводимого с целью упрочнения деталей, испытывающих циклические нагрузки, является тот, который позволит обеспечить максимальное приращение предела выносливости детали по сравнению с его исходным значением.

общем случае для материала детали с определенным набором физико-механических свойств величина предела выносливости зависит от таких факторов, как:

- величина и распределения остаточных сжимающих напряжений в поверхностном слое детали после ППД;

- глубина упрочненного слоя;

- физическое состояние пластически деформированного слоя детали.

Зависимости для определения глубины упрочненного слоя не позволяют выявить оптимальное физическое состояние поверхностного слоя. Это состояние формируется в процессе обработки детали и определяется конкурирующим влиянием двух протекающих параллельно процессов:

- физического упрочнения (наклепа) с одной стороны,

- разрушения — с другой.

По мере увеличения интенсивности деформации происходит непрерывный рост предела текучести материала детали за счет наклепа. Наибольшие остаточные напряжения сжатия близки к возрастающему пределу текучести.

Для усиления благоприятных факторов нужно стремиться к максимальной интенсивности деформации поверхностного слоя. Однако при такой интенсивности увеличивается вероятность одновременного разупрочнения поверхностного слоя, поэтому необходимо обеспечить оптимальную величину интенсивности деформации, при которой приращение предела выносливости детали будет наибольшим. Очевидно, она должна быть больше интенсивности деформации на предел текучести  $\varepsilon_T$  и меньше интенсивности деформации непосредственно перед разрушением  $\varepsilon_{\text{разр}}$ .

Учитывая результаты работы [7], при описании деформационного упрочнения можно считать, что главная часть ресурса пластичности исчерпывается на стадии равномерной деформации  $\varepsilon_i > \varepsilon_p$  а за ее пределами (т. е. при  $\varepsilon_i > \varepsilon_p$ ) наблюдается значительный рост количества и размера микрордефектов.

Из вышесказанного следует, что при  $\varepsilon_i = \varepsilon_p$  упрочнение материала близко к предельному, величина сжимающих остаточных напряжений при-

ближается к максимальной, а появление дефектов (микротрещин) не достигает опасной интенсивности. Таким образом, оптимальной интенсивностью деформации должна быть  $\varepsilon_i > \varepsilon_p$ .

Приближенные, но достаточно точные значения предельной равномерной деформации  $\varepsilon_i$  можно определять по зависимости [1]:

$$\varepsilon_p = \frac{245}{HD}$$

где  $HD$  — динамическая твердость материала.

Для круглого отпечатка интенсивность деформации можно определить по зависимости:

$$\varepsilon_p = 2,4 \cdot \left(\frac{h}{R}\right)^{\frac{2}{3}}$$

где  $h$ —глубина остаточной вмятины.

Следует отметить, что в исследованиях, проводимых ранее, оптимизация технологических процессов осуществлялась по критерию трудоемкости [6]. Для упрочняющих методов ППД целесообразнее проводить оптимизацию по критерию усталостной долговечности, которая непосредственно влияет на увеличение долговечности детали.

Заключение. Для оптимизации технологических процессов обработки динамическими методами ППД в качестве целевой функции выбрана интенсивность деформации, то есть из всего множества проектных решений выделяется такое, которое обеспечивает при определенном сочетании технологических факторов величину интенсивности деформации, наиболее близкую к равновесной. В качестве исходных данных, необходимых для начала расчета, используются параметры определенного вида обработки. При этом в качестве ограничительной функции, в зависимости от решаемых технологических задач, будет использоваться заданная глубина упрочненного слоя, степень упрочнения или шероховатость поверхности. При переборе и анализе вариантов принимается во внимание лишь подмножество проектных решений, удовлетворяющее заданным техническим условиям и заданной величине точности.

#### Библиографический список

1. Rajendran, R. Strain hardening exponents and strength coefficients for aeroengine isotopic metallic materials — a reverse engineering approach / R. Rajendran, C.-V. Raman Nagar // Gas Turbine Research Establishment. — 2014. — № 2 — P. 1–2.
2. Tamarkin, M. A. Surface-layer quality in shot treatment / M. A. Tamarkin, E. E. Tishchenko, V. G. Lebedenko // Russian Engineering Research — 2010. — Vol. 30, № 2. — P. 144–148.
3. Технологические основы оптимизации отделочно-упрочняющей обработки деталей в гранулированных рабочих средах / М. А. Тамаркин [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. — 2015. — № 11. — С. 12–16.

4. Дрозд, М. С. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации / М. С. Дрозд, М. М. Матлин, Ю. И. Сидякин. — Москва : Машиностроение, 1986. — 224 с.
5. Кокорева О.Г. Управление параметрами качества поверхности деталей машин при статико-импульсной обработке. Журнал «Технология металлов», №6, 2016г., с.16-20.
6. Грубый, С. В. Оптимизация процесса механической обработки и управление режимными параметрами / С. В. Грубый. — Москва : Из-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 149 с.
7. Кокорева О.Г. Исследование параметров качества поверхностного слоя тяжело нагруженных деталей машин, упрочненных методами поверхностнопластического деформирования.

## СТЕНДЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

*Широков В.М., Щетилов К.С., студенты  
Научный руководитель – Тюнин В.Л., доц., к. т. н.*

*Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)  
(Российская Федерация)*

Теоретические исследования колёсного движителя требуют проведения тщательных экспериментальных исследований, что возможно только при наличии специального стенда, аппаратуры, датчиков и др. научного оборудования, необходимого для исследований [1, 2]. Стендовые испытания позволяют снизить затраты на испытание и погрешность измерений по сравнению с испытаниями на машине. В тезисе доклада представлены варианты стендов для исследования колесного движителя отечественных и зарубежных производителей.

В первую очередь рассмотрим кентерберийский скоростной испытательный комплекс. Этот комплекс является универсальным, так как позволяет проводить тестирование не только колесного оборудования легкового и грузового автотранспорта, но также и дорожного покрытия. Значительным плюсом данного объекта является то, что дорожное покрытие легко заменяемо, в связи с этим отпадает необходимость в мобильности установки. Скоростной испытательный комплекс расположен в здании, поэтому погодные условия не могут повлиять на работу как самой установки, так и обслуживающего персонала, который занимается подготовкой к испытаниям. Однако, если исследование должно учитывать и погодный фактор в том числе, то это симулируется увеличением или уменьшением температуры и влажности. К примеру, на дорожное покрытие может быть нанесен слой воды или снега, а при понижении температуры меньше нуля градусов по Цельсию, вода застывая образует ледяную корку.

Важной является глубина котлована под испытываемое или вспомогательное дорожное покрытие, она составляет 1,5 метров. Таким образом, дорожное полотно может быть полностью воссоздано с учетом требований к его многослойности.

Площадь под дорожное покрытие можно разбить на несколько частей, на каждой из которой может быть воссоздано различное дорожное покрытие. Благодаря этому колеса могут проходить тестирование на нескольких дорожных покрытиях одновременно, это позволяет максимально подвести условия испытаний к реальным.

Следующим объектом ознакомления является мобильный ускоренный испытательный объект (accelerated testing facility ATLAS).

Его основные параметры: Год производства: 1993; Вес: 65 тонн; Длина: 37 метров; Высота: 3.6 метра; Макс. Скорость 16 км\ч. Эта мобильная установка базируется на четырех гусеничных траках, которые сделаны из резинового материала для безопасного передвижения по испытываемым объектам без вреда для них. Гусеничные пары могут вращаться на 360 градусов, из этого следует, что рассматриваемая установка является высокоманевренной. Объектом тестирования может стать одно колесо или сдвоенная пара, а также одна авиационная шина. Движение испытываемого объекта вперед-назад осуществляется при помощи кабельной системы, нагрузка на объект тестирования подается при помощи двух гидравлических приводов.

Способ исследования взаимодействия колеса с грунтом [3]. Изобретение относится к опорным колесам передвижных средств, в частности к способам исследования их взаимодействия с грунтом. Цель изобретения в повышение точности результатов исследований взаимодействия колеса с грунтом. Поставленная цель достигается тем, что воздействие колеса осуществляется на грунтовой канал, образованный послойной укладкой грунта в горизонтальных и вертикальных плоскостях, пропитывают грунт ферримагнитным составом, после воздействия колеса на грунт накладывают магнитное поле, выполняют разрез грунтового канала и проводят исследования деформации грунта [3].

Предлагаемый способ прост и вместе с тем позволяет получить полную картину взаимодействия колеса с грунтом не только на поверхности, но и в его внутренних слоях [3]. Способ исследования взаимодействия колеса с грунтом, заключающийся в моделировании воздействия колеса на грунт, осуществляемом в грунтовой канал, отличающийся тем, что, с целью повышения точности получаемых результатов, воздействие колеса осуществляют на грунтовой канал, образованный укладкой подкрашенного грунта 15 та в горизонтальных и вертикальных плоскостях, пропитанный ферримагнитным составом, после воздействия колеса на грунт накладывают магнитное поле, выполняют разрез грунтового канала и проводят анализ деформаций грунта [3].

Следующий стенд служит для испытания одноосного колесного движителя при разной нагрузке [4]. Целью изобретения является повышение эффективности и точности испытаний одноосного колесного движителя при переменной нагрузке и криволинейном движении. Эта цель достигается тем, что в существующий стенд для испытаний колесного движителя,

включающий опорно-поворотное устройство, раму, на которой смонтирован привод колесного движителя, установлено специальное загружающее устройство, а также дополнительная рама со вторым колесом, смонтированным на ведущем мосту [4]. Стенд, включающий воило, соединяющее опорно-поворотное устройство с рамой, на которой смонтирован привод колесного движителя, а также ведущий мост с исследуемым колесом, отличающийся тем, что он выполнен с дополнительной рамой со вторым колесом, а также загружающим устройством для создания и регулирования переменной нагрузки по величине и частоте, при этом стенд снабжен двумя гидроцилиндрами для снятия вертикальной нагрузки с испытываемых колес и выполнен с возможностью изменения угла установки колесного движителя в плане посредством винтовых тяг и с возможностью изменения радиуса поворота испытываемого колесного движителя посредством втулок, установленных в воиле [4].

Стенд для испытания колес и способ испытания колес на стенде [5]. Цель изобретения - повышение точности замера радиуса качения колеса в различных режимах и продольных сил в функции радиуса качения [5]. Указанная цель достигается тем, что стена снабжена смонтированными на основании по обе стороны стола зубчатыми рейками и связанными с ними шестернями, посаженными на валу для установки испытываемого колеса. Кроме того, согласно способу испытания колес, заключающемуся в том, что одновременно с вращением колеса столу сообщают поступательное движение, испытываемому колесу сообщают и поступательное движение [5].

Стенд для испытания колес, содержащий основание, стол, установленный на основании с возможностью горизонтального продольного перемещения, и механизм нагружения испытываемого колеса, отличающийся тем, что, с целью повышения точности замера радиуса качения колеса в различных режимах, и продольных сил в функции радиуса качения, он снабжен смонтированными на основании по обе стороны стола зубчатыми рейками с связанными с ними шестернями, посаженными на валу для установки испытываемого колеса [5].

Устройство для измерения усилий, действующих на колесо [6]. Изобретение относится к области силоизмерительной техники и может быть использовано для измерения сил и моментов, действующих на колесо при стендовых испытаниях, а также для определения параметров движения испытываемого колеса [6]. В данном устройстве для измерений усилий, действующих на колесо, содержащем связанные между собой наружную раму и внутреннюю раму с установленным в ней испытываемым колесом, взаимодействующим с силоизмерительными элементами и измерительной схемой, наружная рама выполнена в виде двух горизонтальных полков и двух вертикальных стоек, соединенных поперечной планкой, а внутренняя рама выполнена в виде шарнирно установленных на горизонтальных полках наружной рамы вертикальных опор, шарнирно сочлененных с опорными балками, шарнирно установленными на поперечном валу с испытываемым колесом и соединенными передней поперечной полкой и задней поперечной полкой, шарнирно соединенной с поперечной планкой наружной рамы посредством силоизмерительного элемента, расположенного в горизон-

тальном направлении симметрично горизонтально расположенной беговой дорожке, снабженной приводом перемещения, обеспечивающего измерение силы сопротивления качению колеса и продольной реакции опорной поверхности, а на поперечном валу с испытуемым колесом закреплены платформы со сменными грузами и шарнирно установлена поворотная рама с возможностью вращения вокруг оси испытуемого колеса, на которой установлено устройство задания тормозной силы с корпусом, шарнирно соединенным с передней поперечной полкой внутренней рамы посредством силоизмерительного элемента, обеспечивающего измерение тормозной силы [6].

Мобильный стенд для испытания шины и способ её испытания на стенде [7]. Изобретение относится к мобильному испытательному стенду для испытания шины. Испытательный стенд содержит самоходную платформу, инструментальный модуль, первые регулируемые по направлению оси, вторые регулируемые по направлению оси, блок обработки, средства управления циклом испытаний. Способ включает этап позиционирования испытательного стенда в определенном месте испытательной дорожки, этап определения идеальной траектории путем перемещения испытательного стенда на малой скорости вдоль продольной оси дорожки и считывания точек этой траектории при помощи системы позиционирования, один или несколько этапов испытания. Технический результат заключается в обеспечении воспроизведения всех условий эксплуатации проверяемой шины [7].

#### Библиографический список

1. Тюнин В.Л. Методика расчёта мощностных показателей колёсного движителя землеройно-транспортных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Воронеж, 2008. 179 с.
2. Жулай В.А., Тюнин В.Л. Определение параметров области контакта пневмошины землеройно-транспортной техники с деформируемой опорной поверхностью // Строительные и дорожные машины. 2015. № 8. С. 51-54.
3. Способ исследования взаимодействия колеса с грунтом: а.с. 934295 СССР, МКИ G01M17/02 / В.Н. Свиденко, М.С. Сагов, Г.Ж. Абдулгафарова, А.И. Польшанский; заявл. 10.10.80; опубл. 07.06.82, Бюл. № 21, 2 с.
4. Стенд для испытания одноосного колесного движителя при переменной вертикальной нагрузке и криволинейном движении: пат. 2284022 РФ, МПК G01M17/02 / П.И. Никулин, Р.С. Солодов, М.А. Князев, А.П. Никулин; заяв. 08.12.2003; опубл. 20.09.2006, Бюл. № 26, 3 с.
5. Стенд для испытания колеса и способ испытания колес на стенде: а.с. 2788153 СССР, МКИ G01M17/013 / М.А. Левин, В.П. Бойков; заяв.02.08.79; опубл. 23.10.81, Бюл. № 39, 3 с.
6. Устройство для измерения усилий, действующих на колесо: пат. 2181194 РФ, МКП G01M17/02 / Н.М. Зотов, А.В. Непорада, В.В. Иванов, И.А. Платонов, Е.В. Балакина; заяв. 27.06.2000; опубл. 10.04.2002, Бюл. № 19, 2 с.
7. Мобильный стенд для испытания шины и способ её испытания на стенде: пат. 2372600 РФ, МКИ G01M17/02 / О. Режи, Н. Ластэр, Ж. Свелэнж; заяв. 09.02.2005; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 31, 2 с.



**Секция**  
**«ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ**  
**И МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»**

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВОЗДУХА**

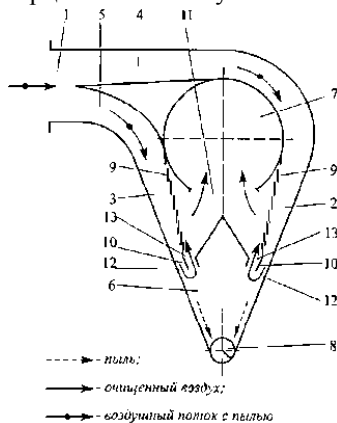
*Агарков А.М., старший преподаватель*  
*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный*  
*строительный университет (НИУ МГСУ)*  
*(Российская Федерация)*

Стремительный рост промышленного производства, накопление огромного количества отходов, значительное потребление энергии в различных отраслях промышленности способствует загрязнению нашей планеты [1-4].

Одной из важнейших задач по предотвращению следствий загрязнения воздушного бассейна является применение современного пылеочистного оборудования на всех переделах технологических процессов связанных с пылевыделением [5-7]. Это оборудование может не только применяться на последней стадии процесса пылеочистки, но и на начальных этапах, снижая нагрузку на финишную пылеочистку [8-13].

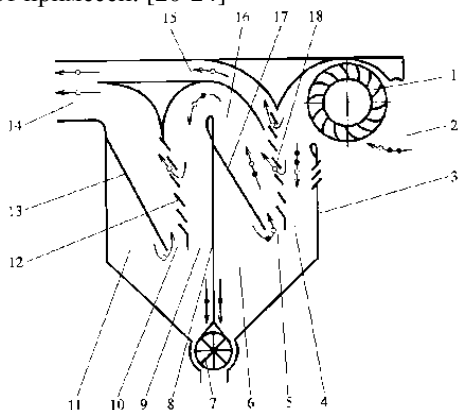
Одним из таких оборудований является инерционный пылеулавитель (рис. 1). Конструкция данного пылеуловителя направлена на уменьшение габаритных размеров инерционного пылеуловителя по высоте.



**Рис. 1.** Инерционный пылеотделитель

Инерционный пылеуловитель содержит входной патрубок 1, два жалюзийно-противоточных очистителя 2 и 3 с воздухоподводящими каналами 4 и 5, пылеосадительную камеру 6, расположенный над ней поперечный воздухоотводящий канал 7, устройство вывода пыли 8. Каждый жалюзийно-противоточный очиститель состоит из жалюзийного 9 и противоточного 10 отделителей. Поперечный воздухоотводящий канал 7 имеет по всей его длине входную щель 11 и расположен между воздухоподводящими каналами 4 и 5, которые соединены параллельно с входным патрубком 1. Выходные окна 12 жалюзийных отделителей соединены с пылеосадительной камерой 6, а ее выходные окна 13 - с входной щелью 11 поперечного воздухоотводящего канала 7. Выходные окна 12 и 13 в совокупности образуют противоточный отделитель 10. Поперечный воздухоотводящий канал 7 может иметь один или два входных патрубка (не показаны). [14-19]

Также известна конструкция для очистки потока воздуха от примесей (рис. 2), которое решает задачу разработки компактного малогабаритного устройства для создания и очистки от примесей потока воздуха с меньшими затратами материалов на его изготовление, имеющего невысокое гидравлическое сопротивление и при этом сохраняющего высокую степень очистки воздуха от примесей. [20-24]



**Рис. 2.** устройство для создания и очистки от примесей потока воздуха

Устройство состоит из диаметрального вентилятора 1, расположенного в верхней боковой части устройства, размещенного снаружи устройства, входного окна 2, инерционного жалюзийно-противоточного пылеуловителя первой ступени очистки с разгрузочным каналом 15 для отвода части очищенного воздуха жалюзийным пылеотделителем и инерционного жалюзийно-противоточного пылеуловителя второй ступени очистки, объединенных друг с другом соединительным каналом 16.

Инерционный жалюзийно-противоточный пылеуловитель первой ступени очистки состоит из жалюзийного пылеотделителя и противоточного отделителя.

Жалюзийный пылеотделитель включает в себя жалюзийную решетку 18, выходной патрубков 4 и делительную жалюзийную стенку 3, которая одновременно является и наружной стенкой устройства, делящей входящий в диаметральный вентилятор поток воздуха от выходящего.

Противоточный отделитель включает в себя входной патрубков, образованный окончанием выходного патрубка 4 жалюзийного пылеотделителя, выходной патрубков 5 первичной осадительной камеры 6, образованный концевой частью жалюзийной решетки 18 с делительной перегородкой 17, и общее выводное устройство 7 примесей наружу.

Концевая часть основания корпуса вентилятора, выполненная жалюзийной решеткой и расположенная внутри устройства, входит в состав первой ступени очистки жалюзийного пылеотделителя и делит ее внутреннее пространство на две части, причем внутренняя часть, прилегающая к диаметральному вентилятору, образует его нагнетательный патрубок, а наружная часть предназначена для приема и отвода очищаемого воздуха во вторую ступень очистки.

Инерционный жалюзийно-противоточный пылеуловитель второй ступени очистки состоит из жалюзийного отделителя, образованного жалюзийной решеткой 12 и разделительной стенки 8 между первой и второй ступенью очистки, противоточного отделителя, включающего в себя выходные патрубки 9 и 10, делительную перегородку 13, осадочную камеру 11, общее выводное устройство 7 и выходной патрубков 14 очищенного воздуха.

Таким образом, применение предлагаемого устройства для создания и очистки потока воздуха от примесей позволяет снизить металлоемкость при сохранении высокой степени эффективности очистки воздушного потока от примесей и невысоком гидравлическом сопротивлении.

#### Библиографический список

1. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
2. Orekhova T.N., Nosov O.A., Prokopenko V.S., Kachaev A.E. Complex modeling of technological processes in pneumatic mixers for production of dry construction mixtures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Simulation and Automation of Production Engineering" 2018. С. 022084.
3. Prokopenko V.S., Orekhova T.N., Goncharov E.I., Odobesko I.A. Kinetics of process of product separation in closed system with recirculation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042089.

4. Sevryugina N.S., Sharapov R.R. The method of maintaining resource of construction machines, tools and systems // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 52-59.

5. Sharapov R., Kapyrin P., Lozovaya S., Yadykina V., Agarkov A. Research dedusting efficiency of the inertial hub with adjustable parameters // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 03007.

6. Sharapov R.R. Determination of the boundary conditions of the grinding load in ball mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012047.

7. Sharapov R.R. Matrix model of the grinding process of cement clinker in the ball mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012048.

8. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V. The fluidized bed separator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 5. Сер. "2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering" 2018. С. 012052.

9. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V., Yakovlev E.A. Increasing performance of metallurgical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042101.

10. Sharapov R.R., Ovsyannikov Yu.G., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S. Research of aerodynamics of recirculation systems with forced aspirated air // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42707-42713.

11. Sharapov R.R., Stepanov M.A., Kitukov B.A., Yadykina V.V. Methods of equipment choice in shotcreting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042115.

12. Telichenko V.I., Sharapov R.R., Lozovaya S.Y., Skel V.I. Analysis of the efficiency of the grinding process in closed circuit ball mills // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 04040.

13. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89.

14. Агарков А.М., Харламов Е.В. Разработка аспирационного оборудования для производства дорожно-строительных материалов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства Материалы Междуна-

родной научно-технической конференции. Ответственный редактор Ш.М. Мерданов. 2018. С. 22-26.

15. Агарков А.М., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В. Совершенствование конструкций пылеочистного оборудования // Системные технологии. 2018. № 4 (29). С. 96-100.

16. Демушкин Н.П., Орехова Т.Н., Краснов В.В., Боровик Н.С., Шевцов А.В. Линия для производства минерального порошка // Интерстроймех–2018 Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С. 220-222.

17. Качаев А.Е., Орехова Т.Н., Гончаров Е.И. Аэродинамические особенности пневмосмесителей для производства сухих строительных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 149-155.

18. Надежность машин и механизмов: учебник / В.А. Черкасов [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2015.

19. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Циклонные пылеуловители аспирационных систем // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 161-165.

20. Уваров В.А., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В. Обоснование кривой разделения воздушного сепаратора // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 9. С. 13-15.

21. Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Агарков А.М., Харламова В.В. Моделирование и расчет магнитной системы сепаратора кипящего слоя // Механизация строительства. 2018. Т. 79. № 1. С. 34-40.

22. Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С., Агарков А.М., Бойчук И.П. Кинетика процесса разделения продукта в замкнутой системе с рециркуляцией // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 8. С. 47-51.

23. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. Влияния объема аспирируемого воздуха инерционного концентратора на эффективность пылеулавливания // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 26-29.

24. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу об разрушении материалов // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5-8.

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ХОЛОДНЫМ ЖЕЛЕЗНЕНИЕМ

*Аскарлов И.Р.<sup>1</sup>, студент*

*Научный руководитель – Ибатуллин В.И.<sup>2</sup>, доц., к.т.н.*

<sup>1</sup>*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)*

<sup>2</sup>*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ – КАИ) (Российская Федерация)*

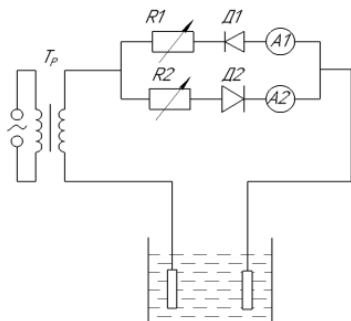
Точность позиционирования в пространстве рабочих элементов роботов-манипуляторов в значительной степени зависит от точности геометрической формы шарнирных соединений. Как показывает практика, даже после непродолжительного срока эксплуатации на рабочих поверхностях шарнирных соединений появляются следы износа.

Разработано много способов восстановления изношенных деталей и среди них сравнительно большой удельный вес занимают гальванические покрытия. Обычно это никелирование, хромирование и железнение. Если никелированием можно восстанавливать детали с износом в несколько мкм и невысокой твердостью, хромированием детали до 0,3 мм на диаметр, то железнением от нескольких сотых до 2-3 мм на диаметр, и процесс происходит в 10-15 раз быстрее. Электролитическое железнение обычно применяют тогда, когда необходимо восстанавливать детали сложной конфигурации с большим износом.

Процесс железнения может осуществляться на постоянном и переменном токе. Железнение на постоянном токе имеет некоторые недостатки. Во-первых, обязательный подогрев ванны электролита и требования точного соблюдения технологических режимов часто тормозит внедрение этого способа в производственную практику. Во-вторых, электроосаждение железа и его сплавов не обеспечивает надежного сцепления осадка с основным металлом.

Если постоянный ток заменить ассиметричным переменным током, то все эти недостатки исключаются. Кроме того, при температуре электролита 18-25<sup>0</sup>С появляется возможность регулировать твердость осадка от 18 до 62 ед. по шкале Роквелла.

Принципиальная электрическая схема ассиметричного переменного тока показана на рис.1.



**Рис. 1.** Электрическая схема преобразователя для получения асимметричного переменного тока:

$T_p$  – однофазный трансформатор;  $D1, D2$  – силовые диоды;  $R1, R2$  – реостаты катодного и анодного полупериода;  $A1, A2$  – амперметры магнитоэлектрической системы

В один полупериод ток проходит через сопротивление  $R1$ , а в другой полупериод - через сопротивление  $R2$ . Если  $R1=R2$ , то на выходе ток будет симметричный. Если  $R1 > R2$ , то амплитуда тока, проходящего через сопротивление  $R1$  уменьшится. Так образуется асимметричный переменный ток, являющийся разновидностью реверсированного тока. Ток, проходящий через сопротивление  $R2$  называем анодной составляющей асимметричного переменного тока или анодным полупериодом, а ток через  $R1$  соответственно, катодным полупериодом.

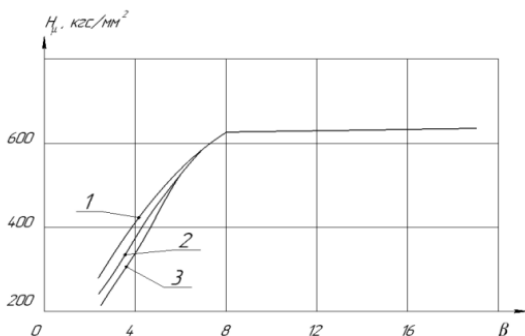
В катодный полупериод происходит осаждение металла, а в анодный его частичное растворение т.к. в анодный полупериод амплитуда тока всегда меньше тока катодного полупериода.

Один конец вторичной понижающей обмотки однофазного трансформатора подключается к анодным штангам гальванической ванны, а другой к двум противоположно направленным однополупериодным электрическим вентилям - диодам. К диодам подключены свои реостаты, регулирующие токи катодного и анодного полупериодов. Регулируя силу тока одного и другого направления можно добиться любого их отношения  $\beta=I_k/I_a$ .

При электролизе асимметричным переменным током, меняя величину катодно-анодного отношения  $\beta$ , которое оказывает решающее влияние на механические свойства электролитического железа, а также на электрокристаллизацию осадков железа, можно проводить процесс электролиза более гибко.

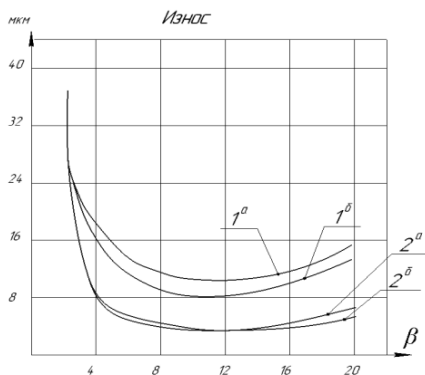
Чем больше величина катодно-анодного отношения, тем структура осадков железа становится более мелкокристаллической. А также, если в начале электролиза проводить процесс железнения при  $\beta=1,3$ , а затем постепенно увеличивать величину до  $\beta=8-10$ , то внутренние напряжения осадка будут развиваться также постепенно, и отсутствие больших внутренних напряжений на пограничном слое дает возможность получать надежное сцепление осадка железа с любой маркой стали и даже чугуна.

Экспериментальные работы показали, что величина катодно-анодного отношения также влияет на микротвердость осадка железа. На рис. 2 видно, что при плотностях тока 10, 20 и 30 А/дм<sup>2</sup> ход кривой твердости идет по одному и тому же закону: твердость вначале возрастает с повышением величины  $\beta$ , затем при  $\beta=8$  ее рост прекращается и при дальнейшем повышении  $\beta$ , твердость остается неизменной.



**Рис. 2.** Зависимость микротвердости осадка электролитического железа от величины катодно-анодного отношения  $\beta$ :  
 1 –  $D_k = 30$  А/дм<sup>2</sup>, 2 –  $D_k = 20$  А/дм<sup>2</sup>, 3 –  $D_k = 10$  А/дм<sup>2</sup>

Была также получена зависимость износа образцов от величины катодно-анодного отношения при двух нагрузках: 100 кгс и 150 кгс (рис.3). Чем больше величина  $\beta$ , тем выше износостойкость покрытия. Наибольшая износостойкость достигается при  $\beta = 8$ . При последующем увеличении  $\beta$ , износостойкость несколько понижается.



**Рис. 3.** Зависимость износа электролитического железа от величины катодно-анодного отношения  $\beta$ :  
 1<sup>а</sup>, 1<sup>б</sup> – при нагрузке 150 КГС; 2<sup>а</sup>, 2<sup>б</sup> – при нагрузке 100 КГС



Таким образом, применение ассиметричного переменного тока дает возможность изменять в нужную сторону механические свойства электролитического железа.

#### Библиографический список

- 1 Молодых Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение, 1989. 480 с.
- 2 Грилихес С.Я., Тихонов К.И. Электролитические и химические покрытия. Л.: Химия, 1990, 288 с.
- 3 Ресурсы сети Internet.
4. Попилов Л.Я. Советы заводскому технологу. Справочник. Изд. Лениздат, 1975, 182с.
5. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. М.: Колос, 1981, 351с.

### **СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ СТРЕЛОВОГО ТИПА ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ РАБОТ**

**Балков В.В.**, студент

*Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

При погрузке, разгрузке и перегрузке крупногабаритных тяжеловесных грузов (КТГ) (вес свыше 50 т) применяют специализированные грузоподъемные машины (ГПМ).

Цель работы – обосновать наиболее рациональные типы специализированных грузоподъемных машин, предназначенных для выполнения погрузочно-разгрузочных и перегрузочных работ как на воде, так и на суше.

Выделим следующие типы машин:

1) кран стрелового типа, имеет шарнирно закрепленную в неподвижном основании стрелу (располагаемую под наклоном к горизонту) с оттяжкой на противоположном конце (рис.1). По сравнению с другими решениями (автокранами и кранами на гусеничном ходу) такие краны имеют относительно низкую себестоимость и простоту транспортировки. Также, такие краны строят по блочному принципу, в качестве противовеса используют контейнеры (в этих контейнерах транспортируют элементы крана), которые наполняют водой либо сыпучими материалами [1]. Так, например, кран стрелового типа был использован для поднятия рабочих колес Майнской

ГЭС с баржи [2], для перегрузки корпуса реактора с баржи на причал в городе Нововоронеж [3].



**Рис. 1.** Кран МТС15 компании Mammoet [1]

2) плавкран – также кран стрелового типа, устанавливаемый на понтон (самоходный либо несамоходный), управляемый буксиром (рис.2). Конструкция крана на понтоне аналогична конструкции вышерассмотренного крана. Основные достоинства плавучих кранов – их способность перемещаться из одного порта в другой и сравнительно малая стоимость при большой грузоподъемности [5]. Примерами использования плавкрана могут послужить выгрузка реактора весом 372 т для Хабаровского НПЗ [6] и перевозка мегаблоков при строительстве кораблей [7].



**Рис. 2.** Плавучий кран Hyundai – 10000 [4]

Специализированные краны стрелового типа нашли широкое применение при выполнении погрузочно-разгрузочных и перегрузочных работ и наилучшим образом подходят для работы с крупногабаритными тяжеловесными грузами.

## Библиографический список

1. Mammoet terminal crane 15 is technological breakthrough // Mammoet URL: <https://www.mammoet.com/news/new-mammoet-terminal-crane-15-mtc15-is-technological-breakthrough-for-industry/> (дата обращения: 28.01.2019).
2. Как устроена Майнская ГЭС// Livejournal URL: <https://kak-eto-sdelano.livejournal.com/256889.html/> (дата обращения: 28.01.2019).
3. Компания ИНКОТЕК КАРГО доставила корпус реактора для Нововоронежской АЭС// Atomic-energy URL: <http://www.atomic-energy.ru/news/2011/07/21/24517/> (дата обращения: 30.01.2019).
4. Hyundai-10000, the world's biggest shear-leg floating crane in operation // Marineinsight URL: <https://www.marineinsight.com/shipping-news/hyundai-10000-the-worlds-biggest-shear-leg-floating-crane-in-operation/> (дата обращения: 28.01.2019).
5. Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны: учеб. Для вузов. М.: Машиностроение, 1985. 222 с.
6. Уникальная перевалка в Хабаровске// Amurship URL: <https://amurship.ru/уникальная-перевалка-в-хабаровске.html/> (дата обращения: 29.01.2019).
7. Shipyard Magic – One Crane Lifting a 10 Story Steel Block// Gcaptain URL: <https://gcaptain.com/shipyard-magic-crane-story-steel/> (дата обращения: 29.01.2019)

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КВШ ЛИФТОВ ПО СИНЕРГЕТИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

**Богатырев Н.М.**, студент

Научный руководитель – **Густов Ю.И.**, проф., д.т.н.

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Целью работы является обоснование и выбор материалов для изготовления канатоповодящего шкива пассажирского лифта. Для этого рассматривались следующие материалы применительно к КВШ: стали марок 35Л и 45Л после разных термических обработок.

Сталь марки 35Л после нормализации 860-880°С и отпуска при 600-630°С имеет  $\sigma_b=550$  МПа,  $\sigma_{0,2}=320$  МПа,  $\delta_5=12\%$ ,  $\psi=25\%$ .

Сталь 45Л после закалки при 860-880°С в масле и отпуска при 550-600°С имеет  $\sigma_{0,2}=400$  МПа  $\sigma_b=600$  МПа,  $\delta_5=10\%$ ,  $\psi=20\%$ .

Анализ данных о механических свойствах сталей показывает неполный комплекс стандартных характеристик. Для обеих сталей отсутствуют

такие показатели, как относительные равномерное удлинение  $\delta_p$  и сужение  $\psi_p$ , истинное временное  $S_B$  и истинное сопротивление разрыву  $S_k$ , удельные энергии равномерной пластической деформации  $W_p$  и полной деформации до разрушения  $W_n$ .

Задачей работы является расчетно-экспериментальное определение указанных показателей с целью обоснованного выбора исследуемых сталей для канатоведущих шкивов.

Для сталей принят следующий алгоритм расчета Уравнение относительных прочностных и пластических показателей будет:

$$\sigma_{0,2}/\sigma_g + \delta/\psi = C. \quad (1)$$

Относительные равномерное удлинение и сужение соответственно равны:

$$\delta_p = [(1 + \delta)/C^\psi]^{0,5} - 1; \quad \psi_p = \delta_p / (1 + \delta_p). \quad (2)$$

Истинное временное  $S_B$  и истинное сопротивление разрыву  $S_k$  составляют:

$$S_B = \sigma_B / (1 - \psi_p); \quad S_k = \sigma_B [1 + \psi / (1 - \psi_p)]. \quad (3)$$

Удельные энергии равномерной  $W_p$  и полной деформации  $W_n$  определяем по формулам:

$$W_p = 0,5(\sigma_{0,2} + S_B) \ln[1/(1 - \psi)]; \quad W_n = 0,5(\sigma_{0,2} + S_k) \ln[1/(1 - \psi)]. \quad (4)$$

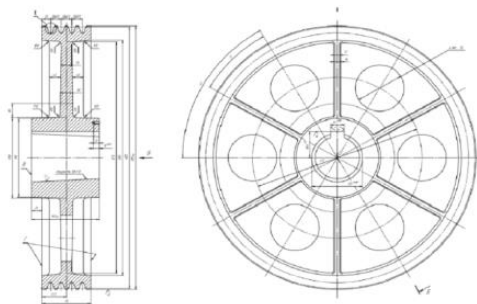


Рис. 1. Канатоведущий шкив лифта

Предел выносливости стали определяется по закономерности:

$$\sigma_{-1} = k_\delta \square S_k, \quad (5)$$

где  $k_\delta = (1 - \delta)^{1/\delta}$ .

Ударная вязкость сталей оценивается по формуле:

$$KCU = \psi(\sigma_B / \sigma_T)^{1+\psi}. \quad (6)$$

Учитывая адекватность относительного сужения  $\psi$  парциальному микроразносу  $Da$  [5] определим коэффициент трения КВШ о тяговый канат для сталей 35Л и 45Л. Соответственно получаем для стали 35:

$$f = (1 - 0,45)^{1/0,45} = 0,265, \quad \text{для стали 45Л } f = (1 - 0,2)^5 = 0,328.$$

## Расчетно-экспериментальные показатели сталей

Марка стали	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta$	$\Psi$	C	$\delta_p$	$\psi$	$S_B$	$S_k$	$W_p$	$W_n$	$\sigma_{-1}$	KCU
	МПа		%			%		МПа		МПа		МПа	
35Л	320	550	12	25	1,06	5	4,8	577	722	22	149	236,4	0,35
45Л	400	600	10	20	1.16	3,3	3,2	620	743	16	127	259	0,29

По результатам исследования можно заключить следующее:

1. По значениям истинного временного сопротивления разрыву  $S_B$  и истинного сопротивления разрыву  $S_k$ , и полной удельной энергии разрушения  $W_n$ , лучшие показатели имеет сталь 45Л. Показатели равномерных пластических деформаций и равномерной удельной энергии деформации незначительно больше у стали марки 35Л

2. Наряду с указанными показателями решающее значение имеет предел выносливости и коэффициент трения скольжения. Предел выносливости для стали 35Л имеет значение:  $\sigma_{-1}=236,4$  МПа, Для стали 45Л:  $\sigma_{-1}=259$  МПа. Таким образом, по пределу выносливости лучше сталь марки 45Л.

3. Прогнозируемый коэффициент трения скольжения больше для стали 45Л ( $f=0.328$ ), чем для стали 35Л при  $f=0.265$

4. Ударная вязкость стали марки 35Л составляет  $KCU=0,35$  мДж/м<sup>2</sup> по сравнению с  $KCU=0,29$  мДж/м<sup>2</sup> для стали 45Л. Для безударных условий работы КВШ лифта указанное значение ударной вязкости для стали 45Л является необходимым и достаточным для обеспечения эксплуатационной надежности.

Общий вывод

По основным синергетическим критериям для изготовления КВШ лифта рекомендуется сталь марки 45Л

## Библиографический список

1. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А и др. Марочник сталей и сплавов.//М.:Машиностроение,1989.640 с.
2. Густов Ю.И., Воронина И.В. Взаимосвязь показателей статистической пластичности и прочности термообработанных легированных сталей// Новые материалы и технологии в машиностроение. / выпуск 19. –Брянск: БГИТА,2014. С.42-45.
3. Густов Ю.И., Воронина И.В., Аллатуф Х.Л. «Исследование критериев надежности сталей для металлоконструкций строительной техники»//Механизация строительства. 2013.№8.С.27–29.
4. Густов Ю.И., Аллатуф Х.Л. Синергетические критерии сталей стандартных категорий прочности// Механизация строительства. 2013.№2.С.24–27.

5. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования. Монография. М.:МГСУ,2011. 192 с.

6.Густов Ю.И., Густов Д.Ю. Воронина И.В. Синергетические критерии металлических материалов//Доклады Российско-словацко-польского семинара «Теоретические основы строительства». Варшава,2006.С.179–184.

7.Богатырев Н.М., Аллатуф Х.Л. Выбор сталей для подшипников скольжения мощных гидравлических экскаваторов.//XXI Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых.2017.Москва, МИИТ. С.31–32.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ РУЧНОЙ ТРАМБОВКИ)**

*Бухтеев П., студент*

*Научный руководитель – Федоров Д.В., преподаватель*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Минитехнологии – технологические операции, выполняемые с использованием ручных машин. Их особенностью является существенная (значительная) зависимость приведенных затрат от производительности машин и при меньшей производительности ручных машин (чем более дешевой они являются). Затраты на оператора возрастают в связи с тем, что естественно ему требуются больше рабочего времени на выполнение заданного объема работ при годовой стоимости зарплаты в 10 раз превышающей стоимость самой ручной машины.

С целью снижения фактора заработной платы оператора в приведенных затратах на реализацию минитехнологий, в них должны использоваться высокопроизводительные ручные машины.

В этой связи существенное значение приобретает экспериментальная оценка технической производительности ручных машин.

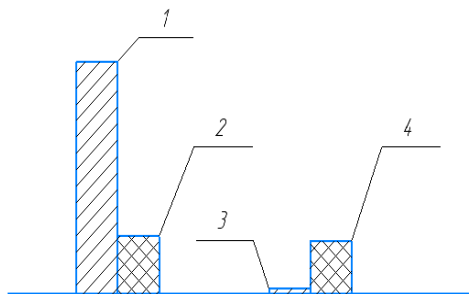
В связи с тем, что реализация минитехнологии предусматривают нахождение оператора непосредственно в рабочей зоне, значение технической производительности будет в значительно большей степени, чем для большой техники. Зависимость от эргономических характеристик ручных машин определяется:

- уровнем воздействия вибраций и шума;
- рациональной позой оператора, обеспечивающей ненапряженное состояние тела;
- минимальным воздействием выхлопных газов (для ручных машин с бензоприводом);

-системами безопасности ручных машин и средств защиты, исключающих возможность получения травм.

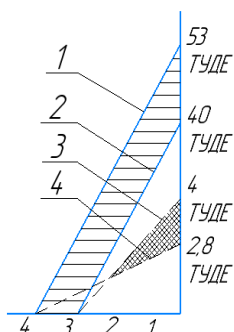
Под словом «рационализации» непроизвольно понимают процессы, в которых возможно сокращение персонала по обслуживанию машин. При уплотнении траншей с помощью ручных трамбовок нельзя сократить единственного оператора, но, с другой стороны, в настоящее время практически невозможно вести какие-либо изменения в основной процесс уплотнения, поэтому речь должна идти не о сокращении затрат на персонал, а о повышении эффективности фактора «заработная плата» т.е. о повышении производительности труда при одинаковых затратах.

Рассмотрим соотношение стоимости машины и величины затрат на обслуживающего ее оператора. Если сравнить стоимость нового среднего по производительности экскаватора в размере 400 тыс. условных денежных единиц и расходы на одного хорошо оплачиваемого машиниста, включая все социальные затраты, в размере 100 тыс. условных денежных единиц в год, то соотношение «машина-оператор» получается равным 4:1. При этом длительность использования, амортизация, расходы на горючее т.п. здесь не учитываются. Если теперь сравнить стоимость вибрационной трамбовки в размере 4000 условных денежных единиц и расходы на неквалифицированного оператора этой трамбовки в размере 40 тыс. условных денежных единиц в год, то получается соотношение «машина-оператор» равное 1:10 (рис.1). Из изложенного следует, что оператор небольшой трамбовки с ручным управлением является очень важным фактором затрат, причем на оператора приходится тем больше относительных затрат, чем меньше производительность машины (чем более дешевой является машина), обслуживаемой эти оператором. Исходя из этого, ясно видно, сколько «стоит» производительность машины.



**Рис. 1.** Диаграмма соотношения стоимости новой машины и затрат на оператора: 1 – стоимость нового экскаватора 400 тыс. условных денежных единиц; 2 – затраты на машиниста экскаватора в год, 100 тыс. условных денежных единиц; 3 – стоимость новой высокопроизводительной трамбовки, 4000 условных денежных единиц; 4 – затраты на оператора трамбовки в год, 40 тыс. условных денежных единиц

В основу расчета положим, что в году оператор работает 123 рабочих дня по 5 часов в день, то получим, что трамбовка используется 660 рабочих часов в год.



**Рис. 2.** Диаграмма соотношения затрат на оператора вибротрамбовки и стоимости самой вибротрамбовки в зависимости от времени, необходимого для возмещения стоимости вибротрамбовки:

1 – расходы на зарплату оператора, обслуживающего трамбовку с маленькой производительностью, 53 тыс. условных денежных единиц; 2 – расходы на зарплату оператора, обслуживающего высокопроизводительную трамбовку, 40 тыс. условных денежных единиц; 3 – розничная цена высокопроизводительной трамбовки, 4 тыс. условных денежных единиц; 4 – розничная цена низкопроизводительной трамбовки 2,8 тыс. условных денежных единиц

Предположим далее, что для возмещения стоимости этой высокопроизводительной трамбовки необходимо 3 рабочих прохода. При работе с менее производительной трамбовкой, которая имеет о более низкую цена, для достижения того же результата потребуется 4 рабочих прохода, это означает, что затраты рабочего времени возрастут более чем на 33%. Заработная плата оператора остается приблизительно одинаковой для всех машин. На основе простого расчета получается, что расходы на оператора, обслуживающего трамбовку с низкой производительностью для достижения тех же показателей в работе, составляет 53 тыс. условных денежных единиц. Разность превышает сумму рыночных цен на три трамбовки.

Из диаграммы, приведенной на рис 2. видно, что рассмотренное отношение стоимости машины к ее производительности оказывается в пользу более дорогостоящей машины, а именно на 8 %.

Персонал строительной организации, закупающей машины для трамбовки траншей, должен тщательно выбирать необходимое оборудование, так как могут возникнуть грубые ошибки, связанные с дополнительными затратами, если выбор машин производится только на основе цены и или на основе многообещающих проспектов, данные которых впоследствии не подтверждаются практикой.



Опробование машин в работе или взятие в аренду для опытной эксплуатации-все это должно своевременно устранить ошибки при закупке машин.

Для нахождения оптимального решения машина должна отвечать следующим требованиям:

- оказывать малое воздействие вибрации на оператора;
- обеспечивать ненапряженное состояние тела оператора;
- устранять ненужные в работе усилия оператора;
- обеспечивать минимальное воздействие выхлопных газов на оператора;
- иметь максимально низкий уровень шума;
- исключать возможность травмирования оператора.

Обеспечение условий труда особенно важно при выборе машины, так как машина, удобная в обслуживании, будет не только охотнее использоваться оператором, но и обеспечит значительное повышение производительности труда.

#### Библиографический список

1. Дроздов А. Н. Основы теории, выбора и эффективной эксплуатации строительных машин. Часть 2. – М, МГСУ, 2005
2. Дроздов А. Н. Основы устройства и эффективной эксплуатации строительных машин. – М, МГСУ, 2010
3. Доценко А. И. Строительные машины / А. И. Доценко, В. Г. Дронов. – М.: ИНФРА-М, 2012.
4. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства – М.: АСВ 2005.
5. Густов Ю. И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. М.: МГСУ, 2011, 192 с.
6. Оценка эффективности дорожных машин как инструмент технического аудита / Г. В. Кустарёв; К. П. Мандровский; Я. И. Тюрин. Механизация строительства №5 2015 с. 18-23
7. «*Baumaschinendienst*», №3, 1987, р.164-166

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУГУННЫХ ДИСКОВ ПРИ ТРЕНИИ ПО РЕТИНАКСУ БЕЗ СМАЗКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

*Головкин А.А., студент*

*Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Узлы трения различных строительных машин и оборудования характеризуются обычно коэффициентами трения качения или скольжения [1,2,3]. Другие важные триботехнические показатели не указываются из-за трудности их экспериментального определения.

Теоретический и практический интерес представляет аналитическое определение принципиальных характеристик трения по известному коэффициенту трения.

Объектом исследования является фрикционная предохраняющая дисковая муфта при трении закаленной стали по ретинаксу с коэффициентом трения 0,3 (рис.1)-[1].

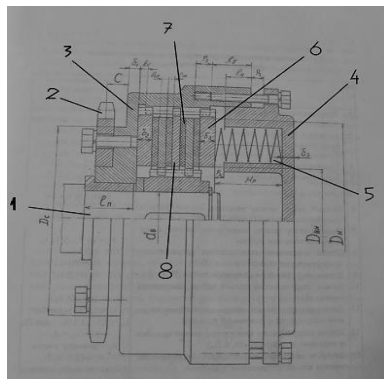


Рис. 1. Муфта дисковая фрикционная предохранительная D4:

1 – вал; 2 – ведущая звездочка; 3 – ведомая полумуфта; 4 – нажимное кольцо муфты; 5 – пружина; 6 – нажимное кольцо; 7 – накладка; 8 – диск.

Цель-Исследование триботехнических характеристик разнородных дисковых пар предохранительных муфт для повышения их работоспособности и надежности.

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определение парциальных величин микроизноса и микрометалла поверхности трения стальных дисков.

2. Оценка трибодеструкционного упрочнения поверхности трения и продуктов износа.
3. Расчет фрикционных температур поверхности и продуктов износа.
4. Расчетное определение КПД трущихся пар.
5. Аналитическое моделирование трения посредством аппроксимирующей функции.
6. Построение кривой опорной линии в нормализованной системе координат "Относительная опорная линия – относительное сближение".
7. Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей.

#### Методика исследования

1. По заданному коэффициенту трения ( $f=0.3$ ) методом подбора определяется парциальный микроизнос  $D_a$  и микрометалл поверхности  $D_m$ [4]:

$$f = (1 - D_a)^{1/D_a}, D_m = 1 - D_a. \quad (1)$$

Степень трибодеструкционного упрочнения (или разупрочнения) поверхности трения  $K_s$  и продуктов износа  $K_a$  оцениваются по зависимостям:

$$K_s = (0,618/D_m)^{D_m/D_a}, \quad (2)$$

$$K_a = K_s(K_s^2 - (K_s - 1)^2). \quad (3)$$

2. Фрикционные температуры поверхности трения  $T_s$  и продуктов износа  $T_a$  рассчитываются по формулам:

$$T_s = T_0 + \Delta T_s = T_0 - \ln(1/K_s)/\lambda, \quad (4)$$

$$T_a = T_0 + \Delta T_a = T_0 - \ln(1/K_a)/\lambda, \quad (5)$$

где  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  - условная температура окружающей среды;  $\Delta T_s, \Delta T_a$  - приращения температур;  $\lambda = 2.15 \cdot 10^{-3}, 1/^\circ\text{C}$  - среднее значение температурного коэффициента для сталей и сплавов[5].

3. Коэффициент полезного действия пары трения определяется по выражению[6,7]:

$$\eta = 1/(1 + (1 + f)^2). \quad (6)$$

4. Для аналитического моделирования трения предлагаются аппроксимирующие функции вида:

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m}/(1 + D_a - \varepsilon)^{1-\varepsilon}, \quad (7)$$

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m}, \quad (8)$$

где  $t_p$  – относительная опорная линия,  $\varepsilon$  – относительное сближение.

#### Результаты исследования

Согласно методике исследования получены следующие расчетные триботехнические показатели (таблица 1).

Таблица 1

#### Исходные расчетные значения триботехнических показателей пар трения

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,3	0,318	0,81	0,50	98,01	322,00	37,2

Используя аппроксимирующую функцию (7), строим нормализованную систему  $t_p - \varepsilon$  (рисунок 2). Методом парных медиан определены центры тяжести  $C_a$  и  $C_m$  парциальных величин микроизноса  $D_a$  и микрометалла  $D_m$  соответственно. Линия, соединяющая центры тяжести – бицентроида  $L_\beta$  – пересекается с гипсограммой  $L_\gamma$  в полюсе Р. Таким образом, аппроксимирующая функция (7) позволяет смоделировать систему фрикционного контакта дисков путем установления характерных величин: координат центров тяжести микроизноса  $\varepsilon_a, t_a$ ; микрометалла  $\varepsilon_m, t_m$ ; полюса  $\varepsilon_p, t_{pp}$ , моделирующие форму кривой опорной линии (поверхности). В таблице 2 представлены аппроксимирующие значение  $t_p$  по функции (7).

Таблица 2

Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (7)

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.197	0.286	0.427	0.563	0.687	0.8	0.9	0.978	1.027	1.038	1

Смоделированная система координат  $t_p - \varepsilon$  позволяет воспроизвести триботехнические показатели, которые были получены на основании (1)-(6) по заданному коэффициенту трения.

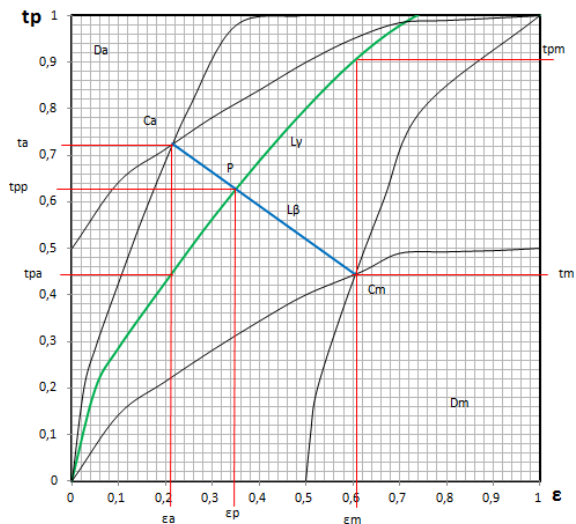


Рис. 2. Нормализованная система  $t_p - \varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (7))

Полученная система характеризуется следующими триботехническими показателями (таблица 3).

### Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(7)

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,292	0,35	0,91	0,74	43,87	140,05	37,46

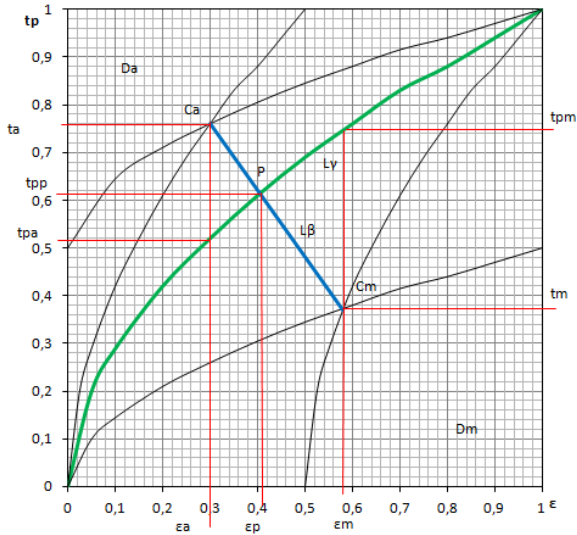
Далее строим нормализованную систему  $t_p - \varepsilon$  по второй аппроксимирующей функции (8) таким же образом, как строили первую. В таблице 4 представлены аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8).

Таблица 4

### Аппроксимирующие значения $t_p$ по функции (8)

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.199	0.289	0.42	0.52	0.61	0.69	0.76	0.83	0.88	0.94	1

Смоделируем систему координат  $t_p - \varepsilon$  по функции (8)- рисунок 3.



**Рис. 3.** Нормализованная система  $t_p - \varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (8))

Аналогично воспроизводим триботехнические показатели по (8) аппроксимирующей функции (таблица 5).

## Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(8)

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.276	0.41	1.07	0.82	31.47	92.30	38.04

Сопоставление расчетных и аппроксимированных показателей приведено в таблице 6.

Таблица 6

## Исходные (а) и аппроксимированные (б, с) показатели пар трения сталь-ретилак

Показатели	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
$a$	0,318	0,81	0,50	98,01	322,00	37,2
$\bar{b}$	0,35	0,91	0,74	43,87	140,05	37,4
$\Delta_{a-\bar{b}}, \%$	10,06	12,35	48	55,2	56,5	0,05
$c$	0.41	1.07	1,39	31,47	153,16	38,04
$\Delta_{a-c}, \%$	28,93	32,10	64	67,89	52,4	0,22

На основании проведенных исследований формулируются следующие основные выводы.

**Выводы**

1. Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей свидетельствует об удовлетворительном их совпадении. Отмеченное расхождение вариантов (а) и (б) с вариантом (с) объясняется хрупким разрушением приповерхностных слоев детали в первых случаях в отличие от вязкого разрушения в последнем. Различие вариантов (а) и (б) объясняется разной степенью хрупкого разрушения.

2. Из рассмотренных аппроксимирующих функций предпочтительней выражение (8) из-за простоты и оперативности вычислений при достаточной точности вычислений.

3. Предлагаемая методика аналитического моделирования и расчетного определения триботехнических показателей по известному коэффициенту трения применима для теоретического и практического использования.

## Библиографический список

1. Абрамов В. М., Мещерин В. Н. “Проектирование предохранительных фрикционных муфт”: учебное пособие (Московский Государственный Строительный Университет), 2009г -65 стр.

2. Густов Ю. И., Юшков А. А. Уравнения параметров шероховатых поверхностей трения сталей строительной техники (журнал “Механизация строительства”, 2016г, №11, стр. 2-6.
3. Густов Ю. И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. /Моск гос. Строит. Ун-т.-М.:МГСУ,2011.-192с.
4. Густов Ю. И., Воронина И. В., Орехов А. А. “Методология исследования триботехнических показателей строительной техники. Механизация строительства” – 2011, №8, с. 10-12.
5. Бабичев А. П., Бабушкина Н. А., Братковский А. М. и др. “Физические величины” справочник: Энергомиздат, 1991-1232с.
6. Густов Ю.И.,Слётов С.Ю. Исследование микро топографии и триботехнических показателей поверхностей трения канатоведущих шкивов лифтов (журнал «Подъемно-транспортное дело», 2018, №5, стр. 2-4.
7. Густов Д. Ю., Густов Ю. И., Юшков А.А. Механизмы абразивного изнашивания и коэффициенты полезного действия трибосистем строительной техники // Механизация строительства.- 2016. -№9.- С. 50-54.

## ЭСКАЛАТОРЫ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

*Гончаров И., студент*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Важнейшими машинами, предназначенными для перемещения пассажиров с одного уровня на другой, являются эскалаторы, обладающие большой провозной способностью и надежностью, обеспечивающие безопасность пользования при достаточном уровне удобства и отсутствии загрязнения окружающей среды.

С появлением многоярусных подземно-наземных комплексов, крупных транспортных узлов и других объектов, требующих перемещения людей в вертикальной плоскости потребность в эскалаторах еще более возрастает.

Прототипом современного эскалатора является конвейер – машина непрерывного действия для перемещения различных грузов. Впервые «движущаяся лестница для транспорта людей» была запатентована в Нью-Йорке в 1882 г. Она представляла собой наклонное полотно, состоящее из ряда пластин с продольными рейками. Эскалатор имел только наклонный участок. Входные площадки были установлены непосредственно с торцов наклона.

На всемирной выставке в Париже в 1900 г. было установлено 29 эскалаторов различной конструкции. Большинство из них имело плоское полотно, образующее наклонную движущуюся дорожку. Исключение состав-

ляло ступенчатое полотно эскалаторов, изготовленное фирмой «Отис». Однако эти эскалаторы не имели настилов на ступенях, и пассажиры должны были выходить не с торца, а с боку эскалатора.

Начало отечественного эскалаторостроения связано с решением июньского пленума ЦК ВКП(б) в 1931 г. о сооружении метрополитена в г. Москве. Проектирование и изготовление отечественных эскалаторов были поручены двум заводам. Московским заводом «Подъемник» были спроектированы и изготовлены шесть первых отечественных эскалаторов Э1 (Н-10-1). Ленинградский завод «Красный металлист» почти одновременно спроектировал и изготовил девять эскалаторов Н-30. Эскалаторы этих двух типов и были установлены на станциях первой очереди московского метрополитена на четырёх станциях глубокого заложения (современные Красные Ворота, Чистые пруды, Лубянка и Охотный Ряд), открытой 15 мая 1935 г.

Ниже приведены основные поколения эскалаторов Московского метрополитена:

1. 1935—1949 — эскалаторы серии Н, выпускавшиеся в 1935—1950 годах московским заводом «Подъёмник», ленинградским заводом «Красный Металлист» и Перовским машиностроительным заводом. Серия Н делилась по моделям на Н-10, Н-20, Н-30 и Н-40. Высота подъёма в зависимости от модели от 9,2 м до 40 м. Эскалаторы этого типа устанавливались на станциях 1-й, 2-й, 3-й и 4-й очередей (монтаж завершён до конца 1949 года), в основном в трёхленточных наклонных (кроме них, две пары по две ленты были установлены в переходе станции «Охотный Ряд» и одна пара в переходе станции «Парк Культуры»). Всего в Москве было 100 эскалаторов данного типа, последние 3 эскалатора на станции «Бауманская» прекратили работу 8 февраля 2015 года в связи с их заменой. В этих эскалаторах использовалась отделка из натурального дубового массива, в частности, из дерева были выполнены перила и ступени.

2. 1952—1959 — эскалаторы серии ЭМ, выпускавшиеся в 1951—1960 годах Перовским машиностроительным заводом. Главный конструктор — Г. М. Бовин. Данная серия представлена моделями ЭМ-1, ЭМ-1М, ЭМ-4 и ЭМ-5. Высота подъёма у машин ЭМ-1 и ЭМ-1М не превышает 14 м, у машин ЭМ-4 не превышает 43 м, а у машин ЭМ-5 — 53,5 м. Машины серии ЭМ устанавливались в Московском метрополитене в 1950-е годы на станциях второй и третьей очередей Кольцевой линии, на станциях «Арбатская», «Смоленская» и «Киевская» Арбатско-Покровской линии, первом участке будущей Калужско-Рижской линии, участке Фрунзенская — Университет Сокольнической линии, а также в новом выходе станции «Красные Ворота» и в эскалаторной галерее на Ленинских Горах. Всего в Москве было 27 эскалаторов типов ЭМ-1 и ЭМ-1М (в работе осталось 15), 50 эскалаторов типа ЭМ-4 (в работе осталось 32) и 15 эскалаторов типа ЭМ-5 (в работе осталось 12).

3. 1962—1979 — эскалаторы серии ЛТ, выпускавшиеся в 1955—1979 годах Ленинградским машиностроительным заводом им. Котлякова. Эта



серия представлена в Москве моделями ЛТ-3, ЛТ-4, ЛТ-5 и отдельной серией поэтажных эскалаторов ЛП-6/6А/6И. Высота подъёма у машин ЛТ-3 не превышает 50 м, у машин ЛТ-4 — 25 м, а у машин ЛТ-5 — 15 м. Эти эскалаторы получили распространение на станциях Калужско-Рижской и Таганско-Краснопресненской линий, запущенных в период между 1961 и 1979 годами, а также они были установлены в новых выходах станций «Лубянка» и «Киевская», на переходах станций «Чистые Пруды» и «Площадь Революции» и в выходе новой станции «Тверская». В Москве в настоящее время эксплуатируются 40 эскалаторов типа ЛТ-3, 21 эскалатор типа ЛТ-4 и 50 эскалаторов (1 в консервации на станции «Полежаевская») типа ЛТ-5. Первой демонтированной машиной данного типа стал трёхленточный эскалатор ЛТ-4 в северном вестибюле станции «Ленинский проспект», который прекратил работу 29 октября 2016 года.

Эскалаторы серии ЛП-6 устанавливались в Московском метрополитене в тот же период, что и ЛТ — с 1962 по 1975 годы на новых станциях мелкого заложения и в переходах. Эскалаторы этой серии оказались ненадёжными и с 1986 года началась их массовая замена на более совершенные эскалаторы ЭТ-5М, завершившаяся в 1997 году. Всего в Москве был 41 эскалатор серии ЛП-6, в том числе 1 ЛП-6 (1962, «Академическая», проработал дольше всех и заменён в 1997 году), 17 ЛП-6А (1964—1966) и 23 ЛП-6И (1968—1975, 2 эскалатора на станции «Александровский сад» были демонтированы и заменены лестницей).

4. 1978—2004 — эскалаторы серии ЭТ, выпускавшиеся в 1978—2004 годах Ленинградским машиностроительным заводом им. Котлякова / ОАО «ЭЛЭС». Серия представляла собой глубокую модернизацию серии ЛТ с использованием новых технологий в эскалаторостроении. Модели: ЭТ-2 и ЭТ-2М (высота подъёма от 45 до 65 м), ЭТ-3 и ЭТ-3М (высота подъёма от 15/25 до 45 м), ЭТ-4 (высота подъёма от 15 до 25 м, развития не получила) и ЭТ-5 и ЭТ-5М (высота подъёма до 15 м). Эскалаторами серии ЭТ укомплектовывались все новые станции, выходы и переходы с 1978 года, а также ими заменялись более старые эскалаторы серий Н и ЛП-6. Всего в Москве 313 эскалаторов этой серии: 13 машин ЭТ-2 (1979—1980), 16 машин ЭТ-3 (1979—1986), 4 машины ЭТ-4 (1979), 4 машины ЭТ-4Б (1986), 27 (было 36) машин ЭТ-5 (1978—1983), 31 машина ЭТ-2М (1988—1999), 65 машин ЭТ-3М (1987—2004), 4 машины ЭТ-30 (1996), 143 машины ЭТ-5М (1984—1999, 2 машины в консервации на станции «Чкаловская»).

5. 2000—2012 — эскалаторы серии Е, выпускавшиеся в 2000—2012 годах ЗАО «ЭЛЭС». Устанавливались на новых станциях, выходах и переходах, а также ими заменялись выводимые из эксплуатации эскалаторы серий Н, ЭМ и ЭТ. На сентябрь 2015 года в Москве работали в сумме 180 эскалаторов этой серии, в том числе: 83 эскалаторов типа Е-25Т (высота подъёма до 25 м), 56 эскалаторов типа Е-55Т (высота подъёма от 25 до 55 м), 4 эскалатора типа Е-75Т (высота подъёма до 75 м, установлены на станции «Парк Победы» с высотой подъёма 63,4 м) и 37 поэтажных эскалаторов типа Е-900Т (высота подъёма до 12 м, 15 машин работают на станциях

Бутовской линии, 4 машины работают на станции «Выставочная», 18 машин работают на ММТС).

6. С 2013 — эскалаторы серий ТК-65, ЭС производства ЗАО «Эском-строймонтаж-сервис»[2], FT-935 Victoria производства ThyssenKrupp, Schindler и ЕТК производства Крюковского вагоностроительного завода. Устанавливаются на новых станциях, а также ими были заменены последние эскалаторы серии Н и заменяются эскалаторы серии ЭМ, ЛТ и ЭТ. Отличаются светодиодной подсветкой внизу балюстрады, а также технологической возможностью сужения балюстрад, что позволило с 2015 года проводить реконструкцию наклонных ходов с увеличением числа эскалаторов. Также эскалаторы FT-935 отличаются энергосберегающими технологиями. Пл состоянию на октябрь 2016 года запущены в эксплуатацию 8 эскалаторов ЭС-02, 12 эскалаторов ЭС-03, 19 эскалаторов FT-935, 11 эскалаторов ТК-65, 6 эскалаторов Schindler на станции «Румянцево», 4 эскалатора ЭС-04 на станции «Саларьево» и 4 эскалатора ЕТК-265 в южном вестибюле станции «Петровско-Разумовская».

#### Библиографический список

1. Поминов И.Н. Эскалаторы метрополитена. Устройство, обслуживание и ремонт. М.: Транспорт. 1994. – 320 с.
2. Бовин Г. М., Ивашков И. И., Олейник А. М. Эскалаторы. М., Машгиз, 1955. - 352 с.
3. Официальный сайт Московского метрополитена. Основные характеристики эскалаторов Московского метрополитена. [http://gup.mosmetro.ru/Razdely/podrazdeleniya/67/?sphrase\\_id=3756](http://gup.mosmetro.ru/Razdely/podrazdeleniya/67/?sphrase_id=3756)
4. Ереско С.П. Система управления надежностью уплотнений подвижных соединений гидроагрегатов строительных машин, дисс. д. техн. наук// Красноярск, 2003
5. Гринчар Н.Г. Методы и средства повышения эксплуатационной надежности гидроприводов дорожных и строительных машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Новочеркасск, 2007
6. Ветошкин А.Г., Марунин В.И. НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ А.Г.Ветошкина – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2002. - 129 с.: ил., библиогр.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

*Горелова М.В., студент*

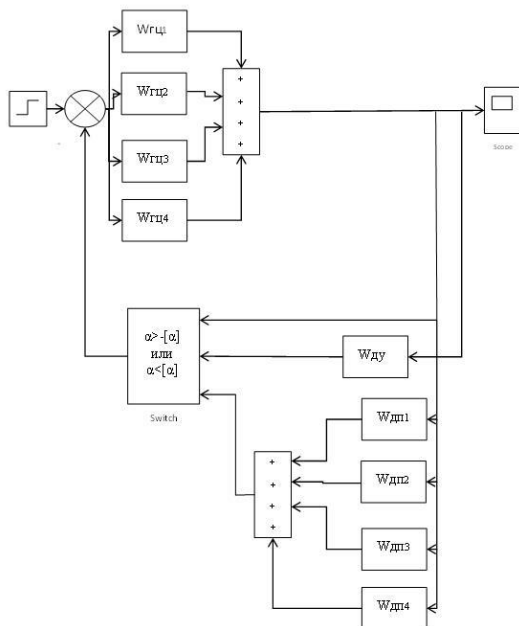
*Научный руководитель – **Сорокин П.А.**, проф., д.т.н.*

*Российский Университет Транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Среднее количество аварий, приходящихся на автомобильные краны от общего количества аварий, зафиксированных при работе грузоподъемных кранов, за промежуток 2012-2017 годы составляет 21%. Для уменьшения данного показателя предлагается автоматизированная система устойчивости стреловых самоходных кранов, суть которой заключается в выравнивании опорного контура стрелового самоходного крана при отклонении его от положения, параллельного горизонту.

Работа системы управления осуществляется следующим образом. На вход системы в качестве управляющего сигнала подается единичное ступенчатое воздействие, которое проходит через передаточные функции установленных гидроцилиндров. В связи с конструкционным расположением гидроцилиндров относительно друг друга их передаточные функции соединены параллельно, вследствие чего передаточная функция системы гидроцилиндров является суммой  $W_{гц(1-4)}$ . В системе введена отрицательная обратная связь (ООС), корректирующая управление системой при отклонении от заданных параметров. Далее через блок Switch определяется выполнение заданного условия: выходит ли значение угла  $\alpha$ , определяемого при помощи датчика угла наклона, за пределы допустимых границ. В случае соблюдения условия система управляется по верхней ветви, то есть без введения дополнительных звеньев и передаточных функций. Если же происходит отклонение от заданного условия, то выполняются нижняя ветвь, где датчики положения, установленные на каждом гидроцилиндре, определяют уровень выдвижения штоков, а также учитывают погрешности системы. Затем ООС замыкается, и вновь происходит проверка выполнения условий.

Система управления устойчивостью крана смоделирована в программном комплексе MATLAB Simulink 2014. Структурная схема системы показана на рис.1.



**Рис. 1.** Структурная схема системы управления:

$W_{гц(1-4)}$  – передаточные функции гидроцилиндров опорного контура автокрана, учитывающие их конструктивные составляющие;

$W_{ду}$  – передаточная функция датчика угла наклона, определяющего положение опорного контура в пространстве;

$W_{пц(1-4)}$  – передаточные функции датчиков положения, фиксирующие выдвижение штоков гидроцилиндров.

### Библиографический список

1. Козлов М.В. Устойчивость мобильных грузоподъемных машин при ненормируемых внешних воздействиях [Текст]: канд. техн. наук: 05.02.13. - Тул. гос. университет, Тула, 2006 - 153 с.

2. А.В. Жильцов, А.В. Чернов Автоматизация обеспечения устойчивости самоходных грузоподъемных машин на выносных опорах / Лучшие работы студентов и аспирантов технологического факультета: сборник статей – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. С.219 – 222.

3. А.В. Чернов Предотвращение опрокидывания мобильных грузоподъемных машин с учетом просадки выносных опор при помощи автоматизации системы управления / Лучшие работы студентов и аспирантов технологического факультета: сборник статей – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. С.223 – 226.

4. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 536 с.

5. В.П. Дьяконов. Simulink 5/6/7: Учебный курс. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

6. М.А. Павлейно, В.А. Ромаданов, Ю.Ф. Сафронова, А.А. Статуя. Моделирование работы электрических схем в Simulink. Применение операционных усилителей для фильтрации, усиления и генерации сигналов.– СПб., 2007

7. К.Ю. Поляков. Теория автоматического управления. – Санкт-Петербург, 2008. – 80с.

## ТЁПЛАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ. МЕХАНИЧЕСКОЕ ВСПЕНИВАНИЕ БИТУМА

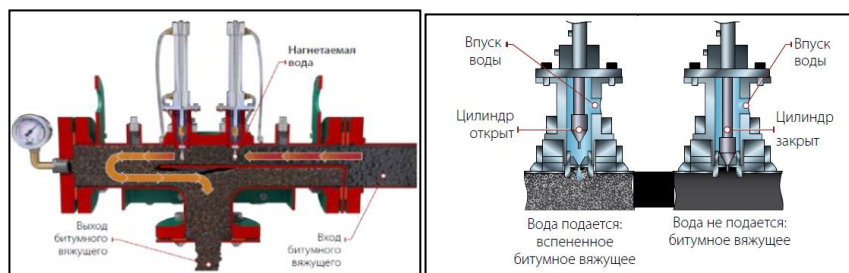
*Горохов С.С., магистрант*

*Научный руководитель – Доценко А.И., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Проведенные исследования и анализ производства тёплой асфальтобетонной смеси механическим вспениванием (Рис. 1.) показывают, что возможны улучшение свойств асфальтобетонного покрытия из теплой асфальтобетонной смеси.

Одновременно с улучшением физико-механических свойств асфальтобетонной смеси оптимизируется технологический процесс производства смеси на АБЗ, что позволяет уменьшить температуру приготовления и укладки теплой асфальтобетонной смеси и сократить объем выбросов вредных загрязняющих веществ на АБЗ, увеличить срок службы асфальтосмесительной установки.

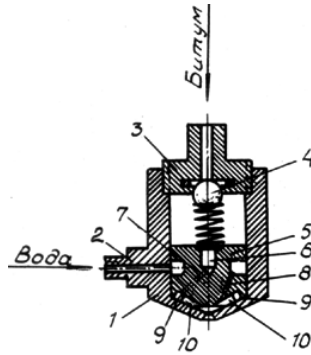


**Рис. 1.** Процесс механического вспенивания битума

Для достижения низкой вязкости при меньших температурах приготовления смеси, в горячий битум вводится небольшого количества воды (в среднем 2% процента по массе битума) с помощью форсунок вспениваю-

щего коллектора, после чего мгновенно образуются микроскопические пузырьки пара. Благодаря этому происходит увеличение объема битумного вяжущего, то есть образуется вспененный битум. Такая технология позволяет отказаться от дорогостоящих добавок и специальных битумов для получения тёплой асфальтобетонной смеси.

Принцип работы вспенивающих коллекторов разных производителей практически ничем не отличается, но важную роль играют конструктивные особенности данного оборудования. Рассмотрим принцип основного органа вспенивающего коллектора – форсунки коллектора (Рис. 2).



**Рис. 2.** Схема смесительной форсунки:

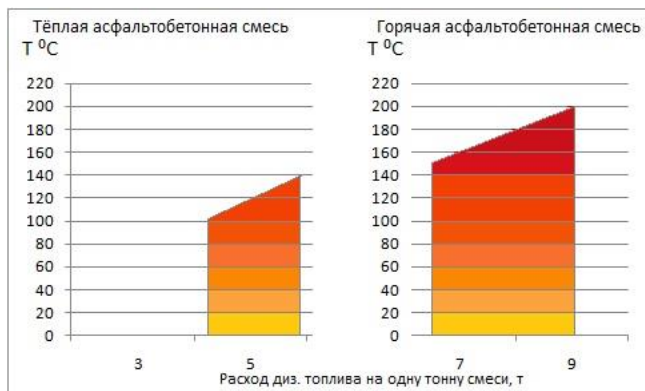
- 1 – корпус с конусообразным наконечником; 2 – штуцер подачи воды;
- 3 – штуцер подачи вяжущего; 4 – обратный клапан; 5 – вставка;
- 6 – центральный канал вставки; 7 – канал подачи вяжущего; 8 – канал подачи воды;
- 9 – кольцевой канал подачи вяжущего; 10 – завихряющий канал

Вспененный битум покрывает большую площадь каменного материала, тем самым улучшаются адгезионные свойства смеси (Рис. 3.). Битумная пена хорошо прилипает ко всем видам минеральных материалов, обеспечивает обволакивание самой мелкой составляющей асфальтобетона - минерального порошка, что способствует повышению качества смеси.



**Рис. 3.** Адгезия тёплой смеси на вспененном битуме

Использование системы вспенивания битума при производстве тёплых асфальтобетонных смесей имеет значительно лучший результат в сравнении с производством традиционного горячего асфальта. Особенно это видно в потреблении электроэнергии (снижение до 40%) и снижении расхода топлива (Рис. 4.), а так же в снижении как минимум на 25% выбросов оксида углерода в окружающую среду.



**Рис. 4.** Зависимость потребления диз.топлива от температуры производства асфальтобетонных смесей

В мировой и отечественной практике теплые асфальтобетонные смеси находят все большее применение при строительстве асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог благодаря ряду преимуществ по сравнению с традиционными горячими асфальтобетонными смесями.

- Возможность существенно снизить температуру производства смеси - до 105<sup>0</sup>C, и следовательно снизить потребление топлива, что может составить экономию до 15% от себестоимости смеси;
- Возможность существенно снизить температуру укладки – до 60<sup>0</sup>C;
- Возможность увеличить срок укладки смеси до 6 часов после производства;
- Срок службы покрытия увеличивается в среднем на 3 года;
- На 30% уменьшается степень окисления битума;
- Возможность на 50 - 60% уменьшить выброс загрязняющих веществ в атмосферу, что делает производство более экологичным, а значит снижает расходы по оплате за выбросы, что так же может положительно отразиться на экономике предприятия;
- Повышение энергоэффективности на АБЗ;
- Возможность использования РАП до 50% и выше;
- Быстрая окупаемость оборудования для вспенивания битума;

- Увеличение срока службы асфальтосмесительной установки за счет снижения перегрева рабочих органов установки.

### Библиографический список

1. Силкин В.В. Приготовление теплых асфальтобетонных смесей / В.В. Силкин, А.П. Лупанов, Э.Ю. Васильев и др. // Строительная техника и технологии. – 2013. – №5. – С. 120-125.
2. Крупин Н.В. Теплый асфальтобетон. Экскурс в развитие технологии / Н.В.
3. Радовский Б.С., д.т.н., профессор (Internet Laboratories, Inc., США), Журнал «Дорожная Техника», 8 выпуск, стр. 24-28.
4. Вест Р.С. Преимущества технологических процессов, объединяющих регенерированное асфальтовое покрытие (РАП) и теплые асфальтовые смеси (ТАС) в дорожных покрытиях / Р.С. Вест // Технический вестник дорожного хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 43-55.
5. ГОСТ 9128-2009. «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия»
6. Сайт Astec Inc, Warm Mix Asphalt Systems / Режим доступа: [www.astecinc.com](http://www.astecinc.com), свободный
7. В. В. Силкин, А. П. Лупанов, Производственная база дорожного строительства. Издательств АСВ, Москва 2015

## УНИФИЦИРОВАННЫЕ МОДУЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИВОДА ДЛЯ БЕТНОСМЕСИТЕЛЕЙ

*Горяйнова П.О., студентка*

*Научные руководители – Кайтуков Б.А., доц., к.т.н.*

*Скель В.И., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Совершенствование технологии приготовления прогрессивных бетонов предполагает интенсификацию рабочих процессов перемешивания компонентов бетонов. Разработка нового производительного, энергосберегающего смесительного оборудования с надежными механизмами привода их рабочих органов на основе передовых методов проектирования и изготовления является актуальной задачей.

Требование к создаваемым бетоносмесителям заключается в универсальности их применения независимо от реологических характеристик бетонных смесей. В настоящее время наблюдается рост номенклатуры бетонных смесей, изменяются их реологические характеристики и, в этой связи,



актуальным становится вопрос совершенствования, а в некоторых случаях создания новых конструкций смесителей и их механизмов привода. Конструктивные решения, которые были заложены ранее при разработке бетоносмесителей принудительного действия, наряду с положительным эффектом, на многие годы обусловили сохранение серьезных недостатков.

Исследование рынка бетоносмесителей позволяет утверждать, что рациональное и эффективное решение вопросов унификации деталей и механизмов бетоносмесителей остается актуальным [1-2].

Под унификацией в технике понимают приведение разных видов, средств и продукции к наименьшему числу типоразмеров, форм и марок. При разработке унифицированных механизмов бетоносмесителей необходимо реализовать следующие задачи: обосновать необходимость производства требуемых типоразмеров смесителей; создать унифицированные и надежные механизмы привода для рабочих органов смесителей на основе планетарных модулей. По принципу смешивания различают бетоносмесители принудительного действия, часто их называют роторными и гравитационные [1-4].

В табл. 1 приведены технические характеристики бетоносмесителей принудительного действия, выпускаемые в России.

*Таблица 1*

#### **Характеристики бетоносмесителей принудительного действия**

<b>Технические характеристики</b>	<b>Марка бетоносмесителя</b>		
	СБ-146	СБ-152	СБ-138
Емкость смесительной чаши по загрузке, л	750	1000	1500
Объем готового замеса, л	500	750	1000
Угловая скорость смесительного устройства, мин <sup>-1</sup>	32	15	20
Мощность электродвигателя, кВт	22	15	37
Угловая скорость ротора электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	1520	975	1460
Скорость движения ротора, м/с	3,6	1,7	2,7

Технические характеристики некоторых гравитационных бетоносмесителей отечественного производства приведены в табл. 2.

## Технические характеристики гравитационных бетоносмесителей

Показатель	Ед. изм	Марка бетоносмесителя				
		СБ-739Б	СБ-16Б	СБ-153 (СБ-94)	СБ-103	СБ-162
Объем по загрузке сухими составляющими и готового замеса	л	250	500	1500	3000	4500
	л	165	330	1000	2000	3000
Максимальная крупность заполнителя	мм	70	70	120	140	160
Число оборотов смесительного барабана	1/мин	20	18	17,6	12,6	12

К преимуществам бетоносмесителей роторного типа можно отнести активность процесса, а к недостаткам энергоемкость и ограниченное применение крупных заполнителей. Исследования по отечественным и зарубежным роторным бетоносмесителям с объемом загрузки от 100 до 3000 л, позволили установить скорости движения роторов отечественных смесителей в пределах от 1,4 до 3,6 м/с, а зарубежных от 1,8 до 3,5 м/с.

Зарубежные фирмы при конструировании смесителей подходят с предположением, чем меньше деталей базовых элементов применяется при создании серии смесителей, тем проще и дешевле производство.

Повысить технический уровень бетоносмесителя, повышая надежность механизмов возможно, если разработать единые конструктивно-унифицированные модульные ряды, например, механизмов привода на основе планетарных модулей [5, 6, 7].

Модуль - основная наиболее технологически сложная и трудоемкая зубчатая часть механизма привода бетоносмесителя. Чтобы снизить трудоемкость изготовления деталей, необходимо спроектировать редуктор так, что модуль будет включать максимальное число одинаковых, небольших по размерам зубчатых колес, а такому требованию отвечает планетарный модуль. Важным аргументом в пользу принятия в качестве планетарного модуля в механизмах привода бетоносмесителей роторного типа является тот факт, что многие фирмы, например, Германии, Франции и Швеции применяют унифицированные планетарные редукторы.

Конструкции большинства гравитационных бетоносмесителей состоят из смесительного барабана, лопастного механизма, траверсы, электродвигателя, двухступенчатых цилиндрических, коническо-цилиндрических или планетарных редукторов, рамы, клиноременной передачи и механизма опрокидывания. Смесительный барабан представляет собой емкость из двух конусов, соединенных цилиндрической обечайкой, внутри барабан футерован плитами из стали, причем на внутренней поверхности барабана закреплены лопасти. Интенсивное перемешивание компонентов бетонной смеси происходит за счет оптимального расположения лопастного меха-

низма, который образует при вращении барабана перекрестное потокообразование смеси.

Качество изготовления зубчатых передач и валов большинства редукторов гравитационных бетоносмесителей низкое, элементы привода между собой не унифицированы. Зарубежные фирмы Италии, Германии, Японии при проектировании бетоносмесителей стремятся к применению меньшего количества деталей, при этом наблюдается унификация различных бетоносмесителей.

Анализ нагрузочных характеристик, размеров и конструкций отечественных гравитационных бетоносмесителей показал, что требуется разработать унифицированные конструкции и рациональные кинематические схемы бетоносмесителей. При создании унифицированных механизмов привода проблема состоит в том, чтобы предложить такие механизмы, которые наименьшим количеством типоразмеров обеспечивали бы весь ряд нагрузочных характеристик, кинематических схем и компоновочных размеров бетоносмесителей.

При разработке унифицированных механизмов привода для отечественных бетоносмесителей задача формулируется так, чтобы создать механизмы, которые малым количеством типоразмеров модулей охватили весь спектор механизмов бетоносмесителей. Следует отметить, что применение планетарного редуктора позволяет снизить габаритные размеры, а при равной долговечности и одинаковом выходном моменте, например, с цилиндрическими и другими редукторами, позволяет снизить массу в три раза.

Для решения этих задач необходимо рассмотреть конструкции смесителей и выбрать схемы наиболее рациональные с точки зрения размещения планетарных редукторов.

В качестве рационального варианта решения этой задачи предлагается создание конструктивно-унифицированных планетарных модульных механизмов привода бетоносмесителей [5-7]. Решение задачи сводится к выбору требуемых типоразмеров планетарных модулей.

Анализ разных факторов показал, что рациональным конструктивным исполнением механизма привода смесительного барабана при передаче крутящего момента от двигателя к рабочему органу является унифицированный планетарный блок-модуль [4, 5].

Исследования в пределах настоящей работы показали, что в строительстве применяют различные виды бетонных смесей и наблюдается тенденция роста номенклатуры за счет новых видов вяжущих и заполнителей. Создание прогрессивных видов бетонных смесей вызывали необходимость в интенсификации процесса перемешивания бетонов, расширение номенклатуры гравитационных бетоносмесителей с требуемыми параметрами перемешивания, технологическими характеристиками бетоносмесителей и новых конструкций с унифицированными надежными механизмами привода. Широкая унификация бетоносмесителей и их элементов способствует

росту качества изготовления и, в результате, повышения их надежности в эксплуатации.

### Библиографический список

1. Густов Ю.И., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. Анализ конструктивно-расчетных схем бетоносмесителей. Механизация строительства. 2013. №12. С. 10-12.
2. Густов Ю.И., Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н. Повышение эффективности работы роторного бетоносмесителя принудительного действия. Механизация строительства. 2016. №11. С. 26-29.
3. Богомолов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей. Монография. Белгород, 2010.
4. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. К вопросу производительности роторных бетоносмесителей. Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова 2017. №2. С. 178-180.
5. Шарапов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н. Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие. Белгород, 2014.
6. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. К вопросу производительности и унификации гравитационных бетоносмесителей. Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2017. №11. С. 138-143.
7. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. Определение оптимальных скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 80-84.

## КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Григорьев П.А., аспирант*

*Научный руководитель – Сладкова Л.А., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (РУТ) – МИИТ  
(Российская Федерация)*

Краны [1, 2] являются объектом повышенной опасности. Их безопасность обеспечивается рядом устройств и приспособлений, назначение которых определяется характером производимых краном работ. При отклонении какого-либо эксплуатационного показателя крана от нормативного значения происходит автоматическое отключение механизмов и агрегатов крана. При неисправностях или отключенных устройствах безопасности работа крана категорически запрещена!

К основным приборам и устройствам безопасности, устанавливаемым на грузоподъемных кранах, относятся:

- ограничители грузоподъемности (грузового момента) и вылета стрелы. Процесс отключения ограничителя грузоподъемности и вылета стрелы срабатывает при подъеме груза, когда его максимально допустимая масса больше нормативной грузоподъемности крана при установленном вылете;

- концевые выключатели используются как ограничители передвижения башенных кранов и предназначены для автоматического отключения привода механизма крана при подходе его к движущимися частями установленных ограничений на расстояние не менее тормозного пути крана;

- ограничители подъема крюка служит для автоматического отключения механизма подъема крюка при подходе его к верхнему крайнему положению;

- ограничители поворота вращающейся части крана служит для ограничения вращения поворотной части крана в одну сторону более двух раз;

- анемометр - указатель скорости ветра, который при достижении ветром опасной величины, автоматически включает звуковой сигнал;

- противоугонные устройства (клиновые упоры и рельсовые захваты), выносные опоры, тормоза, ограждение, галереи, площадки и лестницы используются при работе кранов на открытом воздухе по крановому пути.

Для обеспечения устойчивости кранов от опрокидывания в нормальных условиях эксплуатации используются противовесы.

Вышеуказанные требования безопасной работы кранов являются «универсальными» и могут использоваться для любого кранового оборудования.

Не менее опасным при работе кранов, особенно самоходных, является состояние грунтового основания (монтажной площадки) на которой располагается кран. Анализ причин аварий самоходных кранов показал, что наибольшее их число возникает в результате потери устойчивости на слабонесущих грунтах. При установке крана величина максимального давления на основание не должна превышать  $0,3...0,9$  Мпа [3] в зависимости от типа и грузоподъемности крана.

Из сказанного следует, что к классификационным признакам для самоходных кранов необходимо добавить еще один – показатель устойчивости работы на слабонесущих грунтах.

В настоящее время известны несколько способов обеспечения работы крана на слабонесущих грунтах. Первый способ основан *на запрете* работы на грунтах не отвечающих требованиям, указанным выше. Другими словами, несущую способность грунта определяют до начала работы крана. Суть этого метода состоит в определении состоянии грунта по показаниям динамического плотномера конструкции ДорНИИ. Несущую способность грунта в местах установки или передвижения крана определяют по числу ударов, необходимых для вхождения наконечника ударника в грунт на каждые 10 см [3]. При этом при определении несущей способности грунта надо среднее число ударов динамического плотномера умножить на 0,12. Грунты, выдерживающие 10 ударов ударника ДорНИИ, пригодны для установки любого крана, который может работать при максимальной

нагрузке. Этот метод достаточно прост в применении, но отличается невысокой точностью и низкой культурой производства.

Второй способ – это *создание* несущего слоя грунта за счет его уплотнения или использования различных подстилающих устройств. Создание уплотненного слоя требует привлечения дополнительного механизированного инструмента (катка, трамбовки и т.п.), что связано с затратами на этот вид оборудования и значительными временными затратами. Получение уплотненного слоя можно достичь путем неоднократного перемещения крана по монтажной площадке. В дальнейшем уплотненный грунт проверяется на несущую способность динамическим плотномером.

В качестве подстилающих устройств используют щиты, плиты, которые рассчитаны на проезд по ним крана с максимальной нагрузкой. При перемещении крана на новое место, плиты переносят вслед за краном по пути его следования, что снижает производительность труда. Кроме того, при работе на переувлажненных грунтах под плиты (щиты) подсыпают песок, золу или щебень. Плиты подкладывают автономно под каждую опору и регулируют горизонтальность платформы крана путем подкладывания дополнительных плит. При этом необходимо тщательно контролировать углы наклона площадки и осадки крана. (Предельно допустимое значение не должно превышать 1 ... 2°. При использовании пакета из щитов необходимо, чтобы все щиты были скреплены между собой.

Третий способ основан на *контроле* горизонтирования площадки при помощи датчиков уровня [4], [5]. При этом регулирование осуществляется при помощи первых двух способов.

Четвертый способ является *предотвращающим* и основан на использовании различных приспособлений, предотвращающих осадку выносных опор крана или его ходового оборудования в грунт. Такими устройствами являются: анкеровка выносных опор мобильных транспортно-технологических машин, оснащенных стреловыми манипуляционными системами [6]; грунтовые якоря, установленные на аутригеры [7].

Известны различные системы горизонтирования опорной платформы стреловых самоходных кранов. Наиболее распространена система – это система, содержащая выносные силовые гидроцилиндры (аутригеры), расположенные, как правило, по углам периметра опорной платформы. За счет выдвиганием гидравлических опор (как правило, вручную) в соответствии с показаниями креномера достигается горизонтальное положение платформы [5]. Основным недостатком данного устройства является невозможность автоматически производить выравнивание в горизонтальной плоскости опорной платформы и значительное время, затрачиваемое на приведение крана в рабочее положение.

Нами предложено устройство, обеспечивающее работу грузоподъемного транспортного средства на слабонесущих грунтах. Устройство, содержит, кроме основных элементов самоходного крана, горизонтально расположенный барабан с намотанной на нем гибкой лентой. Ось барабана закреплена в кронштейнах, выполненных на раме крана. Барабан после

снятия с предохранителя может сводно вращаться, способствуя спусканию с него ленты.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Перед началом работы самоходного крана он останавливается, далее приводится во вращение барабан с размещенной на нем лентой, которая разматывается до контакта с грунтом. При этом нижний конец ленты загибается таким образом, что ее конец попадает под ходовое оборудование. После чего кран начинает движение, наезжая на ленту. Свободное вращение барабана не препятствует расположению ленты под ходовым оборудованием крана. Образовавшееся под краном полотно увеличивает не только площадь опорной поверхности крана, но и несущую способность грунта. После окончания погрузочно-разгрузочных работ, кран сдает задним ходом и происходит сматывание ленты на барабан при помощи простейшего привода.

К достоинствам предлагаемого устройства относится автоматизация создания подстилающего слоя, что позволяет значительно повысить производительность крана.

Таким образом, нами установлено, что дополнительно к основным классификационным признакам обеспечения безопасности кранового оборудования необходимо отнести обеспечение устойчивости на слабонесущих грунтах, которое обеспечивается на:

- запрете работы на слабонесущих грунтах;
- создании несущего слоя грунта за счет его создания уплотнением или подстилающим устройством;
- контролем горизонтирования опорной площадки;
- предотвращение проседания грунта.

Вывод:

Выявленные в работе классификационные признаки обеспечения безопасности крановых конструкций позволили дополнить классификационную таблицу и предложить устройство, обеспечивающее работу самоходного крана на слабонесущих грунтах.

#### Библиографический список

1. Кашина С.Г. Обеспечение безопасности строительно-монтажных работ. Устойчивость грузоподъемных кранов: Методические указания к практическим занятиям / Сост., Д.К. Шарафутдинов. – Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2012. – 39 с.

2. ООО «КУЗНЕЦКАВТОКРАН» [Электронный ресурс]: Приборы безопасности. URL: <http://kuzavtokran.ru/pribory-bezopasnosti> (дата обращения: 11.02.2019).

3. Аварийно-ремонтное средство для работы на слабонесущих грунтах [Текст] : пат. 2468952 Рос. Федерация : МПК7 B62D 5/00 / Муравьев Михаил Иванович, Носков Иван Андреевич. ; заявитель и патентообладатель – ООО «КузнецкАвтоКран».

тель Муравьев Михаил Иванович, Носков Иван Андреевич. - N 2011121558/11; заявл. 30.05.2011; опубл. 10.12.2012, Бюл. N 34

4. Щербаков В.С., Корытов М.С., Григорьев М.Г. Система автоматического выравнивания опорной платформы строительной машины в горизонтальной плоскости. // Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Омск, 2017. – 5 с.

5. Чернов А. В. Предотвращение опрокидывания мобильных грузоподъемных машин с учетом просадки выносных опор при помощи автоматизации системы управления / А. В. Чернов // Лучшие работы студентов и аспирантов технологического факультета: сб. ст. / ТулГУ. – Тула, 2007. - С.223 – 226.

6. Лагереv А.В., Лагереv И.А. Влияние анкеровки выносных опор на устойчивость мобильных транспортно-технологических машин, оснащенных стреловыми манипуляционными системами. // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2018, №2. – С. 152-167.

7. Бычков И.С. Влияние геометрических параметров грунтового якоря на устойчивость самоходного грузоподъемного крана. // Транспортное и строительное машиностроение, СибАДИ, 2017. – Вы (58) – С. 35-37.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ МОЛОТКОВ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ ПРИ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОМ АБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ**

*Жердева Ю.А., магистрантка, Захарова А.Э.  
Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Целью работы является определение триботехнических показателей молотков роторной дробилки по коэффициенту трения, оцененному по механическим свойствам наплавленных металлов и дробимой породы.

Коэффициент трения является важнейшей трибологической характеристикой трущихся конструктивных элементов. Для его определения разработаны различные экспериментальные средства и расчетные методики. Вместе с тем привлекают внимание экспресс-способы оценки этого показателя без проведения трудоемких и длительных экспериментальных испытаний и многофакторных расчетов.

Заслуживает внимания расчетное определение коэффициента трения по относительной твердости трущихся тел. Предлагается формула вида:

$$f = [H_{min}/(H_{min} + H_{max})]^{1+(H_{min}/H_{max})}, \quad (1)$$

где  $H_{min}$ ,  $H_{max}$  – соответственно твердости трущихся тел.



Применительно к работе роторной дробилки  $H_{min}$  - твердость наплавленного металла молотка,  $H_{max}$  - твердость дробимой породы (торф высокой абразивности с микротвердостью кварцевых частиц  $H_{\mu} = 10000$  МПа).

Принимая коэффициент относительной твердости наплавки и абразива  $K_T = H_H/H_a$ , выражение (1) можно записать в форме:

$$f = [1/(1 + 1/K_T)]^{1+K_T}. \quad (2)$$

Для сопоставления принята также зависимость:

$$f = 0,1(2K_T + 1), \quad (3)$$

полученная на примере абразивного изнашивания деталей строительных машин и механического оборудования [1].

Результаты вычислений по (2) и (3) представлены в таблице. 1.

По результатам вычислений (см. табл.) построены зависимости относительной износостойкости молотков ( $\varepsilon$ ) от относительной твердости ( $K_T$ ) наплавки и коэффициента трения (рис 1,2).

Таблица 1

### Триботехнические показатели молотков роторной дробилки

Марка электрода	Твердость наплавки HRC	$K_T$	$f$ по (2)	$f$ по (3)	$\Delta$ , %	$\varepsilon$
ВСН-6	44-47	0,455	0,184	0,191	3,66	0,69
ЦН-16	54-57	0,555	0,201	0,211	5,00	0,88
И-1	36-39	0,375	0,168	0,175	4,00	0,52
И-2	35-37	0,360	0,164	0,172	4,65	0,54
КБХ-45	56-58	0,570	0,204	0,214	4,67	1,56
Х-5	59-64	0,615	0,210	0,223	5,83	2,94
Т-590	55-57	0,560	0,202	0,212	4,72	1,0

Представляет интерес оценка коэффициента трения по микротвердости основы и упрочняющей фазы наплавленных металлов. С этой целью используется формула, учитывающая микротвердости трех соучаствующих в трении и изнашивании тел: основы ( $H_{\mu o}$ ), упрочняющей фазы ( $H_{\mu y}$ ) и абразива ( $H_{\mu a}$ ):

$$f = H_{\mu o} / (H_{\mu o} + H_{\mu y} + H_{\mu a}) \quad (4)$$

По коэффициенту трения определяется парциальный микроизнос:

$$D_a = 0,5[(1 - 2f)/2f], \quad (5)$$

а по нему – трибодформационное упрочнение

$$K_s = (0,618/D_m)^{D_m/D_a} \quad (6)$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.

## Микротвердость и производные трибомеханические показатели молотков

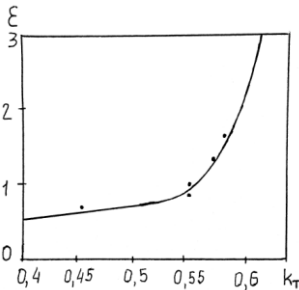
Марка электрода	Микротвердость, МПа		$f$	$\Delta_1, \%$	$\Delta_2, \%$	$D_a$	$K_s$
	основы	упрочняющей фазы					
ВСН-6	4670	7580	0,210	12,4	9,0	0,69	1,363
ЦН-16	5550	7880	0,237	15,2	11,0	0,555	1,301
И-1	4660	4790	0,242	30,6	27,7	0,538	1,284
И-2	4650	4720	0,240	31,7	28,3	0,542	1,288
КБХ-45	9960	14900	0,286	28,7	25,2	0,374	0,978
Х-5	10800	16100	0,290	27,6	23,1	0,362	0,945
Т-590	7480	14220	0,236	14,4	10,2	0,559	1,305

По полученным результатам заключается следующее:

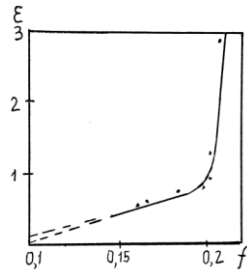
1. Расчеты по (4) дают несколько завышенные значения  $f$ , чем по (2) и (3). Однако табличные значения не противоречат величинам  $f$ , полученным в сходных условиях абразивного изнашивания, например, при изнашивании ножей дорожной фрезы с теми же наплавленными металлами:

- для И-1  $K_s = 1,21$ ; И-2  $K_s = 1,26$ ; КБХ-45  $K_s = 0,882$ ; Х-5  $K_s = 0,85$ ;
- для И-1  $f = 0,239$ ; И-2  $f = 0,269$ ; КБХ-45  $f = 0,243$ ; Х-5  $f = 0,30$ .

Показательно разупрочнение наплавов КБХ-45 и Х-5 в обоих случаях, сходных по характеру ударного абразивного изнашивания.



**Рис. 1.** Зависимость относительной износостойкости молотков от относительной твердости



**Рис. 2.** Зависимость относительной износостойкости молотков от коэффициента трения.

По значениям поверхностного трибодеформационного упрочнения  $K_s$  (см. табл.2) можно также оценить коэффициент трения по апробированной в работе [2] формуле

$$f = 0,309/K_s \quad (7)$$

Получим следующие значения  $f$  (табл. 3)

Значения коэффициента трения по (6)

Марка электрода	ВСН – 6	ЦН – 16	И – 1	И – 2	КБХ – 45	Х – 5	Т – 590
$f$	0,227	0,238	0,241	0,240	$\frac{0,316}{0,302}$	$\frac{0,324}{0,292}$	0,237
$\Delta, \%$	8,0	0,215	0,556	0,00	$\frac{10,5}{5,7}$	$\frac{12,8}{0,69}$	0,331

По результатам таблицы 3 можно заключить, что выражение (7) можно использовать для оценки коэффициента трения, наряду с формулой (4). Расхождение  $\Delta = 0,0 - 12,8 \%$  можно считать незначительным. Большее расхождение характерно для разупрочняющихся наплавов (КБХ-45, Х-5). Примечательно, что значение 0,309 отвечает золотой пропорции [3]:  $0,309 = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 0,618$ .

Для разупрочняющихся металлов приемлемо также выражение (см. табл. 3, знаменатель)

$$f = 0,309 \cdot K_s \quad (8)$$

По парциальному микроизносу  $D_a$  и парциальному микрометаллу  $D_m = 1 - D_a$  можно определить длину кривой опорных линий  $L_\gamma$  (рис. 3) и по ней вычислить коэффициент полезного действия  $\eta$  дробления породы. Рекомендуется следующие зависимости:

$$L_\gamma = 1,4142(D_{max}/D_{min})^{D_a \cdot D_m} \quad (9)$$

где  $D_{max} = D_a$  при  $D_a > D_m$ ,  $D_{min} = D_a$  при  $D_a < D_m$ ;

$$\eta = 1/(1 + L_\gamma) \quad (10)$$

Полученные значения  $L_\gamma$  и  $\eta$  представлены в таблице 4

Таблица 4

Значения кривых опорных линий и КПД дробления

Марка электрода	ВСН-6	ЦН-16	И-1	И-2	КБХ-45	Х-5	Т-590
$L_\gamma$	1,678	1,494	1,469	1,475	1,60	1,611	1,50
$\eta, \%$	37,3	40,1	40,8	40,4	38,5	38,3	40,0

Полученные значения КПД порядка 40% характерны для условий сухого трения, что подтверждается результатами исследований системы «клинового привода». [4]

Общие выводы.

1. Коэффициент трения, как важнейшая трибологическая характеристика, может быть определен по относительной макро- и микротвердости рабочего органа и дробимой породы.

2. По коэффициенту трения определяются парциальные величины микроизноса ( $D_a$ ) и микрометалл ( $D_m$ ), размер кривой опорной линии поверхностей трения ( $L_\gamma$ ) и коэффициент полезного действия ( $\eta$ ) дробления породы.

3. Коэффициент трения может служить исходной величиной для прогнозирования основных триботехнических показателей процессов дробления пород.

#### Библиографический список

1. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. / Московский государственный строительный университет. М.: МГСУ, 2011. 192 с.
2. Густов Ю.И., Воронина И.В., Катанина А.Г. Борodefоrмационный критерий поверхностей трения рабочих органов и сопряжений строительной техники / Новые материалы и технологии в машиностроении. Сборник научных трудов. Выпуск 23. – Брянск, БГПУ, 2016. с. 90-94
3. Коробко В.И. Золотое сечение и проблемы гармонии систем / издательство Ассоциации строительных вузов СНГ. М., 1998. 373 с.
4. Чихос Х. Системный анализ в триботехнике. М.: МИР, 1982., 351 с.

### ГРУЗОЗАХВАТНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

*Зажигин Р.С., студент*

*Научный руководитель – Прусов А.Ю., доц., к.т.н.*

*Ярославский государственный технический университет (ЯГТУ)  
(Российская Федерация)*

Производство и ремонт строительной техники не обходится без перемещения крупных узлов и агрегатов по территории завода или ремонтного цеха. Основными проблемами, связанными с перемещением груза, являются безопасность, скорость строповки и надежная фиксация груза без его повреждений. Существуют универсальные грузозахватные приспособления (ГЗП) для применения в типовых грузоподъемных операциях [1, 2, 3]. Однако их невозможно (или затруднительно) использовать для закрепления грузов со сложной геометрией или смещённым центром тяжести. В связи с этим часто на машиностроительных предприятиях целесообразно разрабатывать узкоспециализированные ГЗП, применяемые на ограниченном количестве типоразмеров грузов. Второй проблемой при строповке подобных грузов является вероятность неправильного закрепления, и, как результат, нарушение технологии выполнения грузоподъемной операции с вероятным возникновением несчастного случая. Это обстоятельство (необходимость

снижения травматизма) вынуждает разрабатывать оборудование, при работе которого оператор находится на расстоянии от потенциально опасной зоны, т.е. оборудование с дистанционными системами управления или с системами автоматического действия при захвате и расстроповке груза.

Обзор существующих конструкций и патентный анализ выявил большое разнообразие ГЗП, объединённых по следующим классификационным признакам: по конструкции - универсальные и специальные; по виду захватываемого груза - ГЗП для штучных, длинномерных, навалочных, контейнерных и других грузов; по степени механизации труда - на ручные, полуавтоматические, автоматические. Автоматические и полуавтоматические ГЗП, в свою очередь, дополнительно подразделяются на ГЗП с механическим, электромеханическим, пневматическим и гидравлическим приводом управления захватами [4, 5, 6].

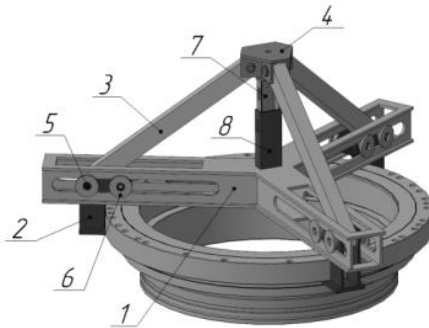
В г.Ярославль на промышленном предприятии по производству гусеничных экскаваторов стоит задача подъема и перемещения опорно-поворотного устройства (ОПУ), установленного на силовой сварной раме.

Обзор существующих конструкций всех типов устройств показал наличие аналогов для решения указанной задачи (рис.1).

Для этого на основе патентного обзора была разработана конструкция ГЗП с автоматическим управлением (рис.2) [7]. Захват состоит из горизонтальной сварной силовой рамы 1, трех подвижных тележек 2, удерживающих груз, рычагов 3, соединяющих тележки с держателем 4 и фиксатора захвата в открытом положении. Рама выполнена сварной конструкцией из листового проката, она имеет внутренние направляющие для перемещения тележек. Каждая тележка смонтирована в раме на двух осях 5. На каждой из осей установлены ролики 6, опирающиеся на направляющие рамы. Наличие двух осей тележки обеспечивает параллельность привалочных плоскостей захвата в любом положении. Тележки соединены с держателем посредством рычагов. На держателе установлена внутренняя направляющая фиксатора 7, которая ходит в корпус 8, установленный на раме. Фиксирующим элементом является звездочка 9, расположенная внутри фиксатора на оси (рис.3).



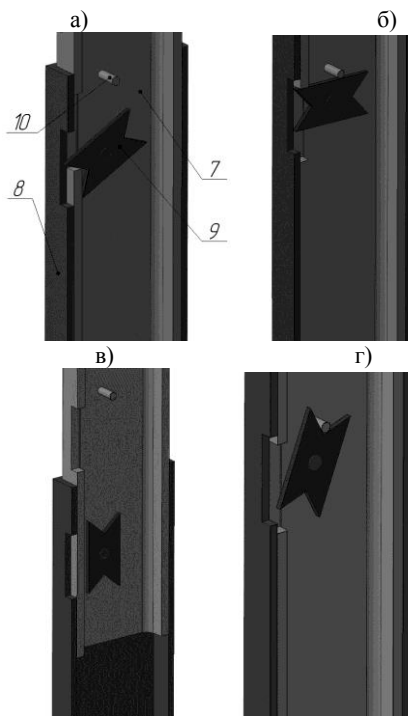
**Рис. 1.** ГЗП для подъёма рамы экскаватора



**Рис. 2.** ГЗП для ОПУ рамы экскаватора

Механизм работает следующим образом. В зафиксированном открытом положении захват, подвешенный к крюку подъёмного механизма, транспортируется по пролету. Звездочка заклинена в прорези внутренней направляющей (рис. 3 а) и на рычаги захватов усилие не передается. При опускании захвата на груз, внутренняя направляющая опускается, упор 10, закрепленный на уровне верхней кромки прорези направляющей, опирается на удлиненную плоскость звездочки (рис.3 б), рама ложится на груз, рычаги захвата опускаются.

Поднимая держатель, кран вместе с тем поднимает внутреннюю направляющую механизма фиксации. Прорезь внешней направляющей, а затем и прорезь внутренней направляющей, нажимая кромками на нижний конец звездочки, поворачивают ее в вертикальное положение (рис.3 в). Захваты перемещаются к центру рамы и надежно крепят груз. После опускания груза на разгрузочную площадку держатель опускается, вместе с ним опускается внутренняя направляющая фиксатора и упором поворачивает звездочку до положения, когда упор останавливается в прорези между зубьями звездочки (рис.3 г).



**Рис. 3.** Механизм фиксации в четырех положениях

Разработанная конструкция ГЗП позволяет без участия человека обеспечить захват и надёжное удержание груза. Это должно привести к сокращению риска несчастных случаев и получения травм рабочими. Так же благодаря фиксирующему механизму снизится время цикла перемещения груза, что приведёт к увеличению производительности.

#### Библиографический список

1. Очерк развития грузозахватных приспособлений для удержания грузов при перемещении Прусов А.Ю., Ивашков Н.И. Подъемно-транспортное дело. 2017. № 6 (91). С. 18-21.
2. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Крановые грузозахватные устройства: Справочник. - М.: Машиностроение, 1982.-304 с., ил
3. Грузозахватные приспособления и тара. (Учеб. пособие)/Ростов н/Д.: Феникс, 2006.-144с.: ил.Хальфин М.Н.,Иванов Б.Ф.,Маслов В.Б.,Козылко А.А.,Папирняк В.П.
4. Грузозахватные устройства с автоматическим и дистанционным управлением.-М.: Стройиздат, 1979.-173 с., ил.

5. Вайнсон А.А., Андреев А.Ф. Специализированные крановые грузо-захваты для штучных штучных грузов. М., «Машиностроение», 1972, 200 стр.

6. Барсов И.П., Абрамович И.И., Альперович А.И. Грузозахватные устройства для строительно-монтажных работ Москва, Гос. Изд-во по строительству и архитектуре, 1957

7. Сайт Института промышленной собственности [Электронный ресурс]. – Меламед С.М., Описание изобретения к авторскому патенту, «Автоматический захват». Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=109523&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=109523&TypeFile=html) , свободный.

## ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ПАКЕТОФОРМИРУЮЩЕЙ ТЕХНИКИ

*Захидли Г.Г., студент*

*Научный руководитель – Маньков В.А., доц., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Пакетоформирующие и пакеторазборные машины предназначены для автоматизации наиболее трудоемких процессов – формирования и разборки пакетов, в цепи комплексно механизированных и автоматизированных погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ со штучными грузами, которые основываются на внедрении пакетных перевозок. Многочисленными исследованиями и накопленным опытом в России и за рубежом доказана высокая технико-экономическая эффективность пакетных перевозок, что объясняет быстрое развитие пакетоформирующей и пакеторазборной техники.

Пакетоформирующие (ПФМ) и пакеторазборные (ПРМ) машины представляют собой новую область подъемно-транспортной техники. Они осуществляют грузоподъемные, транспортные, ориентирующие, уплотняющие и контрольные операции.

Наибольшее распространение получили машины спроектированные на принципе горизонтального формирования, в которых из грузов сначала набирается слой, а затем из этих слоев формируется весь пакет. Машины на принципе вертикального формирования вначале укладывают грузы в стопы, а лишь затем собирают из стоп сам пакет, и поэтому применяются для грузов, опорная поверхность которых имеет выступы. Формирование стоп производится как снизу, так и сверху. Длинномерные изделия (фасонный прокат, прутки и т.п.) ПФМ формируют пучком, а пакетирующими средствами чаще всего являются обвязочные пояса из проволоки или ленты.



Особую группу ПФМ и ПРМ представляют машины в виде манипуляторов или роботов, которые имеют меньшую производительность, но более универсальны.

Выполнение операций рабочими органами этих машин на базе программного математического обеспечения позволяет расширить универсальность машины и максимально использовать модульный принцип в её конструкции. При этом каждая машина данной группы может обеспечивать как формирование, так и разборку пакета, поэтому одна и та же конструкция может применяться и на начальных, и на конечных стадиях технологии переработки грузов в пакетах.

Штучная производительность этих машин зависит от типа исполнения (на портале, тележке, раме и т.п.), их мобильности, рода перерабатываемого груза и количества штучных грузов, перерабатываемых грузозахватным устройством за одну операцию. Так, фирма «Beumer» (Германия) выпускает робота порталного исполнения для пакетирования и разборки пакетов производительностью 500 рабочих циклов/час, который обеспечивает пакетирование, например, с помощью вакуумного захвата канистр весом 30 кг с производительностью 750 шт/час, а с помощью грейферного захвата мешков весом 50 кг – 300 шт/час. Для увеличения зоны обслуживания рука робота выполнена в телескопическом исполнении по горизонтали. Изменение координат укладки грузов при переналадке робота на другой типоразмер груза или изменении схемы формирования производится оператором с пульта робота. Привод робота выполнен электромеханическим, но привод захвата при необходимости может дополняться вакуумной установкой.

Робот «Romeo» представляет собой опорную раму, на полноповоротном круге которой смонтирован вертикальный грузоподъемник. На его каретке установлена одно- или двухсекционная телескопическая рука, снабженная захватом. Робот грузоподъемностью 50 кг имеет 4 степени свободы и обеспечивает точность позиционирования руки робота 0,5 мм. Вращение поворотного круга и захвата производится с угловой скоростью 133 град./с, скорость выдвижения телескопической руки 1,44 м/с при радиусе зоны обслуживания 1,9 м, а её подъема на высоту до 2 м - 1,25 м/с. Ввод данных о типе груза, размерах поддона, параметрах пакета производится оператором с ручного пульта или ЭВМ. Программирование может осуществляться и методом «тич-ин», поэтому расширяется область применения роботов для различных грузов. Робот управляется специальной ЭВМ, которая обеспечивает управление и контроль выполнения всех операций в соответствии с программой, по специальной программе производит выбор схемы формирования и расчет координат укладки каждого груза. Схема формирования может задаваться с обеспечением перевязки стыков, а также необходимых зазоров при неполном использовании площади поддона.

Автоматизированные манипуляторы для пакетирования или расформирования пакета оборудуются программомикроконтроллером, поэтому осуществляют операции только с одним типом груза.

Транс-робот служит для транспортирования пакета и его передачи к соответствующему крану штабелеру. Они оборудованы электроприводами механизма перемещения тележки по рельсам и телескопического стеллажа.

Оптимизация параметров циклограмм пакетформирующих манипуляторов и роботов для пакетирования грузов позволяет значительно уменьшить их энерговооруженность.

#### Библиографический список

1. Ридэль А.Э., Ридель Э.И. Пакетоформирующие и пакеторазборные машины-автоматы.-М.: Машиностроение, 1969. – 112с.
2. Маньков В.А. Оптимизация и расчет исполнительных механизмов пакетформирующих машин. Дисс. ... канд.техн.наук.-М., 1983.- /МИИТ/.
3. А.П. Кривопляс, А.А. Кукибный, А.П. Беспалько и др. Пакетоформирующие машины. - М.: Машиностроение, 1982.-239с.
4. Ридэль А.Э., Маньков В.А. Машины для формирования, крепления и разборки пакетов штучных грузов. Каталог конструкций. -М.: НИИИН-ФОРМТЯЖМАШ, 1975. - 162с.
5. А.К. Пашков, Полярин Ю.Н. Пакетирование и перевозка тарно-штучных грузов, 2000.-255с.
6. Туранов Х.Т., Корнеев М.В. Транспортно-грузовые системы на железнодорожном транспорте, 2008.- 445с.
7. Кривопляс А.П., Кукибный А.А., Беспалько А.П., и др. Пакетоформирующие машины.- М.: Машиностроение, 1982. – 240с.

### **ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА НА АБЗ, КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Измайлов А.С., магистрант*

*Научный руководитель – Доценко А.И., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Ежегодно в России в связи с увеличением объемов дорожно-строительных работ, требуется увеличения каменных материалов, доставка которых связана с большими расстояниями, что в свою очередь ведет к удорожанию процесса приготовления асфальтобетонной смеси.

В настоящее время одним из вариантов снижения стоимости производства асфальтобетонной смеси являются ресурсосберегающие технологии, основанные на переработке старого асфальтобетона.

Регенерация старого асфальтобетона на АБЗ позволяет:

- использовать снятый с дороги старый асфальтобетон;
- широко применять добавки каменных материалов, битума и пластификаторов при регенерации;
- получать готовую смесь заданного качества и укладывать ее на участках дорог с соответствующей интенсивностью движения;
- экономить энергию и материальные ресурсы при устройстве дорожных одежд автомобильных дорог.

Опыт работы по отечественным и зарубежным технологиям по регенерации старого асфальтобетона показывает, что можно производить асфальтобетонную смесь с добавлением до 70% асфальтового гранулята. Так же некоторые производители дорожно-строительной техники утверждают, что возможно добавлять до 100% гранулята.

Для переработки на АБЗ используют старый асфальтобетон, полученный путем холодного фрезерования, либо путем разлома бульдозерами, автогрейдерами или другими машинами (Рис. 1.1).



**Рис. 1.1.** Старый асфальтобетон

В последнем случае кусковой асфальтобетон измельчают в дробильно-сортировочных установках до размеров, не превышающих 40 мм - при приготовлении крупнозернистых смесей (Рис.1.2).



**Рис. 1.2.** Измельченный асфальтобетон

Рассмотрим несколько способов добавление старого асфальтобетона на АБЗ.

1. С добавлением в смеситель.
2. С добавлением в сушильный барабан через срединное кольцо.
3. С добавлением в параллельный сушильный барабан.

У каждой технологии есть ряд своих преимуществ. При добавление асфальтового гранулята непосредственно в смеситель (рис 2.1), смесительная установка не нуждается в сложной и дорогостоящей модернизации, но при таком использовании технологии максимальное количество гранулята не превышает 15-20%.

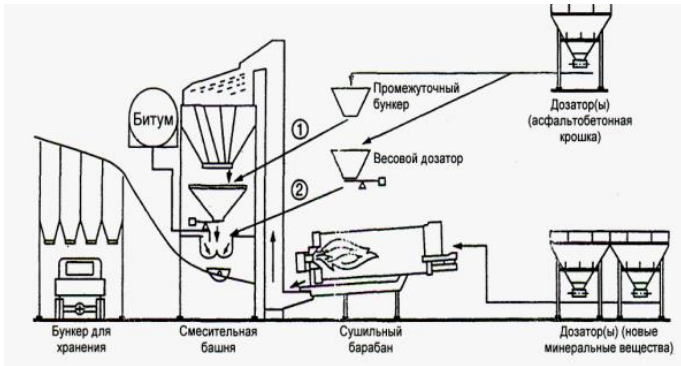


Рис. 2.1. Смесительная установка

Загрузка через срединное кольцо сушильного барабана (Рис2.2) обеспечивает возможность загрузки до 30% асфальтового гранулята, такой вид загрузки обеспечивает защиту от выгорания битума в старом асфальтобетоне, а так же снижения температуры.

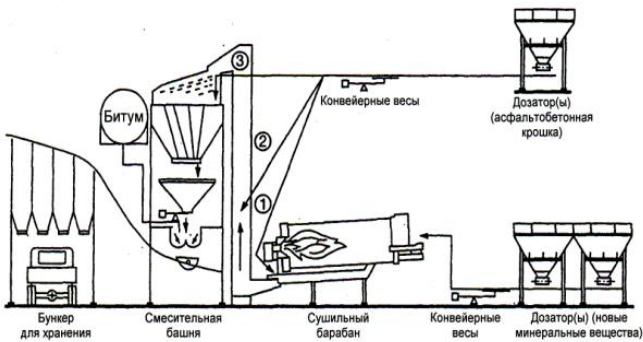
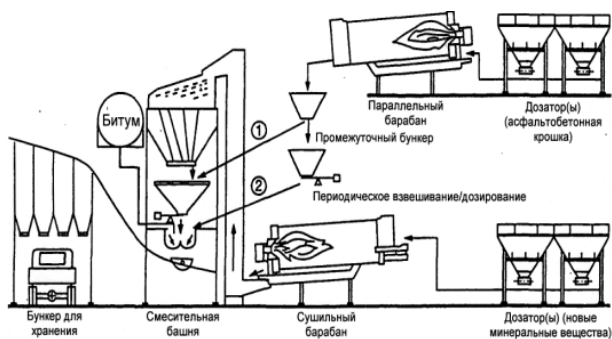


Рис. 2.2. Смесительная установка

Параллельные барабаны используются сегодня во всем мире — они представлены в исполнениях различного размера и с разными уровнями производительности. Эта технология испытана на протяжении десятилетий и непрерывно оптимизировалась производителями машинного оборудования. Применение параллельного барабана позволяет выполнять обработку до 70% асфальтового гранулята. В этом случае первый барабан назначен для нагрева минеральных материалов, а второй — для нагрева старого асфальтобетона. Такая технология предотвращает непосредственный контакт асфальтового гранулята с пламенем и обеспечивают его эффективный нагрев, что позволяет существенно уменьшить энергоемкость технологического процесса. Дозирование асфальтового гранулята осуществляется посредством системы взвешивания, подача в смеситель происходит по выпускному желобу с подогревом и изоляцией (Рис. 2.3).



**Рис. 2.3.** Смесительная установка

В настоящее время на рынке представлено множество технологий для использования старого асфальтобетона в составе новой смеси, за рубежом стремятся к 100% регенерации отработанного асфальта, что существенно снизит себестоимость производства, сэкономят ресурсы и энергию. И выведет строительство автомобильных дорог на новый уровень.

### Библиографический список

1. Лупанов А.П. Переработка асфальтобетона на АБЗ/ А.П. Лупанов.- М.: Эком-информ, 2012.-210с.
2. Лупанов А.П., Силкин В.В., Пашкин В.К. Регенерация старого асфальтобетона на АБЗ. Учебное пособие. М-Иркутск: МАДИ(ГТУ)-ИРДУЦ, 2000.- 27с.
3. Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы: Учебное пособие.

4. Силкин В.В., Лупанов А.П. Ресурсосберегающие технологии на производственных предприятиях дорожного хозяйства: Учебное пособие.- Экон-Информ, 2012.-231с.

5. Гладышев Н.В. Совершенствование технологии приготовления и укладки асфальтобетонных смесей с добавлением гранулята старого асфальтобетона: автореферат

6. А. И. Доценко. Строительные машины // Учебник для ВУЗов. — М.: Стройиздат, 2003.

7. [www.ammann-group.com](http://www.ammann-group.com)

8. BENNINGHOVEN GmbH & Co. KG

## МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО КРАНА

*Ильин В.С., студент*

*Научный руководитель – Редькин А.В., доц., к.т.н.*

*Тульский государственный университет (ТулГУ)  
(Российская Федерация)*

Автоматизация процессов управления грузоподъемными операциями стреловых кранов является сегодня необходимым условием повышения их производительности, безопасности, надежности. Оптимизация рабочего цикла предполагает два направления: оптимизация траектории перемещения и оптимизация скоростного режима приводного гидродвигателя. Большое значение в данном случае имеет учет переходных процессов во время разгона и торможения как с точки зрения возможности возникновения колебаний, так и значительных динамических перегрузок.

Способ и устройство по [1] обеспечивает частичное гашение колебаний и ограничение динамических нагрузок при пуске и торможении, в том числе и при срабатывании системы безопасности, путем контроля инерционных показателей, скоростей, ускорений и создания режима предварительного ограничения перемещений. Управляющее устройство [2] выполнено с возможностью плавного или скачкообразного изменения предельно допустимой величины нагрузки в зависимости от времени, режима или стадии нагружения машины. Способ [3] позволяет задать постоянную в поле грузовых характеристик зону опасной работы крана, внутри которой включается устройство автоматического замедления скорости привода до нуля по достижении нагрузкой постоянной величины. Применение позиционного привода [4] при управлении крановыми операциями позволяет снизить нагрузки на оператора, улучшить показатели качества переходных процессов и тем самым снизить динамические нагрузки. Тем не менее, эти системы, хотя и решают задачи учета динамических явлений и трансформации опорного контура, так или иначе выполняют функции отключения

рабочих приводов и остановки рабочего цикла, что приводит к простоям и снижению производительности.

Предлагаемый способ управления [5] предусматривает следующие действия:

1. По факторам опрокидывающего момента и пространственных ограничений, а также по результату вычисления поправки к расстоянию в зависимости от периода раскачивания груза определяется режим и формируются сигналы предварительного ограничения перемещения.

2. С целью определения моментов отключения и включения приводов механизмов и создания автоматического режима импульсного управления вычисляются инерционные показатели оборудования, фактические значения скоростей и ускорений, зависящие от периода и фазы раскачивания подвешенного груза.

3. Определяются оптимальные значения длины стрелы, высоты подвеса, скорости и ускорения при совершении дальнейшего движения, а затем предоставляются оператору на индикаторной панели.

При превышении текущего значения опрокидывающего момента над допустимым система слежения автоматически плавно снижает скорость, чтобы оператор мог изменить параметры движения – высоту подвеса, скорость и ускорение движения, вылет стрелы. Для данного положения стрелового оборудования система управления автоматически плавно снижает скорость, чтобы оператор изменил параметры движения – высоту подвеса, угол наклона или длину стрелы, ускорение движения. При превышении допустимого опрокидывающего момента движение плавно останавливают, дальнейшее движение оставляют только в рекомендованном режиме.

Для мониторинга устойчивого положения ССК предложен метод определения устойчивости по положению равнодействующей всех сил, действующих на кран (или проекции центра масс), относительно опорного контура ССК [6]. В основе метода лежат следующие положения:

1. Для обеспечения гарантированной устойчивости свободностоящей крановой установки необходимым условием является нахождение внутри опорного контура вертикальной равнодействующей опорных давлений.

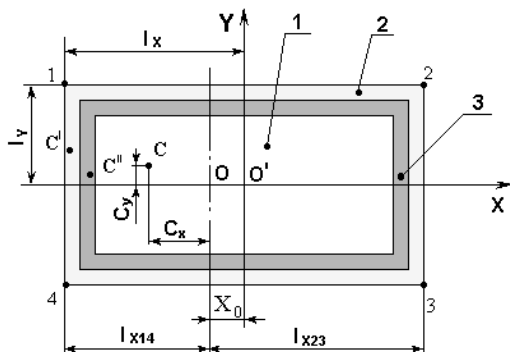
2. В качестве критерия устойчивого состояния крана выступает коэффициент устойчивости, определяемый степенью приближения точки приложения этой равнодействующей к границам опорного контура.

Коэффициент устойчивости крана будем определять отношением размера опорного контура ( $l_x, l_y$  на рис. 1) к расстоянию от точки приложения равнодействующей (или центра масс)  $C$  до наиболее удаленной границы опорного контура

$$k = \frac{2l}{l + b'} \geq 1, 2.$$

Выбрав в качестве контролируемого параметра положение проекции центра масс можно показать, что максимум коэффициента устойчивости ( $k = 2$ ) будет при  $C_x = 0 (C_y = 0)$ , а минимум ( $k = 1, 2$ ) – при

$C_x = (l_x - 0,6l_x)/0,6$ ,  $(C_y = (l_y - 0,6l_y)/0,6)$  (область 1 на рис. 1). Если проекция центра масс  $C$  находится внутри этой области, устойчивое состояние ССК гарантировано. При  $C_x < (l_x - 0,6l_x)/0,6$ ,  $(C_y < (l_y - 0,6l_y)/0,6)$ , т.е.  $k < 1,2$ , проекция центра масс крана попадает в зону опасного снижения устойчивости 2 ( $C'$  на рис. 1) и ситуация считается аварийной. Возникает угроза опрокидывания ССК, для предотвращения которой разработан метод стабилизации крановой установки.



**Рис. 1.** Схема расположения контрольных областей устойчивости:

1 – гарантированная устойчивость; 2 – опасного снижения устойчивости; 3 – контрольная зона

Метод заключается в следующем: если смещение проекции центра масс достигает зоны опасного снижения устойчивости, происходит блокировка всех исполнительных систем и осуществляется перераспределение (слив) некоторого объема рабочей жидкости из поршневых полостей гидроцилиндров, противоположных возможному ребру опрокидывания. Таким образом производится частичная осадка опорного контура в сторону, противоположную приложению нагрузки, и, соответственно, переход проекции центра масс в зону гарантированной устойчивости.

С целью предотвращения аварийных ситуаций дополнительно вводится зона 3 (контрольная). При статических нагрузках коэффициент устойчивости  $k \geq 1,4$ . Таким образом, контрольная зона будет находиться в пределах следующего диапазона координат

$$\frac{l_x - 0,6l_x}{0,6} < C_x < \frac{l_x - 0,7l_x}{0,7}, \quad \frac{l_y - 0,6l_y}{0,6} < C_y < \frac{l_y - 0,7l_y}{0,7}.$$

При попадании проекции центра масс в контрольную зону (положение  $C''$ ) необходимо изменить текущие параметры рабочих операций (снижение скорости перемещения, ограничение вылета стрелы, уменьшение момента на валу двигателя), предотвращая тем самым смещение центра масс в зону опасного снижения устойчивости.



Таким образом, метод мониторинга грузовой устойчивости ССК заключается в периодическом опросе датчиков для определения положения проекции центра масс относительно опорного контура, выявлении направления перемещения проекции центра масс в сторону пределов зоны гарантированной устойчивости, формирование сигналов опасного снижения устойчивости и управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Способ управления устойчивостью мобильных грузоподъемных машин [7] предполагает включение датчиков давления в гидролинии аустригеров, которые предназначены для контроля скоростей изменения давления в полостях гидроцилиндров. Осуществляется вычисление грузового момента и сравнивается с предельно допустимым. В зависимости от текущей информации формируется сигнал управления влияющими на устойчивость параметрами рабочих механизмов крана.

Так как в основе действий способа лежит математическая модель крана, находящаяся в памяти бортового микропроцессора, и может быть изменена в зависимости от типа крана и его индивидуальных особенностей и усложнена при предъявлении более жестких требований и по мере развития исследований, т.е. устойчива к моральному старению.

#### Библиографический список

1. Пат. 2309112 РФ, МПК В66С23/88. Способ управления грузоподъемным краном и устройство для его реализации / Затравкин М.И., Каминский Л.С., Маш Д.И. и др. № 2006106630/11; заявл. 03.03.2006; опубл. 27.10.2007, Бюл. № 30.
2. Пат. 2448037 РФ, МПК В66С23/88. Ограничитель нагрузки грузоподъемной или строительной машины / Коровин В.А., Коровин К.В. № 2010137361/11; заявл. 07.09.2010; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11.
3. Пат. 2500608 РФ, МПК В66С23/90. Способ автоматической защиты автокрана от опрокидывания и перегрузок с управлением скоростями приводов и устрой устройство для его реализации / Мамаев К.М., Лачуев Ш.О., Абдулкеримов С.А. № 2011117772/11; заявл. 03.05.2011; опубл. 3 10.12.2013, Бюл. № 34.
4. Тихонов Ю.Б. Система управления грузоподъемным краном с телескопической стрелой / Подъемно-транспортное дело. 2013. № 4 (74). С. 14-15.
5. Редькин А.В., Сорокин П.А. Управление стреловым краном с учётом дополнительных динамических нагрузок / Автоматизация. Современные технологии. 2014. № 1. С. 19-21.
6. Редькин А.В., Сорокин П.А. Методы обеспечения устойчивости стреловых самоходных кранов при ненормируемых внешних воздействиях / Строительные и дорожные машины. 2016. №9. С. 16-19.
7. Редькин А.В., Сорокин П.А., Ильин В.С. Система контроля грузовой устойчивости мобильных грузоподъемных машин / Строительные и дорожные машины. 2017. №8. С. 16-19.

## БИОМЕХАНИКА ИМИТИРУЕТ ПРИРОДУ

*Исмоилова Г.Х., студентка*

*Научный руководитель – Таджиходжаева М.Р., соискатель*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству  
и эксплуатации автомобильных дорог (ТашИПСЭАД)  
(Узбекистан)*

История биомеханики неразрывно связана с историей техники, физики, биологии и медицины. Многие достижения этих наук определяли развитие учения о движении живых существ. Современную биомеханику нельзя представить без законов механики, открытых Архимедом, Галилеем, Ньютоном, без физиологии Павлова, Сеченова, Анохина, так как и без современных компьютерных технологий[1].

Следует отметить, что в своих естественно-научных трудах «Части движения и перемещение животных», Аристотель заложил основу того, что в дальнейшем, спустя 2300 лет назовут наукой биомеханикой. В своих научных трактатах он свойственной ему мышлением описывает животный мир и закономерности движения животных и человека. Он писал о частях тела, необходимых для перемещения в пространстве (локомоции), о произвольных и непроизвольных движениях, о мотивации движений животных и человека, о сопротивлении окружающей среды, о цикличности ходьбы и бега, о способности живых существ приводить себя в движение...

Развитие в биомеханики получил конструктивный аспект. Это можно объяснить тем, что проблема создания материалов и проектирования конструкций тревожит умы инженеров, начиная с античных времен. К настоящему времени эта проблема оказалась наиболее научно разработанной. Ей посвящены капитальные инженерные дисциплины.

В настоящее время проектировщики решают свои задачи, сводя их, как правило, к обеспечению двух основных требований - надежности и экономичности, что выражается в обеспечении минимальной массы, а соответственно, и стоимости несущих конструкций. Это связано, прежде всего, с тем, что каждый проектируемый объект имеет существенные индивидуальные особенности, в то время как методика проектирования должна быть достаточно общей.

С незапамятных времен люди пытались подражать природе, копировать внешний вид различных организмов и принципы действия их органов при создании машин или устройств.

«Жизненная форма» – одно из основных понятий экологической морфологии. Это единица экологической системы. Правда, предметом изучения экологической морфологии могут быть не только жизненные формы, но и отдельные адаптации организмов к жизни на суше, в воде, почве. Жизненная форма – это приспособительный тип организмов, обладающих внешним сходством. К одной жизненной форме могут быть отнесены орга-

низмы как близкородственные, так и далекие по степени родства, но сходные по облику и поведению.

Рассмотрим применение биомеханика в технике, - которые обязаны бионике появлением как едва ли не самых простых, так и самых сложных механизмов. Большое значение имеют принципы бионики в создании землеройных машин. Богат и разнообразен мир животных, обитающих над и под землей. С помощью недавно изобретенного прибора эклектора удалось подсчитать, что общий вес всех почвенных животных на 1 га лесной земли составляет почти 1 т. Это гораздо больше, чем весят все живущие на этой площади наземные животные, включая крупных зверей и птиц. У некоторых почвенных животных выработались удивительные приспособления, с помощью которых они прокладывают подземные ходы и роют норы.

Признанным землепроходцем является крот и слепушонка. Главным землеройным орудием их являются очень мощные передние конечности. У крота резцы ладони повернуты в стороны и назад, пальцы короткие, с длинными широкими когтями. Действуя ими, как саперными лопатами, крот ежедневно прорывает несколько метров новых ходов. У слепца и слепушонки резцовый аппарат выполняет жизненно важные функции и поэтому в процессе эволюции резцы достигли высокой степени совершенства[2].

Такими же роющими способностями обладают и некоторые млекопитающие, например, африканские трубкозубы и американские броненосцы. Они действуют подобно кроту, когда надо спрятаться от опасности. Настоящей землеройной машиной является дождевой червь. При помощи мышц он сначала суживает передний конец тела и втыкает его в грунт, закрепляясь там специальными зацепками. Затем, сокращаясь в длину, червь становится более толстым и своим телом раздвигает и уплотняет землю. Важную роль при этом играют щетинки, расположенные на поверхности сегментов: они цепляются за стенки хода и не дают телу червя выскользнуть назад.

Морские черви приапулиды используют при рытье грунта, гидравлический способ. Вокруг глотки у этих червей имеется сильный, вооруженный крючьями и шипами вывертывающийся хобот. Укрепившись в грунте, приапулида с силой выбрасывает вперед хобот с шипами и пробивает сначала тонкий ход, затем, раздув хобот поступающей из тела жидкостью, расширяет проход и обжимает землю. Заклинив в грунте хобот, червь подтягивает тело, затем хобот сжимается, чтобы в следующий момент снова начать «бурение».

Идеальным роющим устройством обладает червеобразная ящерица амфисбена. Она роет ходы головой, используя ее как лопату. Уплощенная голова ящерицы протискивается вперед, расталкивает частицы земли, а затем «затылком» с силой прижимает их к «потолку» хода. Обитают амфисбены в почвах различной плотности, поэтому встречаются ящерицы с разными «конструкциями» головы.

## Библиографический список

1. Небел Б. Наука об окружающей среде. М.: Мир, 1993.
2. Густов Ю.И., Шукуров Р. У. “Биомеханическое моделирование в строительной технике ” Строительные материалы и оборудование технологии XXI века Москва, № 12.2007

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРМАТУРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Коваленко А.А., студент*

*Научный руководитель – Дроздов А.Н. доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Традиционно на большинстве строительных площадок в России арматурные каркасы вяжут с помощью вязальных крючков различных видов ценой 100-300 рублей. К их преимуществам следует отнести небольшую массу, простоту использования и невысокую стоимость как самого крючка, так и проволоки к нему. В то же время существенными недостатками такого метода являются очень низкие показатели по скорости и производительности выполнения работ, существенные затраты на содержание рабочих и другие накладные расходы, а также множество отходов («хвостов») и большая скученность людей на одном участке стройплощадки.

В настоящее время практически во всем мире, в том числе и в России, особенно при строительстве по зарубежным технологиям, используется вязка каркасов, обеспечивающая надежное соединение арматуры между собой. Для снижения затрат на труд, сокращения времени на соединения арматуры, а так же для обеспечения прочности этого соединения разработали различные модели ручного автоматического инструменты для вязки арматуры.

Интерскол провел сравнения использования различных способом вязки арматуры.

При ручной вязке арматуры: производительность- 1 узел за 10 секунд, количество узлов за смену -500, цена инструмента 100 рублей, стоимость проволоки на 1000 узлов-220 рублей, стоимость запаса проволоки на 1 смену-110 рублей.

Преимущества: низкая цена инструмента, возможность использования дешевой проволоки, возможность работы в стесненных условиях.

Недостатки: мала производительность, низкая плотность вязания и возможные смещения узлов, нестабильное качество выполняемой вязки.

Механизированная вязка арматуры винтовым крючком: производительность-1 узел за 3 секунды, количество узлов за смену-1000, цена инструмента -500 рублей, стоимость проволоки на 1000 узлов-220 рублей, стоимость запаса проволоки на 1000 узлов-220 рублей, стоимость запаса проволоки на 1 смену-220 рублей.

Преимущества: возможность использования дешевой проволоки, возможность работы в стесненных условиях

Недостатки: низкая плотность вязания и возможные смещения узлов, нестабильное качество выполняемой вязки

Автоматическая вязка арматуры вязальным пистолетом МВ-40/14,4: производительность – 1 узел за 1 секунду, количество узлов за смену-3000, цена инструмента 15000 рублей, стоимость проволоки на 1000 узлов-680 рублей, стоимость запаса проволоки на 1 смену-2040 рублей.

Преимущества: легкость и удобство в эксплуатации, стабильно высокое качество выполняемой вязки, надежность соединений, высокая производительность (1-2 сек на одну стяжку), отсутствие отходов

Недостатки: сравнительно высокая стоимость оборудования и расходных материалов, необходимость обучения работников, возможные проблемы с использованием пистолета в труднодоступных местах.

Вывод: общий эффект от использования вязальных пистолетов “Интерскол” МВ-40/14,4 для арматуры очевиден: производительность труда возрастает до 6 раз, а объем заливки бетона за смену увеличивается как минимум вдвое! По сути, рабочий с вязальным пистолетом может выполнять объем работы сразу шести мастеров, которые вяжут арматуру крючком, что дает шестикратное сокращение расходов на заработную плату!

Технические характеристики машины вязальной ручной аккумуляторной МВ-40/14,4 «Интерскол»

Максимальный диаметр обвязки, мм 40

Время выполнения узла, с 0,8

Диаметр проволоки 0,8 мм

Количество витков в узле 2 или 3

### **Повышение эффективности технологий вязки арматурных каркасов при строительстве монолитных сооружений**

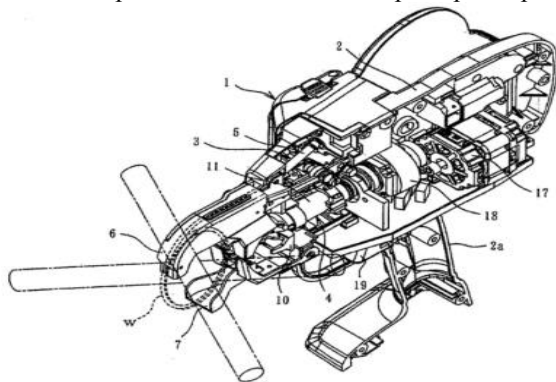
В настоящее время при выполнении арматурных работ в строительстве все шире используется вязка каркасов с помощью вязальных пистолетов. Эта технология крепления арматуры приходит на смену сварочной, требующей большего числа сварочных постов, жестких требований к охране труда и качеству сварки, а так же ручной вязке, выполняемой специальными крючками.

Вязка арматурных стержней – это их соединение в местах перехлеста связующим материалом в виде стальной проволоки, путем ее принудительной подачи и закручивания, обычно тремя витками, с последующим перекусыванием.

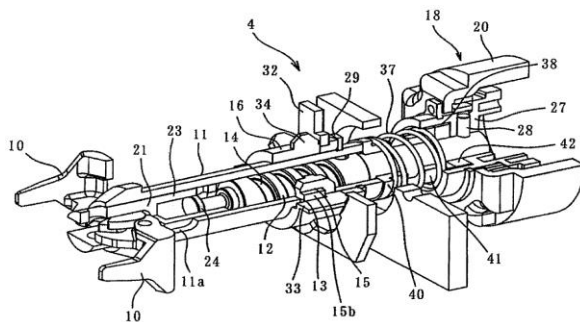
Характеристиками процесса вязки являются постоянство и гарантированное по величине усилие затяжки проволоки. Для реализации механизированной технологии вязки арматурных стержней используются вязальные пистолеты ряда фирм: MAX Co, I.A.M. Co, а так же отечественной фирмой АО “Интерскол”. Она реализуется для арматуры диаметром от 9 до 39 мм. При этом используется не только нержавеющая проволока, но и обожженная, в том числе и электрогальваническим и полиэстерным покрытием, диаметром от 0,8 до 1,0 мм. Все они имеют электрический привод и выполняются в аккумуляторном исполнении, что обеспечивает высокую степень маневренности оператора. Используют в основном Li-ion, время зарядки аккумулятора которых составляет 25 минут. В приводе машины используется планетарный редуктор и шариковинтовая передача. Инструментом являются крючок и нож.

Непрерывность процесса монтажа обеспечивается наличием в комплекте поставки сменного аккумулятора и зарядного устройства.

Расширенные технологические возможности реализуются за счет наличия сменных насадок под различные диаметры стержней и сменных катушек, а так же для ряда моделей удлинителя, позволяющего оператору работать не нагибаясь. Привод машины включает также планетарный редуктор, винтовую передачу с реверсивным механизмом движением гайки, обеспечивающим возвратно-поступательное движение главной гильзы, размыкающей и замыкающей инструмент-крюка, выполненный в виде рейферного захвата. При движении гильзы вперед крюки размыкаются.



**Рис. 1.** Изображает вид в перспективе внутренней части корпуса машины для обвязки арматурных прутков по иллюстративному варианту настоящего изобретения



**Рис. 2.** Вид в перспективе части механизма для скручивания проволоки в сечении

### Библиографический список

1. Густов Ю. И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. М.: МГСУ, 2011, 192 с.
2. Дроздов А. Н. Ручные машины для строительно-монтажных работ. – М, МГСУ, 1999
3. Дроздов А. Н. Основы теории, выбора и эффективной эксплуатации строительных машин. Часть 2. – М, МГСУ, 2005
4. Дроздов А. Н. Основы устройства и эффективной эксплуатации строительных машин. – М, МГСУ, 2010
5. Доценко А. И. Строительные машины / А. И. Доценко, В. Г. Дронов. – М.: ИНФРА-М, 2012.
6. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства – М.: АСВ 2005.
7. Оценка эффективности дорожных машин как инструмент технического аудита / Г. В. Кустарёв; К. П. Мандровский; Я. И. Тюрин. Механизация строительства №5 2015 с. 18-23

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАЛЬНЫХ ДИСКОВ ПРИ ТРЕНИИ ПО ТЕКСТОЛИТУ ФРИКЦИОННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ

*Кокнаев Д.И., студент*

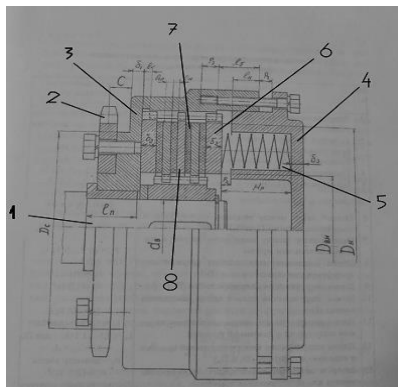
*Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Узлы трения различных строительных машин и оборудования характеризуются обычно коэффициентами трения качения или скольжения [1,2,3]. Другие важные триботехнические показатели не указываются из-за трудности их экспериментального определения.

Цель данной работы состоит в аналитическом определении принципиальных характеристик трения по известному коэффициенту трения, что представляет теоретический и практический интерес.

Объектом исследования является фрикционная предохраняющая дисковая муфта при трении закаленной стали по текстолиту с коэффициентом трения 0,15-0,2 (рис.1)-[1].



**Рис. 1.** Муфта дисковая фрикционная предохранительная D4:

1 – вал; 2 – ведущая звездочка; 3 – ведомая полумуфта; 4 – нажимное кольцо муфты; 5 – пружина; 6 – нажимное кольцо; 6 – накладка; 7 – диск

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определение парциальных величин микроизноса и микрометалла поверхности трения стальных дисков.
2. Оценка трибодеструкционного упрочнения поверхности трения и продуктов износа.
3. Расчет фрикционных температур поверхности и продуктов износа.



4. Расчетное определение КПД трущихся пар.
5. Аналитическое моделирование трения посредством аппроксимирующих функций.
6. Построение кривой опорной линии в нормализованной системе координат “относительная опорная линия – относительное сближение”.
7. Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей.

#### Методика исследования

1. По заданному коэффициенту трения ( $f=0.2$ ) методом подбора определяется парциальный микроизнос  $D_a$  и микрометалл поверхности  $D_m$ [4]:

$$f = (1 - D_a)^{1/D_a}, D_m = 1 - D_a. \quad (1)$$

2. Степень трибодеструкционного упрочнения (или разупрочнения) поверхности трения  $K_s$  и продуктов износа  $K_a$  оцениваются по зависимостям:

$$K_s = (0.618/D_m)^{D_m/D_a}, \quad (2)$$

$$K_a = K_s(K_s^{0.5} + (K_s - 1)^{0.5}). \quad (3)$$

3. Фрикционные температуры поверхности  $T_s$  и продуктов износа  $T_a$  рассчитываются по формулам:

$$T_s = T_0 + \Delta T_s = T_0 + \ln K_s/\alpha, \quad (4)$$

$$T_a = T_0 + \Delta T_a = T_0 + \ln K_a/\alpha, \quad (5)$$

где  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  - условная температура окружающей среды;  $\Delta T_s, \Delta T_a$  - приращение температур;  $\alpha = 2.15 \cdot 10^{-3}, 1/^\circ\text{C}$  - среднее значение температурного коэффициента для сталей и сплавов[5].

4. Коэффициент полезного действия пары трения определяется по выражению[6,7]:

$$\eta = 1/(1 + (1 + f)^2). \quad (6)$$

5. Для аналитического моделирования трения предлагаются аппроксимирующие функции вида:

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m} / (1 + D_a - \varepsilon)^{1-\varepsilon}, \quad (7)$$

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m}, \quad (8)$$

где  $t_p$  – относительная опорная линия,  $\varepsilon$  – относительное сближение.

#### Результаты исследования

Согласно методике исследования, получены следующие расчетные триботехнические показатели (таблица 1).

Таблица 1

#### Исходные расчетные значения триботехнических показателей пар трения

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,2	0,647	1,36	2,39	122	385	40,9

Используя аппроксимирующую функцию (7), строим нормализованную систему  $t_p - \varepsilon$  (рисунок 2). Методом парных медиан определены центры тяжести  $C_a$  и  $C_m$  парциальных величин микроизноса  $D_a$  и микрометалла  $D_m$  соответственно. Линия, соединяющая центры тяжести – бицентроида  $L_\beta$  – пересекается с гипсограммой  $L_\gamma$  в полюсе Р. Таким образом, аппроксимирующая функция (7) позволяет смоделировать систему фрикционного контакта дисков путем установления характерных величин: координат центров тяжести микроизноса  $\varepsilon_a, t_a$ ; микрометалла  $\varepsilon_m, t_m$ ; полюса  $\varepsilon_p, t_{pp}$ , моделирующие форму кривой опорной линии (поверхности). В таблице 2 представлены аппроксимирующие значение  $t_p$  по функции (7).

Таблица 2

Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (7)

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.0032	0.0114	0.0467	0.106	0.1919	0.304	0.439	0.591	0.748	0.8923	1

Смоделированная система координат  $t_p - \varepsilon$  позволяет воспроизвести триботехнические показатели, которые были получены на основании (1)-(6) по заданному коэффициенту трения.

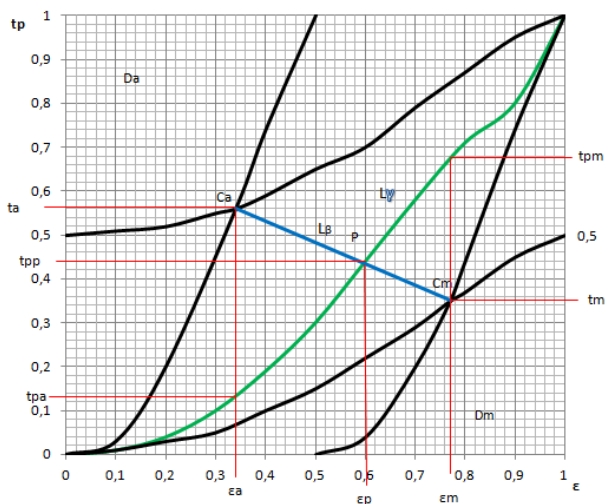


Рис. 2. Нормализованная система  $t_p - \varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (7))

Полученная система характеризуется следующими триботехническими показателями (таблица 3).

**Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(7)**

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.215	0,604	1,34	2,33	123	372	40,4

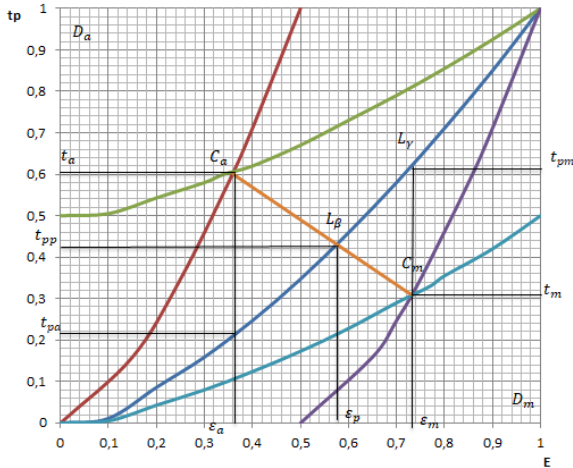
Далее строим нормализованную систему  $t_p - \varepsilon$  по второй аппроксимирующей функции (8) таким же образом, как строили первую. В таблице 4 представлены аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8).

Таблица 4

**Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8)**

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.011	0.03	0.086	0.159	0.247	0.347	0.459	0.58	0.711	0.85	1

Смоделируем систему координат  $t_p - \varepsilon$  по функции (8)- рисунок 3.



**Рис. 3.** Нормализованная система  $t_p - \varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (8))

Аналогично воспроизводим триботехнические показатели по (8) аппроксимирующей функции (таблица 5).

Таблица 5

### Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(8)

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,224	0,58	1,32	2,27	129	381	40

Сопоставление расчетных и аппроксимированных показателей приведено в таблице 6.

Таблица 6

### Исходные (а) и аппроксимированные (б, с) триботехнические показатели стальных дисков предохранительной муфты

Показатели	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
$a$	0,647	1,36	2,39	142	405	40,9
$\bar{b}$	0,604	1,34	2,33	143	392	40,4
$\Delta_{a-\bar{b}}, \%$	7,1	1,64	2,6	0,7	3,3	1,2
$c$	0,58	1,32	2,27	129	381	40
$\Delta_{a-c}, \%$	10,3	2,9	5	9,1	5,9	2,2

На основании проведенных исследований формулируются следующие основные выводы.

#### Выводы

1. Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей свидетельствует о вполне удовлетворительном их совпадении. Предложенные аппроксимирующие функции могут быть использованы в инженерных расчетах.

2. Расчеты по альтернативным аппроксимирующим функциям показали подобные механизмы вязкого разрушения материалов.

3. Предлагаемая методика аналитического моделирования и расчетного определения триботехнических показателей по известному коэффициенту трения применима для теоретического и практического использования.

#### Библиографический список

1. Абрамов В. М., Мещерин В. Н. “Проектирование предохранительных фрикционных муфт”: учебное пособие (Московский Государственный Строительный Университет), 2009г -65 стр.
2. Густов Ю. И., Юшков А. А. Уравнения параметров шероховатых поверхностей трения сталей строительной техники (журнал “Механизация строительства”, 2016г, №11, стр. 2-6.
3. Густов Ю. И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. /Моск гос. Строит. Ун-т.-М.:МГСУ,2011.-192с.
4. Густов Ю. И., Воронина И. В., Орехов А. А. “Методология исследования триботехнических показателей строительной техники. Механизация строительства” – 2011, №8, с. 10-12.

5. Бабичев А. П., Бабушкина Н. А., Братковский А. М. и др. “Физические величины” справочник: Энергомиздат, 1991-1232с.
6. Густов Ю.И., Слётов С.Ю. Исследование микротопографии и триботехнических показателей поверхностей трения канатоведущих шкивов лифтов (журнал «Подъемно-транспортное дело», 2018, №5, стр. 2-4.
7. Густов Д. Ю., Густов Ю. И., Юшков А.А. Механизмы абразивного изнашивания и коэффициенты полезного действия трибосистем строительной техники // Механизация строительства.- 2016. -№9.- С. 50-54.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕПЛЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

*Колесник Д.А., Курганский А.Е., студенты*  
*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Снизить энергоемкость и материалоемкость, а так же повысить экологичность и качество строительства автомобильных дорог, все это является основными современными задачами дорожного строительства. Например, после вступления Российской Федерации во Всемирную Торговую Организацию в 2012 году постоянно возрастает нагрузка на дорожную сеть всей страны, при этом необходимо повышать конкурентоспособность относительно зарубежных стран при росте спроса на транспортно-логистические услуги.



**Рис. 1.** Задымленность и выбросы горячей (слева) и теплой асфальтобетонной смеси

Самым используемым покрытием на большинстве автомобильных дорог, аэродромов и городских улицах являются асфальтобетонные покрытия с расчетной 12-15 летней службой. К сожалению, такое качество подобных покрытий редко достигается в отечественной практике, и уже через 3-4 года после строительства они требуют капитального ремонта [5]. Таким образом, необходимо внедрение новых способов создания асфальтобетонных смесей, отвечающих требованиям к количеству выпускаемой продукции, при этом снижая трудоемкость, энергоемкость и материалоемкость процесса.

Дорожное строительство требует огромного количества строительных материалов, а самым уязвимым компонентом асфальтобетона является битум. Так как получение необходимых в строительстве остродефицитных органических вяжущих вызывает особые трудности у строительных организаций. Из-за быстрого остывания асфальтобетонных смесей, возникает проблема их уплотнения в процессе Применения теплого асфальтобетона, который сохраняя необходимые качества горячих асфальтобетонных смесей, может уплотняться при более низких температурах, является одним из вариантов решения данной проблемы, при этом одним из самых перспективных на сегодня.

Технология приготовления теплого асфальтобетона основана на временном понижении вязкости битума, технологическим аспектом приготовления таких смесей является смешивание вспененного битума с минеральными материалами.

Битум переходит в относительно устойчивую тонкодисперсную гетерогенную систему благодаря эффекту вспенивания. Сам вспененный битум состоит из вяжущего, воздуха, воды или пара, и поверхностно - активных веществ (ПАВ), дополнительно вводимых в него для снижения вязкости и упрощения процесса перемешивания. Как следствие, более равномерное распределение битума по поверхности минеральных материалов.

Рост цен на битум для асфальтобетонных смесей в 30 - е годы XX века стал причиной появления и применения технологии вспенивания битума[3]. Впервые в США была разработана технология, основанная на добавление воды в разогретый битум, что увеличивало его объем в 15 - 20 раз.

Технология получила широкое распространение в США и Австралии в 50 - 60е годах XX века. Основной целью вспенивания являлось создание высокой подвижности асфальтобетонной смеси и хорошо развитой поверхности контакта между вяжущим и минеральным материалом [4].

ГОСТ 9128 - 2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия» [1] не дает определения понятию «теплая асфальтобетонная смесь». Данный термин определен только в ОДМ 218.2.042 - 2014, как рационально подобранная смесь минеральных материалов с вспененным битумом, производимая при температуре от 120°C до 150°C. Термин «вспененный битум» определяется, как вяжущее получаемое путем впрыскивания воды в битум, разогретый до температуры от 130°C до 160°C, непосредственно в момент ввода битумного вяжущего в камеру смешения асфальтобетонной смеси [2].

Смеси, применяемые в дорожном строительстве, в состав которых входит битум называются также органоминеральными. Они классифицируются по основным признакам

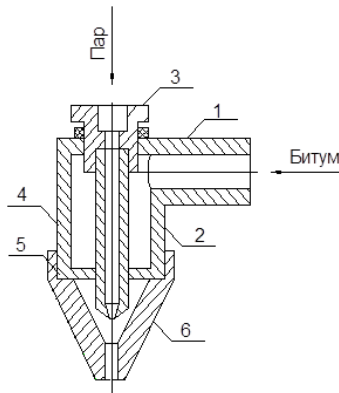
- наличие в составе воды;
- преобладающему типу минерального материала или типу вяжущего;
- области применения или структуре материала [8].

Органоминеральные смеси содержащие в своем составе воду делят на два типа:

1. смеси на увлажненных минеральных материалах;
2. эмульсионно - минеральные.

В смесях на увлажненных минеральных материалах вода предназначена для увлажнения минеральных материалов. Возможность формирования увлажненной смеси, являющейся в данном случае органоминеральной на вспененном битуме, дает вода, в количестве, немного превышающем значение оптимальной влажности используемых минеральных материалов.

Одним из применяемых способов вспенивания битума, является вспенивание паром, поэтому исследования направлены на совершенствование самого процесса вспенивания.



**Рис. 2.** Распыляющее устройство:

1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – пробка; 4 – трубопровод; 5 – кольцо; 6 – наконечник

Одним из вариантов является техническое решение “Патент РФ 2502760” со следующими поставленными задачами:

- предоставление способа, при осуществлении которого выделяется меньшее количество дымов и неприятных запахов за счет снижения выбросов пыли;
- за счет снижения потребления энергии и снижения выбросов диоксида углерода и оксидов азота, улучшение рабочей зоны персонала и нанесение меньшего ущерба окружающей среде;
- обеспечение получения асфальтобетонной смеси, более легкой в обработке, как в отношении получения, так и в отношении укладки.

Решение этих задач существенно повлияет на сложившуюся ситуацию в дорожном строительстве, так как они отражают актуальность проблем современности [6].

На данный момент существует несколько, принципиально отличающихся способами подачи воды (пара) к вязущему, вариантов вспенивания битума.

При применении двухступенчатого дозирования, сначала в смесь добавляется и перемешивается жидкий битум, затем подается вязкий битум, вспененный водой при температуре 150 - 160°C [9].

При использовании пятиступенчатого дозирования сначала подается инертный материал, нагретый до 120°C без мелкой фракции, и горячий битум, затем подается мокрый песок. Вода в песке, при соприкосновении с горячим битумом, вспенивает его. Происходит выравнивание температуры до 80°C, в следствии песок обволакивается более эффективно.

Еще один вариант связан с применением современных технических средств дозирования. Вспенивающая рампа врезается в битумопровод асфальтобетонного завода и присоединяется устройство для подачи воды. Также необходима система управления, точно дозирующая воду под давлением 70 бар.

Существует технология производства теплых асфальтобетонных смесей с использованием вязких битумов и влажного минерального заполнителя, добавляемого в смесь на асфальтобетонном заводе [10-12].

Также разработано оборудование для производства вспененного, обеспечивающее получение однородной мелкодисперсной пены. В процессе смешения пен позволяет достичь высокой степени однородности смеси, предотвращает засорение пористого элемента, а также становится возможным дозирование малых количеств вспенивающей жидкости.

Это устройство в виде центробежной форсунки рекомендуется использовать на асфальтобетонных заводах непрерывного действия, так как оно характеризуется длительным переходным режимом для получения смеси определенного качества [7].

Изготовление смесей в нижнем диапазоне горячих асфальтобетонов обеспечивает улучшение условий труда работников и экологичность производства, сокращает расходы предприятий дорожного строительства на энергоресурсы, увеличивает время и расстояние транспортировки асфальтобетонных смесей.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 9128 - 2013. Смесей асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия – Взамен ГОСТ 9128 - 2009; введ. 2014 - 01 - 10. – М.: Стандартинформ, 2014 – 89 с.

2. ОДМ 218.2.042 - 2014 Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации. Теплые асфальтобетонные смеси. Рекомендации по применению. [Текст]. – Введен 2014 - 30 - 04. – М.: Росавтодор, 2013. – 20 с.



3. Баринов Е.Н. Применение вспененных битумов в дорожном строительстве. Обзорная информация. М.: ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. Вып. 1. 36 с.

4. Першин М.Н., Баринов Е.Н., Корневский Г.В. Вспененные битумы в дорожном строительстве. - М.: Транспорт, 1989. - 80 с.

5. Першин М.Н., Платонов А.П., Баринов Е.Н., Габитов Н.Н. Ресурсосберегающие технологии приготовления асфальтобетонных смесей с использованием нетрадиционных методов активации битумов / СПб.: Астрель. 1995, 204 с.

6. Пат. 2502760 Российская Федерация МПК С 08 L 95 / 00, С09 D 195 / 00, Е 01 С 19 / 10. Способ получения асфальтобетонной смеси / Р. Лундберг; заявитель и патентообладатель НСС Роудс АБ. - №2011102024 / 05, заявл. 02.07.2009; опубл. 27.12.2013, Бюл. №36. - 13 с.

7. Пат. 2534800 Российская Федерация МПК В 28 С 5 / 38, В 01 F 5 / 00. Устройство для вспенивания битума / В.М. Готовцев, В.Д. Сухов, А.Н. Румянцев; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославский государственный технический университет». - № 2013121219 / 05, заявл. 07.05.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34. - 6 с.

8. Горельшева. Л.А. Органоминеральные смеси в дорожном строительстве. Обзорная информация // Автомобильные дороги. 2000. №3

9. Хвоинский А. Инновации пробивают путь // Транспортная стратегия XXI век. №25, 2014. С. 38 - 39.

10. Шабуров С.С., Кибирев В.Ю. Технология производства теплой асфальтобетонной смеси на вязком битуме // Вестник ТГАСУ 2016. №1. С. 173 - 179.

11. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.

12. Ядыкина В.В., Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Тагарифуллин Р.Р. Использование отхода обогащения магнититовых кварцитов в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонных смесей. В сборнике: Научно-технические технологии и инновации. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. С. 129-133.

## ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОСТОВЫМ КРАНОМ

*Кондратова А.В., студент*

*Научный руководитель – Мишин А.В., доц., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская федерация)*

С целью обеспечения высокого качества управления мостовыми кранами и визуализации процессов, протекающих при его эксплуатации, предлагается использовать SCADA-систему, позволяющую осуществить процесс сбора информации в режиме реального времени о техническом состоянии мостового крана.

Для эффективного функционирования SCADA-система должна обеспечивать высокий уровень сетевого сервиса с поддержкой стандартных сетевых сред (Industrial Ethernet), протоколов (Netbios, TCP/IP) и обеспечивать поддержку сетевых промышленных интерфейсов (RS-485 и др.) [1].

В работе рассматривается следующая схема взаимодействия элементов:

- программируемый логический контроллер реализует управление частотными преобразователями механизмов на основе сигналов машиниста и датчиков с учетом защитных и блокировочных функций [2, 3];

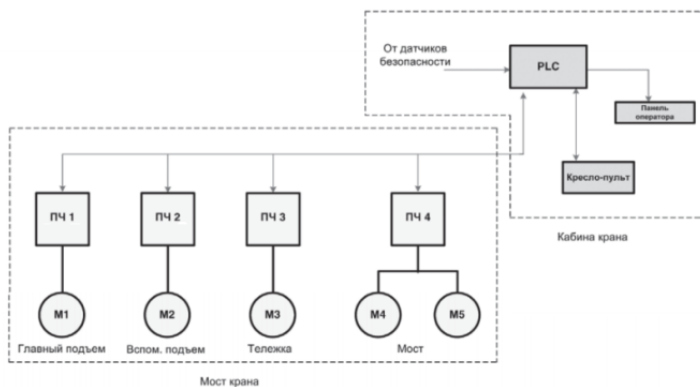
- SCADA-система позволяет опрашивать адресаты и вносить изменения в уставки приводов для повышения эффективности работы мостового крана.

Структуру управления мостовым краном (рис.1) можно разделить на два уровня [4]:

Нижний уровень (контроллерный) – включает преобразователи для приводов, электродвигатели, датчики, исполнительные устройства, устройства и приборы безопасности крана.

Верхний уровень (диспетчерский) – включает панели управления и персональный компьютер с программным обеспечением SCADA-системы.

Уровни соединены при помощи программируемого логического контроллера (ПЛК), обрабатывающего и передающего информацию с нижнего уровня на верхний [5].



**Рис. 1.** Структурная схема системы

К ПЛК подключены сигналы органов управления кресла-пульты машиниста панели оператора по интерфейсу RS-485, так как этот интерфейс позволяет подключить несколько приемников и передатчиков [6,7].

#### Библиографический список

1. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри / М.: Изд. «РТСофт», 2004. - 176 с.
2. Приводы машин. Справочник / Под ред. Длоугого В.В. — Л.: Машиностроение, 1982. — 383 с.
3. Приказ Ростехнадзора "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" от 12.11.2013 N 533.
4. А.А. Мезенцев, В.М. Павлов, К.И. Байструков Техническое и программное обеспечение лабораторного комплекса «Организация пультов управления современных АСУ ТП» / Изд. Томского политехнического университета, 2011, 119 с.
5. Иванов И. А. SCADA-система XXI века /Автоматизация в промышленности / Изд.: Издательский дом "ИнфоАвтоматизация" (Москва) № 4, 2007 Стр.: 49-51
6. Методика разработки систем управления на базе SCADA системы TRACE MODE: Учебно–методическое пособие / РХТУ им. Д. И. Менделеева, Новомосковский ин-т. Новомосковск, 2007.–112 с.
7. Бойко В.И. и др. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры / СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 464 с: ил.

## ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-ПРИЛОЖЕНИЯ В УПРАВЛЕНИИ МОСТОВЫМ КРАНОМ

*Кондратова А.В., студент*

*Научный руководитель – Мишин А.В., доц., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская федерация)*

На сегодняшний день для постоянного контроля в режиме реального времени и для своевременных реакций на предаварийные и аварийные ситуации транспортно-технологических машин получили широкое применение SCADA-системы [1].

SCADA (от англ. Supervisory Control And Data Acquisition) – программный пакет предназначенный для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления [2].

SCADA-система имеет в своем составе базу данных реального времени и подсистему архивирования данных. Блок управления SCADA-системы собирает данные с устройств (контроллеры, датчики) и сохраняет их в базе данных для последующего анализа [3].

Цель работы – модернизация системы управления мостового крана на основе применения SCADA-приложения. Особенностью разработки SCADA-системы является интерфейс, который позволяет диспетчеру удаленно получать информацию о техническом состоянии мостового крана.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обзор существующих систем управления мостовыми кранами и SCADA-систем;
- выбор и обоснование контролируемых параметров технического состояния мостового крана;
- разработка структурной схемы модернизированной системы управления;
- разработка прикладного программного обеспечения SCADA-системы;
- интеграция SCADA-системы в электрическую схему мостового крана.

Преимущества использования SCADA-системы при управлении мостового крана: дистанционный контроль технического состояния мостового крана; автоматическая обработка и фильтрация полученных данных о техническом состоянии мостового крана, дистанционное внесение корректировок в параметры приводов, распознавание предаварийных и аварийных ситуаций с информированием диспетчера, графическое представление полученных данных на мониторе и автоматическое формирование отчетности о работе и техническом состоянии мостового крана [4].

Диспетчер SCADA-системы имеет контроль над параметрами мостового крана через протоколы связи.

Диспетчер при помощи программного симулятора SCADA-системы активирует определенные входы программируемого логического контроллера (ПЛК), в то время как приложение получает информацию о выходных состояниях ПЛК и представляет их графически. Процесс реализуется через интерфейсную плату, которая связывается с персональным компьютером и контролирует/считывает порты ввода/вывода ПЛК.

Система управления мостовым краном стандартно реализует следующие функции [5, 6]:

- управление скоростью передвижения механизмов крана по командам машиниста;
- обработка сигналов срабатывания конечных выключателей;
- аварийное отключение с размыканием главного контактора;
- отключение механизма подъема при срабатывании ограничителя грузоподъемности;
- управление тормозами механизмов крана;
- удержание груза при нулевой частоте вращения ротора электродвигателя механизма подъема;
- выравнивание нагрузки между электродвигателями механизма передвижения моста крана;
- измерение веса груза;
- подъем пустого грузозахватного устройства с повышенной скоростью;
- выбор слабины каната.

Центральным устройством в системе является ПЛК, в котором реализуются алгоритмы и логика работы мостового крана. Сигналы управления от органов управления кресла-пульта машиниста, конечных выключателей, датчиков собираются при помощи модулей распределенного ввода/вывода и обрабатываются по программе. На основе этого ПЛК выдает управляющие сигналы на преобразователи частоты, питающие электродвигатели механизмов крана. Связь преобразователей частоты с ПЛК осуществляется по промышленной сети (Modbus, Profibus, CANopen и др.) или посредством дискретных и аналоговых сигналов[7].

Объединение ПЛК, датчиков, кресла-пульта машиниста при помощи каналов связи с ПО SCADA-системы позволит автоматизировано управлять и контролировать характеристики мостового крана.

#### Библиографический список

1. Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. / Синенко SCADA-системы: взгляд изнутри / - М.: Издательство «РТСофт», 2004. - 176 с:

2. Секретарь-референт. 2018.: [Электронный ресурс]. URL [https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA#Основные\\_задачи,\\_решаемые\\_SCADA-системами](https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA#Основные_задачи,_решаемые_SCADA-системами): (Дата обращения: 18.02.2019).

3. Методика разработки систем управления на базе SCADA системы TRACE MODE: Учебно–методическое пособие / РХТУ им. Д. И. Менделеева, Новомосковский ин-т. Новомосковск, 2007.–112 с.

4. Кипрушенков Р. О. / SCADA-системы в меняющемся мире: рекомендации по оценке критериев выбора. М: Автоматизация в промышленности, Изд.: "ИнфоАвтоматизация" №4 2007 44-47 с.

5. Парницкий А.Б., Шабашов А.П. Мостовые краны общего назначения М.: Машгиз - 1961.

6. Справочник по кранам. Т.1. / Под ред. М.М. Гохберга. - Л.: Машиностроение, 1988. – 536 с.

7. Бойко В.И. и др. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры / СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 464 с: ил.

## МОБИЛЬНЫЙ САМОМОНТИРУЮЩИЙСЯ ПУТЕУКЛАДЧИК

*Крылов В.В., Лебедева А.О., студенты  
Научный руководитель – Мишин А.В., доц., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская федерация)*

Актуальность темы заключается в повышении сменной производительности бригады по укладке пути железнодорожными войсками Российской Федерации за счет уменьшения времени на перевод из транспортного в рабочее положение путеукладчика.

На текущий момент укладка пути производится при помощи тракторного порталного путеукладчика ПБ-3М. Недостатком данного способа является длительный процесс перебазировки и сборки ПБ-3М. Тракторный путеукладчик передвигается своим ходом со скоростью не более 6,5 км/ч, процесс сборки путеукладчика занимает 6 часов и требует наличие крана.

Цель – разработка конструкции самомонтирующегося путеукладчика.

Новизна заключается в использовании конструктивных решений (портал, колесный ход) путеукладчика для укладки пути бригадами железнодорожных войск Российской Федерации.

Предлагаемый самомонтирующийся путеукладчик не требует грузоподъемной техники и будет приводиться в рабочее положение не более чем за 30 минут. Возрастает коэффициент использования машины по времени, следовательно, увеличивается производительность.

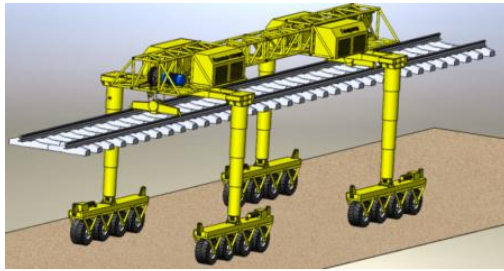
Конструкция путеукладчика (Рис. 1,2) представляет портал, состоящий из двух секций фермы, соединенных с помощью гидравлических замков (две проушины, соединенные штоком гидроцилиндра в качестве пальца).

Секция состоит из телескопической фермы, опирающийся на вертикальные телескопические стойки через телескопическую балку. Вертикальные стойки соединены с колесными тележками пальцевым соединением. Колесная тележка состоит из рамы, на которой закреплены мотор-колеса с шинами низкого давления. Все мотор-колеса синхронно вращаются вокруг своих вертикальных осей. Конструкция позволяет передвигаться машине самостоятельно: прямолинейно, боком, крабом, разворачиваться на месте, передвигаться в кривых. Увеличивается сцепной вес, так как все колеса приводные. Благодаря телескопическим элементам в конструкции машина может изменять такие свои параметры как: высоту, ширину (колею), длину (базу).

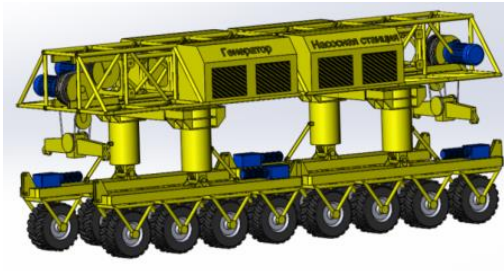
На ферме 1-й секции установлено: грузовая лебедка, дизель-генератор, топливный бак, шкаф с электрооборудованием. На ферме 2-й секции установлено: грузовая лебедка, тяговая лебедка, насосная станция, гидробак, шкаф с гидрооборудованием.

Гидравлические и электрические линии секции соединяются с помощью быстроразъемных соединений. Это позволяет быстро разъединять секции в сложенном состоянии и транспортировать машину как два полуприцепа (Рис. 3.). В сложенном положении машина транспортируется по автомобильным дорогам общего пользования без специального разрешения, т.к. вписывается в габарит ПДД. При транспортировании на железнодорожной платформе 13-4085 (13-401) машина вписывается в габарит 1-Т. В сложенном состоянии путеукладчик самостоятельно заезжает и съезжает с платформ с применением аппарелей.

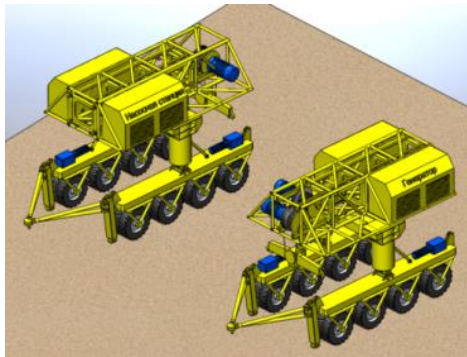
Буксировка машины, как полуприцепа, возможна с помощью специального устройства для транспортировки. Оно состоит из шкворня, тяг, двух электро-винтовых домкратов, пальцевого соединения. Перевод путеукладчика из рабочего состояния в транспортное осуществляется следующим образом. Складываются телескопические элементы и машина принимает сложенное положение, затем устанавливаются дополнительные тяги, жестко фиксирующие вертикальную стойку с колесной тележкой, после этого секции портала разъединяют и 1-я секция отъезжает вперед. Устройство для транспортировки устанавливают на секцию и фиксируют пальцем через нижнюю проушину, потом производят подъем части секции с помощью выдвижения штоков домкратов до того момента как произойдет совпадение верхних проушин, затем вставляют палец. Седелный тягач подъезжает к секции, производится соединение, после чего штоки домкратов втягиваются. Машина готова к транспортировке.



**Рис. 1.** Путьекладчик в рабочем положении



**Рис. 2.** Путьекладчик в сложенном положении



**Рис. 3.** Транспортное положение (полуприцеп)

#### Библиографический список

1. Соломонов С.А., Попович М.В. Путьевые машины: Учебник. – М.: Транспорт, 2000. 756 с.
2. Соломонов С.А., Хабаров В.П., Малицкий Л.Я., Нуждин Н.М. Машины и механизмы для путевого хозяйства: Учебник для техникумов. – М.: Транспорт, 1978. 389 с.



3. Н. Конарев Железнодорожный транспорт: Энциклопедия..— М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. 559 с
4. Сайт АО «192 ЦЗЖТ» [Электронный ресурс]. – Брянск, АО «192 Центральный завод железнодорожной техники», – Режим доступа: <http://www.z192.ru/>, свободный
5. Попович М.В., Бугаенко В.М., Волковойной Б.Г. Путевые машины: Учебник. - М.: Желдориздат, 2009. 820с.
6. Министерство обороны СССР Тракторный путеукладчик ПБ-3М.// Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. М.: Военное издательство МО СССР, 1967. 298 с
7. Подымов Л.М. Учебник сержанта железнодорожных войск М.: Военное издательство МО СССР, 1963. 450 с.

## **АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ**

*Кузнецов Ф.А., аспирант*

*Научный руководитель – Сладкова Л.А., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Потеря устойчивости кранов ведет не только к нарушению их работоспособности, но и к такому явлению как опрокидывание. Это приводит к разрушению крана, повреждению близлежащих объектов и травматизму или гибели людей. Одной из основных причин опрокидывания башенных кранов является действие ветровой нагрузки. В мае 2017 года в Москве [1] в результате действия урагана (скорость порывов ветра достигала 25 м/с) произошло опрокидывание башенного крана и в городе Химки [2], в результате один человек погиб, один пострадал.

Безопасность погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых башенными кранами, зависит от надежности их металлоконструкций, которая закладывается на всех этапах жизненного цикла машины: проектирования, изготовления и эксплуатации. Причем львиная доля отказов, в том числе, и потеря устойчивости, происходят за счет неправильно выбранной, неучтенной или выбранной с допущениями нагрузки на башенный кран на этапе проектирования. Хотя, с другой стороны все выполненные расчеты строго регламентированы расчетными документами (РД), составленными на основании ГОСТ 1451-77 [3].

На наш взгляд особое внимание необходимо обратить действие ветровой нагрузки на кран [3] (см. табл. 1). За ветровую нагрузку в *нерабочем* состоянии принимается предельная ветровая нагрузка, на которую должны быть рассчитаны элементы крана, а в *рабочем* – предельная ветровая

нагрузка, при которой обеспечивается эксплуатация крана с номинальным грузом.

Таблица 1

**Перечень элементов крана, при расчете которых учитывается ветровая нагрузка**

<b>Состояние крана</b>	
<b>Рабочее</b>	<b>Нерабочее</b>
металлические конструкции; механизмы: - поворота и передвижения крана и тележки, - изменения вылета стрелы, оси и валы ходовых колес; противоугонные устройства; собственная устойчивость крана.	металлические конструкции; механизмы: - поворота и передвижения крана и тележки, - изменения вылета стрелы, тормоза; мощность двигателя; собственная и грузовая устойчивость крана.

Учет ветровой нагрузки учитывается в статическом и динамическом режимах нагружения. В первом случае учитывается динамическое давление ветра по высоте, коэффициент аэродинамической силы, зависящий от формы профилей элементов конструкций и перегрузка крана. Причем динамическое давление ветра связано с плотностью воздуха и квадратом его скорости. Динамическую составляющую ветровой нагрузки на строительные башенные краны следует определять по ГОСТ 13994-75, в остальных случаях - по нормам проектирования кранов данного типа [3].

Тем не менее ГОСТом не предусмотрен метод расчета крановых конструкций на действие штормового ветра, который в связи с глобальным потеплением стал неотъемлемой частью почти во всех регионах России.

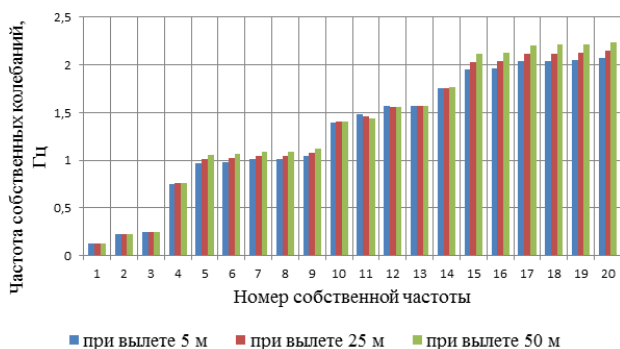
Известно [5, 6, 7], что устойчивость определяется грузовой характеристикой крана, которая имеет три зоны:

- устойчивости – такое сочетание вылета стрелы и грузоподъемности, при которых коэффициент запаса устойчивости принимает значение больше 1,15 и соответствует безопасной эксплуатации крана;
- опрокидывание, когда эксплуатация крана невозможна и, коэффициент запаса устойчивости принимает значение меньше минимально допустимого значения;
- граница устойчивости, т.е. граница между областями безопасной и небезопасной эксплуатацией.

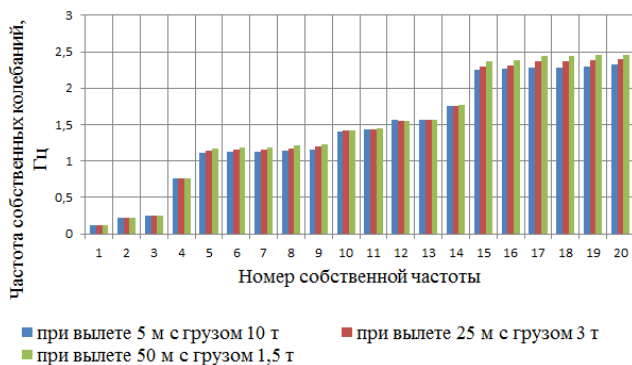
Автор [4] предлагает проводить расчет крановых конструкций с учетом кинетической энергии движущегося воздуха (скоростного напора), который определяет наибольшее возможное давление в движущемся с некоторой скоростью воздушном потоке в точках, где скорость обращается в нуль. Это позволяет определять положения стрелы крана в зависимости от направления ветра, при котором опасность опрокидывания их самая боль-

шая. Здесь на совсем понятна практическая значимость проводимых исследований. По всей вероятности автор хочет предложить машинисту башенного крана ставить кран на подветренную сторону для обеспечения безопасной работы.

Авторами [8] предлагается проводить расчет крановых конструкций с учетом ветровой нагрузки, предполагая случайный характер ее воздействия. Они рассматривают ветер как динамически изменяющийся фактор, вызывающий колебания в кране. Здесь считается, что разрушение или опрокидывание башенного крана происходит из-за возрастающей амплитуды вынужденных колебаний, так как они содержат частоты близкие или совпадающие с собственными частотами башенного крана, т.е. конструкция крана подвержена разрушению из-за явления резонанса. Проведенные авторами расчеты собственных частот металлоконструкции башенного крана КБ-415 в программном комплексе ANSYS позволили построить их спектры. (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Определение собственных частот крана при разных вылетах стрелы (без груза)



**Рис. 2.** Определение собственных частот крана при разных вылетах стрелы и максимально возможной массе груза на данном вылете

Проведенные исследования позволили установить, что возможны случаи попадания частот пульсаций ветра в области резонансных собственных частот металлоконструкции башенного крана, которые увеличивают возможность опрокидывания или разрушения башенного крана. Теоретически было установлено, что при определённом соотношении массы груза и массы металлоконструкции, можно изменять собственные частоты путём изменения вылета грузовой тележки.

Несомненно, эти исследования являются значимыми при расчете крановых конструкций на ветровую нагрузку.

Нами предлагается проводить расчет крановых конструкций с учетом одновременного воздействия ветровой нагрузки на металлоконструкции стрелы и башни. Такой учет нагрузки позволит оценить изгибные и крутильные колебания, возникающие в металлоконструкции башенного крана. Кроме этого не стоит пренебрегать и продольными колебаниями, возникающими при подъеме-опускании груза. При проведении этих расчетов расчетные схемы стрелы и башни будем рассматривать как континуальную систему, в которой возникает колебательный процесс.

Выводы:

1. Преобладающими внешними нагрузками, действующими на башенные краны, являются ветровые порывистые воздействия.

2. Воздействие ветровой нагрузки на башенные краны считают статическим, а динамическая составляющая ветровой нагрузки учитывается введением коэффициента динамичности для учёта возможных пульсаций скорости ветра.

3. Проведенный анализ методов расчета крановых металлоконструкций позволил определить научную задачу исследований, а именно расчет металлоконструкций на совместное действие продольных, изгибных и крутильных колебаний.

#### Библиографический список

1. «РосБизнесКонсалтинг» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/592c32ef9a7947f4be523f12> (дата обращения: 22.05.2018)

2. «РИА Новости» [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/incidents/20170905/1501778907.html> (дата обращения: 22.05.2018)

3. ГОСТ 1451-77 Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 24 марта 1977 г. № 719. - Москва, 1977.

4. Тарасова Т.В. Исследование устойчивости башенных кранов при воздействии ветровых нагрузок // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/06/68604> (дата обращения: 07.02.2019).

5. РД 22-166-86. Руководящий нормативный документ. Краны башенные строительные. Нормы расчета. – 1987. – С. 40.
6. Справочник по кранам: В 2т. Т.1. Характеристика материалов и нагрузок. Основы расчета кранов. Их приводов и металлических конструкций/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др. Под общ. ред. М.М. Гохберга. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. – 2001. –С. 536.
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов: ПБ 10-382-00 с имз. от 28.10.2008 М.: Госгортехнадзор России: изд-во «Деан». – 2009. – С. 272.
8. Мишин, А.В. Система контроля устойчивости башенных кранов от опрокидывания / А.В. Мишин, П.А. Сорокин // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 7. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Ч. 2. 412 с. с. 325-332

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПИТАТЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ТВЁРДОГО ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОГО МАТЕРИАЛА**

*Кузьмин А.В., Серов И.Н., студенты  
Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

В силу географических и климатических особенности России, качественная техника для зимнего содержания дорог, пешеходных зон, аэропортов и прочей инфраструктуры является необходимой, так как это вопрос транспортной безопасности и здоровья населения. Для распределения противогололёдного материала (ПГМ) используются специальное оборудование, преимущественно иностранной разработки, т.к. отечественное часто не отвечает современным требованиям к таким распределителям [1, 7]. Одна из основных причин этого – недостаточная изученность зарубежного опыта, анализ которого представлен в данной работе.

Питатель распределителя ПГМ – это транспортёр, обеспечивающий равномерную и регулируемую доставку ПГМ из хранилища (бункера) к разбрасывателю. Питатель должен соответствовать следующим требованиям:

- 1) надёжность при продолжительной работе с агрессивным материалом (хлориды натрия и кальция);
- 2) надёжность при работе с материалом плохого качества (например, плохо просеянный песок);
- 3) равномерность подачи материала (опционально: регулируемая в зависимости от метеоусловий и скорости движения автомобиля, интенсивности дорожного движения на конкретном участке);

4) минимизация сводообразования в бункере и гарантированность захвата ПГМ.



**Рис. 1.** Пример состояния пластинчатой цепи конвейера, несколько месяцев проработавшей с песко-соляной смесью

Несмотря на оригинальность и прогрессивность конструкции питателя с ненагруженной конвейерной лентой и дозирующими валами [2, 3], наиболее перспективными и всё чаще встречающимся решением можно назвать цепной транспортёр [4], который представляет собой скребковый конвейер шириной до 720 мм, что позволяет увеличить угол наклона стенок бункера, тем самым увеличивая его объём и практически исключая сводообразование [1]. Основной проблемой цепных конвейеров является большое количество пар трения в условиях агрессивной среды и полного отсутствия смазки. Однако зарубежные производители отказались от втулочных пластинчатых втулочных цепей в пользу цепей с большими зазорами между элементами, исключая забивание ПГМ между элементами цепи.



**Рис. 2.** Пример решений от зарубежных производителей: скребковый транспортёр с двумя круглозвенными цепями Rasco, Хорватия (слева) и скребковый транспортёр с двумя цепями особой конструкции Bucher Municipal, Швейцария (справа)

#### Библиографический список

1. Зенков Р. Л. и др. Машины непрерывного транспорта. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1987.
2. Epoke A/S URL: <https://viewer.ipaper.io/epoke/sirius-combi-ast/dk/sirius-combi-astdk/?page=2> (дата обращения: 21.12.2018).

3. Saltdogg SHPE6000 electric poly hopper spreader with auger // Buyers URL: [https://pimimages.buyersproducts.com/-products/Documents/3026672\\_C.pdf](https://pimimages.buyersproducts.com/-products/Documents/3026672_C.pdf) (дата обращения: 22.12.2018).
4. Saltdogg 6-16 cubic yard hydraulic conveyor chain spreader // Buyers URL: [https://pimimages.buyersproducts.com/products/Documents/3015514\\_a.pdf](https://pimimages.buyersproducts.com/products/Documents/3015514_a.pdf) (дата обращения: 22.12.2018).
5. De-icing and anti-icing equipment // Rasco URL: [https://rasco.hr/wp-content/uploads/EN\\_De-icing\\_and\\_anti-icing\\_equipment.pdf](https://rasco.hr/wp-content/uploads/EN_De-icing_and_anti-icing_equipment.pdf) (дата обращения: 23.12.2018).
6. AM5000-9000 Automatic Spreaders // Arctic Machine URL: [http://www.arcticmachine.com/application/files/9614/7141/7554/AM\\_5000\\_9000\\_EN.pdf](http://www.arcticmachine.com/application/files/9614/7141/7554/AM_5000_9000_EN.pdf) (дата обращения: 23.12.2018).
7. Белоцерковский Г.М., Карякин С.Б. Распределитель сыпучих противогололедных материалов: пат. RU2391461C1 РФ. 2009.

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ГАСИТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ (АНАЛИЗ)

*Лавлинская Н.С., аспирант*

*Научный руководитель – Сладкова Л.А., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (ПУТ) – МИИТ  
(Российская Федерация)*

В тележечном и кузовном подвешивании даже современного подвижного состава до сих пор применяются цилиндрические пружины, которые, как показала практика, имеют существенный недостаток – почти полное отсутствие сил сопротивления, необходимых для уменьшения или ограничения величины амплитуд колебаний кузова и тележек. Для устранения этого недостатка в конструкции подвешивания современного подвижного состава устанавливаются гасители колебаний, которые классифицируются по механизму рассеяния энергии, расположению, конструктивным и силовым характеристикам [1, 2, 3, 4, 5]. В результате применения гасителей ограничиваются амплитуды колебаний локомотива (вагона) и его динамическая нагруженность, снижаются износы и повреждаемость ходовых частей, повышаются плавность хода и безопасность движения, снижаются затраты на ремонт и техническое обслуживание.

По механизму рассеяния энергии гасители, применяемые в вагоностроении, делятся (см. рис. 1):

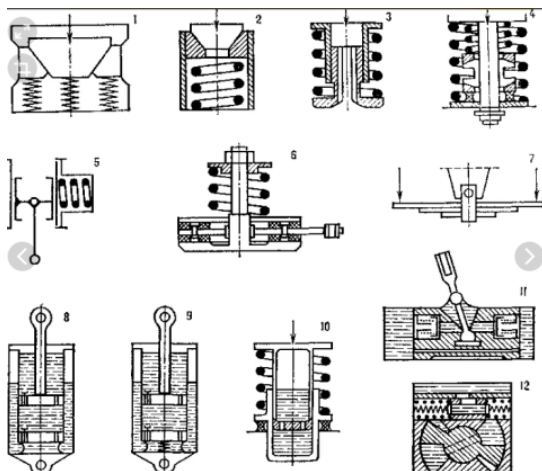
- на фрикционные (сопротивление создается механическими силами трения, которые бывают постоянными или переменными по величине и зависят от величины относительных перемещений отдельных деталей и узлов подвешивания вагона);

- гидравлические (сопротивление создается за счет сил вязкого трения при перетекании через дроссельные каналы из одной полости в другую, гасит колебания).

К техническим характеристикам гидравлических гасителей колебаний относятся их конструктивные, силовые и геометрические параметры, обеспечивающие нормативные ходовые качества подвижного состава.

По виду силовым параметрам гасители бывают с постоянной и переменной силами трения, которые изменяются по линейной, квадратичной или регулируемой характеристиками.

Гасители колебаний располагаются вертикально и наклонно между буксой и рамой тележки или между надрессорной балкой и рамой тележки. Любое расположение гасителей колебаний позволяет устранить подпрыгивание и галопирование рамы тележки, наклонное расположение позволяет устранить боковое смещение рамы тележки и виляние кузова. Наклонное расположение между рамой тележки и кузовом позволяет гасить пространственные перемещения кузова.



**Рис. 1.** Типы гасителей колебаний:

1...7 – фрикционные; 8...12 – гидравлические

По конструкции и силовому воздействию гидравлические гасители колебаний бывают:

- телескопические, которые обладают автономностью, лёгкостью установки в рессорном подвешивании, простотой изготовления и ремонта, но плохо герметичны, что ведет к утечке гидравлической жидкости;

- рычажные, имеющие хорошую герметизацию цилиндров, возможность различной установки системы рычагов. К недостаткам следует отнести наличие изнашивающихся шарниров, слабое гашение колебаний с небольшой амплитудой, трудоёмкость монтажа, большую массу;



- крыльчатые имеют возможности такие же, как и у рычажных, но имеют ограниченный угол смещения рычага, наличие изнашивающихся шарниров и рычажной передачи, большая масса

Силовая характеристика демпфера [6] создаётся на основе требований к ходовым качествам подвижного состава путём подбора вязкости жидкости, размеров дроссельных отверстий и выбора клапанной системы. Сила сопротивления гасителя в этом случае зависит от вязкости жидкости, размеров дроссельных отверстий и пропорциональна скорости перемещения поршня.

Большинство гидравлических гасителей колебаний, применяемых в железнодорожном подвижном составе, имеют телескопическую поршневую конструкцию с дросселями, обратными впускными и предохранительными клапанами.

Принципы работы гидрогасителей зависят от их конструкции и делится на 3 типа:

- принцип обтекания (при движении поршневого штока в направлении растяжения или сжатия поток масла обратными клапанами направляется одинаково в зоне поршня и дна цилиндра);

- двухтрубный принцип (при сжатии масло вытесняется демпфирующим клапаном сжатия в уравнительную камеру, а при растяжении золотник создает амортизацию, возвращая объем масла, соответствующий выдвигаемому поршневому штоку);

- гидродемпфер с неразъёмным поршневым штоком (работает по принципу равнонаправленного цилиндра, т.е. масло течет исключительно через золотниковые клапаны: (ступень сжатия)/(ступень растяжения).

От варианта исполнения клапанных систем гидравлического гасителя зависит силовая характеристика. При лепестковом клапане (упругая кольцевая пластина) скорость гашения происходит пропорционально усилию. При пружинном клапане усилия гашения ограничены.

Работоспособность гидрогасителей определяется процессами наполнения полостей цилиндра рабочей жидкостью и ее дросселирования через калибровочные отверстия [7]. Качество процесса наполнения характеризуется:

- снижением сопротивлений трению жидкости и местных сопротивлений потока на перепускных участках от рекуперативной до поршневых полостей;

- наличием уровня жидкости в гасителе, перекрывающего нижний впускной клапан при заправке максимального объема масла;

- мерами удаления воздуха из полостей высокого давления: расположение дросселей в наивысших точках полостей, ограждение взбалтывания и вспенивания жидкости и пр.;

- обеспечение максимума перепускного сечения и минимума инертности впускного клапана;

- ограничение скорости поршня от высокочастотных составляющих упругим включением, установкой гасителя в кузовную ступень подвешивания и пр.;
- ограничение вязкости жидкости, особенно при низких температурах окружающей среды, полагая вязкостно-температурная зависимость.

#### Библиографический список

1. Железнодорожный транспорт. Вагоны. Гасители колебаний <http://vse-lekcii.ru/>
2. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона. – М.: Транспорт, 1991. – 360 с.
3. Соколов М.М., Варава В.И., Левит Г.М. Гасители колебаний подвижного состава : Справочник. – М.: Транспорт, 1985. – 216 с.
4. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.
5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.
6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.
7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 12 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Лагунова О.С., магистрант*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Актуальность работы определяется ее направленностью на решение научной проблемы разработки комплексной системы научных положений эффективного использования парков машин дорожно-строительных организаций.

Большинство технологических процессов может быть выполнено различными машинами, отличающимися друг от друга, как принципом работы, так и техническими параметрами. Кроме того, некоторые технологические процессы являются альтернативными друг для друга, что может изменить количество машин, принимаемое к рассмотрению при оптимизации строительных работ.

Эксплуатационные параметры каждой машины в процессе ее старения изменяются по определенным законам, и это должно учитываться в процессе оптимизации, что в практике строительства обычно не делается в силу отсутствия таких данных. Эти изменения вызваны различными факторами, к главным из которых следует отнести наработку, условия производственной эксплуатации, объем и периодичность обслуживающих и ремонтных воздействий.

Каждая дорожно-строительная организация выполняет работы, которые отличаются друг от друга как по виду (строительство земляного полотна, строительство дорожного основания из щебня, строительство асфальтобетонного покрытия и т.п.), так и по объёму. Для выполнения этих работ формируются специализированные комплекты машин (СКМ), отличающиеся друг от друга, как типами машин, так и их производительностью. Система машин, включающая в себя все СКМ, образует парк машин.

Парк машин – это совокупность машин для выполнения производственной программы предприятия, которые могут отличаться своим функциональным назначением, типоразмером, формой и степенью технологической взаимосвязи.

Необходимость выделения парка машин из общей структуры предприятия определяется следующими положениями. Во-первых, парк машин в дорожно-строительных организациях как часть основных производственных фондов имеет весьма большой удельный вес в структуре предприятия. Во-вторых, эту часть можно легко выделить, что облегчает дальнейшее рассмотрение с точки зрения эффективного использования. В-третьих, парк машин является наиболее динамичной частью овеществленного капитала предприятия, поскольку постоянно изменяется местонахождение машин,

входящих в парк, их концентрация, срок службы, технологические требования, предъявляемые к машинам, и так далее.

Кроме того, именно средства механизации парка выполняют совместно с рабочей силой основные функции предприятия, а значит, и оказывают значительное влияние на конечный результат его работы. Качественный и количественный состав парка машин (ПМ) определяет темпы строительства, стоимость производства работ, качество выполняемых работ и в конечном итоге долговечность автомобильных дорог.

#### Библиографический список

1. Краснов О.Г. «Повышение эффективности глубокой очистки балласта железнодорожного пути совершенствованием щебнеочистительных устройств», г. Санкт-Петербург, 2002 – 160 с.

2. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий» «Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД»

3. Большат Л.А, Пупатенко В.В. «Механизированные и механизированные путеремонтные комплексы», г. Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2012 – 60 с.

4. Динамика электроподвижного состава : Конспект лекций по дисц. «Подвижной состав» [Текст]: рекомендовано методсоветом ВУЗа / А.Н. Савоськин, Л.В. Винник, А.И. Поляков, Е.В. Сердобинцев; Ред. А.Н. Савоськин; МИИТ. Каф. «Электрическая тяга». – М., МИИТ, 2002. – 7 с.

5. Саидов И.З., Хромова Г.А. О методике проведения лабораторной работы «Изучение конструкции и оценка работоспособности гидравлических гасителей колебаний»./ В сб. трудов науч.-методич. конф. магистратуры, Ташкент, ТашИИТ, 20 ноября 2010 г. – С. 89-92.

6. Отчёт о научно-исследовательской работе «Выбор параметров упругих и диссипативных связей и расчёт на ЕВМ прочности рамы тележки вагона метрополитена» -М.: ВНИИЖТ, 1990. – 128 с.

7. ГОСТ 33749-2016. Демпферы гидравлические железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия. - Введ. 2017-01-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 12 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА С ПРИБЛИЖЕННЫМИ ДИСКАМИ

*Лысенко Т.И., Русинкевич В.А., ст. преподаватели;*

*Мясников П.М., студент*

*Научный руководитель – Кондратьев А.В., проф., д.т.н.*

*Тверской государственной технической университет (ТвГТУ)  
(Российская федерация)*

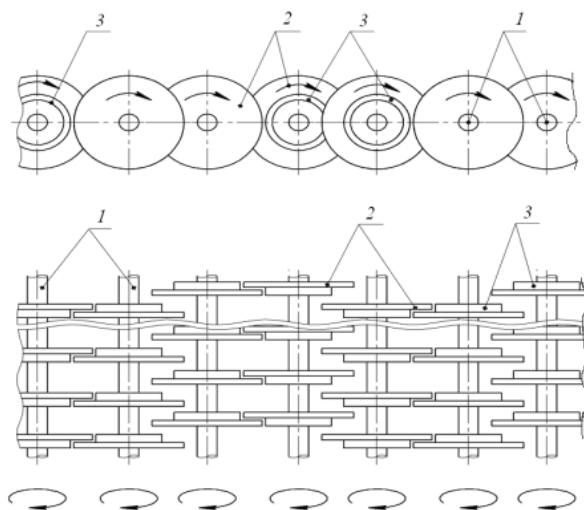
Конструкция ротационного сепаратора с приближенными дисками, представляет собой ряд параллельных валов с размещенными на них перекрывающимися дисками, причем диски соседних валов максимально приближены своими боковыми поверхностями к друг другу и напротив торца каждого диска с зазором к последнему установлена ступица, закрепленная на боковой поверхности смежного диска соседнего вала [1-3].

Необходимость применения ротационного сепаратора с приближенными дисками продиктована сложностью разделительного процесса многокомпонентных смесей, содержащих, например, твердые, волокнистые и мелкие липкие включения. Так при выделении из пахотного слоя сельскохозяйственных полей каменных материалов, последние необходимо очистить от почвенных комков и растительных остатков. При этом сепаратор с приближенными дисками в силу своих конструктивных особенностей способен осуществлять разделительный процесс без налипания почвы на боковые поверхности дисков, одновременно предотвращая накручивание волокнистой растительности на валы и исключая заклинивание твердых включений.

Проведенные экспериментальные исследования на стенде ротационного сепаратора с приближенными дисками позволили обосновать рациональные параметры, обеспечивающие эффективную его работу [4,5]. Отделение от камней нетехнологических включений (частицы почвы и растительные остатки) было предложено реализовывать на желобообразном устройстве выполненном из валов с приближенными дисками [6]. Желобообразное расположение поверхности сита и размещение над ним подвижных фартуков обеспечивало трехпоточное движение разделяемых компонентов смеси, когда камни двигались вдоль валов желоба до их выгрузки, частицы почвы просеивались в отверстиях сита, а растительные остатки поднимались по стороне желоба и сбрасывались дисками верхних валов. Для обеспечения надежного транспортирования камней по поверхности сепаратора нижняя кромка каждого фартука имела волнообразную линию, контуры которой выполнены по дугам окружностей, концентричных с окружностями диаметров дисков валов желоба [7].

Однако анализ работы сепаратора показал его основной недостаток – забивание мелкими камнями промежутка между ступицей диска и боковой поверхностью соседнего диска одного вала. С увеличением количества за-

ствявших твердых включений в данных промежутках площадь просеивающих отверстий сита будет сокращаться, а значит и интенсивность просеивания почвы уменьшится. Для устранения указанного недостатка была предложена усовершенствованная конструкция ротационного сепаратора с приближенными дисками, представленная на рисунке [8].



**Рис. 1.** Схема ротационного сепаратора

Ротационный сепаратор состоит из ряда параллельных валов 1 с закрепленными на них перекрывающимися и смежно расположенными приближенными дисками 2 дугообразной формы со ступицами 3, повторяющими форму дисков 2. При этом просеивающая поверхность ротационного сепаратора выполнена из набора секций по два вала 1 с дисками 2, каждый из которых расположен с зазором к поверхности втулки ступицы 3 диска 2 соседнего вала 1 секции. Одновременно каждый диск 2 со ступицей 3 секции размещен по центру промежутка с перекрытием между диском 2 и ступицей 3 диска 2 вала 1 смежной секции.

Ротационный сепаратор работает следующим образом. Смесь камней и почвы поступает на вращающиеся в одном направлении валы 1 с дисками 2 со ступицами 3. По мере продвижения разделяемой массы по вращающимся дискам 2 частицы почвы просеиваются в промежутках между дисками 2 со ступицами 3. При этом перекрывающиеся приближенные диски 2 валов 1 каждой секции обеспечивают съем с друг друга волокнистой растительности, предотвращая тем самым накручивание стеблей и корневищ растений на валы 1 ротационного сепаратора. Одновременно, выполнение каждой секции сепаратора из двух валов 1 с приближенными смежными дисками 2 со ступицами 3, которые размещены с перекрытием по центру про-

межутков между дисками 2 и ступицами 3 дисков 2 валов 1 смежных секций обеспечивает очистку каждого промежутка сепарирующей поверхности между диском 2 и ступицей 3 соседнего диска 2 валов 1 от застрявших там твердых включений (камней, почвенных комков). Исполнение ступицы 3 в виде втулки создает условия для защемления включений в самом узком промежутке между кромкой ступицы 3 и боковой стороной соседнего диска 2 вала 1, что упрощает извлечение застрявшего включения диском 2 вала 1 смежной секции. Сохранение постоянного зазора между торцом каждого диска 2 вала 1 и ступицей 3 диска 2 соседнего вала 1 секции исключает заклинивание твердых включений между ними, что обеспечивается выполнением дисков 2 и ступиц 3 с дугообразной торцевой поверхностью.

Таким образом, выполнение просеивающей поверхности ротационного сепаратора в виде желоба из набора секций по два вала с приближенными дисками дугообразной формы, когда каждый диск секции размещен в промежутке между диском и ступицей диска вала смежной секции, обеспечивает работу устройства не только без накручивания волокнистой растительности на валы сепаратора, но и препятствует забиванию просеивающих промежутков твердыми включениями. Это, в свою очередь, позволит повысить эффективность работы ротационного сепаратора с приближенными дисками при производстве каменных материалов для дорожно-строительных нужд при очистке пахотного слоя сельхозугодий от каменных включений.

#### Библиографический список

1. Кондратьев А.В. Интенсификация процесса разделения сыпучих материалов на валковых сепараторах: монография / Твер. гос. техн. ун-т. Тверь, 2012. 96 с.
2. Пат. № 2038735 РФ. Ротационный сепаратор / А.В. Кондратьев, А.Б. Мясников, Л.Н. Самсонов, С.М. Кочкян и др.; заявл. 14.06.91; опубл. 09.07.1995, Бюл. № 19.- 3 с.
3. Пат. № 2328101 РФ. Ротационный сепаратор / А.В. Кондратьев, С.П. Смородов, С.М. Кочкян, С.А. Веселов; заявл. 20.11.06; опубл. 10.07.2008, Бюл. № 19.- 5 с.4. Кочкян С.М., Кондратьев А.В., Павлов Ю.Н. Исследование процесса накручивания растительности на валы дискового сепаратора торфяных машин // Труды Инсторфа. 2017. № 16 (69). С. 39-43.
5. Павлов Ю.Н., Кочкян С.М., Кондратьев А.В. Изучение процесса налипания мелкодисперсных материалов на рабочие элементы валковой сортировки – В сб.: Образование в XXI веке // Материалы Всероссийской научной заочной конференции. – ТвГТУ, 2017. С. 257-262.
6. Пат. № 111464 РФ. Устройство для грохочения сыпучих материалов / А.В. Кондратьев, С.М. Кочкян, А.И. Перхуров, В.А. Русинкевич; заявл. 02.08.11; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35.- 2 с.

7. Пат. № 168817 РФ. МПК А 01 В 43/00 Устройство для разделения сыпучих материалов / А.В. Кондратьев, С.М. Кочканян, Т.И. Ренкус, М.И. Вересов, Е.А. Корнеев; заявл. 12.07.16; опубл. 21.02.2017, Бюл. № 6.- 4 с.

8. Пат. № 186832 РФ, МПК В 07 В 1/16. Ротационный сепаратор / А.В. Кондратьев, С.А. Козлов, С.П. Смородов, А.Е. Илларионов и др.; заявл. 19.06.18; опубл. 05.02.2019, Бюл. № 4.- 3 с.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРАЖНЫХ ШАРНИРОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ**

*Марвин Г.Д., Парусов А.А., студенты  
Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Объектом исследования являются шарниры черпаковой цепи драги, работающие при дноуглубительных и золотодобывающих производствах в условиях интенсивного гидроабразивного изнашивания. Для повышения износостойкости пальцев и втулок шарниров применяются различные конструкционные и специальные наплавленные материалы.

В связи с трудностью экспериментально-натурного определения трибомеханических показателей шарнирных деталей были испытаны модельные шарниры с различным сочетанием трущихся материалов [1]. В результате этих испытаний были определены коэффициенты трения скольжения пар трения.

Целью работы являются определение и исследование триботехнических показателей пары трения «наплавленный металл-конструкционная сталь» посредством заданного коэффициента трения скольжения.

Для модельного пальца выбрана наплавка электродом ОМГ-Н, для модельной втулки – сталь марки Д5.

Основными задачами исследования являются:

1. Определение парциальных величин микроизноса  $D_a$  и микрометалла  $D_m$  поверхностей трения наплавленного металла пальца.
2. Оценка трибодеформационного упрочнения поверхности трения и продуктов износа наплавки.
3. Расчет температур нагрева поверхности трения и продуктов износа.
4. Определение коэффициента полезного действия (КПД) трущейся пары.
5. Моделирование кривой опорной линии изношенного пальца аналитической аппроксимирующей функцией.



6. Построение кривой опорной линии в системе координат «относительная опорная линия – относительное сближение»

7. Сопоставление расчетных по заданному коэффициенту трения показателей с аппроксимированными величинами.

Методика исследования

1. По экспериментально определенному коэффициенту трения ( $f=0,22$ ) методом подбора находятся значения парциального микроизноса  $\mathcal{D}_a$  и микрометалла  $\mathcal{D}_m$  по установленной зависимости [2]:

$$f = (1 - \mathcal{D}_a)^{1/\mathcal{D}_a}, \mathcal{D}_m = 1 - \mathcal{D}_a. \quad (1)$$

2. Трибодоформационное упрочнение поверхности трения  $K_s$  и частиц износа  $K_a$  определяется по формулам:

$$K_s = H_s/H_0 = (0,618/\mathcal{D}_m)^{\mathcal{D}_m/\mathcal{D}_a}, \quad (2)$$

$$K_a = H_a/H_0 = K_s [K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}], \quad (3)$$

где  $H_0$  – исходная (технологическая) твердость наплавленного металла;  $H_s$ ,  $H_a$  – соответственно поверхностная и предельная твердость, полученная вследствие трения и изнашивания.

3. Температуры поверхности трения  $T_s$  и частиц износа  $T_a$  оцениваются по выражениям:

$$T_s = T_0 + \Delta T_s = T_0 + \ln K_s/\lambda, \quad (4)$$

$$T_a = T_0 + \Delta T_a = T_0 + \ln K_a/\lambda, \quad (5)$$

где  $T_0$  температура окружающей среды;  $\lambda = 2,15 \cdot 10^{-3}, 1/^\circ\text{C}$  – среднее значение температурного коэффициента сталей и сплавов [3].

4. По известному коэффициенту трения определяется КПД сопряжения:

$$\eta = 1/[1 + (1 + f)^2]. \quad (6)$$

5. Строится кривая опорной линии (гипсограмма) в нормализованной системе координат «относительная опорная линия ( $t_p$ )-относительное сближение ( $\varepsilon$ )» по аппроксимирующей функции

$$t_p = \varepsilon^{\mathcal{D}_a/\mathcal{D}_m} / (1 + \mathcal{D}_a - \varepsilon)^{1-\varepsilon}. \quad (7)$$

6. Сравниваются расчетные по (1)-(6) и аппроксимированные по (7) показатели.

Результаты исследования.

При заданном коэффициенте трения  $f = 0,22$  методом подбора по (1) установлено  $\mathcal{D}_a = 0,59$ ;  $\mathcal{D}_m = 0,42$ .

Показатели трибодоформационного упрочнения (разупрочнения) по (2) и (3) имеют значения:  $K_s = 1,33$ ;  $K_a = 2,3$ , характеризующие трибоупрочнения поверхности трения и продуктов износа.

Температуры нагрева поверхности трения и продуктов износа по (4) и (5) составляют  $T_s = 152,6^\circ\text{C}$  и  $T_a = 407,4^\circ\text{C}$  при соответствующих фрикционных приращениях  $\Delta T_s = 132,6^\circ\text{C}$  и  $\Delta T_a = 387,4^\circ\text{C}$

Коэффициент полезного действия трущейся пары палец-втулка согласно (6) соответствует значению  $\eta = 39\%$ . Центры тяжести  $C_a$  и  $C_m$  соответственно парциальных величин микроизноса  $\mathcal{D}_a$  и микрометалла  $\mathcal{D}_m$

получены пересечением медиан. Линия, соединяющая центры тяжести (бицентроида  $L_\gamma$ ), пересекается с гипсограммой в полюсе Р .

Построенная система  $t_p$ - $\varepsilon$  характеризуется координатами  $\varepsilon_a, t_a, t_{pa}; \varepsilon_p, t_{pp}; \varepsilon_m, t_m, t_{mm}$ , по которым можно определить основные триботехнические показатели, в частности:

$$\varepsilon_p = \mathcal{D}_a, t_{pp} = 1/(1 + 2\mathcal{D}_a), \quad (8)$$

$$L_\gamma = 1,4142(\mathcal{D}_{max}/\mathcal{D}_{min})^{\mathcal{D}_a \cdot \mathcal{D}_m}, \quad (9)$$

где  $\mathcal{D}_{max} = \mathcal{D}_a$ , при  $\mathcal{D}_a > \mathcal{D}_m$ ,  $\mathcal{D}_{min} = \mathcal{D}_m$ , при  $\mathcal{D}_a < \mathcal{D}_m$ ;

$$\eta = 1/[1 + (\Delta T_a/\Delta T_s)^{0,5}]. \quad (10)$$

Полученные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Расчётные триботехнические показатели

Показатели	$f$	$\mathcal{D}_a$	$\mathcal{D}_m$	$K_s$	$K_a$	$t_{pp}$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,22	0,59	0,41	1,33	2,3	0,44	152,6	407,4	39

На основании табличных данных моделируем кривую опорной линии изношенной поверхности пальца аппроксимирующей функцией (7).

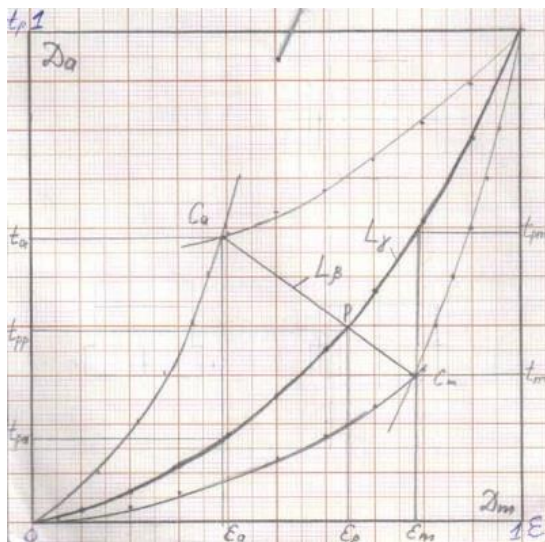
Аппроксимирующие показатели  $t_{pi}$  при заданных относительных сближениях  $\varepsilon_i$  представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Аппроксимирующие показатели кривой опорной линии

$t_{pi}$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\varepsilon_i$	0,0084	0,0226	0,062	0,113	0,177	0,255	0,135	0,47	0,61	0,78	1

По данным таблицы 2 построена нормализованная система координат  $t_p$ - $\varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии  $L_\gamma$  (рис.1)



**Рис. 1.** Нормализованная система координат  $t_p$ - $\varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии.

Построенная система координат характеризуется следующими координатами и характеристиками (табл.3)

Таблица 3

**Система аппроксимирующей кривой опорной линии**

$\varepsilon_a$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_m$	$t_{pa}$	$t_a$	$t_{pp}$	$t_m$	$t_{pm}$	$L_\gamma$	$L_\beta$
0,39	0,65	0,78	0,17	0,58	0,39	0,30	0,58	1,54	0,485

Для сопоставления расчетные исходные и аппроксимированные системные показатели приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Исходные ( $\alpha$ ) и системные ( $\beta$ ) показатели наплавки ОМГ-Н**

Показатели	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
$\alpha$	0,59	1,33	2,3	132,6	387,4	39,0
$\beta$	0,60	1,34	2,32	136,1	391,4	39,0
$\Delta, \%$	1,7	0,75	0,87	2,64	1,03	0

### **Выводы:**

1. Расчетные и системные триботехнические показатели удовлетворительно согласуются между собой при незначительных -расхождениях.

2. Основные триботехнические показатели пар трения возможно определить по известному коэффициенту трения на основе деформационно-топографического метода исследования поверхностей трения.

3. Наименьший износ шарнирного пальца установлен при его изготовлении из стали марки 110Г13Л с наплавкой электродами марки ОМГ-Н аналогичного аустенитного класса.

4. Для втулок рекомендуется закаленная и низкоотпущенная сталь марки Д5 (56-62 HRC).

5. Парциальные величины микроизноса  $D_a$  показатель фрикционной усталости  $t$  и критерий износостойкости  $\varepsilon$  свидетельствует об изнашивании пальцев по механизму микрорезания.

### **Библиографический список**

1. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография // Московский Государственный Строительный Университет – М; МГСУ, 2011-192с

2. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Воронина И.В. Трибологические показатели рабочих органов и сопряжений строительной техники // Сборник докладов Международной научно-технической конференции «Интерстрой-мех» - 2015- Казань. Издательство КГАСУ, 2015 – с.68-73.

3. Физические величины: Справочник // А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др., Москва: Энергоатомиздат, 1991-1232с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПА «ЛЕТАЮЩЕГО КРАНА» ПОСРЕДСТВОМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Митяев А.С., студент*

*Научный руководитель – Редькин А.В., доц., к.т.н.*

*Тульский государственный университет (ТулГУ)  
(Российская Федерация)*

Важнейшие задачи любой компании является уменьшение экономических и экологических рисков, которые связаны с эксплуатацией технологического оборудования. Подъемно-транспортные операции представляют собой один из самых затратных в плане «время-деньги» пунктов. Оперативность доставки подъемно-транспортного средства и развертывание его на месте использования может вызвать серьезные задержки в графике выполнения работ, особенно, если работы производятся в труднодоступных местах.

На грани 40-50-х годов прошлого века появилось понятие «летающий кран», предполагающее вертолёт-кран, предназначенный для строительно-монтажных работ и транспортировки грузов на внешнем подвесе. Летающий кран специальной постройки не нуждается в объёмной грузовой кабине, поэтому его грузоподъёмность выше, чем у вертолёта общего назначения с той же силовой установкой. Гражданские летающие краны применяются в строительстве в отдалённых районах, при монтажных работах в высотном строительстве, при вывозе леса с горных лесосек. Примерами могут быть отечественный Ми-10 и *Sikorsky CH-54* (рис. 1), использовавшиеся исключительно в подъемно-транспортных операциях в сложных условиях.



**Рис. 1.** Летающие краны:

а – Ми-10 (СССР); б – CH-54 (США)

Несмотря на незаменимость таких аппаратов для производства грузоподъемных работ, их производство и использование стало практически единичным.

С появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), функционирующих по «вертолетному» принципу, возникла возможность использовать принцип «летающего крана» в оперативных условиях с небольшой грузоподъемностью.

Еще пару лет назад максимальная грузоподъемность беспилотных летательных аппаратов была в пределах 5-10 кг. Сейчас появились аппараты, которые могут поднять в воздух груз до 300 кг при собственном весе 75 кг.

Перспективным является использование нескольких мультикоптеров, работающих на общую нагрузку. Опыт применения таких систем уже существует в перспективных разработках компании *Boeing* (рис. 2).



**Рис. 2.** Соединение квадрокоптеров:

а – 4 (180 кг); б – 16 (720 кг)

БПЛА – это летательный аппарат, вертолетного типа с несущим и рулевым винтами, обладающими рядом преимуществ, таких как: надежность и простота конструкции, большая стабильность, компактность и маневренность, малая взлетная масса при существенной массе полезной нагрузки.

Беспилотные летательные аппараты выполняют полет без пилота на борту и управляется в полете автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов.

Из минусов можно отметить, что рама должна быть сбалансированной, жесткой для выдерживания всех нагрузок и упругой, чтобы гасить колебания и не разрушаться при приземлении.

Раньше беспилотные летательные аппараты использовались только для военных целей. Сегодня же сфера их применения расширилась: теперь их используют полицейские и гражданские службы, в том числе для поисково-спасательных работ, управления земельными ресурсами, доставке грузов и т.д.

Беспилотные летательные аппараты используются для решения следующих задач:

- автоматизация процессов;
- систематический мониторинг и наблюдение за состоянием объекта;
- транспортировка грузов;

- регулярный контроль промышленного производства на каждом этапе рабочего процесса;
- своевременное обнаружение проблем и их решение;
- выявление нарушений установленных требований;
- удаленный контроль работ;
- оперативный контроль за несанкционированными действиями;
- исключение экстренных ситуаций с участием человека.

Для этих целей беспилотные летательные аппараты оснащают аппаратурой для ведения фото- и видеосъемки и различными датчиками. Кроме фото- и видеосъемки, существует еще и тепловизионная съемка. Такая съемка позволяет проводить мониторинг объекта в условиях ограниченной видимости (например, туман) или ночью. Комбинирование различных видов съемки позволяет более точно оценить место применения и объем работ. При этом оператор может вручную менять траекторию движения беспилотного летательного аппарата, возвратив его в нужную точку.

На сегодняшний день высокий интерес вызывают беспилотные летательные аппараты большой грузоподъемности. Такие беспилотные летательные аппараты используются для выполнения самых разнообразных операций:

- в строительстве;
- в чрезвычайных ситуациях;
- в сельском хозяйстве;
- в области медицины;
- в науке (при проведении исследований);
- при аэрофотосъемке и т.д.

Остановимся на использовании беспилотных летательных аппаратов большой грузоподъемности. Такие разработки можно будет использовать в решении логистических задач на объекте. При этом решается вопрос переброски грузов небольшого веса с производственных баз на объект, на небольшие расстояния в условиях бездорожья, кроме того, исчезает необходимость в высокопроходимых транспортных средствах и дополнительной рабочей силе, что является экономически выгодным.

Учитывая, с какой скоростью движется прогресс в области беспилотных летательных аппаратов с большой грузоподъемностью, в ближайшем будущем они полностью заменят традиционный транспорт и рабочую силу.

Большая часть компаний в настоящее время уже применяет беспилотные летательные аппараты. Принимая во внимание специфические характеристики местности, на которой компании занимаются своей деятельностью, можно сделать заключение, что использование беспилотных летательных аппаратов дает возможность намного быстрее осуществлять объем работ, а также обнаружить неполадки в работе промышленных объектов и решить их.

Имеющиеся на российском рынке беспилотные летательные аппараты с средним имеют следующие характеристики: продолжительность полета – до 200 минут; скорость полета – до 120 км/ч; максимальная протя-

женность маршрута – до 200 км; максимально допустимая скорость ветра – до 17 м/с; диапазон температуры эксплуатации – от -20°C до +50°C; площадь съемки за один полет – до 27 км<sup>2</sup>; минимальная безопасная высота полета – 100 м; максимальная высота полета – до 4 км.

Можно сделать вывод, что существующие на сегодняшний день беспилотные летательные аппараты приспособлены для использования в различных регионах, т.к. имеют широкий температурный диапазон, перемещения в условиях бездорожья и возможность использования в условиях плохой видимости, например, в дождливую погоду, туман.

#### Библиографический список

1. Бодрова А.С., Безденежных С.И. // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами: конф. г. Коломна, 2016. 274 с. С. 106-113. 4.
2. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин. - М.: Попурри, 2003. - 272 с.
3. Попова Л. Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в условиях Крайнего Севера // Молодой ученый. — 2016. — №24. — С. 105-108. — URL <https://moluch.ru/archive/128/35313/>
4. Сильвестров, М.М. Автоматизация управления летательными аппаратами с учетом человеческого фактора / М.М. Сильвестров, Л.М. Козиоров, В.А. Пономаренко. - М.: Машиностроение, 1986. - 184 с.
5. М.: Большая Российская Энциклопедия - ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, 1994. - 736 с.
6. Jesse, Russell Беспилотный летательный аппарат / Jesse Russell. - М.: VSD, 2012. - 769 с.
7. Sturmey, Henry The Use of Unsuitable Vehicles / Commercial Motor. April 1908, 7 (160): 146-147.



## УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА

*Михайловская В.А., аспирант*

*Научный руководитель – Савельев А.Г., д.т.н.*

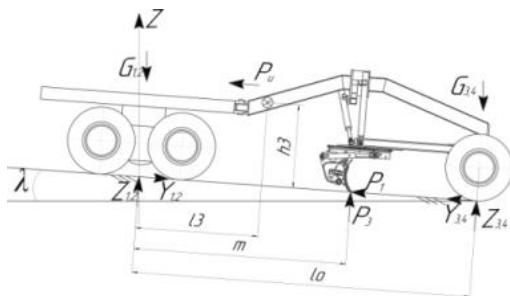
*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

На сегодняшний день, согласно информации от фирм, выпускающих автогрейдеры и другую строительно-дорожную технику, не существует определенного подхода и метода расчета металлоконструкции на прочность, так же как и не существует рекомендуемых к рассмотрению расчетных положений автогрейдера, помимо положений, рассматриваемых в РД 24.220.03-90.

Немалое количество работ посвящено проблеме расчета металлоконструкции автогрейдера, например В. Ш. Зубков описывал процесс взаимодействия ходового оборудования автогрейдера с грунтом, чтобы определить какие влияние оказывают параметры установки отвала, конструктивные параметры и различные условия работы автогрейдера на его производительность. Г. Е. Савин представил расчетную схему для шарнирно-сочлененной рамы и указал необходимость точного обоснования положения шарнира в шарнирном сочленении.

На основе изученной информации о методиках расчета металлоконструкции автогрейдера разных ученых, в этой статье представлена наиболее универсальная модель расчета автогрейдера на прочность.

Существующий расчет, включающий известные расчетные положения зачастую не отражает реальные опасные расчетные положения автогрейдера и не позволяет оценить напряжения, появляющиеся в металлоконструкции автогрейдера при работе. Поэтому, помимо предложенных расчетных положений в РД, представленная в этой статье методика учитывает и дополнительные расчетные положения при расчете.



**Рис. 1.** Схема приложения усилий к конструкции согласно уточненному расчету

Данный расчет является универсальным, т. к. учитывает особенности конструкции современных автогрейдеров, например шарнирное сочленение рамы. Также расчетная схема учитывает наличие продольного или поперечного уклона, перераспределение реакций на передних колесах при их наклоне или повороте.

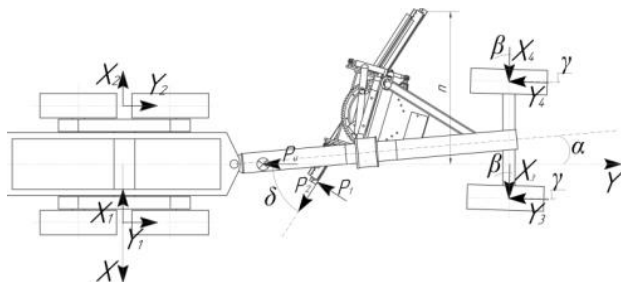


Рис. 2. Схема приложения усилий к конструкции, вид сверху

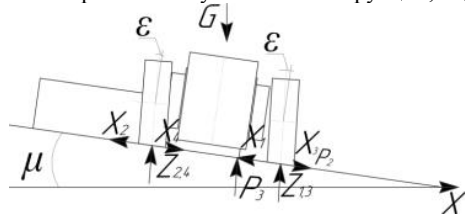


Рис. 3. Схема приложения усилий к конструкции, вид сбоку

Уточненный расчет позволяет получать нагрузки максимально приближенные к реальным, что, в свою очередь, демонстрирует на конечно-элементных моделях напряжения, соответствующие реальному нагружению металлоконструкции. Также сократить отказы машины, т. к. распределение напряжений будет отражать более полное и реальное нагружение в процессе эксплуатации, благодаря учету особенностей конструкции и дополнительных расчетных положений. Таким образом, вероятность того, что реальные усилия, возникающие в узлах или некоторые особенности эксплуатации останутся неучтенными – крайне мала.

Сегодня компании строительно-дорожных машин в основном выпускают машины с шарнирно-сочлененной рамой, т. к. такие машины являются более эффективными и производительными при большинстве видов работ. Автогрейдеры с шарнирно-сочлененной рамой также имеют преимущества при маневрировании в стесненных условиях. Учитывая это, уже можно предположить, что расчет автогрейдеров с шарнирным сочленением и без него должен отличаться, так же как и расчетные положения для обоих случаев.

## Библиографический список

1. РД 24.220.03-90. Машины строительные и дорожные: Нормы расчета. – М.: НПО «ВНИИСтройдормаш», 1990. – 112с.
2. Савельев А. Г. Обоснование параметров структурных схем и стержневых систем рабочего оборудования дорожно-строительных машин: дис. ... д-р техн. наук: 05.05.04. М., 2000.
3. Зубков В.Ш., Исследование путей повышения эффективности автогрейдеров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. М., 1982.
4. Савин Г.Е. Определение рациональных параметров шарнирно-сочлененных рам автогрейдеров: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04. М, 1985.
5. Шестопалов К.К. Выбор и обоснование параметров автогрейдера: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04. М, 1979.
6. Таран М.В. Обоснование параметров и разработка конструкций ножей многоразового использования автогрейдера: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Алматы, 1999.
7. Матяш И.И. Повышение производительности автогрейдера при перемещении грунта: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Омск, 2001.

## ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КРАНОВ

*Нетукова В.С., студентка*

*Научный руководитель – Харламов Е.В., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

История человечества развивалась параллельно с историей строительной техники. Принципы строительства эволюционировали, в связи с чем, появилась абсолютно новая, максимально эффективная строительная техника, предоставляющая человеку возможность создавать уникальные шедевры строительного искусства в максимально кратчайшие сроки.

За последние несколько лет на мировом рынке кранов наблюдается положительный рост. Кран относится к типу строительной техники, используемой для подъема и транспортировки тяжелых грузов. Он используется в таких отраслях, как транспортная индустрия, для погрузки и разгрузки грузов, для сборки тяжелого оборудования и т.п. В современных кранах используются гидравлические системы и двигатели внутреннего сгорания, которые обеспечивают высокую грузоподъемность. На рынке доступно большое разнообразие строительных кранов: самоходные стреловые краны, мобильные строительные краны, башенные краны, "нулевики", быстромонтируемые краны, козловые, кабельные и краны спец назначения (плавающие,

летающие). Все краны строительного назначения можно разделить на четыре группы: самоходные, башенные, стационарные, спец назначения.

Наибольшее распространение в строительстве получили самоходные стреловые краны. Данный тип кранов, в зависимости от использования, может агрегатироваться прямой стрелой, стрелой с гуськом, стрелами башенного и телескопического типа. По типу ходового устройства самоходные краны делятся на гусеничные, пневмоколесные, автомобильные и установленные на специальное шасси автомобильного типа.

Гусеничные краны в отличие от автокранов обладают большей грузоподъемностью и проходимостью. Гусеницы оказывают меньшее удельное давление на грунт, что обусловлено большой поверхностью опоры. Также гусеницы позволяют с легкостью преодолевать бездорожье и передвигаться по слабому грунту. Вес гусеничного подъемника больше, чем у автокрана, но это дает преимущество в грузоподъемности. Ввиду своей сложной и тяжелой конструкции гусеничный кран обладает плохой маневренностью и неудобен в перемещении с объекта на объект. Тяжелые и сложные по конструкции гусеницы (40% веса всей машины) подвержены быстрому износу деталей. Автокраны в отличие от гусеничных обладают высокими скоростными характеристиками и маневренностью. Эти качества позволяют использовать их для выполнения рассредоточенных по строительной площадке работ. Конструкция выглядит следующим образом: вместо кузова на шасси автомобиля монтируется ходовая и поворотная рамы. На поворотной раме крепятся механизмы подъема и опускания стрелы, поворотный механизм, стрела, кабина и противовес. Самым большим недостатком автокранов является их невысокая устойчивость. Для того чтобы кран мог беспрепятственно выполнять свои обязанности, в конструкции данного типа кранов предусмотрены механические, гидравлические или пневматические опоры (аутригеры). В рабочем состоянии с применением выносных опор кран становится стационарным.

Башенные краны применяются в строительстве производственных объектов, многоэтажных зданий. Основное назначение башенных кранов – поднятие и перемещение грузов на большую высоту. По типу передвижения башенные краны бывают передвижными, стационарными и приставными. Высотное строительство требует использования специально созданных для этих целей башенных кранов: свободно стоящих или на анкерном основании, которые крепятся башней к возводимому сооружению и имеют механизм самонаращивания башни. Стрела высотных кранов, как правило, поворотная, а поднятие и перемещение грузов осуществляется посредством грузовых тележек, расположенных на горизонтальной стреле. Краны с подъемной стрелой могут перемещать груз как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, но обладают небольшим вылетом стрелы. У кранов с балочной стрелой перемещение груза осуществляется с большей точностью. Еще один вид кранов – нулевики. Они, как и башенные краны, передвигаются по рельсам. Основное их отличие – отсутствие башни. Дан-

ный тип кранов используется для строительных работ, которые проводятся ниже нулевой отметки.

Стационарные краны используются в тех случаях, когда требуется монтаж сверхтяжелых конструкций, тяжелого оборудования на ограниченном пространстве. Конструкция мачтового крана включает мачту, стрелы, стойки, поворотную платформу, рабочие и грузозахватные механизмы.

Применение кабельных кранов обусловлено необходимостью перемещения грузов на большие расстояния, для обслуживания больших строительных площадей. Конструкция машины кабельного типа выглядит следующим образом: между кранами, состоящими из двух башен, натянута канат, по которому впоследствии перемещают грузы. Грузоподъемность и длина перемещения груза данного типа кранов зависит от их назначения.

Козловые краны строительного назначения являются кранами мостового типа, мост которых установлен на опоры. Они применяются для монтажа тяжелого оборудования, а также при возведении протяженных монолитных сооружений.

Существуют различные типы строительных кранов специального назначения. Один из подтипов кранов специального назначения – плавучие краны. Плавучие краны представляют собой краны стрелового типа, размещенные на самоходном и несамоходном понтоне. Требования, предъявляемые к данному типу кранов: прочность конструкции, устойчивость, плавучесть. Основное назначение плавучих кранов в строительстве – монтажные работы при возведении гидротехнических сооружений, а также прокладка трубопровода под водой.

Летающий кран (вертолет) применяется для транспортировки груза на дальние расстояния и на значительную высоту. Ввиду того что груз у таких кранов размещается на внешнем подвесе, "вертолету" не требуется специальная грузовая кабина.

Выбор типа строительных кранов зависит от технологической схемы производства работ на объекте и массы перемещаемых грузов.

#### Библиографический список

1. Кирнев А.Д. Строительные краны и грузоподъемные механизмы. – М, Феникс, 2013 г.
2. Кудрявцев Е.М., Степанов М. А. Строительные краны. Часть 1. Башенные краны. Основы теории, конструкции и расчет. М, АСВ 2016 г.
3. Станевский В.П. Строительные краны. Справочник. Киев, Будивельник, 1984 г.
4. Горбагюк С. М., Иванов С. А., Кириллова Н. Л., Чиченев Н. А., Инжиниринг грузоподъемных машин и устройств. М. НИТУ МИСиС, 2017 г.
5. Кудрявцев Е. М. Строительные машины и оборудование. М, АСВ 2017 г.
6. Барч И.З., Кутовой Э.Н., Мармер А.М., Романовский А.И., Тройно Е.Т. Строительные краны. Киев, Будивельник, 1974.

7. Шарапов Р.Р., Мамедов А., Степанов М.А., Харламов Е.В. Шагающее ходовое оборудование стрелового самоходного крана грузоподъемностью свыше 100 т повышенной проходимости и мобильности // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 5. С. 5-11.

8. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 183-186.

9. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Агарков А.М. Сравнительные характеристики проходимости на слабых грунтах гусеничных и шагающих кранов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 198-200.

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДОБЫЧИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С БОЛЬШИХ ГЛУБИН ОКЕАНА**

*Новиков А.В., студент*

*Научный руководитель – Вершинский А. В., проф., д.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

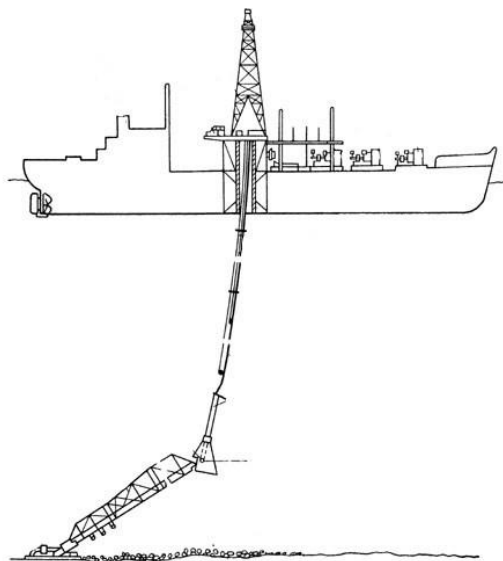
Исследования показали, что объем твердых полезных ископаемых океанского дна не только не уступает континентальным месторождениям, но и превышает их. Однако, интерес к минерально-сырьевому потенциалу океана базируется не только на суммарных показателях объема океанских полезных ископаемых. Изученность ресурсов этой среды позволит нарастить ресурсный потенциал страны, а также увеличить ее политическое влияние на мировой арене.

Принципиальные технические решения по созданию установок для добычи конкреций начали разрабатываться с 60-х годов как в нашей стране, так и за рубежом. Позднее появились предложения по установкам для разработки металлосодержащих илов.

Сосем недавно было открыто крупное рудное поле ГПС Пакманус (Папуа – Новая Гвинея). Международная горнорудная компания Nautilus Minerals Ltd разработала проект добычного комплекса для отработки этих месторождений. В состав комплекса входят: производственное судно грузоместностью по руде 45 тыс. т; подъемная система; подводные добычные аппараты, включающие дистанционно управляемые машины, обеспечивающие выемку и сбор руды. Проект находится на стадии реализации. В 2018 г. планировалась промышленная отработка рудной залежи Solwara 1.

Чаще встречается схема, в которой в отличие от предыдущей добычной аппарат, промежуточное хранилище и насосная станция совмещены в

одном собирающем устройстве. Данную установку опускают с плавсредства при помощи мачтового основания и грузоподъемных средств. Собирающее устройство, соединенное с трубопроводом, движется по дну непосредственно под плавсредством. В нижнем участке трубопровода гидро-смесь движется благодаря прокачкам сжатого воздуха в верхнем участке. Воздух по вспомогательному трубопроводу подводится к промежуточным коллекторам на глубине, ограниченной техническими возможностями компрессоров. Подъемная часть трубопровода состоит из секций переменного диаметра, увеличивающегося по мере приближения к поверхности моря. Эта необходимость вызвана свойством воздуха расширяться по мере уменьшения давления. Такая способ транспортировки называется эрлифтным подъемом (рис.1).



**Рис. 1.** Схема эрлифтной установки для добычи твердых полезных ископаемых со дна океана

Существуют подводные плавсредства, автономно производящие сбор конкреций со дна океана. Судно перемещается на небольшом расстоянии от дна и производит разработку месторождений устройством для добычи конкреций. По сравнению с предыдущими схемами преимуществом такого варианта является автономность системы по отношению к накопителям груза (судам), находящимся на водной поверхности, а также ее способность работать на сравнительно больших глубинах. Подводное плавсредство одновременно является сборщиком сырья и его аккумулятором. После завершения цикла загрузки нет необходимости тратить много времени на сворачивание системы. Однако, большим минусом является малая грузоподъем-

ность судна, обусловленная его размерами, а также мощностью двигателей, обеспечивающих всплытие и дальнейшую транспортировку добытого сырья.

Освоение гидрокосмоса – это решение целого комплекса уникальных по сложности проблем. Необходимо приложить максимум усилий в подводном аппаратостроении, энергетике и автоматике. Людям предстоит внедрить еще множество решений для того, чтобы подводная добыча была настолько же распространена и обыденна, как и разработка месторождений на континенте.

В настоящее время на кафедре Подъемно-транспортных систем МГТУ им. Н.Э. Баумана ведутся разработки добывающего агрегата для глубоководного сбора твердых полезных ископаемых (далее ТПИ) со дна мирового океана. В 2013 году был представлен патент на полезную модель RU130344 U1, в котором представлена конструкция добывающего агрегата, а также основные требования к ней. Предлагаемая конструкция добывающего агрегата позволяет повысить эффективность добычи ТПИ за счет применения устройства специальной конструкции, малочувствительного к неровностям поверхности дна, его плотности и обеспечивающего более полную выемку ТПИ, а также снизить затраты энергии на перемещение устройства сбора ТПИ.

#### Библиографический список

1. Истошин С. Ю. Морской горный промысел. – М.: Наука, 1981. 168 с.
2. Слевич С. Б. Шельф: освоение, использование. Под редакцией и с предисловием А. Ф. Трешникова. Л., Гидрометеиздат, 1977. 240 с.
3. Все на дно! / РЕДКИЕ ЗЕМЛИ. The rare Earth magazine. 29.04.2016 // С. И. Андреев.
4. Андреев С. И. Минеральные ресурсы Мирового океана: концепция изучения и освоения (на период до 2020 г.). ВНИИОкеанология, 2007. 97 с.
5. Вершинский А.В., Шубин А.Н. Расчетное определение напряжений в несущих элементах подъемно-транспортных машин, работающих на больших глубинах // Механизация строительства. 2013. № 6. С. 22–26.
6. Быстров Е.О. Источники энергии для придонных агрегатов сбора твердых полезных ископаемых со дна Мирового океана // Механизация строительства. 2013. № 6. С. 53–55.
7. Патент на полезную модель RU130344 U1. Добывающий агрегат для комплекса глубоководного сбора твердых полезных ископаемых / Быстров Е.О., Вершинский А.В., Ганкевич Д.Я. и др. // Б.И. 2013. № 20.



## ФРЕЗЕРНЫЕ ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЖАРКОМ КЛИМАТЕ УЗБЕКИСТАНА

*Обидов Н.Г., соискатель*

*Научный руководитель – Шукуров. Р.У., проф., д.т.н.*

*Ферганский Политехнический институт (ФПИ)  
Узбекистан*

В целях дальнейшего совершенствования задач по реализации проектов перспективного развития Узбекской национальной автомагистрали автомобильных дорог общереспубликанского и местного значения и обеспечение надежного функционирования автомобильных дорог, тоннелей, мостов и куте проводов с учетом расширения использования местных материалов, внедрение современных технологий дорожного строительства и эффективной эксплуатации дорожно- строительной техники и транспортных систем. [1]

Широкое распространение получила технология ремонта дорожных покрытий с применением фрезирования старых изношенных участков. Ведущим роботом органом в такой технологии рабочим органом является дорожная фреза с резцом, которая может использоваться как на холодном.

Большое количество различных моделей фрез выпускается многими фирмами и странами. (США, Россия, Германия, Китай, Белоруссия и др.) региона Узбекистана работают машины для хлорного фрезерования однако говорить о широком распространении данной технологии пока не приходится из-за целого ряда причин анализ низкий ресурс резцов фрезерных машин их стоимость из-за использования зарубежных комплектующих также остается высокой поэтому направление исследований по созданию фрезерного оборудования и увеличение работоспособности является актуальным.

Эффективность работы машины, оборудованный фрезерным рабочим органом, во многом определяется правильным выбором типа рабочего инструмента резца и его качеством. Современный рабочий инструмент далее резец фрезерных машин должен обладать высокой износостойкостью, чтобы продолжительно сохранялась геометры, и основные первоначальные размеры, чтобы параметры резания не изменялись.

Betek предлагает широкую серию дорожных резцов для машин Wirquen, производит для износостойкий инструмент для более чем десяти областей применения, в основном предназначенный для использований в дорожном строительстве от долговечности резце, зависит производительность, себестоимость ремонта дорожных покрытий. [2]

Взаимодействия резца фрезерной машины с верхними слоями асфальтобетоне в осенние-зимние период подвергается химическому воздействию противогололедных температур. От структурного состояние асфальтоящего в значительный мере зависит от основных свойств асфальтобетона.

Аддитивные свойства асфальтобетонных смесей определяются макро и микроструктурой материала. На износостойкость для формирования микроструктурных контактных связей (с резцом) с учетом строительно-технических свойств щебня, песка и минерального порошка с другими компонентами.

В процессе наблюдения работу фрезерных машин на объектах унитарного предприятия «Автомагистраль» было установлено серьезной проблемой являлась необходимость частой замены резцов фрезерных дорожных машин так как они имели низкий ресурс. Фрезерные машины выводились из работы во время процесса замены резцов, здесь необходимо учитывать скорость и глубину фрезерования, точность контроля продольного и поперечного уклона фрезеруемой поверхности.

Снижение затрат на резание и рост производительности за счет увеличения глубины резания возможно только тогда, когда машина сохраняет нужную скорость движения и тяговые характеристики. [3]

Объем работы и твердость материала обуславливает степень износа резцов.

Установленные на барабане резцы режут материал по дуге однако при глубине фрезерования асфальтобетонной смеси длина траектории резца почти в два раза длиннее, чем при резании в глубину фрезерования в 4 раза.

Одно из путей повышений эффективности использования дорожных фрез в условиях эксплуатации на наш взгляд является создание резцов на основе биомеханического моделирование резцов естественных землероек относящихся к фауне Узбекистана доведенных до совершенства в процессе экологической эволюции в регионе. исследования и наблюдения в полевых и лабораторных условиях естественных землероек с целью установления наиболее производительного способа рытья а также выбора объекта биомеханического моделирования резцов дорожных фрез. [4] Исследование эволюции роющих приспособлений у млекопитающих наиболее близко оказался цокор (*muospalax*) к резце дорожной фрезе. эффективность рытья материалов с помощью когтевой системы до глубины 30 метров.

Аналитические расчеты показали что производительность биомодели повышается на 6-20% по сравнению с аналогичными показателями при удалении покрытий асфальтобетонного покрытия стандартными резцами фрезерных машин фирмы Wirtgen (Германия) W6EN. Установлено что изыскание рациональной формы резцов на основе биомеханического моделирование является актуальным и эффективным направлением.

Показатель эффективности дорожных фрез оценивается степенью приспособления системы к выполнению поставленных технологических задач при экономии энергетических материальных трудовых и экологических ресурсов по сравнению с существующими и средствами ведения работ.

## Библиографический список

1. Ищенко И.С, Калашникова Т.Н, Селенов Д.А «Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий» М. «Аир-Арт» 2001; 137с
2. Котлярский «Строительно – технические свойства дорожного асфальтобетонного» Москва 2004; 194с
3. Шукуров Р.У «Биомеханическое моделирование в создании режущих органов землеройных машин Строительные и дорожные машины» Москва 2001 30 37-39.

## **ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОГО ТРАНСПОРТИРУЕМОГО ГРУЗА НА НАГРУЖЕННОСТЬ КОНСТРУКЦИИ БЕТОНОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ**

**Орехов М.В.**, студент

Научный руководитель – **Плавельский Е.П.**, проф., д.т.н.

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Исследование бетонотранспортных машин по определению режимов деформирования жидкотекучих или псевдооживленных грузов производились в эксплуатационных и стендовых условиях и в условиях спецдорог автополигона при транспортировании жидкотекучих грузов различной консистенции и их аналогов [ 1 ].

Методология экспериментальных исследований колебаний рабочих сосудов автобетоносмесителей, автобетоновозов, авторастворовозов, автоцистерн была разработана для стендовых условий, условий спецдорог автополигона и эксплуатационных условий при транспортировании бетонных и растворных смесей и их аналогов различной консистенции. При этом основное внимание было уделено первой форме колебаний свободной поверхности жидкотекучего груза, как определяющей по вкладу в нагруженность конструкции рабочего сосуда и металлоконструкции шасси, на котором рабочий сосуд смонтирован с подрессориванием или без него. При этом учитывались существующие ГОСТы, РД, типовые и рабочие программы и методики испытаний, разработанные авторами. [2,3].

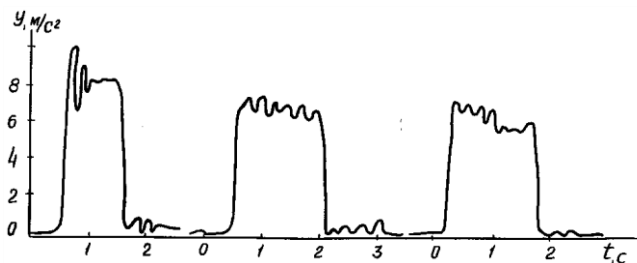
Динамика рабочих сосудов колесных транспортных средств с жидкотекучим грузом с нелинейной реологией, например, бетонной смесью в горизонтальной плоскости наиболее показательны при экстренном торможении машины, которое предусмотрено в качестве обязательного этапа испытаний в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 13.

При горизонтальных колебаниях движение свободной поверхности жидкотекучего груза зависит от соотношения сил инерции и сил сопротивления сдвигу.

На рис.1 приведены осциллограммы замедления автобетоновоза СБ-124 на шасси КамАЗ-5511 при экстренном торможении. При этом движение аналога бетонной смеси в рабочем сосуде осуществлялось по первой форме колебаний с явно выраженной нелинейностью с максимальным углом  $\varphi$  наклона свободной поверхности жидкотекучего груза к горизонту при установившемся замедлении  $j$ , равном

$$\varphi = \arctg \frac{j \cos \alpha}{g + j \sin \alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол наклона к горизонту вектора ускорения (замедления)  $j$ .



**Рис. 1.** Осциллограммы продольных замедлений в кабине автобетоновоза СБ-124 при экстренном торможении с начальной скоростью 40 км/ч

В результате исследований установлено, что хорошую оценку вертикальных и угловых колебаний рабочих сосудов с жидкотекучим грузом от дорожных неровностей дают измерения с помощью датчиков ускорений, установленных на раме шасси. Наиболее интенсивные ускорения наблюдаются в области собственных частот колебаний базового шасси. Так в автобетоносмесителе СБ-83 на базе шасси МАЗ низшая собственная частота вертикальных колебаний составила 2,5 и 3 Гц в зависимости от степени заполнения рабочего сосуда. Более высокая частота наблюдалась при транспортировании бетонной смеси с осадкой конуса 3...5 см. При движении по дороге на участке ЦНИП – Ярославское шоссе со скоростью 15-20 км/ч вертикальные ускорения рабочего сосуда достигали 1,2 g с увеличением до 1,6 g при движении под уклон 6-10°. Экспериментальные исследования колебаний рабочего сосуда в виде мульдобразной емкости автобетоновоза СБ-113М на шасси МАЗ-504, загруженного аналогом бетонной смеси с осадкой конуса 8-10 см, показали, что частоты собственных колебаний находятся в диапазоне 1,8-2 Гц и 8-10 Гц. Превалирующие частоты вибрационных воздействий от дорожного полотна на рабочий сосуд колесной машины с жидкотекучим грузом могут быть определены по характеристическим уравнениям техмассовой рядной динамической системы. Так для

автобетоновоза с учетом вторичного подрессоривания характеристическое уравнение можно представить в виде [4]:

$$m_1 m_2 m_3 p^6 - (m_1 m_2 c_3 + m_1 m_2 c_2 + m_1 m_3 c_3 + m_1 m_3 c_1 + m_2 m_3 c_1) p^4 + (m_1 c_2 c_3 + m_1 c_1 c_2 + m_2 c_1 c_3 + m_2 c_1 c_2 + m_3 c_2 c_1) p^2 - c_1 c_2 c_3 = 0, \quad (2)$$

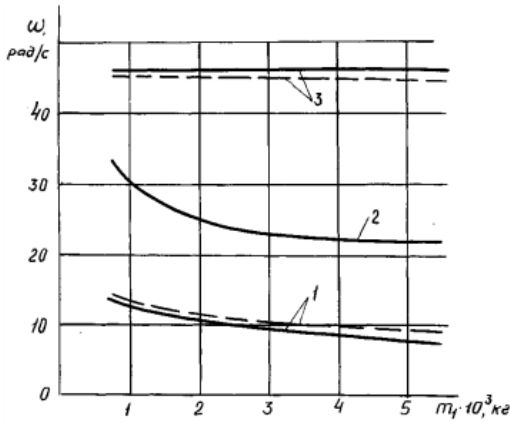
а без учета вторичного подрессоривания

$$(m_1 + m_2) m_3 p^4 - [(m_1 + m_2) c_3 + (m_1 + m_2) c_2 + m_3 c_2] p^2 + c_2 c_3 = 0, \quad (3)$$

где  $m_1, m_2, m_3$  - массы, соответственно, рабочего сосуда с присоединенной массой жидкотекучего груза, рамы и заднего моста;

$c_1, c_2, c_3$  - коэффициенты жесткости, соответственно, подрессоривания рабочего сосуда, задней подвески и шин.

На рис.2 на примере автобетоновоза СБ-113М приведены графики изменения превалирующих частот (частот собственных колебаний) динамической системы в зависимости от величины присоединенной массы жидкотекучего груза. Отличие вертикальных колебаний рабочего сосуда с бетонной смесью от колебаний рабочего сосуда с сухогрузом заключается в повышенном уровне демпфирования колебаний за счет рассеивания энергии колебаний бетонной смеси, особенно на первом этапе транспортирования за счет интенсивного формоизменения.



**Рис. 2.** Зависимость частот собственных колебаний от степени загрузки автобетоновоза с вторичным (—) и без вторичного (---) подрессоривания

**Выводы:**

Особенностью геометрии масс колесных транспортных средств с жидкотекучим грузом является ее переменность, периодичность которой для невращающихся рабочих сосудов соответствует низким формам колебаний свободной поверхности жидкотекучего груза в поперечной и продольной плоскостях.

Экспериментальные исследования малых колебаний свободной поверхности транспортируемого жидкотекучего груза показывают, что опре-

деляющей является первая форма колебаний, частота которой в зависимости от геометрии рабочего сосуда колеблется в пределах 0,3...0,2 Гц.

Исследования экстренных режимов движения рабочего сосуда с жидкотекучим грузом в продольной плоскости приводит к резкому увеличению нагруженности металлоконструкции шасси и ее деформации.

### Библиографический список

1. Плавельский Е.П. Система испытаний колесных бетонотранспортных машин // Строительные и дорожные машины. – 1988. №7. С. 14-15.
2. Плавельский Е.П., Плавельский А.Е., Петров А.Я. колесные машины с подвижным грузом (экспериментальная оценка динамических качеств автостабилизатора) // Спецтехника – 2002, №4(8). С. 46-49.
3. Плавельский Е.П., Никульников Э.Н., Плавельский А.Е. Решение проблем исследования и подтверждения соответствия колесных машин с высоким центром масс и подвижным грузом. // автомобильная промышленность – 2009, №7. С. 9-11.
4. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. Машиностроение. М., 1985. 472с.
5. Певзнер Я.М., Плетнев А.Е. Статические характеристики динамических нагрузок в кузовах и кабинах грузовых автомобилей. // Научные труды /НАМИ.-1971 – Выпуск 130. С. 3-23.
6. Микишев Г.Н. Экспериментальные методы в динамике космических аппаратов. Машиностроение, М., 248 с.
7. Правила ЕЭК ООН № 111. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автоцистерн категорий N и O в отношении их устойчивости к опрокидыванию.

## ОБЗОР ПРИВОДОВ МЕХАНИЗМОВ КРАНОВ И ЭКСКАВАТОРОВ

*Петров И.Д., Щеголятов Е.А., студенты*  
*Научные руководители – Кайтуков Б.А., доц., к.т.н.;*  
*Скель В.И., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)*  
*(Российская Федерация)*

Механизация трудоёмких процессов – наиболее эффективный способ повышения производительности труда в строительстве, в котором участвует множество видов техники. Подвижность кранов, экскаваторов их механизмов обеспечивается разными типами приводов.[1]

Анализ различных конструкций кранов и экскаваторов показал, что целесообразно провести унификацию различных механизмов привода на модульном принципе формирования, например, опорно-поворотных механизмов кранов и экскаваторов и грузовых лебедок кранов.

Унификацию целесообразно проводить путем создания модульных гидро-планетарных механизмов привода.[2,3,4] Анализ показал, что фирмы, выпускающие экскаваторы и краны, Liebherr (Германия), Sato (Япония), Caterpillar (США) создают машины на таком же принципе, что позволяет использовать качественные и надежные элементы при создании таких типов машин.

Привод от электродвигателя применяется для поддержания постоянства вращения в приводах механизмов передвижения и поворота. Для привода машин с повторно-кратковременным режимом работы (строительные краны, экскаваторы) применяют крановые асинхронные электродвигатели с большой перегрузочной способностью — короткозамкнутые и с контактными кольцами. Крановые двигатели с контактными кольцами допускают в известных пределах регулирование скорости включением в цепь ротора элементов сопротивления.

На башенных кранах, как правило, применяют электропривод переменного тока с использованием асинхронных крановых двигателей с контактными кольцами.

К достоинствам электропривода можно отнести экономичность, так как он потребляет энергию только при движении, простоту конструкции всей системы (относительно других видов привода), более высокий КПД среди всех типов приводов, минимальные требования к техническому обслуживанию и экологичность.

Для мобильных кранов и экскаваторов наиболее целесообразно применять гидропривод основных механизмов. Он используется в устройствах, где необходимы значительные усилия. Из-за несжимаемости масла гидравлические системы позволяют осуществлять практически любой закон движения при значительных усилиях, что в свою очередь делает их незамени-

мыми в механизмах, где требуется точно выдерживать заданный закон движения.

В гидроприводах применяются два типа гидродвигателей: поступательного действия (гидроцилиндры) и вращательного действия (гидромоторы).

Гидронасосы, как и гидромоторы, бывают шестеренными, винтовыми, пластинчатыми и поршневыми (радиальными и аксиальными).

Для механизмов, приводящих в движение большие массы, или при высоких скоростях перемещения поршня используют гидроцилиндр, например, механизмы подъема стрелы крана и экскаватора.

К достоинствам гидропривода можно отнести его способность развивать очень большое усилие при компактных размерах, возможность удаления от насосной станции на расстояние, малое время для развития значительного усилия, плавное его регулирование, широкий диапазон рабочей температуры от -50 до +100, достаточно высокий КПД. Следует отметить, что гидропривод производит силу в 25 раз выше, чем, например, пневмопривод аналогичного размера.

К недостаткам гидропривода можно отнести: возможности утечки рабочей жидкости, особенно при высоком давлении; рабочая жидкость нагревается, охлаждается, загрязняется, что усложняет работу системы и требует превентивных мер; высокая стоимость самого оборудования и его техобслуживания; громоздкое размещение - требуется насосная станция (а в некоторых случаях даже две).[5]

В механизмах привода оборудования и строительных машин применяют пневматический привод. Он состоит из компрессорной установки, вырабатывающей сжатый воздух, системы воздухопроводов и пневматических двигателей, пневмоцилиндров и пневмокамер, приводимых в движение энергией сжатого воздуха. Отработанный воздух из пневмодвигателя выбрасывается в атмосферу.[6]

В пневмоцилиндре энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую энергию. Вследствие многократного преобразования энергии, неизбежно сопровождающегося потерями ее в каждом преобразователе, пневмопривод менее экономичен, чем, например, электропривод.

Этот привод применяют в механическом оборудовании для обеспечения быстродействия и высокой точности позиционирования. Кроме этого, данный тип привода нашел применение в основном в подъемниках и легких кранах с ограниченной высотой подъема, лебедках и талях, для управления фрикционными сцепными муфтами, ленточными и колодочными тормозами и т. д., а также для создания поступательного перемещения.

Достоинствами пневматического привода являются простота конструкции, легкость управления, плавность работы, простота регулирования скорости и развиваемых усилий в широких пределах, большое допустимое число включений в час.

Основными недостатками являются трудность применения в передвижных подъемных кранах с питанием от общей сети сжатого воздуха,



низкий КПД вследствие утечек воздуха через уплотнения, высокая стоимость эксплуатации. Давление сжатого воздуха в системах с пневмоприводом находится в пределах 0,3 - 0,8 МПа.

Воздух сжимаем. Поэтому в пневмоприводах работа производится не только за счет энергии потока сжатого воздуха, но и за счет его расширения, что является одной из основных причин трудностей в регулировании скорости движения приводимого в действие механизма.[7]

Механический привод относится к категории одноmotorных и широко применяется в самоходных машинах – автомобилях, тракторах, экскаваторах, буровых и других видах машин.

При механической системе управления рабочими органами машин и их элементами, все операции (подъём, опускание и т. п.) обеспечиваются главным образом с помощью фрикционных лебедок или других передач от вала двигателя или вала отбора мощности базовой машины путем прямой передачи или через коробку отбора мощности, а также с применением канатов и системы блоков.[8]

Преимуществом механического привода является простота конструктивного исполнения и надежность в работе. Недостаток — громоздкость конструкции при разветвлении передаваемой мощности.

Применение в механизмах машин совместно действующих пневматического и гидравлического приводов позволяет улучшить динамические характеристики и надежность элементов.[4]

Общий принцип работы пневмогидропривода заключается в следующем. В одну из парных пневматических камер подается газ под давлением, который двигает поршень. Движение поршня непосредственно или через шток, соединенный с другим поршнем, оказывает давление на жидкость гидропривода.

В свою очередь гидропривод при перемещении штока приводит в действие поворотный механизм. В данном случае, пневматическая часть является движущей силой гидропривода. Поэтому нет необходимости устанавливать громоздкий гидронасос для создания давления в гидросистеме.

Стабильная работа пневмогидропривода обеспечивается при десятикратном превышении площади пневмоцилиндра над площадью гидроцилиндра.

Пневмогидропривод сочетает в себе преимущества пневмопривода – быстродействие и гидропривода – создание значительных силовых воздействий и точности позиционирования. Сжатый газ заполняет сразу всю пневмосистему и создает одинаковое давление по всему объему. Через гидропривод усилие сжатого газа передается на поворотный механизм. При этом гидропривод сглаживает пульсацию пневмосистемы, которая возникает при изменении степени сжатия газа.[6]

К недостаткам пневмогидропривода относят низкий КПД вследствие возможных утечек воздуха и рабочей жидкости через уплотнительные соединения, высокая стоимость эксплуатации, оборудования и технического

обслуживания, сжимаемость воздуха, вследствие чего работа производится не только за счет энергии потока сжатого воздуха, но и за счет его расширения.

Анализ различных механизмов привода показал, что наиболее часто на мобильных строительных машинах (кранах, экскаваторах) применяют гидравлический привод с элементами механических передач. На многих кранах и экскаваторах отечественного производства встречаются механизмы с двух-, трехступенчатыми коническо-цилиндрическими и цилиндрическими редукторами с гидромоторами и насосами низкого давления. В строительных кранах и экскаваторах зарубежных фирм нашли широкое применение унифицированные гидромеханические приводы, например, Tadano, Komatsu, Liebherr, JCB, Caterpillar, Volvo, Hitachi, и отечественных крановых и экскаваторных заводах Галичанин, Ивановец, Клинды и Тверь [8].

#### Библиографический список

- 1) <https://www.kazedu.kz/referat/99946>
- 2) Унификация механизмов привода бетоносмесителей Кайтуков Б.А., Скель В.И., Горайнова П.О. В сборнике: Интерстроймех–2018 Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С. 90-94.
- 3) К вопросу производительности и унификации гравитационных бетоносмесителей. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 138-143.
- 4) Надежность машин и механизмов Черкасов В.А., Кайтуков Б.А., Капырин П.Д., Скель В.И., Степанов М.А. Учебник / Москва, 2015.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ МАШИНЫ В САЕ-СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ APM WINMACHINE

*Писанов Н.А., студент*

*Научный руководитель – Никулин К.С., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Основными критериями качества при проектировании редукторов являются к.п.д. и массогабаритные характеристики [1]. Для обеспечения данных критериев качества предлагается провести оптимизацию редуктора по следующим направлениям:

- 1) минимизация длины, ширины или высоты редуктора;
- 2) минимальная массы всех деталей и узлов редуктора, включая зубчатые колеса передач редуктора;
- 3) равнопрочность по контактным и изгибным напряжениям.

Как известно, масса и габариты редуктора существенно зависят от распределения общего передаточного отношения по ступеням редуктора. При оптимизации по массе следует ориентироваться на минимально приемлемое число ступеней, так как при его увеличении масса редуктора будет увеличиваться за счет массы дополнительных валов.

Таким образом, для минимизации массы и размеров редуктора, согласно выше изложенному, можно [2]:

- распределить общее передаточное отношение между ступенями из условия их равенства на ступенях редуктора;
- добиться оптимальных значений межосевого расстояния и ширины зубчатого венца при разных значениях его коэффициента ширины.

Использование программного обеспечения САЕ системы автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения APM WINMACHINE для проектирования подобных механических систем позволит, как один из вариантов, произвести расчеты с перебором значений значимых параметров для получения наиболее оптимальной по конструкции редуктора.

Расчет и оптимизация проходит в три этапа:

1. Создание в APM Drive модели базового по параметрам редуктора;
2. Оптимизация полученного редуктора путем распределения в нем передаточных отношений передач;
3. Оптимизация редуктора из второго этапа по коэффициенту ширины зубчатого венца.

В качестве базового редуктора выбран двухступенчатый цилиндрический редуктор Ц2-250 механизма подъема мостового крана.

1 этап:

По каталожным характеристикам исходного редуктора механизма крана формируем в модуле APM Drive модель этого редуктора с жестко заданными параметрами. После расчета модели редуктора, в качестве выходных рассчитанных данных, мы получаем графический портрет (чертеж) редуктора и полные расчетные данные по его деталям и узлам.

2 этап:

Оптимизация полученного редуктора путем распределения передаточных отношений передач в редукторе с помощью выравнивания их значений при сохранении общего передаточного отношения на сформированной в предыдущем этапе модели редуктора механизма исследуемого крана. В результате расчета получаем оптимизированный по передаточному отношению редуктор с новыми геометрическими параметрами (сравнительная оценка исходного и оптимизированного редукторов представлена в табл. 1)

Таблица 1

### Сравнение базового редуктора с оптимизированным по передаточному числу

Параметр	Редуктор	
	Редуктор Ц2-250 (базовый)	Редуктор Ц2-250 (оптимизированный по передаточному числу)
Межосевое расстояние, мм: - быстроходной ступени - тихоходной ступени	100 150	86 137
Ширина зубчатого венца, мм: - шестерня - колесо	40 60	42 72
Габариты корпуса, мм: - длина - ширина - высота	462 197 341	423 208 308
Внутренний объем, мм <sup>3</sup>	20220205,8	17461749,4

3 этап:

Оптимизация редуктора за счет изменения коэффициента ширины зубчатого венца. Для цилиндрических передач этот коэффициент принимается из ряда стандартных чисел в пределах от 0,1 до 0,63 [3].

Для наилучшей оптимизации меняется коэффициент ширины в редукторе, оптимизированном во 2-м этапе.

Проведя серию из шести расчетов с разными значениями коэффициентов, мы получили результаты, представленные в таблице 2.

**Сравнение результатов оптимизации по коэффициенту ширины зубчатого венца**

Параметр	Редуктор						
	Редуктор Ц2-250 из этапа 2	Редуктор Ц2-250 (оптимизированный по коэффициенту ширины зубчатого венца)					
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Межосевое расстояние, мм:							
-быстроходная ступень:	86	122	102	91	86	81	76
-тихоходная ступень:	137	195	163	145	137	129	122
Ширина зубчатого венца, мм:							
-шестерня:							
-колесо:	42 67	14 20	23 34	30 44	38 56	44 65	51 74
Габариты корпуса, мм:							
-длина:							
-ширина:	423	569	488	444	423	403	385
-высота:	208 308	158 411	174 353	184 323	197 308	207 294	216 281
Внутренний объем, мм <sup>3</sup>	17461749,4	23247476,6	18872359	16538456	16184038	15596712,5	14840493

В результате оптимизации по коэффициенту ширины зубчатого венца выяснилось, что для редуктора механизма подъема исследуемого мостового крана наиболее оптимальным вариантом по габаритным размерам и внутреннему объему является редуктор с коэффициентом ширины равным 0,4, несмотря на то, что у него не самый низкий массогабаритный параметр. Это связано с тем, что в компоновке механизма подъема рассматри-

ваемого крана грузоподъемностью 20 т и пролетом 16.5 м, использовать габарит по ширине редуктора больше исходного нецелесообразно из-за необходимости, в этом случае, внесения изменений в металлоконструкцию крана. К тому же, данное значение коэффициента ширины является рекомендуемым для передач с несимметричным расположением зубчатых колес [3]. Длина же редуктора, в результате оптимизации, получилась меньше длины базового редуктора, что может потребовать только перекомпоновки самого механизма без увеличения габаритов грузовой тележки.

#### Выводы

В ходе данной работы, с помощью современного программного комплекса АРМ WinMachine, был найден оптимальный вариант редуктора для исследуемого мостового крана грузоподъемностью 20 т и пролетом 16.5 м, с точки зрения габаритов и массы, путём распределения передаточных отношений передач в нем и изменением коэффициента ширины зубчатого венца. Таким образом, при необходимости полнокомплектного ремонта крана по результатам его технической экспертизы, можно спроектировать новый привод с минимизацией размеров и массы без существенных изменений металлоконструкции крана. Кроме того, возможно применение рассмотренных критериев оптимизации и при проектировании новых грузоподъемных машин.

#### Библиографический список

1. Лебедев С. В. Алгоритм многокритериальной оптимизации многоступенчатого планетарного редуктора // Молодой ученый. — 2015. №21.2. С. 63-67.
2. Никулин К.С. Оптимизация размеров редуктора в САЕ системе автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения АРМ WinMachine. Отчёт о научно-исследовательской работе – М: МГАВТ, 2018. 51 с.
3. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. 496 с.
4. АРМ Drive. Модуль комплексного расчета и проектирования приводов произвольной структуры в пространстве. Версия 12. Руководство пользователя. Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин», 2014. 22 с.
5. Александров М.П. Грузоподъемные машины. Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. 552 с.
6. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд. испр. – М.: Высш.шк., 2008. 408 с.
7. Леонова О.В. Детали машин и основы конструирования. Лабораторный практикум. – М.: МГАВТ, 2015. - 65 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ БАРАБАНОГО ГРОХОТА

*Разумов Е.Б., Акулов Д.А., Чагин А.И., студенты  
Научный руководитель – Кондратьев А.В., проф., д.т.н.*

*Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)  
(Российская федерация)*

Барабанные грохоты довольно часто применяются для грохочения гравия и щебня в технологических процессах добычи и переработки нерудных строительных материалов. Основное достоинство данных устройств – медленное и равномерное вращение цилиндрического сита и отсутствие толчков в работе. Это дает возможность устанавливать их в верхних этажах зданий и на передвижных установках. Однако барабанные грохоты характеризуются низким использованием поверхности сита (всего 12...20%), невысокой эффективностью грохочения (не более 60%) и сравнительно малой производительностью [1-3]. Такое положение указывает на то, что резервы совершенствования барабанных сортировок далеко еще не исчерпаны. Поэтому поиск направлений увеличения эффективности и производительности барабанных грохотов является важной задачей в настоящее время.

Для решения вопроса модернизации сортирующего устройства барабанного типа необходимо было изучить «уровень техники» на основе проведения патентных исследований, в ходе которых можно будет предложить усовершенствования, сориентированные на повышение результативности работы грохота.

Анализ патентного обзора показал, что интенсификация процесса грохочения нередко осуществляется за счет вибрации барабанного сита [4]. Это, в свою очередь, существенно ограничивает использование барабанных устройств на передвижных установках и верхних этажах производственных зданий из-за колебательных движений.

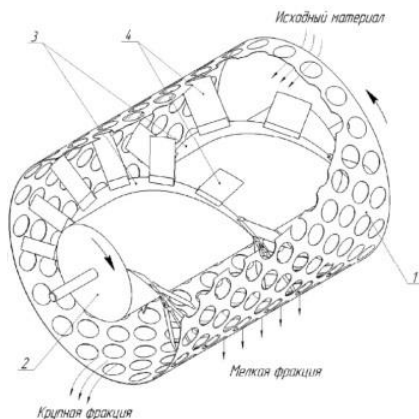
Известно также устройство для просеивания сыпучих материалов, отличительной особенностью которого является размещение внутри барабана вращающегося вала с билами снабженными лопатками [5]. Такое исполнение барабанной сортировки позволяет частично повысить эффективность просеивания частиц за счет ворошения материала и разбивания комков. Однако данное усовершенствование не приводит к увеличению производительности процесса разделения компонентов смеси.

Наиболее удачное техническое решение с позиции повышения эффективности грохочения за счет увеличения используемой рабочей площади цилиндрического сита представлено в патенте на изобретение «Барабанный вибрационный грохот» [6]. Посредством вала со сплошной лопастью, размещенного внутри барабана, материал распределяется по ширине сита навстречу вращению барабана. Тем не менее, дополнительное устройство не продвигает материал вдоль сита, что не способствует увеличению про-

изводительности. Кроме того, наличие вибрации и реверсивного движения барабана и вала с лопастями существенно сокращает возможное применение данного устройства на производстве.

В ходе аналитического обзора патентной информации было установлено, что для повышения эффективности грохочения необходимо увеличить рабочую площадь барабанного сита за счет принудительного распределения материала по ширине просеивающей поверхности. Для увеличения производительности процесса грохочения по-видимому необходимо совмещать распределение материала по ширине и по длине сита.

Для достижения поставленной цели было предложено внутри барабанного грохота размещать шнековый интенсификатор, вращающийся навстречу вращению цилиндрического сита (рисунок 1).



**Рис. 1.** Барабанный грохот со шнековым интенсификатором

Устройство состоит из барабанного цилиндрического сита 1, внутри которого расположен вал с двухзаходной шнековой навивкой 3, на которых в шахматном порядке закреплены упругие лопасти 4. При этом шаг расстановки лопастей 4 на шнеке 3 равен ширине лопасти 4 закрепленной на второй шнековой навивке 3.

При выполнении процесса грохочения вал 2, вращаясь навстречу вращения барабана 3, лопастями 4 распределяет материал по ширине сита и одновременно по его длине, увеличивая текущее значение рабочей поверхности сита на 60...70%. Это, в свою очередь, приведет не только к повышению эффективности грохочения, но и к росту производительности процесса грохочения каменных материалов.

Интенсификация процесса грохочения неизбежно приведет к учащению случаев застревания частиц в отверстиях сита, поэтому необходимо предусмотреть постоянную очистку просеивающих промежутков барабанного решета.



Для решения данного вопроса в патенте на изобретение [5] предлагается с наружной стороны сита сверху устанавливать приводной вал с цилиндрической щеткой, а в патенте [7] для очистки отверстий предлагается цилиндрический очищающий элемент, прижатый к внешней поверхности барабанного сита. Предоставленные устройства возможно будут результативно работать только на барабанах с небольшой толщиной сита, в случае же сравнительно большой толщины целесообразно использовать очиститель выполненный в виде вала с зубьями входящими в отверстия сита [8].

Таким образом, предложенная конструкция барабанного грохота, внутри которого размещен вращающийся вал с эластичными упругими лопастями закрепленными в шахматном порядке на двух шнековых навивках, а с внешней стороны сита в верхней части установлен очистительный вал с зубьями (не показан), позволит существенно повысить эффективность и производительность процесса грохочения гравия или щебня на барабанном разделительном устройстве. Для окончательного обоснования параметров барабанного грохота необходимо провести экспериментальные исследования на стендовом оборудовании.

#### Библиографический список

1. Хархута, Н.Я. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет. Учебник для вузов / Н.Я. Хархута, М.И. Капустин, В.П. Семенов, И.М. Эвентов. Л.: Машиностроение, 1976, 472 с.
2. Катаев, Ф.П. Машины для строительства дорог / Ф.П. Катаев, К.Ф. Абросимов, А.А. Бромберг, Ю.А. Бромберг. М.: Машиностроение, 1971, 624 с.
3. Сиденко, П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. М.: Химия, 1977, 368 с.
4. А.с. № 1747194 СССР. Барабанный вибрационный грохот / А.Д. Рудин, Г.А. Чернов, Ю.И. Сторожев, Г.С. Беляев; заявл. 10.07.90; опубл. 15.07.1992, Бюл. № 26.- 3 с.
5. А.с. № 611691 СССР. Устройство для просеивания сыпучих материалов / В.А. Беляев, И.М. Шульгин; заявл. 23.09.76; опубл. 25.06.1978, Бюл. № 23.- 3 с.
6. Пат. № 2353438 РФ. Барабанный вибрационный грохот / С.А. Маслов, В.Ф. Першин, Ю.Т. Селиванов, А.Г. Ткачев; заявл. 04.06.07; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 12.- 8 с.
7. Пат. № 887036 СССР. Очиститель отверстий барабанных грохотов / Е.С. Гончаров, А.Н. Прилуцкий, В.И. Шевчук; заявл. 28.11.78; опубл. 07.12.1981, Бюл. № 45.- 3 с.
8. Пат. № 99359 РФ. Устройство для просеивания сыпучих материалов / А.В. Кондратьев, О.В. Кузечкин, Б.А. Виноградов; заявл. 15.06.10; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32.- 2 с.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОЙ ОБРАБОТКИ ПОКРЫТИЙ ЖИДКИМ РЕАГЕНТОМ

*Садовникова Я.С., инженер*

*Научный руководитель – Мандровский К.П., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

В качестве изучаемого распылительного оборудования будет выбран распределительный диск, закрытый кожухом с установленными в нём гидравлическими форсунками (рис. 1).



**Рис. 1.** Диск для распыления жидких реагентов

С помощью дискового оборудования возможно распыление как растворов хлористых солей, так и перспективных противогололёдных реагентов (ПГР) таких, как формиаты и ацетаты. При этом снижение расхода солей за счёт уменьшения норм и равномерности распыления, а также за счёт увеличения точности дозирования распределителями является одним из способов решения экономических и экологических проблем, связанных с зимним содержанием дорог не только в России, но и в зарубежных странах [1]. На данный момент особенности процесса распыления жидкого реагента недостаточно изучены. Целью данной статьи является разработка математических моделей движения капель ПГР по диску и изучение влияния геометрических параметров форсунки и диска на основные характеристики распыления. Моделирование движения капель осуществляется методом уравнений Ньютона. Для составления моделей вводится система координат  $xuz$ , связанная с форсункой и ось  $x$ , направленная вдоль лопатки диска. Капля ПГР покидает сопло форсунки под давлением  $P$  и углом  $\vartheta$ . На движущуюся к поверхности диска каплю действуют: сила тяжести, сила инер-

ции и сила сопротивления движению. Взаимодействия капле при этом не учитываются. Уравнение движения капли по осям  $x'$  и  $z'$  принимает вид:

$$\begin{cases} a_{x'} = -\left(\frac{k_1 V_{x'}}{m_1}\right) \\ a_{z'} = g - \left(\frac{k_1 V_{z'}}{m_1}\right) \end{cases} \quad (1)$$

где  $a_{x'}$ ,  $a_{z'}$  – ускорения капли по соответствующей оси,  $m/c^2$ ;  $m_1$  – масса капли, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $V_{x'}$ ,  $V_{z'}$  – скорость движения капли по соответствующим осям,  $m/c$ ;  $k_1$  – коэффициент сопротивления движению,  $кг/с$  [2].

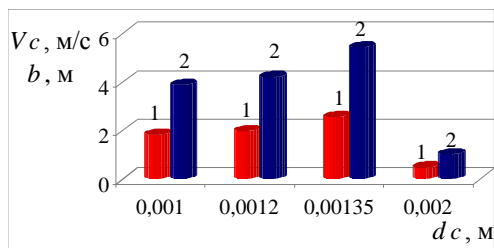
Решение системы уравнений 1 позволяет определить траекторию движения капли при истечении из форсунки, а также вычислить начальную координату  $x'_0$  капли при достижении поверхности диска. Так как изучить все возможные траектории движения капли по диску не представляется возможным, целесообразно рассмотреть движение капли вдоль лопатки из двух начальных положений: наиболее удалённого от оси диска ( $x_{nmax}$ ) и наиболее близкого к ней ( $x_{nmin}$ ). Для перехода от системы координат  $x y z$  к оси  $x$  необходимо обладать информацией о расположении форсунок относительно поверхности диска. Для определения значения  $x_{nmax}$  и  $x_{nmin}$  будут задействованы геометрические параметры:  $l_f$  – расстояние от продольной оси диска до продольной оси форсунки, м,  $\gamma$  – угол, характеризующий положение капли в системе координат  $x' y' z'$ , связанной с форсункой, град.;  $\gamma' = 90 - \psi$ , град.;  $\gamma'' = \varphi - \gamma'$ , град.

Координаты точек 4 и 5 предлагается определять по формулам:

$$x_{nmax} = \left(\frac{l_f}{\cos \gamma'} + x'_0\right) \cos \gamma'', \quad x_{nmin} = \left(\frac{l_f}{\cos \gamma'} - x'_0\right) \cos \gamma''. \quad (2)$$

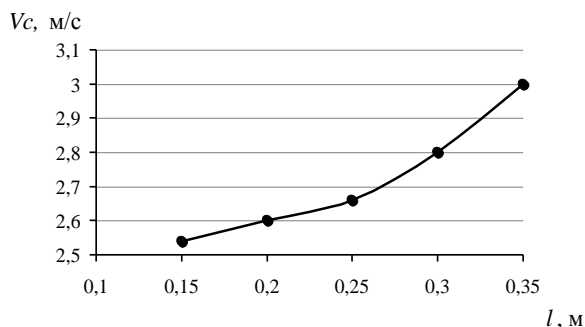
Рассчитанные по формуле 2 координаты капли  $x_{nmax}$  и  $x_{nmin}$ , а также полученное в ходе решения системы 1 значение скорости капли при попадании на диск будут являться начальными условиями для решения уравнения движения капли вдоль лопатки диска. Математическое описание движения капли вдоль лопатки диска представлено в работе [3]. Уравнение движения капли вдоль лопатки диска позволяет определить значение скорости слёта капли с диска в момент времени  $t$ , когда капля прошла путь, равный длине лопатки. Скорость слёта в момент времени  $t$  определяет длину пути, проходящего каплей до достижения покрытия. Зона распыления реагента есть совокупность капель, слетающих с диска и образующих на покрытии форму круга. В таком случае, найденная длина пути капли представляет собой радиус зоны. Диаметр зоны равен ширине полосы обработки  $b$  покрытия [4]. Движение капель ПГР в воздушной среде и подход к расчету ширины полосы обработки изучены в [5, 6]. Из главных геометрических параметров распылительного оборудования, определяющих кинематические характеристики движения капли реагента, выберем для дальнейшего моделирова-

ния диаметр  $d_c$  сопла форсунки и длину  $l$  лопатки диска. С использованием математических моделей определим зависимость скорости  $V_c$  слёта капли с диска и соответствующей ей ширины  $b$  полосы обработки от диаметра сопла форсунки  $d_c$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Моделирование скорости слёта капель с диска и ширины полосы обработки при варьировании диаметра сопла форсунки  $d_c$ : 1 - скорость слёта  $V_c$  капель с диска, 2 - ширина полосы обработки  $b$

Результаты моделирования скорости  $V_c$  слёта капель с диска при задании различной длины  $l$  лопатки диска представлены на рис.3.



**Рис. 3.** Моделирование скорости слёта  $V_c$  капель с диска при варьировании длины лопатки диска  $l$

### Выводы

В ходе моделирования выявлена связь скорости слёта капель с диска и ширины полосы обработки от стандартных диаметров форсунок. Увеличение диаметра форсунки сопровождается ростом скоростей истечения капель из форсунки и слёта капель с диска и, как следствие, увеличением дальности полета капель в воздушной среде.

Результаты моделирования скорости слёта капель с диска и ширины полосы обработки при варьировании длины лопатки диска свидетельствуют о линейной зависимости  $V_c=f(l)$ . Это объясняется увеличением времени движения капли по поверхности диска, в течение которого капля успевает получить приращение кинетической энергии за счет движения диска.

Дальнейшее развитие исследований должно быть нацелено на формирование методики назначения оптимальных геометрических параметров распылительного оборудования, обеспечивающих качественное и экономное распределение реагента по покрытию [7].

#### Библиографический список

1. «Автомобильные дороги и мосты. Противогололедные материалы для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах. Обзорная информация Выпуск 4». – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационный центр по автомобильным дорогам», 2006.

2. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Уточнение характеристик движения жидкого реагента по диску при распылении форсункой // Интерстроймех–2018. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкого. 2018. С. 110-114.

3. Баловнев В.И. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог. М. - Омск: Омский дом печати, 2005. 768 с.

4. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Влияние скорости машины на равномерность распределения противогололедных реагентов // Механизация строительства. 2018. Т. 79. № 4. С. 60-64.

5. Mandrovskiy K.P., Sadovnikova Y.S. Characteristics of the droplet motion of a liquid antifreeze reagent. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 03. Pp. 14–26. doi: 10.18720/MCE.79.2

6. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Предпосылки к разработке методики обеспечения эффективности противогололедной обработки покрытий // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. №3 (54). С.54-61.

7. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Разработка концепции системы контроля качества противогололедной обработки дорожных и аэродромных покрытий // Журнал автомобильных инженеров. 2018. №2 (109) С.46-50.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРУЖИННО-ТРОСОВЫХ ДЕМПИРУЮЩИХ СИСТЕМ В ЗАГРУЗОЧНЫХ УЗЛАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ**

*Силуянов Н.А., студент*

*Научный руководитель – Абрамов Б.Н., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Ленточные конвейеры широко используются при поточной технологии переработки полезных ископаемых. Погрузка этих материалов сопровождается значительными нагрузками на дорогостоящую конвейерную ленту и опорные ролики загрузочной части конвейера. В результате ударного взаимодействия крупных кусков груза с лентой и опорными роликами на этом участке конвейера лента подвергается многим видам повреждений: порезам, сквозным проколам и абразивному износу. Таким образом, загрузочный участок определяет эксплуатационную надежность всего конвейера.

Снижение ударной нагрузки в загрузочном узле возможно за счет использования канатных вставок (секций) в качестве упругодемпфирующих элементов ударовиброзащитных устройств.

Стальные тросы обладают рядом неоспоримых преимуществ: высокая стабильность свойств при долговременных динамических нагрузках; значительное демпфирование за счет обратимого межпроволочного трения; устойчивость к температурным и коррозионным факторам. Применение последовательного соединения элементов трос – пружина обеспечивает ход вставной секции, достаточный для эффективной защиты от прямых и косых ударов падающих кусков породы. При этом, гашение энергии удара происходит за счет высоких демпфирующих свойств гибкого стального троса и трения в соединениях упругодемпфирующих элементов. Кроме того, такая система подвеса позволяет получить достаточно низкие собственные частоты.

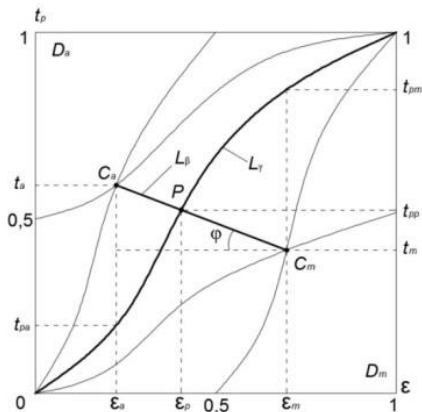
# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ТЯГОВЫЙ КАНАТ – КВШ ЛИФТОВ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

*Слётов С.Ю., аспирант*

*Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Трибомеханическая система “тяговый канат – канатоведущий шкив” характеризуется определенными служебными показателями. К их числу относятся контактное давление, коэффициент трения движения, фрикционные температуры, степени трибодеформационного упрочнения, коэффициент полезного действия и др. [1,2]. Для расчетного определения этих показателей предусмотрено профилографирование изношенных рабочих поверхностей с последующим построением нормализованной системы координат “относительные опорные линии – относительное сближение” [3] – (рис.1).



**Рис. 1.** Нормализованная система координат  $t_p$ - $\xi$

Исходными показателями микротопографии изношенных поверхностей трения приняты парциальный микроизнос (доля впадин) и парциальный микрометалл (доля выступов) в пределах определенной линейной базы профилографирования. Указанные трибомеханические показатели являются производными от парциальных величин микроизноса и микрометалла.

Теоретический и прикладной интерес представляет расчетное определение трибомеханических показателей по известному коэффициенту трения с переходом от него к значениям парциальных величин.

Цель работы – расчетное прогнозирование трибомеханических показателей системы “тяговый канат - КВШ” по коэффициенту трения скольжения.

Целевыми задачами являются:

1. Расчетное определение парциальных величин микроизноса и микрометалла по заданному коэффициенту трения;
2. Оценка степеней трибодформационного упрочнения (разупрочнения) поверхностных активных слоев и продуктов износа;
3. Установление уровней фрикционных температур поверхности трения и продуктов износа;
4. Определение коэффициента полезного действия системы “тяговый канат - КВШ”;
5. Сопоставление трибомеханических показателей при различных условиях испытаний.

Методика исследования

По данным [4], исходными значениями коэффициента трения являются:

при эксплуатационном режиме для чугунного КВШ  $\mu_0=0,09$ , для стального  $\mu_0=0,10$ ;

при статических испытаниях соответственно –  $\mu_0=0,1$ ,  $\mu_0=0,11$ .

Согласно [5], коэффициент трения ( $f$ ) определяется взаимосвязью с парциальными величинами микроизноса ( $D_a$ ) и микрометалла ( $D_m$ ):

$$f = (1 - D_a)^{1/D_a} = D_m^{1/D_a}. \quad (1)$$

Из (1) при заданных значениях  $\mu_0=f$  методом подбора определяется парциальный микроизнос  $D_a$  и  $D_m=1-D_a$ .

Для ориентировочной оценки парциальных величин можно использовать зависимость:

$$f = L_\beta \cdot (1 - D_a) = L_\beta \cdot D_m, \quad D_m = f/L_\beta = 2,058f, \quad (2)$$

где  $L_\beta=0,486=(0,618 \cdot 0,382)^{0,5}$  – длина бицентриды (см. рис. 1), выраженная по параметрам золотой пропорции [6].

Уточненные значения парциальных величин принимаются по выражению (1).

Степень трибодформационного упрочнения (разупрочнения) поверхностных слоев оценивается по зависимости:

$$\begin{aligned} \text{для стальных деталей} \quad K_s &= H_s/H_o = (0,618/D_m)^{D_m/D_a}, \\ \text{для чугунных деталей} \quad K_s &= (0,618/D_a)^{D_a/D_m}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $H_s$ ,  $H_o$  – соответственно микротвердость изношенной поверхности и исходная (технологическая) материала.

При  $K_s > 1$  проявляется трибодформированное упрочнение, при  $K_s < 1$  – разупрочнение поверхностных слоев.

Предельное трибодформационное упрочнение (разупрочнение) продуктов износа устанавливается по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } K_s > 1 \quad K_a &= H_a/H_o = K_s [K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}], \\ \text{при } K_s < 1 \quad K_a &= K_s [K_s^2 + (K_s - 1)^2], \end{aligned} \quad (4)$$



где  $H_a$  – предельная микротвердость продуктов износа.

Фрикционные температуры поверхностей трения ( $T_s$ ) и продуктов износа ( $T_a$ ) определяются по выражениям:

$$\begin{aligned} T_s &= T_o + \Delta T_s = T_o + \ln K_s / \lambda, \\ T_a &= T_o + \Delta T_a = T_o + \ln K_a / \lambda, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $T_o$  – температура внешней среды,  $\Delta T_s$  и  $\Delta T_a$  – соответствующие приращение температур поверхности и продуктов износа;  $\lambda = (1,72 - 2,57) \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$  – температурные коэффициенты для железоуглеродистых сплавов [7].

Для ориентировочной оценки температурных приращений принимается среднее значение  $\lambda = 2,15 \cdot 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$ .

Коэффициент полезного действия системы “тяговый канат – канатоведущий шкив” можно определить по выражению:

$$\eta = [1 / (1 + 2fL_\gamma / t_{pp})], \quad (6)$$

где  $L_\gamma$  - относительная длина кривой опорной поверхности (гипсограммы);

$t_{pp}$  – относительная длина опорной линии при полном сближении  $\xi_{\text{р}}$  (см. рис. 1).

Установлены зависимости:

$$L_\gamma = 1,4142(D_{\text{max}}/D_{\text{min}})^{D_a \cdot D_m}, \quad t_{pp} = 1 / (1 + 2D_a); \quad (7)$$

где  $D_{\text{max}} = D_a > D_m$ ,  $D_{\text{min}} = D_a < D_m$ .

Результаты исследования

Для эксплуатационного режима испытаний чугунных и стальных КВШ получены следующие значения трибомеханических показателей (таблица 1).

Таблица 1

### Трибомеханические показатели при эксплуатационном режиме испытаний канатоведущих шкивов

Материал	$f$	$D_a$	$D_m$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$L_\gamma$	$\eta, \%$
Чугун	0,09	0,88	0,120	1,25	2,023	103,8	327,7	1,745	36,4
Сталь	0,10	0,860	0,140	1,273	2,101	112,3	345	1,760	36,2

Для статических испытаний чугунных и стальных КВШ получены триботехнические показатели, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

### Трибомеханические показатели при статических испытаниях канатоведущих шкивов

Материал	$f$	$D_a$	$D_m$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$L_\gamma$	$\eta, \%$
Чугун	0,10	0,860	0,140	1,273	2,101	112,3	345	1,760	36,2
Сталь	0,11	0,845	0,155	1,289	2,156	118,1	357	1,766	36,15

С целью сопоставления с показателями таблиц 1 и 2 ниже (таблица 3) приводятся одноименные расчетные характеристики КВШ из обычного

серого чугуна марки СЧ30, полученные посредством изложенной методики по данным работы [8]. В этом случае исходной характеристикой шероховатой поверхности трения являлась относительная опорная линия  $t_m$ .

Таблица 3

**Расчетные триботехнические показатели канатоведущего шкива из чугуна СЧ30**

№ сечения	$t_m$	$D_a$	$D_m$	$f$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ C$	$\Delta T_a, ^\circ C$	$L_y$	$\eta, \%$
1	0,40	0,750	0,250	0,16	1,352	2,374	140,3	402	1,738	36,5
2	0,40	0,750	0,250	0,16	1,352	2,374	140,3	402	1,738	36,5
3	0,55	0,409	0,591	0,28	1,067	1,378	30,2	149	1,546	39,3

Анализ результатов исследования

По данным [4] при эксплуатационном и статическом режимах испытаний коэффициенты трения для чугунных и стальных шкивов фактически совпадают. Вследствие этого близки и вычисленные значения парциальных величин  $D_a$  и  $D_m$ , трибодетформационных упрочнений  $K_s$  и  $K_a$ , фрикционных температур  $\Delta T_s$  и  $\Delta T_a$ , длин гипсограмм  $L_y$  и коэффициентов полезного действия  $\eta$ . Можно отметить, что выбранный режим статических испытаний соответствует конкретным эксплуатационным условиям работы шкивов.

К сожалению, в приведенном литературном источнике не указаны марки и механические свойства материалов, чтобы можно было объяснить одинаковые значения коэффициентов трения для чугунных и стальных шкивов.

В справочном издании [7] отмечается, что при трении скольжения без смазывания стали по стали и стали по чугуну коэффициент трения скольжения составляет 0,15 – 0,18. Равенство коэффициентов трения для сталей и чугунов согласуются с отмеченным сходством коэффициентов в работе [4].

Вместе с тем полученные расчетные триботехнические показатели для КВШ из чугуна марки СЧ30 (см. таблица 3) отличаются от данных [8] большими значениями коэффициента трения (0,16 - 0,28). Показательная зависимость коэффициента трения от контрольного сечения: большее значение ( $f=0,28$ ) установлено в сечении 3 вблизи подреза ручья. В связи с этим представляется важным при оценке тяговой способности шкива учитывать контактную зону ручья с надлежащим коэффициентом трения.

Из сравнения триботехнических показателей таблиц 1, 2 и 3 также следует:

1. Парциальные величины микроизноса  $D_a$  чугунных и стальных КВШ (см. таблицы 1 и 2) превышают микроизнос КВШ из чугуна СЧ30 (см. таблицу 3 сечения 1 и 2) в 1,13 – 1,17 раз при эксплуатационном режиме и в 1,127 – 1,15 раз при статических испытаниях. Микроизнос чугунных

и стальных шкивов по сравнению с микроизносом в сечении 3 шкива из чугуна СЧ30 превосходит в 2,1 – 2,15 раз. Отмеченное указывает на большую износостойкость шкива из чугуна СЧ30. Об этом свидетельствуют и большие значения коэффициентов трения.

2. Показатели трибдеформационного упрочнения поверхностей трения  $K_s$  и продуктов износа  $K_a$  КВШ из чугуна СЧ30 превышают соответствующие величины чугунных и стальных шкивов, как и приращения фрикционных температур  $\Delta T_s$  и  $\Delta T_a$ . Заметно ниже значения  $K_s$  и  $K_a$ ,  $\Delta T_s$  и  $\Delta T_a$  в сечении 3 (см. таблица 3). Последнее указывает на большую износостойкость материала в этой контактной зоне.

3. Значения КПД, рассчитанные по выражению (6), во всех рассмотренных случаях близки к предельной величине порядка 40% для сухого трения клинового привода [9].

4. Во всех исследованных вариантах (за исключением сечения 3 таблицы 3) значения парциального микроизноса  $D_a > 0,5$ . Это означает, что изнашивание чугунных и стальных КВШ происходит по механизму микрорезания (МР), в сечении 3 – по механизму малоциклового усталости (МЦУ):  $0,325 < D_a < 0,5$  [10].

Общие выводы

1. Проведенные исследования показали возможность расчетного определения основных трибомеханических показателей системы “тяговый канат – канатоведущий шкив” по известному коэффициенту трения.

2. Посредством предложенной методики устанавливается механизм изнашивания трущихся элементов, характеризуемый степенями трибдеформационного упрочнения поверхностей и продуктов износа, соответствующими фрикционными температурами и энергетическими затратами на трение и изнашивание системы.

3. Разработанный деформационно-топографический метод с установленными расчетными зависимостями позволяет определять основные трибомеханические показатели как с использованием, так и без профилографирования поверхностей трения.

#### Библиографический список

1. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Воронина И.В. Методология определения триботехнических показателей металлических материалов // Сборник докладов Словацко-российско-польского семинара “Теоретические основы строительства” – М., 2007 – с.339-342.

2. Густов Ю.И., Воронина И.В., Орехов А.А. Методология исследования трибомеханических показателей строительной техники // Механизация строительства – 2011 - №8 – с.10-12.

3. Густов Ю.И., Юшков А.А., Слётов С.Ю. Методика выбора материалов для трущихся сталей по твердости изношенных поверхностей // Механизация строительства – 2016, №11 – с.18-21.

4. Лифты. Учебник для вузов. / под общ. ред. Д.П. Волкова – М.: изд-во АСВ, 1999 – 480 с.
5. Густов Ю.И., Юшков А.А. Уравнения параметров шероховатых поверхностей трения деталей строительной техники // Механизация строительства, 2016, №11 – с.2-6.
6. Коробко В.И. Золотое сечение и проблемы гармонии систем. М.: изд-во АСВ стран СНГ, 1998 – 373 с.
7. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др. М.: Энергоатомиздат – 1991 – 1232 с.
8. Суслов Д.А. Технологическое повышение долговечности лифтовых шкивов // Дисс. к.т.н. Брянск, БрГТУ, 2004.
9. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. – М.: “МИР”, 1982 – 35/с.
10. Густов Ю.И., Густов Д.Ю., Юшков А.А. Механизмы абразивного изнашивания и коэффициенты полезного действия строительной техники. / Механизация строительства, 2016, №9, с.50-54.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАЛКОВОГО ГРОХОТА

*Смордов С.П., ст. преподаватель; Корнеев Е.А., аспирант;  
Федоров М.А., студент  
Научный руководитель – Кондратьев А.В., проф., д.т.н.*

*Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)  
(Российская федерация)*

Ранее проведенные исследования показали, что одной из причин недостаточного применения валковых грохотов в технологических процессах производства нерудных строительных материалов, является низкая их надежность вследствие заклинивания твердых включений между рабочими элементами устройства, вызванные, прежде всего многогранной или зубчатой формой дисков [1]. Применение же круглых дисков могло бы обеспечить надежную работу грохота, но из-за слабой по сравнению с многогранной формой дисков транспортирующей способности и отсутствия ударного воздействия на разделяемую смесь их использование приведет к снижению эффективности и производительности процесса [2]. Поэтому была выдвинута гипотеза, что установка подвижных фартуков над поверхностью сита с круглыми дисками может компенсировать недостатки дугообразной формы дисков и повысить эффективность разделения материала, что и было доказано в ходе выполненных экспериментальных исследований [3,4].

Дальнейшее направление модернизации валкового грохота заключалось в анализе расстановки дисков на валах устройства с целью получения наибольшего «живого сечения» сита, т.е., максимальной удельной площади просеивающих отверстий при одновременном обеспечении самоочистки промежутков между дисками от застрявших там включений[5]. Было уста-

новлено, что на традиционной схеме устройства с шахматным расположением дисков на валах просеиваемость мелкой фракции возрастает с увеличением расстояния между торцом диска и рядом стоящим валом, тогда площадь просеивающего промежутка увеличивается [6]. Тем не менее, данное направление повышения удельной просеивающей площади грохота ограничивается функцией самоочистки устройства. В связи с этим изыскания более рациональной схемы валкового грохота были продолжены.

Из обзора конструкций валковых сортировок было определено, что наибольшей удельной площадью просеивающих отверстий обладают устройства с расположением дисков на соседних валах встык к друг другу [7]. Однако основным недостатком данного устройства является то, что промежутки между дисками могут забиваться застрявшими там зернами материала, вследствие отсутствия самоочистки отверстий сита. Для устранения этого негативного явления была разработана конструкция валкового грохота, включающая расположение дисков на валах встык и в шахматном порядке с перекрытием между собой [8].

На рисунке представлена схема модернизированного валкового грохота, состоящего из ряда параллельных валов 1 с закрепленными на них дисками 2 и 3, причем валковое сито выполнено из набора секций по два вала 1 с закрепленными на них дисками 2 круглой формы, установленными на валах встык друг к другу с зазором между торцевыми поверхностями дисков 2, а между секциями расположен очистительный вал 1 с дисками 3, входящими в промежутки между дисками 2 соседних секций. Диски 2 и 3 имеют утолщение 4 (шпальт) по контуру.

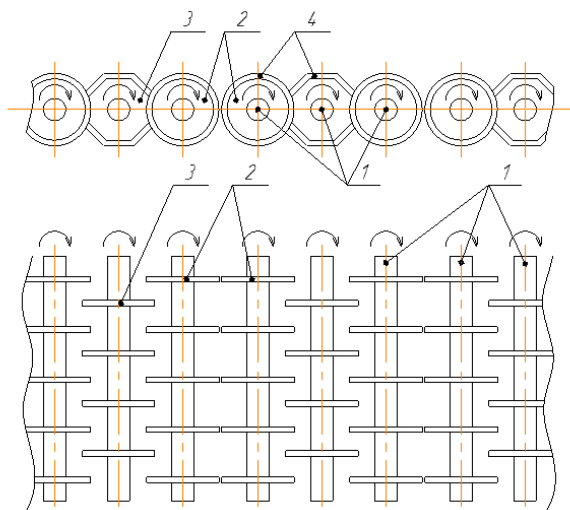


Рис. 1. Схема валкового грохота

Устройство работает следующим образом. Сортируемый материал поступает на синхронно вращающиеся в одном направлении валы 1 с питателя, например, с ленточного транспортера (не показан). Диски 2 валов 1 секций и диски 3 очистительных валов, вращаясь, постоянно подбрасывают частицы материала над просеивающей поверхностью, перемешивая и перемещая их по направлению вращения валов 1. По мере продвижения смеси по сити мелкие зерна материала просеиваются в промежутках между дисками 2 валов 1 секций и дисков 3 очистительных валов 1. При этом установка дисков 2 встык на валах 1 секций обеспечивает более интенсивное прохождение частиц материала между дисками 2, вследствие более удлиненного (в несколько раз большего) отверстия в сите по сравнению с отверстиями образованными перекрывающимися дисками 3 и 2 очистительного вала 1 и валов 1 соседних секций. Диски 3 очистительных валов 1, входя в промежутки между дисками 2 валов 1 соседних секций, очищают промежутки между дисками 2 от застрявших там зерен материала. Одновременно диски 2 валов 1 секций также очищают пространство между дисками 3 от заклинившихся там твердых включений. Выполнение дисков 2 и 3 с утолщением по контуру создает условия для защемления зерен только на внешней контурной стороне дисков 2 и 3, что облегчает извлечение застрявшего включения (например, гравия или щебня) из промежутка между дисками 2 и 3. Диски 3 очистительного вала 1 могут иметь круглую, многогранную или зубчатую форму в зависимости от условий работы. Диски 2 секций из двух валов 1 могут иметь только дугообразную форму: круглую, круглую с установкой на валу 1 с эксцентриситетом, треугольную форму с дугообразными гранями, эллипсовидную (не показано). Такое выполнение дисков 2 объясняется тем, что при синхронном вращении валов 1 зазор между торцевыми поверхностями дисков остается постоянным, что исключает заклинивание дисков 2, рядом стоящих валов 1 секции между собой, а также заклинивание твердых включений между торцами дисков 2. Выполнение дисков 3 очистительного вала 1 в виде многогранной или зубчатой формы создает условия для интенсивного подбрасывания частиц над поверхностью сита, перемешивания зерен материала и попадания мелкой фракции на поверхность валкового грохота (зона сегрегации). Круглая же форма дисков 2 валов 1 секций обеспечивает интенсивное просеивание между дисками 2 мелких частиц, находящихся на поверхности сита, (зона интенсивного просеивания материала).

Таким образом, использование новой схемы разделительного устройства, снабженного подвижными фартуками, позволит существенно повысить эффективность и производительность процесса грохочения гравия и щебня на валковой сортировке.

## Библиографический список

1. Кондратьев А.В., Кочканын С.М., Павлов Ю.Н. Валковые сепараторы. Научные основы проектирования: монография / Тверс. гос. техн. ун-т. Тверь, 2007. 136 с.
2. Влияние формы дисков валковой сортировки на эффективность грохочения гравия / А.В. Кондратьев, С.М. Кочканын, С.П. Смородов, В.А. Русинкевич // Механизация строительства. 2014. № 1. С. 36-38.
3. Смородов С.П., Лысенко Т.И., Канавичев И.П. Зависимость работоспособности валкового грохота с подвижными фартуками от формы дисков – В кн.: Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы // Материалы XXII Московской международной межвузовской научно-технической студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых.- МАДИ, Т.2, 2018.- С. 207-209.
4. Кондратьев А.В., Смородов С.П., Коротченко А.И. Результаты модернизации валкового грохота с подвижными фартуками – В сб.: Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов ТвГТУ // Материалы научно-практической конференции, приуроченной ко Дню российской науки.- ТвГТУ, 2017. С. 147-151.
5. Ренкус Т.И., Виноградов А.В., Вовченко И.С. Схемы валковых сортировок с круглыми дисками для разделения каменных материалов – В сб.: Проблемы машиностроения -2013 // Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов машиностроительного факультета.- ТвГТУ, 2013. С. 69-72.
6. Павлов Ю.Н., Кочканын С.М., Кондратьев А.В. К вопросу определения рациональной схемы валкового сепаратора для торфоперерабатывающих предприятий // Труды Инсторфа. 2016. № 14(67). С. 46-50.
7. А.с. № 1488024 СССР. Валковый грохот / Л.Н. Шаповалов, А.Н. Кобзов; заявл. 22.07.87; опубл. 23.06.1989, Бюл. № 23.- 3 с.
8. Пат. № 184688 РФ. Устройство для грохочения сыпучих материалов / А.В. Кондратьев, С.А. Козлов, С.М. Кочканын, А.Е. Илларионов, А.В. Конавалов; заявл. 15.05.18; опубл. 06.11.2018, Бюл. № 31.- 3 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

*Таджиходжаева М.Р., соискатель*

*Научный руководитель – Шукуров Р.У., проф., д.т.н.*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству  
и эксплуатации автомобильных дорог (ТашИПСЭАД)  
(Узбекистан)*

Прочностные, конструкционные, износостойкие свойства играют особую роль в повышении показателей эффективной работы, которые приводят к повышению надёжности и долговечности мельниц машин и оборудования. В этих условиях не только продлеваются сроки службы и экономятся затраты на ремонт и замене деталей, но и рационализируется использование дорогостоящего и дефицитного материала [1].

Наиболее вероятным основным способом остается измельчение в барабанных мельницах, однако, при этом сохранится также тенденция развития к следующему:

- Снижению расхода энергии помола при увеличении диаметра барабана (уже сейчас в эксплуатации находятся мельницы ММС с диаметром барабана 10,5 и 11,0м, в перспективе 14,0 м);
- Определению оптимального диаметра шаров размера (100мм и больше);
- Оптимальному снижению частот вращения барабана;
- Повышению долговечности шаровых мельниц и мелющих тел одного из важнейших факторов повышения производительности и работоспособности.

Как известно измельчение в мельнице осуществляется ударом, раздавливанием, истиранием частиц материала мелющими телами, которые поднимаются на некоторую высоту за счет центробежной силы и силы трения о внутреннюю поверхность барабана доставки.

Шары изготавливают из легированного чугуна и стали. Частота вращения барабана мельницы определяет характер движения мелющих тел в барабане, от которого зависит эффективность помола материала. Перемещение мелющих тел зависит от частоты вращения, диаметра барабана, степени его заполнения мелющими телами и других параметров. Оптимальная частота вращения барабана определяется из условий обеспечения максимальной высоты падения мелющих тел по параболической траектории [2].

При большой угловой скорости (рис. 1, *а*) под действием центробежной силы мелющие тела, прижатые к облицовке мельницы, не могут оторваться от нее и вращаются вместе с мельницей, не измельчая материал. При малой угловой скорости мельницы (рис. 1, *б*) мелющие тела поднимаются на значительную высоту и, когда угол их подъема превысит угол естественного откоса, они скатываются и производят измельчение материала - истира-



нием. При невыгоднейшей угловой скорости мельницы (рис. 1, в) мелющие тела проходят часть пути прижатыми центробежной силой к облицовке мельницы, а дойдя до точки *A*, отрываются и движутся как свободно брошенное тело, под углом к горизонту. В этом случае мелющие тела эффективно измельчают материал ударом, а при перекатывании – и истиранием. Работа на истирание составляет всего 2–3% от всей работы, затрачиваемой мелющими телами на измельчение материала. Точка *A*, в которой наружный слой шаров отделяется от облицовки мельницы, называется точкой отрыва, а угол  $\beta$  – углом отрыва. Вначале определим критическую угловую скорость, при которой мелющие тела начинают вращаться вместе с мельницей. Для упрощения вывода допустим, что внутри мельницы имеется только один шар, прижатый к облицовке, и что  $R$  – радиус вращения шара равен радиусу вращения мельницы. Как видно из рис. 1, в, при вращении мельницы на шар в точке *A* действуют две силы: центробежная сила  $P$ , которая прижимает его к стенке мельницы, и составляющая силы тяжести ( $G_1 = G \cos \beta$ , которая стремится оторвать шар. Рассмотрим случай, когда составляющая силы тяжести становится равной центробежной силе, тогда

$$G \cos \beta = m \omega^2 R // G \cos \beta = m \mathcal{G}^2 / R \quad (1)$$

где  $G$  — сила тяжести;  $\omega$  — угловая скорость мельницы.

Подставляя в эту формулу значения  $m=G/g$ ;  $\mathcal{G} = \pi R n / 30$ , а также, зная, что  $\pi^2 \approx g$ , получим

$$\cos \beta = \frac{R}{g} \omega^2 // \cos \beta = \frac{R n^2}{900} . \quad (2)$$

где  $n$  — скорость вращения шаровой мельницы, об/мин.

Из данного уравнения видно, что угол  $\beta$ , а следовательно, и высота подъема шара зависят от угловой скорости мельницы, радиуса мельницы и не зависят от массы шаров.

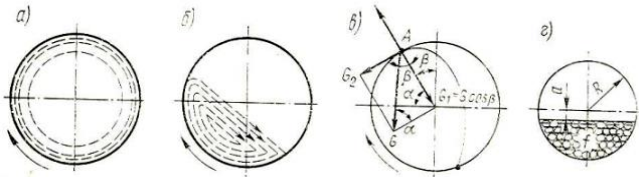


Рис. 1. Схемы для определения угловой скорости, загрузки и мощности двигателя мельницы

Из уравнения (2) определим  $\omega_{кр}$  — критическую угловую скорость и  $n_{кр}$  — критическое число оборотов мельницы, очевидно, при ( $\beta = 0$ , т.

е. когда шар поднимается в наивысшую точку. Так как  $\cos 0^\circ = 1$ , то уравнение (2) примет вид

$$\frac{R}{g} \omega^2_{кр} = 1; \quad \omega = \frac{\pi n}{30} // \frac{Rn^2_{кр}}{900} = 1, \quad (3)$$

Откуда

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R}} \text{ (рад/с)} // n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{R}} = \frac{42,4}{\sqrt{D}} \text{ (об/мин)}. \quad (4)$$

В действительности значение критической угловой скорости (числа оборотов) мельницы несколько выше, так как при выводе формулы (4) не учитывалось влияние скольжения шаров. Наивыгоднейшая угловая скорость (число оборотов) мельницы, по данным опытных и аналитических исследований, составляет примерно 76% от критической.

Пользуясь формулой (2), можно найти величину угла отрыва шаров.

Проф. Л.Б. Левенсон аналитически доказал, что наивыгоднейшие условия для работы внешнего слоя шаров соответствуют углу отрыва  $54^\circ 40'$ , что доказано и практическим фотографированием движения мельющих тел в специальной модели мельницы.

Подставляя значение угла отрыва  $\beta = 54^\circ 40'$  в формулу (2), получим

$$\cos 54^\circ 40' = \frac{R}{g} \omega^2 // Rn^2 / 30^2 = \cos 54^\circ 40', \quad (5)$$

откуда формула для определения наивыгоднейшей угловой скорости (числа оборотов) мельницы примет вид

$$\omega = 3,38 / \sqrt{D} \text{ (рад/с)} // n = 32 / \sqrt{D} \text{ (об/мин)}, \quad (6)$$

где  $D$  – внутренний диаметр мельницы, м.

Процесс помола отличается большой энергоёмкостью и стоимостью. Малые скорости воздействия мелющих тел на материал (в работе участвует только часть мелющих тел), что вынуждает значительно увеличивать время помола для получения материала заданных гранулометрических характеристик, рабочий объём барабана используется на 35-45%, расход энергии составляет 35-40 кВтч/т. относительно большой намол металла на тонну полученного продукта. Закономерности развития конструктивных систем живых организмов в процессе эволюции птиц показало, что мельница для дробления зерновых культур в желудке загружаются мелющими телами ( кварц, диорит и др.) на 10-15%. Можно без преувеличения сказать, что дробилок и мельниц достаточно простых, удобных и долговечных, экономичных, к сожалению, пока еще нет. Они лишь существуют в живой природе, доведенные в процессе эволюции после много векового отбора до самой высокой степени совершенства. Так в среднем при мокром помоле кварцевого песка расход металла на тонну измельченного материала в среднем составляет 3-4 кг, а при сухом помоле 1.5-2.5 кг. По причине низкого ресурса мелющих тел через каждые 150 – 200 ч работы мельницы производится их догрузка. Полную замену мелющих тел обычно осуществ-

ляют уже через 1800 – 2000 ч работы мельницы. Для компенсации относительно слабого ударного и истирающего воздействия мелющих тел на обрабатываемый материал и соответственно повышения практической производительности шаровых барабанных мельниц приходится увеличивать объем барабана, что приводит к значительному увеличению материалоемкости и энергонагруженности оборудования [3].

Дробилки и мельницы характеризуются высокими функциональными скоростями и удельными нагрузками. В этих условиях материалы рабочих органов (мелющие тела, дробильные плиты) должны обеспечивать сочетание необходимой конструктивной прочности и износостойкости.

Можно без преувеличения сказать, что дробилок и мельниц достаточно простых, экономичных, к сожалению, пока еще нет.

Они существуют в живой природе, доведенные в процессе эволюции после многовекового отбора до самой высокой степени совершенства.

Изучение внутренней динамики шаровой мельницы даёт возможность глубже изучить процесс истирания помольных шаров. Решением некоторых задач в области повышения износостойкости и долговечности мелющих тел, футеровки шаровых мельниц, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания, предполагается использование для повышения износостойкости принципов бионики.

Изучение “мельниц” конструктивных систем живых организмов, а именно динамику, конструкцию, форму и технологию помола, позволит создать надежные и долговечные прочные, износостойкие шаровые мельницы.

Закономерности развития конструктивных систем живых организмов в процессе эволюции птиц показало, что «мельница» для дробления зерновых культур в желудке птиц загружается мелющими телами (кварц, диорит и др.) на 10-15%.

Расчеты показали, что с переходом от загрузки 35-45% к загрузке 15-20% (как у птиц) увеличивается производительность шаровых мельниц на 25% с высокой производительностью.

Применение принципов бионики и их моделирование открывают пути к созданию новых эффективных конструктивных систем “Машин и оборудование для добычи и переработке каменных материалов”.

#### Библиографический список

1. Степанов Л.И., Косарев А.И. «Устройство и монтаж дробильно-обогачительного оборудования». М., 1989г.
2. Бочаров В.С., Волков Д.П. «Основы качества и надежности строительных машин». М., Машиностроение, 2003г.
3. [www.strommashcomplect.ru](http://www.strommashcomplect.ru); [www.or/torg-center.ru](http://www.or/torg-center.ru); [www.eko-technolog.ru/](http://www.eko-technolog.ru/)

## ЭКСКАВАТОР С АДАПТИРУЮЩИМИСЯ ЗУБЬЯМИ КОВША ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАМЕНИСТЫХ ГРУНТОВ

*Таджиходжаева М.Р., соискатель*

*Научный руководитель – Шермухамедов А.А., проф.*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству  
и эксплуатации автомобильных дорог (ТашИПСЭАД)  
(Узбекистан)*

Быстрый рост объемов земляных работ в РУЗ сопровождается их качественными изменениями. Все в большей степени они распространяются на так называемые прочные грунты с каменистыми включениями. Это связано с развитием строительства в горных районах Республики, где грунты с включениями являются преобладающими. Производство земляных работ в этих районах, ввиду сложных природно-климатических условий, в частности, из-за наличия повсеместно распространенных грунтов, представляющих собой смесь различных песчаных и глинистых частиц с гравием, галькой и валунами, т.е. с каменистыми включениями, является делом трудным, дорогостоящим и пока еще малоэффективным.

Назрела необходимость исследования и разработки рабочих органов землеройных машин для разрушения грунтов с каменистыми включениями, в грунтах. Эти рабочие органы должны быть специального конструктивного оформления, способные эффективно разрабатывать грунты.

Разработка и создание рабочих органов таких машин требует проникновения и изучения физической сущности процесса при взаимодействии рабочих органов с грунтами, содержащими каменистые включения, требует проникновения в суть явления внедрения рабочих органов в грунты, так как, именно, исследование процесса внедрения таит в себе основу к раскрытию всей проблемы, связанной с разработкой и созданием эффективных рабочих органов. Следует отметить, что состояние вопроса эффективного разрушения грунтов с каменистыми включениями и создания рабочих органов находится еще на том уровне, который требует тщательного и всестороннего его изучения и исследований.

Под рабочим оборудованием адаптируемого типа для разработки грунтов с каменистыми включениями понимается рабочее оборудование, которое при максимальной тяговой силе базовой машины, способно разрабатывать грунты, приспосабливаясь к тем сопротивлениям со стороны разрабатываемой среды, которые не превышают тяговой силы базовой машины. Приспосабливаемость рабочего оборудования заключается в способности преодолеть грунт с каменистыми включениями: 1) путем разрушения грунта и каменистых включений; 2) путем поднятия рабочего органа на высоту, обеспечивающей условия для разрушения грунта с каменистыми включениями; 3) путем обхода препятствий при невозможности их разрушения. Под способностью адаптивирования понимается также видоизмене-

ние самого рабочего органа по конструкции и форме для эффективной разработки грунтов. При этом адаптация рабочих органов может происходить как при меняющихся грунтовых условиях, так и при изменения видов работ.

Отличительная черта разработанной конструкции ковша - вращение зуба происходит под действием крутящего момента  $M_{кр}$  величина которого, зависит от осевого усилия  $P$  (сопротивления резанию действующего на зуб), угла наклона  $\alpha$  резьбы и коэффициента трения для пары хвостовик - гнездо. В соответствии, на которой условно принято, что взаимодействие винта и гайки происходит в одной точке, момент  $M_{кр}$  создается силой  $T$ , которая в свою очередь является проекцией на плоскость перпендикулярную оси винта, реакции  $R$  резьбы гнезда на резьбу хвостовика. Реакция  $R$  равна сумме силы трения  $F_{тр}$  и нормальной реакции  $N$  резьбы гнезда на резьбу хвостовика. Угол трения  $\varphi$  между силами  $R$  и  $N$  связан с коэффициентом трения/соотношением:  $tg\varphi=f$

Величина крутящего момента  $M_{кр}$  в соответствии равна:

$$M_{кр} = \frac{D_{кр}}{2} \cdot P \cdot tg(\alpha - \varphi)$$

В резьбовом соединении хвостовика с гнездом величина шага  $t$  резьбы выбрана такой что  $\alpha > \varphi$ . При этом к хвостовику приложен  $M_{кр}$  достаточный для эффективного рыхления грунта наконечником зуба. При выравнивании сил сопротивления на обоих стяжных зубьях упругий элемент возвращает зубья в нейтральное положение.

Производство земляных работ в Республике Узбекистан, ввиду сложного природно-климатических условий, в частности, из-за наличия повсеместно распространенного грунтов, представляющих собой смесь различных песчаных и глинистых частиц с гравием, галькой и валунами, т.е. с каменистыми включениями, является трудно разрабатываемым, дорогостоящим объектом для разработки.

Назрела необходимость исследования и разработки рабочих органов землеройных машин для разрушения грунтов с каменистыми включениями. Эти рабочие органы должны быть специального конструктивного оформления, способные эффективно разрабатывать грунты.

Несмотря на то, что этими вопросами занимаются многие ученые и практики, проблемы надежности и долговечности, следовательно, и износостойкости является чрезвычайно актуальной и на сегодняшний день. Можно без преувеличения сказать, что землеройных машин, достаточно простых, удобных и прочных, к сожалению, пока ещё нет. Они лишь существуют в живой природе.

Большой интерес вызывают закономерности развития конструктивных систем живых организмов в процессе эволюции, установленной бионикой. Существуют принципы бионики, которые подразделяются на 4-е группы: 1) Синтез конструкции, т.е. эволюция оптимальных систем, обобщение, сведение в единое целое данных. 2) Траекториальные строения – это структура образуется путем разрушения материала по линиям силового поля

(например: графит и алмазы у одного гексагональная, у другого кубическая структура). 3) Принцип плотной упаковки. В живой природе плотная упаковка проявляется при оптимизации биологических структур и форм в том случае, когда ячейки в структуре должны иметь по тем или иным причинам постоянные геометрические характеристики. 4) Накопление упругой энергии (резильянс). Принцип накопления энергии в режущих органах землеройных машин осуществляется применением стали 110Г13Л, которая накапливает энергию наклепа. Дальнейшее исследование по применению принципов бионики при создании адаптирующихся рабочих органов для разработки грунтовок с каменистыми включениями позволит снижение энергоемкости и повышение эффективности работы землеройных машин.

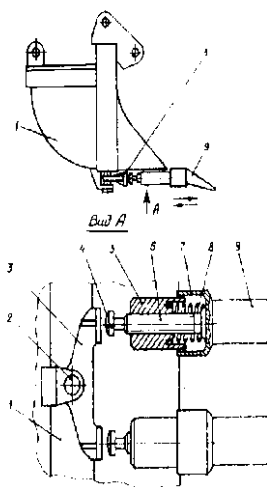
В работе [1] указывается, что наиболее специализированными землероями в различных грунтах являются крот, выдра, слепец и слепушонка обыкновенная. Для окончательного выбора объекта биомеханического моделирования были выполнены дополнительные лабораторные исследования, в ходе которых изучались поведение, строение и закономерности работы к роюще-жевательному аппарату. Обследованные грызуны обладают большими резцами (по два в верхней и нижней челюсти), отделенными беззубым пространством от ряда коренных зубов. У таких грызунов как слепушонка и слепец рытье нор осуществляется преимущественно зубами, а конечности служат лишь для отгребания земли. Резцы этих грызунов чрезвычайно развиты и достигают относительно больших размеров, что вызывает увеличение лицевых частей черепа и нижней челюсти. При копании земли слепец адаптируется в зависимости от плотности грунта при встрече с камнями (небольших размеров), они смещают в сторону, иногда используют, резцы для смещения каменных включений при этом он выбирает, оптимальную траекторию по принципу, чем меньше, тем лучше. В зависимости места обитания у него стабилизируется форма режущей части резцов, что увеличивает его эффективность работы. Изучение выше сказанного позволило создать экскаваторные ковши с адаптирующимися зубьями. [2,3]

В процессе работы землеройной машины большая часть энергии затрачивается на копание грунта – его резание и заполнение им рабочего органа или перемещение по рабочему органу. Поэтому снижение энергоемкости копания позволяет повысить производительность машины в ряде случаев без существенного изменения конструкции и при малых материальных затратах. Это обусловлено тем, что рабочие органы землеройных машин по массе и стоимости составляют незначительную (примерно до 5 %) часть общей массы и стоимости машины. Решение проблемы снижения энергоемкости копания грунта и создание более эффективных рабочих органов возможно на основе анализа процессов, происходящих при взаимодействии рабочих органов с грунтом.

Адаптирующее рабочее оборудование для ковшового типа, может классифицироваться по назначению составляющих операций фунтов с каменистыми включениями, по способам и средствам адаптации. Под рабо-

чим оборудованием адаптируемого типа для разработки грунтов с каменистыми включениями понимается рабочее оборудование, которое при максимальной тяговой силе базовой машины, способно разрабатывать грунты, приспособляясь к тем сопротивлениям со стороны разрабатываемой среды, которые не превышают тяговой силы базовой машины. Приспособляемость рабочего оборудования заключается в способности преодолеть грунт с каменистыми включениями: 1) путем разрушения грунта и каменистых включений; 2) путем поднятия рабочего органа на высоту, обеспечивающей условия для разрушения грунта с каменистыми включениями; 3) путем обхода препятствий при невозможности их разрушения. Под способностью адаптивирования понимается также видоизменение самого рабочего органа по конструкции и форме для эффективной разработки грунтов. При этом адаптация рабочих органов может происходить как при меняющихся грунтовых условиях, так и при изменения видов работ.

Конструкция ковша, позволяющая повысить производительность машин, при разработки твердого и каменистых грунтов без дополнительного подвода энергии к рабочему органу. [3] В отличие от известных решений, наконечники смежных зубьев опираются в гнезда на ковше посредством пружин сжатия, а хвостовики зубьев выполнены в виде стержней, перемещающихся между собой с помощью равноплечего рычага. В процессе резания один из смежных зубьев, наталкиваясь на инородные включения (камни, валуны) и испытывая большее сопротивление, чем другой, передает ему через рычаг дополнительный силовой импульс, что способствует повышению эффективности разработки грунтов. Так как грунты с однородной структурой встречаются редко, непрерывность активной работы смежных зубьев гарантируется.



**Рис. 1.** Механизм обхода препятствий при разработке каменистых грунтов

Устройство ковша с механизмом обхода препятствий при разработке каменистых грунтов показано на рисунке 1. Наконечник 9 упирается в пружину сжатия 8, установленную в стакане 5. стакан жестко закреплен в гнезде ковша 1 и служит направляющей при возвратно-поступательном движении наконечника по направлению рабочего перемещения ковша: хвостовик зуба 6 скользит сквозь отверстие в дне стакана, а юбка 7 наконечника - вдоль наружной поверхности стакана. Хвостовик зуба оснащен опорным кулачком 4. конструкция смежного зуба аналогична. Равноплечий рычаг 3 имеет ось качения 2, жестко закрепленную на ковше. Рычаг установлен так, что при отсутствии нагрузки на наконечниках кулачки его не касаются. При разработке грунтов с каменистыми включениями наконечник зуба, встречая большое сопротивление (камень и т.п.), перемещается в сторону, противоположную направлению движения ковша, и сжимает пружину. Хвостовик свободно перемещается до тех пор, пока сопротивление не превысит определенного значения (пружина тарируется). При дальнейшем увеличении сопротивления хвостовик посредством опорного кулачка упирается в одно из плеч рычага и поворачивает его вокруг оси качения. При этом противоположное плечо воздействует на хвостовик смежного зуба, давая ему дополнительный силовой импульс, что способствует более интенсивному рыхлению грунта. Процесс протекает непрерывно, с преобладающим действием того зуба, который встречает большее сопротивление. При выравнивании сопротивлений на смежных зубьях пружина возвращают на исходное положение.

При проектировании создании новых типов рабочих органов землеройных машин большой интерес вызывают закономерности развития конструктивных систем живых организмов в процессе эволюции, установленной природой. Исследование принципов бионики при разработке адаптирующих рабочих органов это большой резерв в конструировании надежных и долговечных машин и механизмов.

#### Библиографический список

1. В.А. Баладинский, А.В. Фролов, М.Б. Спектор “Динамика разрушения пород и грунтов”. Саратов, 1998 г. 204
2. Домбровский Н.Г., Галперинь М.И. Строительные машин (в 2-х ч.) Ч. II: Учеб. М.: Высш.шк., 1985-244 с., ил
3. Ковша экскаватора. Москва А.С 1198163



# ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМ РАСЧЁТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ЛИВНЕВЫХ ВОД

*Тоштемирова Д.А., магистрантка*

*Научный руководитель – Шахидов А.Ф., проф., д.т.н.*

*Ташкентский архитектурно-строительный институт (ТашАСИ)  
(Узбекистан)*

При проектировании автомобильных дорог и искусственных сооружений на них приходится решать сложные технические вопросы в связи с тем, что даже небольшие территории отличаются обычно пестротой климатических, гидрологических и грунтовых условий. Особенно большие трудности возникают при расчетах величин расходов ливневых вод, во многом определяющих основные размеры малых искусственных сооружений. Специфика физико-географических условий, а также хозяйственная деятельность человека накладывают своеобразный отпечаток на производство инженерных гидрометеорологических изысканий в различных регионах. При их выполнении возникают существенные трудности, особенно в части обоснования расчетных зависимостей ливневого стока. Разработка региональных норм должна вестись на базе использования теоретически обоснованных расчетных схем, независимых от района изысканий, то есть от конкретных физико-географических условий. При этом основные параметры расчетных формул приобретут региональные значения, а специфические особенности района проектирования могут учитываться дополнительными коэффициентами, значения которых следует обосновать отдельно для каждого региона. Расчетная формула для определения максимального расхода ливневых вод имеет следующий вид [1]:

$$Q = 16,7 a_q K_t F \alpha \varphi \delta_{об} \text{ м}^3/\text{с} , \quad (1)$$

где  $F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;  $a_q$  – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;  $\alpha$  – коэффициент потерь стока, зависящий от типа почв;  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий неполноту стока и зависящий от площади водосбора;  $K_t$  – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности, зависящий от длины водосбора  $L$  и скорости добега воды  $V_d$  от наиболее удаленной точки водосбора до замыкающего створа;  $\delta_{об}$  – обобщенный региональный коэффициент. Произведение  $K_t \varphi$  является коэффициентом редукции в формулировке Д.Л. Соколовского [2]. Принятая основная схема расчета максимального стока ливневых вод с малых водосборов предусматривает обоснование ее параметров на материалах с обязательным использованием данных наблюдений как по осадкам, так и по стоку. Обоснованию подлежат следующие параметры: расчетная интенсивность дождя; коэффициент потерь стока, зависящий от типа почвы и от условий их увлажнения; коэффициент  $\varphi$ , учитывающий неполноту стока и зависящий от площади водосбора; параметры, учитывающие влияние реги-

ональных особенностей водосбора. В результате можно получить расчетные параметры формулы (1), которые будут отражать действительные особенности района исследования, и в то же время расчет будет производиться по формуле, имеющей общий, а не эмпирически – региональный характер. Параметры расчетной формулы было бы правильно разделить на две группы: геометрические (не региональные), влияние которых одинаково для всех бассейнов, независимо от их местоположения; региональные, зависящие от физико-географических условий. Разумеется, что первая группа факторов не может влиять на величину расхода различно в разных регионах. Если бы это имело место в действительности, то было бы невозможно составление каких-либо норм стока вообще. Таким образом, при разработке региональных норм стока большое внимание надо уделять второй группе факторов, зависящих от района изысканий, учитывающих особенности климата и впитывающую способность почв. Этот вопрос подробно рассмотрен далее. Коэффициент  $K_t$ , входящий в формулу (1), выведен теоретическим путем. Как известно, связь между расчетной интенсивностью дождя  $a_p$  и продолжительностью выпадания осадков представляется в виде:

$$a_p = \frac{K}{t^{2/3}}, \quad (2)$$

где  $K$  – региональный климатический коэффициент. Расчетное время дождя, наиболее опасного для данного водопропускного сооружения, принимается равным времени добегаания воды от наиболее удаленной точки бассейна до замыкающего створа:

$$t = t_d = \frac{L}{V_d}, \quad (3)$$

где  $L$  – длина водосбора, км;  $V_d$  – скорость добегаания, км/мин.

Следует отметить, что довольно хорошо изучены длинные дожди, в частности, часовой продолжительности [3]. В связи с этим наиболее удобным оказалось введение в расчет стандартного дождя продолжительностью  $t = 1$  ч. При этом максимальная часовая интенсивность дождя определяется по формуле:

$$a_q = \frac{K}{60^{2/3}}, \quad (4)$$

откуда

$$K = 60^{2/3} a_q. \quad (5)$$

Учитывая, что для каждого водосбора наиболее опасным является дождь с продолжительностью, равной «времени добегаания» можно, подставив (3) и (4) в формулу (2), получить выражение расчетной для данного сооружения интенсивности дождя  $a_p$ , которая в общем случае будет отличаться от часовой:

$$a_p = \frac{K}{t^{2/3}} = 60^{2/3} a_q \frac{V_d^{2/3}}{L^{2/3}} = a_q K_t, \quad (6)$$

то есть

$$K_t = \left( \frac{60 V_d}{L} \right)^{2/3} \quad (7)$$

Для определения скорости добегаания мы воспользовались многочисленными данными измерения скоростей на небольших бассейнах, обобщенных Д.Л. Соколовским. Эти данные приведены в таблицах 1. и 2. Основной вывод Д.Л. Соколовского сводится к констатации факта, что главным фактором, определяющим величину скорости, является уклон.

Таблица 1

**Данные измерения скоростей на небольших бассейнах**

Тип рек	J - Уклоны рек		
	50000 км2, площадь бассейна больших рек	2000-50000км2, площадь бассейна средних рек	Малых рек и периодических водотоков
Низинные	0,00001 – 0,00005	0,00005 – 0,0001	0,0001 – 0,0005
Равнинные	0,00050 – 0,00010	0,00010 – 0,0005	0,0005-0,0050
Холмистые и полугорные	0,00100 – 0,00050	0,00050 – 0,0050	0,005 – 0,05000
Горные	0,0050 – 0,005000	0,00500 – 0,0050	0,050 – 0,50000

Таблица 2

**Данные измерения скоростей на небольших бассейнах**

Тип рек и рельеф бассейна	Малые реки с глубинами при паводках менее 1 м	Средние и большие реки
Заболоченные	0,6 – 1,0	0,8 – 1,2
Обычные равнинные	1,0 – 1,5	1,2 – 2,0
Полугорные или с холмистым рельефом бассейна	1,5 – 2,5	2,0 – 2,5
Горные	2,5 – 3,5	2,0 – 4,0

Результаты измерений скоростей и соответствующих им уклонов показали, что уклоны для рек одного типа и района чрезвычайно устойчивы. В качестве примера можно привести следующее: уклоны равнинных рек при паводочных горизонтах почти все укладываются в интервале 0,00005 – 0,0005; равнинные заболоченные реки имеют несколько меньшие уклоны 0,00001 – 0,005; уклоны рек в степных, холмистых и полугорных районах колеблются в пределах 0,001 – 0,005; малые лога этих районов имеют уклоны в пределах 0,005 – 0,050.

Формула для расчета скорости в общем случае, выбранная для аппроксимации натуральных данных о скоростях течения при разных уклонах, представлена нами в виде:

$$V = A J^n \quad (8)$$

Так как из таблиц для разных водотоков известны как скорости, так и уклоны, представляется возможным в выражении (8) определить параметр  $A$  и показатель степени  $n$ .

Откладывая на логарифмической клетчатке значения скоростей течения и соответствующих им уклонов, находим:

$$V_d = 3,5 J^{1/4} \text{ м/с} = 0,2 J^{1/4} \text{ км/мин} \quad (9)$$

Полученное выражение (9) величины скорости добегаания соответствует обычным задернованным поверхностям или руслам водотоков. Однако в автодорожном проектировании приходится определять и количество воды, стекающей с проезжей части дороги, причем стекание воды происходит в основном по твердой гладкой поверхности. В связи с этим возникла необходимость определения скорости добегаания для гладких поверхностей  $V_d^r$ . Для этого необходимо воспользоваться зависимостью:

$$V_d^r = V_d^{\text{ш}} \frac{n_{\text{ш}}}{n_r}, \quad (10)$$

где  $V_d^{\text{ш}}$  – скорость добегаания, соответствующая обычным задернованным поверхностям;  $n_{\text{ш}}$  – коэффициент шероховатости для задернованных поверхностей,  $n_r$  – коэффициент шероховатости для гладких поверхностей, так как в потоке меняется только шероховатость, уклон остается тем же, а глубина (см. ниже) на величину скорости практически не влияет. В результате расчета для водосборов с твердыми гладкими поверхностями нами получено формула:

$$V_d^r = 10 J^{1/4} \text{ м/с} = 0,6 J^{1/4} \text{ км/мин} \quad (11)$$

так как соотношение коэффициентов шероховатости равно  $n_{\text{ш}}/n_r = 3$ . Немаловажен вопрос о показателе степени при уклоне. Обычный по А.Шези показатель степени  $1/2$  оказался непоходящим. Как видно из полученных зависимостей (8 и 11), уклон формулы скорости входит в степени  $1/4$ . Интересно отметить, что уклон в такой же степени входит и в формулу, полученную М.Ф.Срибным еще в 1932 году. Объяснение М.Ф.Срибным этого факта сводится к тому, что с величиной уклона связана и шероховатость дна водотока. Таким образом обоснуются основные параметры региональных норм расчета максимальных расходов ливневых вод.

### Библиографический список

1. Шахидов А.Ф. Расчеты максимальных расходов дождевых паводков. Ташкент, 1995г.
2. Соколовский Д.Л. Речной сток Л: Гидрометеоиздат, 1960г.
3. Перевозчиков Б.Ф. Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений. М.: Транспорт, 1975.

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ В ПАО «СЕВЕРНЫЙ ПОРТ»

*Туркин А.Г., магистрант*

*Научный руководитель – Ганишкевич А.Ю., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

В различных отраслях промышленности в настоящее время активно применяются портативные летательные аппараты (далее – ПЛА). В работах [1, 2] обоснование технической и юридической возможности применения ПЛА при диагностировании. Для экспериментальной оценки возможности применения ПЛА проводилось обследование порталных кранов в ПАО «Северный порт» с дополнительным внешним осмотром и измерением с трапов и подмостей.

При проведении диагностирования порталных кранов эксперты сталкиваются с рядом проблем:

- большая высота ПС;
- отсутствие доступа к отдельным участкам конструкции без монтажа подмостей или применения люлек;
- необходимость осмотра отдельных узлов с разных сторон;

Целью экспериментального исследования является оценка возможности и качества [3-5]:

1. Выявления общих и местных деформаций элементов металлоконструкций;
2. Визуального контроля целостности болтовых и заклёпочных соединений;
3. Выявления мест наличия коррозии и нарушений лакокрасочного покрытия;
4. Первичной визуальной проверки наличия трещин в местах их вероятного возникновения;
5. Оценка величины выявленных в процессе диагностирования деформаций на основе результатов фото и видео фиксации.

При проведении диагностики был использован ПЛА Xiaomi Mi Drone 4K (рис. 1) с техническими характеристиками, приведёнными в таблице 1 [6].

## Техническая характеристика Xiaomi Mi Drone 4K

Габаритные размеры	310*380*53 мм
Вес ПЛА (Без учёта аккумулятора)	670
Аккумулятор	LI-Pol, 5100мА*ч 15,2В
Продолжительность автономной работы	До 27 минут
Максимальная скорость полёта	До 36 км/ч (в режиме Pro)
Максимальная скорость взлёта	До 14 км/ч в (режиме Pro)
Максимальная высота подъёма	50м. (в режиме Beginner); 120м (в режиме Pro)
Дальность полёта	До 4км.
Время подзарядки	1,5 часа
GPS	GPS/Glonass
FPV	По Wi-Fi
Частота передачи AV сигнала	Wi-Fi Network
Частота радиосигнала	2.4 Гц
Питание пульта управления	LI-Pol, 5100мА*ч 3,7В



Рис. 1. Общий вид квадрокоптера Xiaomi Mi Drone 4K

Дальность полёта может изменяться с 4 км до 7 км путём замены антенн на пульте управления. Режим Beginner означает определённые ограничения, связанные с дальностью и высотой полёта. Это ограничение принудительно отключить нельзя, он отключается после того, как оператор в режиме полёта проведёт 300 минут.

Условия проведения диагностирования

Главным условием проведения диагностирования являются погодные условия, которые должны соответствовать следующим требованиям:

1. Порывы ветра не должны превышать скорость 10 м/с
2. Частичное или полное отсутствие облаков
3. Отсутствие дождя, снегопада

Вторым немаловажным условием является правило съёмки в процессе фото-видео фиксации:

1. Запрещено снимать против солнца для того, чтобы избежать засвета картинки

2. После того, как ПЛА произвёл взлёт нужно настроить резкость и контраст картинки под те уличные условия, которые будут на данный момент, так чтобы картинка максимально была читабельна при обработке фото-видео.

3. К металлоконструкции ближе, чем на 1,5-2 м подлетать не рекомендуется во избежание появления помех передачи информации между пультом управления и ПЛА.

Исследуемым объектом являются порталные краны марок Ганц 6/5-32, Альбрехт 10-32, основные технические и геометрические характеристики которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

### Характеристики объектов исследования

Характеристика	Альбрехт	Ганц
Грузоподъёмность	16/10/32	6/5/32
Длина колеи портала	10,5 м	10,5 м
Вылет стрелы	32 м	32 м
Тип грузозахвата	крюк или грейфер	крюк или грейфер
Стреловая система.	шарнирно-сочленённая с жёсткой оттяжкой	Прямая
Высота с поднятой стрелой от головки рельса	42м	40м

Наиболее характерными дефектами указанных кранов являются: общие и местные деформации стержней ферменных конструкций, смещение элементов пакета в болтовых и заклёпочных соединениях, отсутствие отдельных болтов или заклёпок, коррозионные повреждения и трещины.

Основные положения экспериментального исследования:

- облёт конструкции выполнялся по отдельным сборочным единицам (стрела, оттяжка, А-образный каркас, колонна, портал);

- при движении квадрокоптера выбиралась траектория при которой обеспечивалось приблизительно одинаковое расстояние от ПЛА до обследуемого элемента конструкции;

- запись изображения велась непрерывно;

- выявление дефектов выполнялась визуально в режиме реального времени и потом при просмотре видеозаписи;

- при обнаружении мест, имеющих характерные признаки дефектов, движение ПЛА прекращалось для детального осмотра указанных мест;

- относительные прогибы определялись с помощью измерения на фото;

- для более точной оценки размеров и положения дефектов применялась технология с использованием калибровочной сетки (т. н. «шахматная доска»), реализованная в программном комплексе Matlab;
- полученные результаты сравнивали с результатом натуральных измерений.

На рисунке 2 представлен один из кадров полученный при диагностировании порталного крана Ганц.



**Рис. 2.** Портал крана Ганц с дефектами

На рисунке 2 стрелками указаны деформации расколов портала.

В результате эксперимента установлено следующее:

- полётное время при заданных условиях составило 20-22 минуты полёта;
- качество картинки при заданных условиях и настройках камеры позволяет детально рассмотреть болтовые, заклёпочные соединения, местную деформацию металлоконструкции.
- анализ влияния скорости полёта на качество диагностирования показал: чем плавнее ускорение, тем изображение более чёткое, что позволяет определить больше дефектов;
- виды выявленных дефектов: общие деформации стержней, местные деформации элементов металлоконструкции, подтёки ржавчины в болтовых и заклёпочных соединениях, из чего следует что соединение имеет подвижность при работе конструкции.

#### Библиографический список

1. А. Ю. Ганшкевич, А. Г. Туркин Возможность применения портативных летательных аппаратов при диагностировании металлоконструкций подъёмных сооружений // XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительное, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы»: материалы конференции. В 2 т. Т. 2 – М.: МАДИ, 2018. – 183 с

2. А. Ю. Ганшкевич, А. Г. Туркин Перспективы использования портативных летательных аппаратов при техническом диагностировании грузо-



подъемных кранов. // Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции Интерстроймех–2018 [Электронный ресурс] (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.) / ред. кол.: [С.Я. Галицков и др.]; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdstupa/>

3. СТО АПСРТ 032.03.3-2008 Технические осмотры и дефекация металлоконструкций порталных кранов. Методические рекомендации по проведению. Москва. :2009

4. СТО 032.03.2-2008 «Технические осмотры и дефектация механизмов порталных кранов. Методические рекомендации по проведению» / стандарт организации / Ассоциация портов и судовладельцев речного транспорта (АПСРТ): М., СПб: 2008 г.

5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» / утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533

6. Официальный сайт представителя Xiaomi в Москве. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ru-mi.com/kvadrokopter-xiaomi-mi-dron-4k>

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНОВООРУЖЕННОСТИ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАЛЫХ СУДОВ ЯХТЕННЫХ ПОРТОВ**

*Федяшов А.В., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Отсутствие методики, по обоснованию механовооруженности комплексов технического обслуживания и ремонта малых судов (далее – Комплекс) яхтенных портов в современных условиях, приводит к неоправданно высоким эксплуатационным расходам на обслуживание маломерного флота в порту, тем самым, становится актуальной задача по разработке методов обоснования оптимальной механовооруженности Комплекса.

Комплекс согласно ГОСТ Р 57618.4, может включать в себя следующие производственные участки:

- корпусно-сварочные,
- слесарно-механические,
- судовых дизелей,

- винто-рулевого устройства,
- окрасочные,
- электрорадионавигационные с зарядкой аккумуляторов,
- такелажные,
- объекты сервиса.

Кроме того, в составе Комплекса могут быть предусмотрены склады материально-технического обеспечения, сменно-запасных частей; открытые рабочие и складские площадки.

На перечисленных участках производятся виды работ, указанные на рисунке 1.

Работы по механике	Работы по корпусу судна	Установка доп.оборудования	Ремонт и замена палубного покрытия
Ремонт и обслуживание стационарных двигателей	Ремонт корпуса	Установка акустических систем	
Ремонт и обслуживание навесных двигателей	Пескоструйная обработка	Монтаж спутниковых систем	
Ремонт и замена поворотных-откидных колонок	Покраска корпуса	Наружное освещение	
Работы с транцевым узлом	Полпровка корпуса	Изделия из нержавеющей стали	
Компьютерная диагностика двигателя	Нанесение керамических покрытий	Дополнительная электроника	
Подготовка двигателя к зиме	Мойка корпуса	Установка автономного отопителя	
		Опреснительные установки	
		Установка транцевых плит	
		Установка эхолота	

**Рис. 1.** Виды работ, выполняемые на участках Комплекса яхтенного порта

Таким образом, для обоснования оптимальной механовооруженности Комплекса предлагается построить математическую модель. С её помощью можно рассчитать несколько вариантов механовооруженности Комплекса яхтенного порта и выбрать наилучший согласно критерию «минимум эксплуатационных расходов по обслуживанию маломерного флота», который состоит в ниже следующем.

В Комплексе расположено  $N$  производственных участков ( $u$  – индекс участка), каждый из которых выполняет  $m(n_{ju})$  работ над  $n_{ju}$  судами  $j$ -го типа. Выполняемые с этими судами работы, с помощью числа  $k_{eju}$   $e$ -го вида оборудования образуют сетевой график выполнения работ.

Затраты Комплекса на выполнение всех работ со всеми судами являются критерием оптимизации его механовооруженности.

Оптимизация сетевого графика обслуживания малых судов на Комплексе (минимизация расходов по обслуживанию) с учетом ограничений по срокам выполнения работ, затратам на оборудование, аренду территории, сроков поставки запчастей, сроков и стоимости выполнения работ подрядчиками и др. позволяет определить оптимальную механовооруженность Комплекса.

Внедрение в практику предложенного метода обоснования оптимальной механовооруженности Комплекса позволит получить научно обоснованные оценки потребности яхтенного порта в оборудовании при обслуживании маломерных судов, что позволит, во-первых, сократить продолжительность ремонта маломерных судов и, во-вторых, сократить суммарные расходы по обслуживающим участкам.

#### Библиографический список

1. Исследование механовооруженности комплексов технического обслуживания и ремонта малых судов яхтенных портов: Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции (г. Москва, 8–12 октября 2018 г.). — Ответственный за выпуск Е.М. Кудрявцев. — М: МИСИ – МГСУ, 2018. — 420 с. — ISBN 978-5-7264-1896-4.

2. Механовооруженность комплексов технического обслуживания и ремонта яхтенных портов: XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительное, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» (г. Москва, 25 апреля 2018 г.).

3. Современный яхтенный порт - марина [Текст]: практика создания: [книжка в картинках] / П. Н. Новоселов. - Москва: [б. и.], 2011. - 112 с. : ил., цв. ил., портр.; 30 см.

4. ГОСТ Р 57618.1-2017 Инфраструктура маломерного флота. Общие положения.

5. ГОСТ Р 57618.2-2017 Инфраструктура маломерного флота. Яхтенные порты. Общие требования

6. ГОСТ Р 57618.3-2017 Инфраструктура маломерного флота. Яхтенные порты. Эксплуатация. Требования безопасности.

7. ГОСТ Р 57618.4-2017 Инфраструктура маломерного флота. Ремонтные базы и сервисы. Общие требования.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ СО СМАЗКОЙ И БЕЗ СМАЗКИ

*Филимонов К.Е., студент*

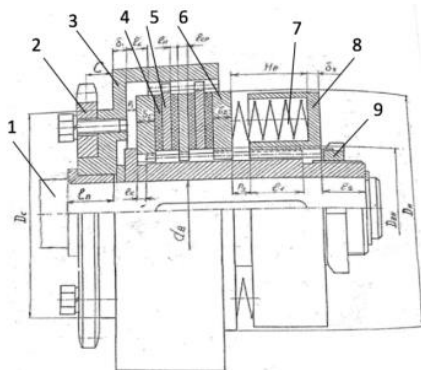
*Научный руководитель – Воронина И.В., ст. препод.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская федерация)*

Узлы трения различных строительных машин и оборудования характеризуются обычно коэффициентами трения качения или скольжения[1,2,3]. Другие важные триботехнические показатели не указываются из-за трудности их экспериментального определения.

Цель данной работы состоит в аналитическом определении принципиальных характеристик трения по известному коэффициенту трения, что представляет теоретический и практический интерес.

Объектом исследования является фрикционная предохраняющая дисковая муфта при трении закаленной стали по металлокерамике без смазки с коэффициентом трения 0,1-0,2 и со смазкой 0,05-0,08 (рис.1)-[1].



**Рис. 1.** Муфта дисковая фрикционная предохранительная D1:

1 – вал; 2 – ведущая звездочка; 3 – ведомая полумуфта; 4 – накладка; 5 – диск; 6 – нажимное кольцо муфты; 7 – пружина; 8 – нажимное кольцо; 9-шлицевая гайка

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

Определение парциальных величин микроизноса и микрометалла поверхности трения стальных дисков.

Оценка трибодеформационного упрочнения поверхности трения и продуктов износа.

Расчет фрикционных температур поверхности и продуктов износа.

Расчетное определение КПД трущихся пар.

Аналитическое моделирование трения посредством аппроксимирующих функций.

Построение кривой опорной линии в нормализованной системе координат “относительная опорная линия – относительное сближение”.

Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей.

### Методика исследования

По заданным коэффициентам трения ( $f=0.2$  и  $f=0.08$ ) методом подбора определяются парциальные микроизнос  $D_a$  и микрометалл  $D_m$  [поверхности] [4]:

$$f = (1 - D_a)^{1/D_a}, D_m = 1 - D_a. \quad (1)$$

Степень трибодеформационного упрочнения (или разупрочнения) поверхности трения  $K_s$  и продуктов износа  $K_a$  оцениваются по зависимостям:

$$K_s = (0.618/D_m)^{D_m/D_a}, \quad (2)$$

$$K_a = K_s(K_s^{0.5} + (K_s - 1)^{0.5}). \quad (3)$$

Фрикционные температуры поверхности  $T_s$  и продуктов износа  $T_a$  рассчитываются по формулам:

$$T_s = T_0 + \Delta T_s = T_0 + \ln K_s/\alpha, \quad (4)$$

$$T_a = T_0 + \Delta T_a = T_0 + \ln K_a/\alpha, \quad (5)$$

где  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  - условная температура окружающей среды;  $\Delta T_s, \Delta T_a$  - приращения температур;  $\alpha = 2.15 \cdot 10^{-3}, 1/^\circ\text{C}$  - среднее значение температурного коэффициента для сталей и сплавов[5].

Коэффициент полезного действия пары трения определяется по выражению[6]:

$$\eta = 1/(1 + (1 + f)^2). \quad (6)$$

Для аналитического моделирования трения предлагаются аппроксимирующие функции вида:

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m} / (1 + D_a - \varepsilon)^{1-\varepsilon}, \quad (7)$$

$$t_p = \varepsilon^{D_a/D_m}, \quad (8)$$

где  $t_p$  – относительная опорная линия,  $\varepsilon$  – относительное сближение.

### Результаты исследования

Согласно методике исследования, получены следующие расчетные триботехнические показатели (таблица 1).

Таблица 1.1

#### Исходные расчетные значения триботехнических показателей пар трения

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,2	0,648	1,36	2,394	142	406	41

**Исходные расчетные значения триботехнических показателей пар трения**

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0,08	0,8953	1,23	1,954	96	311	46

Используя аппроксимирующую функцию (7), строим нормализованную систему  $t_p$ - $\varepsilon$  (рисунок 2). Методом парных медиан определены центры тяжести  $C_a$  и  $C_m$  парциальных величин микроизноса  $D_a$  и микрометалла  $D_m$  соответственно. Линия, соединяющая центры тяжести – бисцентроида  $L_\beta$  – пересекается с гипсограммой  $L_\gamma$  в полюсе Р. Таким образом, аппроксимирующая функция (7) позволяет смоделировать систему фрикционного контакта дисков путем установления характерных величин: координат центров тяжести микроизноса  $\varepsilon_a, t_a$ ; микрометалла  $\varepsilon_m, t_m$ ; полюса  $\varepsilon_p, t_{pp}$ , моделирующие форму кривой опорной линии (поверхности). В таблице 2 представлены аппроксимирующие значение  $t_p$  по функции (7).

Таблица 2.1

**Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (7)**

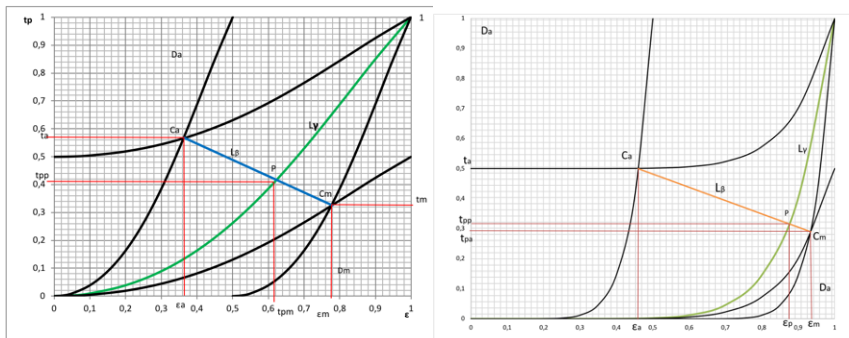
$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.0026	0.01	0.038	0.0884	0.162	0.383	0.439	0.527	0.685	0.848	1

Таблица 2.2

**Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (7)**

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	4,24E-12	1,675E-09	6,957E-07	2,448E-05	0,0003	0,0023	0,012	0,045	0,15	0,41	1

Смоделированная система координат  $t_p$ - $\varepsilon$  позволяет воспроизвести триботехнические показатели, которые были получены на основании (1)-(6) по заданному коэффициенту трения.



**Рис. 2.** Нормализованная система  $t_p$ -  $\varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (7))

Полученная система характеризуется следующими триботехническими показателями (таблица 3).

Таблица 3.1

**Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(7)**

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.209	0,623	1,349	2,362	139	400	40,6

Таблица 3.2

**Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(7)**

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.08	0,875	1,257	2,045	106	333	46,2

Далее строим нормализованную систему  $t_p$ -  $\varepsilon$  по второй аппроксимирующей функции (8) таким же образом, как строили первую. В таблице 4 представлены аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8).

Таблица 4.1

**Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8)**

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	0.0046	0.015	0.0528	0.1124	0.195	0.3	0.426	0.568	0.719	0.868	1

Аппроксимирующие значения  $t_p$  по функции (8)

$\varepsilon_i$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
$t_{pi}$	4,4 E- 10	5,96 E-08	8,47 E-06	0,000 1	0,001 3	0,00 7	0,02 5	0,08	0,2	0,48	1

Смоделируем систему координат  $t_p$ - $\varepsilon$  по функции (8)- рисунок 3.

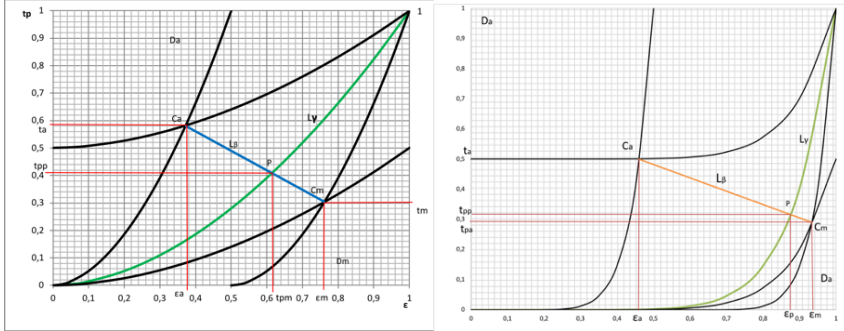


Рис. 3. Нормализованная система  $t_p$ - $\varepsilon$  с аппроксимирующей кривой опорной линии (формула (8))

Аналогично воспроизводим триботехнические показатели по (8) аппроксимирующей функции (таблица 5).

Таблица 5.1

## Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(8)

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.2118	0,615	1,3448	2,349	138	397	40,5

Таблица 5.2

## Аппроксимирующие триботехнические показатели по функции(8)

Показатели	$f$	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
Значения	0.08	0,875	1,257	2,045	106	333	46.2

Сопоставление расчетных и аппроксимированных показателей приведено в таблице 6.



Таблица 6.1

**Исходные (а) и аппроксимированные (б, с) триботехнические показатели стальных дисков предохранительной муфты**

Показатели	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
<i>a</i>	0,648	1,36	2,394	142	406	37,7
<i>б</i>	0,623	1,349	2,362	139	400	40,7
$\Delta_{a-б}, \%$	3,85	0,8	1,34	2,11	1,4	7,4
<i>с</i>	0,615	1,3448	2,349	138	397	40
$\Delta_{a-с}, \%$	5,09	1,11	1,88	2,8	2,2	5,7

Таблица 6.2

**Исходные (а) и аппроксимированные (б, с) триботехнические показатели стальных дисков предохранительной муфты**

Показатели	$D_a$	$K_s$	$K_a$	$\Delta T_s, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_a, ^\circ\text{C}$	$\eta, \%$
<i>a</i>	0,8953	1,23	1,954	96	311	46
<i>б</i>	0,875	1,257	2,045	106	333	46,2
$\Delta_{a-б}, \%$	2,27	2,15	4,5	9,4	6,6	7,4
<i>с</i>	0,875	1,57	2,045	106	333	46,2
$\Delta_{a-с}, \%$	2,27	2,9	4,5	9,4	6,6	0,4

На основании проведенных исследований формулируются следующие основные выводы.

### **Выводы**

Сопоставление расчетных и аппроксимированных триботехнических показателей свидетельствует о вполне удовлетворительном их совпадении. Предложенные аппроксимирующие функции могут быть использованы в инженерных расчетах.

Расчеты по альтернативным аппроксимирующим функциям показали подобные механизмы вязкого разрушения материалов, характеризующиеся во всех случаях значениями  $K_s > 1$  и  $K_a > 1$

Предлагаемая методика аналитического моделирования и расчетного определения триботехнических показателей по известному коэффициенту трения применима для теоретического и практического использования.

Применение смазочного материала приводит к существенному снижению коэффициента трения скольжения, уменьшению степеней трибодиформационного упрочнения и фрикционных температур, повышению КПД трибосистемы.

## Библиографический список

1. Абрамов В. М., Мещерин В. Н. “Проектирование предохранительных фрикционных муфт”: учебное пособие (Московский Государственный Строительный Университет), 2009г -65 стр.
2. Густов Ю. И., Юшков А. А. Уравнения параметров шероховатых поверхностей трения сталей строительной техники (журнал “Механизация строительства”, 2016г, №11, стр. 2-6.
3. Густов Ю. И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография. /Моск гос. Строит. Ун-т.-М.:МГСУ,2011.-192с.
4. Густов Ю. И., Воронина И. В., Орехов А. А. “Методология исследования триботехнических показателей строительной техники. Механизация строительства” – 2011, №8, с. 10-12.
5. Бабичев А. П., Бабушкина Н. А., Братковский А. М. и др. “Физические величины” справочник: Энергомиздат, 1991-1232с.
6. Густов Ю.И.,Слётов С.Ю. Исследование микротопографии и триботехнических показателей поверхностей трения канатоведущих шкивов лифтов (журнал «Подъемно-транспортное дело», 2018, №5, стр. 2-4.
7. Густов Д. Ю., Густов Ю. И., Юшков А.А. Механизмы абразивного изнашивания и коэффициенты полезного действия трибосистем строительной техники // Механизация строительства.- 2016. -№9.- С. 50-54.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ХРАНЕНИЯ МАЛЫХ СУДОВ НА АКВАТОРИИ

*Фомин А.А., магистрант*

*Научный руководитель – Замолотчиков А.М., доц., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Государственная политика в области судоходства малых судов за последнее десятилетие претерпела немало изменений. Одно из самых важных изменений касается стандартизации объектов инфраструктуры маломерного флота и процессов их эксплуатации. [2-6]

Также, за последние годы начала прослеживаться тенденция, суть которой заключается в повышении стоимости аренды стояночного места для малого судна на специализированной береговой стоянке яхтенного порта.

Одним из способов решения этой проблемы является хранение малых судов в зимний период на акватории яхтенного порта с учетом того, что в любом случае эксплуатант яхтенного порта заключает договор водопользования.

В настоящее время существуют технические решения, позволяющие, без аренды места на берегу или в отапливаемом эллинге, безопасно для корпуса малого судна и экологии хранить такие суда на акватории. [1]

Разработка методики оценки целесообразности использования различных технических средств хранения малых судов на акватории достаточно актуальна в нашей стране, поскольку в северных широтах имеется проблема с обледенением и вморзанием малых судов при хранении в акватории.

Концепция хранения малых судов в межнавигационный период с использованием технических средств подъема над поверхностью воды набирает все большую популярность в мировой практике в связи с высокой эффективностью такого решения. [7]

В соответствии с поставленной целью и выделенными требованиями, должны быть решены следующие задачи:

- 1) выявление факторов, влияющих на выбор определенных технических средств;
- 2) выбор наиболее целесообразных методов оценки использования технических средств хранения малых судов на акватории.

Первоочередной задачей в процессе оценки целесообразности использования технических средств хранения малых судов на акватории является определение факторов, влияющие на определении эффективности принимаемых решений.

На втором этапе осуществляется выбор показателей оценки принимаемых решений с учетом влияния выявленных ранее факторов, а также обеспечения требований, установленных в действующих нормативных документах [3-5].

На этом этапе выбираются несколько подходов к оценке эффективности принимаемого решения, применимых в конкретной ситуации.

Выбор способов хранения малых судов в яхтенном порту требует комплексной оценки как технических, экологических, так и экономических факторов.

Кроме этого необходимо учитывать сложности взаимодействия с надзорными органами и классификационными обществами: грузоподъемные машины поднадзорны Ростехнадзору, плавучие объекты оцениваются регистрами судоходства.

На первый взгляд, задача определения факторов и построения системы показателей кажется тривиальной и не требующей пояснения. Традиционно факторы определяются через разложение показателей, используемых при расчете необходимости использования данного технического решения на отдельные составляющие. Подобный процесс может быть отражен в виде дерева с различными уровнями детализации. Однако основа системы показателей должна состоять из ключевых факторов, которые непосредственно влияют на окончательное принятие решения.

## Библиографический список

1. Фомин А.А., Замолотчиков А.М. Обоснование технических средств подъема-спуска малых судов в портах // Сборник XXII Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы", 25 апреля 2018г, МАДИ.
2. ГОСТ Р 57618.1-2017 Инфраструктура маломерного флота. Общие положения
3. ГОСТ Р 57618.2-2017 Инфраструктура маломерного флота. Яхтенные порты. Общие требования
4. ГОСТ Р 57618.3-2017 Инфраструктура маломерного флота. Яхтенные порты. Эксплуатация. Требования безопасности
5. ГОСТ Р 57618.4-2017 Инфраструктура маломерного флота. Ремонтные базы и сервисы. Общие требования
6. ГОСТ Р 57617-2017 Объекты отдыха, развлечения, культуры и спорта на открытой водной поверхности и их инфраструктура. Термины и определения
7. Современный яхтенный порт - марина [Текст]: практика создания: [книжка в картинках] / П. Н. Новоселов. - Москва: [б. и.], 2011. - 112 с. : ил., цв. ил., портр.; 30 см.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ И МЕХАНИЗМА ПРИВОДА АВТОМАТИЧЕСКИХ ДВЕРЕЙ ЛИФТА

*Хомутинников О.А., студент*

*Научный руководитель – Леонова О.В., проф., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

Лифт является неотъемлемой частью среды обитания человека. На данный момент успешно функционирует огромный парк лифтов различного конструктивного исполнения, который обеспечивает нужды коммунального хозяйства, промышленных предприятий и сложных сооружений общественного и специального назначения.

Возрастающий парк лифтов требует постоянного улучшения конструктивных особенностей с целью повышения надежности и безопасности применения.

Из соображений безопасности все входные и загрузочные проемы в шахте лифта должны оборудоваться дверями. В техническом регламенте большое внимание уделяется требованиям безопасности, которые, в свою

очередь, предъявляются к конструкции дверей шахты, так как неисправность дверей, замков и блокировочных устройств является основной причиной несчастных случаев на лифтах.

Различные конструкции дверей шахт и кабин отличаются системой привода и управления, а так же кинематикой перемещения створок.

Двери классифицируются по следующим признакам:

- 1) По кинематике перемещения створок;
- 2) По числу створок;
- 3) По скорости движения створок;
- 4) По конструкции;
- 5) По способу обеспечения движения створок.

Первая классификация включает: распашные двери, поворачивающиеся относительно вертикальных осей (рис. 1, а); раздвижные в горизонтальном (рис. 1, б) и вертикальном направлениях (рис. 1, в); задвижные с гибкими створками, которые задвигаются за боковую стенку кабины (рис. 1, г).



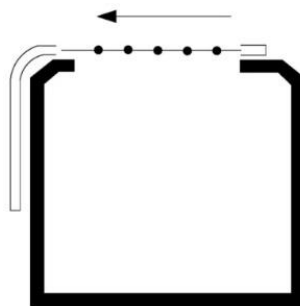
*а) Распашные*



*б) Раздвижные горизонтальные*



*в) Раздвижные вертикальные*



*г) Задвижные*

**Рис. 1.** Двери с различной кинематикой перемещения створок

По количеству створок двери могут быть одностворчатые, двухстворчатые и многостворчатые.

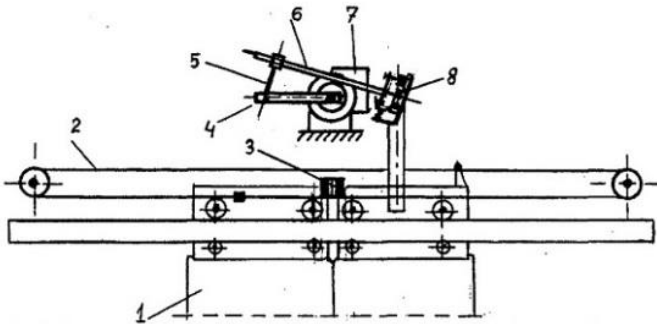
Классификация по скорости движения предполагает использование односкоростных, двухскоростных и многоскоростных дверей.

По конструкции двери могут быть решетчатые, шторные и щитовые.

Управление створками может быть разное, например, с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. На сегодняшний день очень редко используются двери с ручным и полуавтоматическим управлением. За счет уменьшения времени на открывание и закрывания дверей, увеличивается производительность лифта, тем самым автоматическое управление является оптимальным вариантом.

Применяются различные механизмы привода автоматических раздвижных дверей:

- 1) Штанговый механизм;

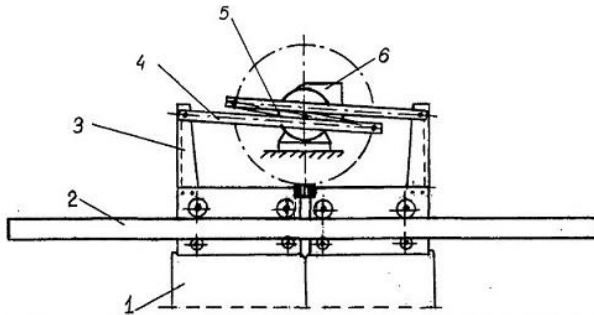


**Рис. 2.** Схема механизма штангового типа

1 – створка; 2 – синхронизирующий канат; 3 – контакт контроля закрытия створок штепсельного типа; 4 – водило; 5 – кронштейн шарнирного крепления штанги; 6 – штанга; 7 – механическая передача с двигателем; 8 – устройство, которое ограничивает усилие сжатия створок с микропереключателем реверса

Достоинством данного механизма является облегчение перенастройки привода на необходимую ширину проема дверей. Недостатком является жесткая кинематическая связь створок с приводом, для этого применяют механизм ограничения тягового усилия штанги.

2) Кривошипно-шатунный механизм;

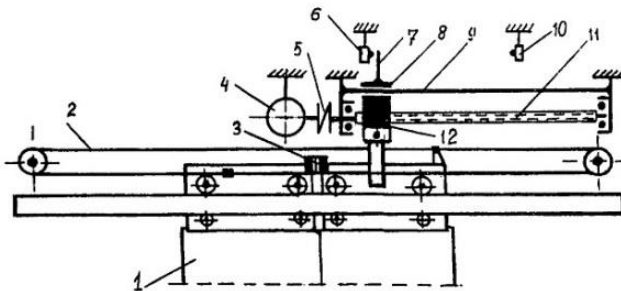


**Рис. 3.** Схема кривошипно-шатунного механизма:

1 – створки; 2 – линейка; 3 – кронштейн; 5 – тяга шатуна; 6 – механическая передача с двигателем

Достоинством является надежность и содержание небольшого количества деталей, однако требует применения надежной системы реверса и качественного исполнения.

3) Винтовой привод автоматических раздвижных дверей;

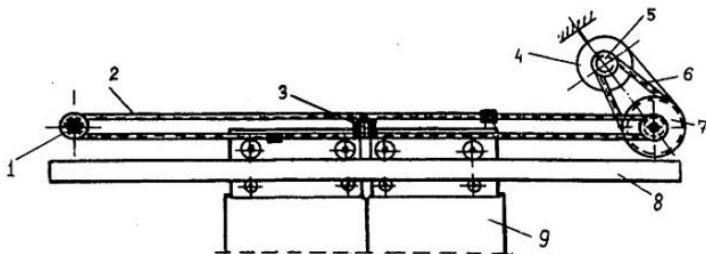


**Рис. 4.** Схема винтового привода:

1 – створка с кареткой; 2 – канат синхронизации взаимно противоположного движения створок; 3 – штепсельное контактное устройство контроля притвора створок; 4 – электродвигатель; 5 – муфта; 6, 10 – конечный выключатель; 7 – упор; 8 – башмак каретки; 9 – направляющая штанга; 11 – ходовой винт; 12 – каретка гайки ходового винта.

Безусловным достоинством является простота конструкции и технологичность. При использовании быстроходного ходового винта предъявляются повышенные требования к его динамической уравновешенности с целью исключения вибраций и шума. Наличие жесткой связи со створками требует использования надежной системы автоматического реверса.

#### 4) С зубчатой ременной передачей

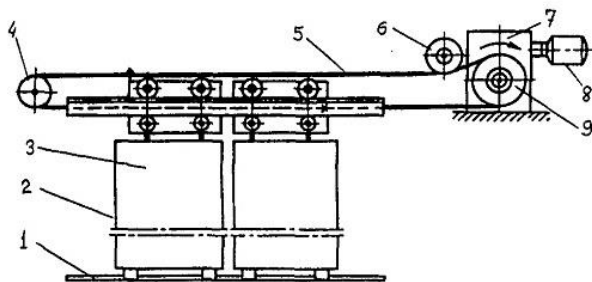


**Рис. 5.** Схема механизма с зубчатой ременной передачей:

1 – зубчатый шкив с датчиком контроля пути створки; 2 – зубчатый ремень передачи движения створкам; 3 – штепсельное контактное устройство контроля притвора створок; 4 – электродвигатель; 5, 6, 7 – шкивы и ремень зубчатой ременной передачи; 8 – линейка; 9 – створка

Определенным достоинством такого привода автоматических дверей является высокая плавность работы, бесшумность и простота конструкции. Наличие зубьев на ремне обеспечивает его взаимодействие со шкивами без проскальзывания. В связи с этим, такой привод нуждается в надежной системе ограничения усилия сжатия створок и электронного устройства авто-реверса.

#### 5) Канатный механизм



**Рис. 6.** Схема канатного механизма:

1 – направляющая башмачков створок; 2 – створка; 3 – отводка створок дверей шахты; 4 – отклоняющий блок; 5 – тяговый канат; 6 – натяжной отклоняющий блок; 7 – редуктор; 8 – электродвигатель; 9 – шкив привода дверей

К достоинствам относится легкая кинематическая связь за счет синхронизирующего каната, который, в свою очередь, используется в качестве тягового и получает движение от канатоведущего шкива (КВШ). Фрикционная связь между тяговым канатом и КВШ обеспечивает безопасность



данной системы и она становится более предпочтительной, чем выше рассмотренные механизмы привода раздвижных автоматических дверей. При достаточном начальном натяжении работа фрикционной передачи усилия без скольжения каната может быть обеспечена даже при полукруглой канавке КВШ. С помощью регулирования силы начального натяжения тягового каната, обеспечивается допустимая сила сжатия створок.

Наличие линейной зависимости между частотой вращения вала двигателя и скоростью движения створок, объединяет рассмотренные выше механизмы. Таким образом, процесс разгона и замедления створок до полной и плавной остановки должен регулироваться необходимой системой программного управления, за счет чего можно получить любую скоростную характеристику движения створок и практически любой закон диаграммы изменения скорости.

Таблица 1

### Механизмы привода автоматических раздвижных дверей

Наименование механизма	Сложность перенастройки	Кинематическая связь створок	Простота конструкции	Вибрация и шум	Надежность
Штанговый	Легкая	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Кривошипно-шатунный	Средняя	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Винтовой	Средняя	Жесткая	Высокая	Высокая	Высокая
Зубчато-ременный	Тяжелая	Жесткая	Средняя	Низкая	Высокая
Канатный	Средняя	Легкая	Средняя	Низкая	Высокая

Учитывая, что программное управление завоевывает все более высокие позиции в технологическом процессе, наиболее предпочтительными являются зубчато-ременный и канатный механизмы. Они обеспечивают более широкую автоматизацию процесса и являются оптимальным вариантом в современной лифтовой отрасли.

### Библиографический список

1. Яновский Л. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание: — М.: Издательство: АСВ, 2005. — 336с.
2. Лифты, платформы подъемные для инвалидов, эскалаторы. Ч.1. Лифты: Учебник / Г.Г. Архангельский, Н.И.Балабанов, Л.В. Гушин, А.А. Ионов, А.А. Рожков, М.А. Степанов, В.Я. Ткаченко; под общей ред. Л.В. Гушина. — М.: Изд-во АСВ, 2019. — 680 с.
3. Лифты: Учебник для вузов / под общей ред. Д.П. Волкова. — М.: Изд-во АСВ, 1999. — 480 с.
4. ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834 – 75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».

5. Строительные нормы и правила Российской Федерации 21-01-97\* «Пожарная безопасность зданий и сооружений (с изменениями №1, 2)».
6. ГОСТ Р 53770-2010 «Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры».
7. ГОСТ 33605-2015 «Лифты. Термины и определения».

## **ИНТРАЛОГИСТИЧЕСКОЕ БЕСПИЛОТНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО**

*Христофоров П.А., Тупов В.Е., Степанов А.О., студенты  
Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

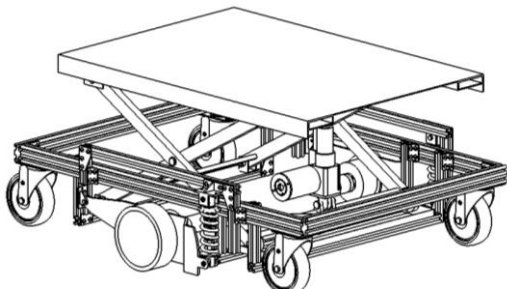
С каждым годом объемы товаропотоков непрерывно растут, а организация цепочек системы хранения и обработки товаров постоянно оптимизируется в целях, с одной стороны, повышения оборачиваемости товаров на складе, с другой, минимизации размеров складского помещения.

Применение интралогистических беспилотных транспортных средств (далее беспилотных средств) в ряде случаев позволяет весьма эффективно использовать выделенное для хранения товаров пространство [1].

В складских комплексах, обслуживаемых беспилотными средствами, не рабочий персонал идет к стеллажам за единицами хранения, а стеллажи вместе с требуемыми единицами хранения привозятся к рабочему персоналу. Такой подход позволяет более эффективно использовать время работников крупных складских комплексов [2].

Современные исследования в интралогистикой области показывают, что новые проекты, выполняемые в университетах и вузах, говорят нам о том, что стандартные операторы на рынке грузовой логистики во время развития цифровых платформ будут меняться. В скором времени возможно произойдет окончательная перестановка сил на рынке грузовых логистических работ с приходом цифровых технологий [3].

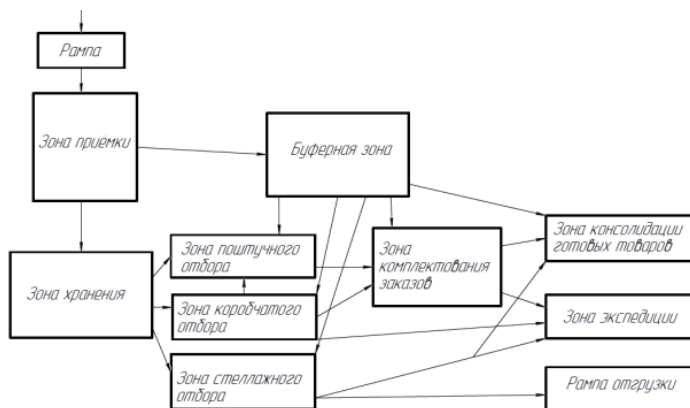
Цель работы – в создании автоматизированной системы обработки внутрискладских грузопотоков посредством беспилотных средств (рис. 1).



**Рис. 1.** Модель беспилотного транспортного средства

Для данной модели беспилотного средства была смоделирована система обработки внутрискладских грузопотоков, показывающая, что для комплексной механизации склада необходима концепция организации следующего вида [4] (рис. 2):

1. Схема установки стеллажей в зоне хранения должна обеспечить максимальную вместимость, минимальное пересечение грузопотоков и иметь максимальную пропускную способность.
2. На складе должны быть организованы функциональные зоны.
3. Зона взаимодействия людей и беспилотников должна быть максимально простой.
4. На территории склада должны быть нужные площади для систем и служб обслуживания беспилотников.
5. Предусматривается возможность стеллажного, коробчатого и штучного отбора [5].



**Рис. 2.** Схема автоматизированной системы грузопотока

Одним из основных вопросов внедрения данной системы становится вопрос навигации беспилотных транспортных средств внутрискладского помещения.

Чтобы двигаться к заданной цели, беспилотному средству необходимо довольно точно формировать образ окружающего его пространства. Во время движения беспилотник должен моментально точно и быстро регулировать скорость мотора и положение колес. Робот должен определять своё реальное местонахождение с максимальной точностью [6].

Для точной навигации в пространстве, системы беспилотного средства должны строить маршрут, регулировать параметры движения (углы поворота колес, их скорость и ускорения), правильно сканировать и анализировать сведения об окружающем среде, получаемые от датчиков, и непрерывно считывать собственные координаты [7].

#### Библиографический список

1. Гнездилов С.Г. Применение беспилотных приземистых интра-логистических транспортных средств для обработки внутрискладских материальных потоков // Логистики. № 8. 2018. С. 18-21.

2. Коленов С. Skypod – робот-кладовщик, взбирающийся на полки. Электронный ресурс: URL: <https://hightech.fm/2017/12/08/skypod-robots-in-french-warehouse>

3. Гнездилов С.Г. Обзор современных исследований в области интра-логистики на примере опыта Германии // Логистика. 2017. № 8. С. 18–21.

4. Савенкова, Т.И. Логистика учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» / Т. И. Савенкова. — 5-е изд., стер. — М.: Издательство «Омега-Л», 2010. 255 с..

5. Курушин Д.С., Долгова Е.В., Файзрахманов Р.А. Принципы работ с применением мобильного робота // Научное обозрение. 2014. № 7-1. С. 219-221.

6. M.J.E.; Nijmeijer, H.; Rodriguez Angeles, A. / Simulating the dynamical behavior of an AGV Legius // (D&C; Vol. 2014.012). Eindhoven: Eindhoven University of Technology.

7. Paganì P., Colling D., Furmans K. Neural / Network-Based Genetic Job Assignment for Automated Guided Vehicles // Logistics Journal: Proceedings. 2017.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОТВАЛЬНОГО ТИПА

*Хужаназаров Б.Ф., соискатель*

*Научный руководитель – Шукуров Р.У., проф., д.т.н.*

*Джиззакский Политехнический институт (ДПИ)  
(Узбекистан)*

Коренная организация и модернизация народного хозяйства неминуемо ведет к интенсификации использования строительной, дорожной, подъемно-транспортной и коммунальной техники.[1]

Рассмотрим определение основных параметров бульдозерных отвалов совкового типа. Преимущество совковых или V-образных отвалов перед лобовыми заключается в их способности накапливать и удерживать увеличенный объем призмы волочения, что играет существенную роль в повышении производительности бульдозеров и расширении области их применения в связи с возможностью перемещения грунта на большие расстояния. Однако возможность эффективного их применения зависит от ряда специфических особенностей взаимодействия этих рабочих органов с грунтом, которые должны учитываться при определении основных параметров.[2]

Использование преимуществ отвалов совкового типа (снижение удельного усилия и работы копания, увеличение объема перемещаемого грунта и дальности перемещения) требует учета и исключения приведенных недостатков отвалов со сплошной ножевой системой. Проведенные исследования в грунтовом канале кафедры эксплуатации и ремонт показали, что наиболее рациональным является совковый отвал, дорожно-строительных машина и оборудование имеющий минимальное число перегибов (в плане) и устраняющий взаимодействие между собой поднимающихся по поверхностям отвала грунтовых потоков. Такой отвал должен состоять из двух косо установленных в плане боковых секций и средней между ними секции, подвижной в вертикальной плоскости и исключающей заклинивание потоков грунта и залипание отвала. Для этого необходимо определить основные параметры отвала и их соотношения, рациональные углы установки крайних секций относительно средней, обеспечивающие минимальную энергоемкость копания и перемещения грунта.

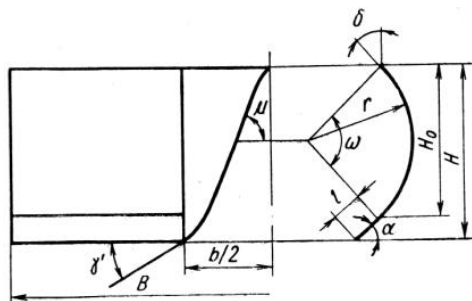


Рис. 1. Схема к определению параметров отвала совкового отвала

Ширину  $B$  и высоту  $H$  отвала совкового типа следует принимать равными параметрам обычного лобового отвала, обусловленными в свою очередь параметрами базового трактора. Ширину средней секции  $b$  выбирают наименьшей из условия исключения взаимного влияния грунтовых потоков, движущихся по боковым косо установленным секциям отвала. Угол подъема  $\mu$  срезанного пласта грунта на поверхности косо установленной секции отвала в среднем составляет  $\mu = \gamma' + 5^\circ$  (рис. 1).

В этом случае грунтовые потоки, перемещающиеся по отвалу, пересекутся только в верхней части средней секции, что исключит их заклинивание на отвальной поверхности и залипание отвала грунтом.

Исключения средней секции совкового отвала из процесса резания грунта можно достигнуть применением ступенчатой системы ножей, установленных только на боковых секциях. Для избежания потерь грунта при транспортировании, среднюю секцию отвала необходимо выполнять подвижной в вертикальной плоскости. В процессе резания грунта боковыми косо установленными отвалами средняя секция поднята на толщину срезаемой стружки, а после окончания копания она опускается до поверхности грунта. Схема бульдозерного отвала совкового типа с двумя боковыми секциями, установленными под углом  $\gamma' < 90^\circ$ , и с подвижной в вертикальной плоскости средней секцией, установленной перпендикулярно продольной оси бульдозера.

Рациональный угол  $\gamma'$  установки в плане боковых секций и определен на основании экспериментальных исследований, основные результаты которых имеют следующие значения (рис. 1):

$\gamma'$ , град	30	45	60	75	90
$\tau_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	5,7	6,7	8,9	8,6	8,5
$A_v$ , тс·м/м <sup>3</sup>	35,5	41	51,2	56	56

Удельное усилие и удельная работа совместного копания и перемещения грунта отвалами совкового типа снижаются при уменьшении угла захвата боковых секции от  $90^\circ$  до  $30^\circ$ . При  $\gamma' = 75^\circ$  потери грунта в боковые валики практически исключаются. Таким образом, верхний предел значе-

ния углов захвата для боковых секций, исключая потери грунта, можно считать  $\sim 75^\circ$ , а нижний, исходя из минимума энергоёмкости,  $\sim 30^\circ$ .

Поэтому для базовых тракторов мощностью от 100 до 250 л.с. определен минимально возможный угол установки боковых секций отвалов  $60^\circ$ .

Исключена средняя секция отвала из процесса резания грунта устраняет залипание отвальной поверхности грунтом и уменьшает общую ширину копания, что облегчает врезание отвала в плотные грунты, увеличивает глубину копания и за счет этого снижает его энергоёмкость. Снижению энергоёмкости рабочего процесса способствует также преимущественное использование принципа косо́го резания крайними секциями.

#### Библиографический список

1. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республика Узбекистан в 2017-2021 годах. г.Ташкент 2017 год 7 февраль, ПП-4947.
2. Баловнев В.И. Дорожно-строительные машины и комплексы. Омск: Изд-во “СибАДИ”, 2001 г.

## НАНОСТАЛИ В КОНСТРУКЦИЯХ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК

*Чернавских А.Д., магистрант*

*Научный руководитель – Пенчук В.А., проф., д.т.н.*

*ГУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства  
и архитектуры» (ДонНАСА) (Украина)*

В современной промышленности огромное внимание уделяется разработке наностали, которая существенно превосходит по своим характеристикам все существующие марки. Возможность использования наностали имеет большую перспективу в машиностроении. Одним из перспективных направлений является внедрение наностали в конструкцию щековой дробилки, что позволит повысить её характеристики без затрат на модернизацию. Компания Arcelor Mittal, один из лидеров металлургического рынка, заявляет, что через 5 -10 лет суперпрочная наносталь будет производиться в промышленных масштабах [1].

Концепт General Motors инвестировала огромные средства в создание наностали и её исследование. Показано, что металлурги, машиностроители могут использовать существующие технологии литья, штамповки и даже сварки [2].

Обеспечение технологичности конструкции щековой дробилки – это функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, которые направлены

на сокращение материальных и временных затрат на производство, в том числе и на монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт щековой дробилки.

Обеспечение технологичности конструкции включает:

- обработку конструкции детали или сборочной единицы на всех этапах их разработки при технологической подготовке производства;
- количественную оценку технологичности конструкций детали или узла [3];
- технологический контроль конструкторской документации.

Появление новых материалов, которые имеют на порядок лучшие физико-механические свойства, требует определенных, иногда трудозатратных работ по технологической подготовке производства.

На рис. 1 приведена схематизация областей применения наностали [4].

На начальных этапах стоимость нанометаллов будет явно выше, чем стоимость обычных материалов. Поэтому в первую очередь их надо применять для наиболее ответственных деталей, для слабого звена и узла машины. В щековых дробилках наиболее слабым звеном является дробящая плита. Дробящие плиты работают в агрессивной, абразивной среде с высокими переменными контактными напряжениями, из-за которых возникает повышенный износ рабочей поверхности. Средний срок службы дробящей плиты составляет 6 месяцев.

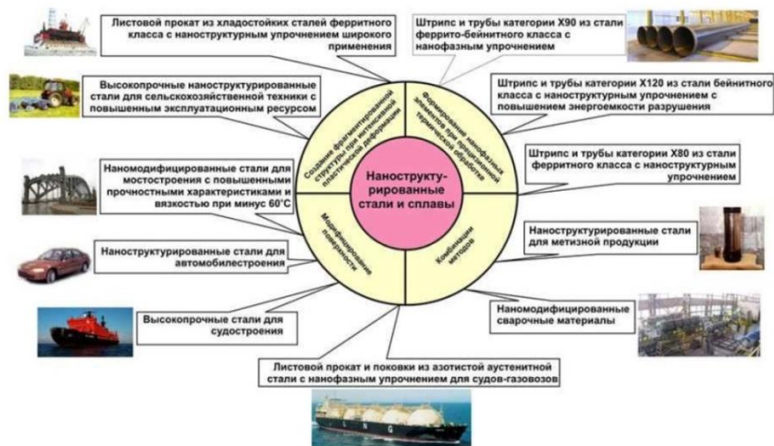


Рис. 1. Применение наносталей в промышленности

Износ является результатом действия контактных напряжений или напряжений смятия при наличии скольжения, т. е. трения. Контактные напряжения возникают в месте соприкосновения двух тел в тех случаях, когда размеры площадки касания малы по сравнению с размерами контактирующих деталей. Если величина контактных напряжений будет больше



допускаемой, то на поверхности деталей появляются вмятины, борозды, трещины или мелкие раковины.

Практика работы дробящих плит показывает, что усталостные микро-трещины располагаются не радиально, а вытягиваются в направлении действия сил трения. В результате этого происходит повышенный износ рифлений плит, а на поверхности дробимого металла еще до его разрушения появляются мелкие фракции, т.е. отходы. Таким образом, для повышения износостойкости дробящих плит, а, следовательно, для увеличения срока службы, необходимо применять новые виды материала для их изготовления [5]

В настоящее время дробящие плиты изготавливаются из высокомарганцевой стали 110Г13Л [6;7].

Для анализа возможности и целесообразности применения наносталей в дробящих плитах необходимо сопоставить их физико-механические характеристики с характеристиками применяемой стали (табл. 1).

По данным табл. 1 определяем, что наносталь существенно превосходит по своим характеристикам сталь 110Г13Л.

Важно, что применение «наностали» позволит металлургам и машиностроителям использовать существующие производственные потоки и технологии.

Таблица 1

Характеристики стали 110Г13Л и наностали

Характеристика	Размерность	110Г13Л	Наносталь
Модуль упругости	Н/м <sup>2</sup>	2e+011	2,1e+011
Коэффициент Пуассона	-	0,28	0,28
Модуль сдвига	Н/м <sup>2</sup>	7,8e+010	7,9e+010
Плотность	Кг/м <sup>3</sup>	7820	1560
Предел прочности при растяжении	Н/м <sup>2</sup>	900000000	3198608000
Предел текучести	Н/м <sup>2</sup>	350000000	1764752000

#### Библиографический список

1. Наносталь CarTimes.Ru [Электронный ресурс]. – 2009-2019. – Режим доступа: <http://cartimes.ru/news/nanostal.html>, свободный.
2. Концерн GeneralMotors инвестировал средства в наносталь ООО «Драйв» [Электронный ресурс]. – 2005-2019. – Режим доступа: <https://www.drive.ru/world/50225b3db72142317c00003c.html>, свободный.
3. ГОСТ 14.201-83 Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования (с изменением № 1). - взамен ГОСТ 14.201-73. – Введ. 1984-01-01. – Москва: изд-во Стандартиформ, 2009. – 8 С.
4. Пенчук В.А. О перспективах применения наноструктурированных сталей в конструкциях стреловых самоходных кранов//Строительство. Ма-

териаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование.- 2013, Вып. 72.- С. 220-224.

5. Кузбаков Ж.И. Кинематика щековых дробилок и износ плит, используемых при измельчении особо прочных материалов // Известия вузов: Черная металлургия: сб. статей. – Москва, 2010. – Вып. 2. – С. 52-54.

6. Потемкин С. А. Совершенствование методов расчета и обоснование рациональных параметров щековых дробилок: диссертация ..кандидата технических наук: 05.04.09.- Москва, 2000.- 192 с.

7. Айбашев Д.М. Обоснование параметров рифлений дробящих плит щековых дробилок: автореферат диссертации кандидата технических наук: 05.05.06. - Екатеринбург, 2015.- 21 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА ДВЕРЕЙ ПЛАТФОРМЫ ПОДЪЕМНОЙ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ДРУГИХ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ**

*Шалимов Р.А., студент*

*Научный руководитель – Леонова О.В., проф., к.т.н.*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

С 2009 года в РФ выполняется программа «Доступная среда», которая включает в себя возможность маломобильным группам населения посещать различные организации или учреждения, в том числе кафе, музеи и театры. Таким образом, специальный подъемник становится необходимой принадлежностью любого нового современного здания, которое относится к жилому или общественному сектору. Если владелец здания при постройке сразу не сделал рядом с лестницами пандусы, то новые требования всё равно обязывают его обеспечить доступность для инвалидов. Но для устройства пологого подъема требуется много места, чтобы уклон соответствовал нормативным требованиям. В случае отсутствия свободного места, решением такого вопроса является установка специального подъемного устройства.

Наиболее часто используется подъемная платформа модели ПП-2015, которая устанавливается для подъема на второй этаж (высотой подъема от 2 м до 4 м). Подъемная платформа представлена на рис. 1. Технические характеристики в таблице 1.



**Рис. 1.** Подъемная платформа ПП-2015

*Таблица 1*

**Технические характеристики подъемной платформы ПП-2015**

<b>Грузоподъемность (кг)</b>	<b>200</b>
<b>Скорость движения (м/с)</b>	<b>0,15</b>
<b>Количество остановок</b>	<b>2</b>
<b>Габариты шахты (мм)</b>	<b>1730x1500</b>
<b>Габариты кабины (мм)</b>	<b>900x1250x2000</b>
<b>Дверной проем (мм)</b>	<b>900x2000</b>
<b>Тип кабины</b>	<b>Проходная</b>
<b>Двери шахты</b>	<b>телескопические</b>

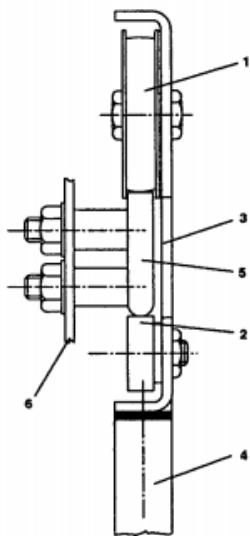
Одними из основных элементов привода дверей платформы являются ролики подвески створок.

В настоящее время, в связи с закрытием завода-изготовителя основных и контрольных подвески створок, принято решение об изменении элементов конструкции привода дверей подъемника ПП-2015. Общий вид конструкции подвески представлен на рис. 2.

Принцип замены заключается в использовании для платформы аналогичных роликов, устанавливаемых на серийную модель пассажирского лифта.

Сравнительный анализ двух представленных конструкций (рис. 3, рис. 4) показал, что вновь предлагаемая обладает улучшенными показателями плавности хода, за счет изменения коэффициента трения качения. В первом случае (рис. 3) коэффициент трения качения сталь о сталь составляет 0,5 мм. А во втором случае (рис. 4) коэффициент трения качения полимер о сталь составляет 2мм.

Кроме того, стоимость данной конструкции уменьшается за счет использования номенклатуры роликов для изготовления платформы и пассажирского лифта.



**Рис. 2.** Конструкция подвески двери:

1 – основной ролик, 2 – контроллер, 3 – каретка, 4 – створка двери, 5 – опорная линейка, 6 – рама кабины



**Рис. 3.** Конструкция привода дверей до модернизации



**Рис. 4.** Конструкция привода дверей после модернизации

## Библиографический список

1. Архангельский Г.Г., Балабанов Н.И., Гушин Л.В., Ионов А.А., Рожков А.А., Степанов М.А., Ткаченко В.Я. Лифты платформы подъемные для инвалидов эскалаторы. Часть 1. Лифты: Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2019. 679 с.
2. Яновски Л. Проектирование механического оборудования лифтов. Третье издание: - М.: Монография. Издательство АСВ, 2005. 336 с.
3. Чутчиков П.И., Волков Д.П., Ионов А.А. Атлас конструкций лифтов: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003. 156 с.
4. Гост Р 55555-2013. Платформы подъемные для инвалидов и других маломобильных групп населения. - Введ. 28.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2014. 47 с.
5. Гост Р 55965-2014. Лифты. Общие требования к модернизации находящихся в эксплуатации лифтов. – Введ. 09.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. 6 с.
6. Гост 5746-2015. Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры. 01.01.2017 – Введ. – М.: Стандартинформ, 2017. 20 с.
7. Сайт Щербинского Лифтостроительного Завода [электронный ресурс]. – М.: ОАО Щербинский Лифтостроительный Завод, - Режим доступа: [www.shlz.ru](http://www.shlz.ru), свободный.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА СО СМЕННЫМ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

*Шилов Д.А., Овакимьян М.П., студенты*

*Научный руководитель – Плавельский Е.П., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

При необходимости подъемных операции часто возникающих при работе экскаватора, обуславливается необходимостью его модернизации. Работы по подъему грузов составляют не большую часть работ.

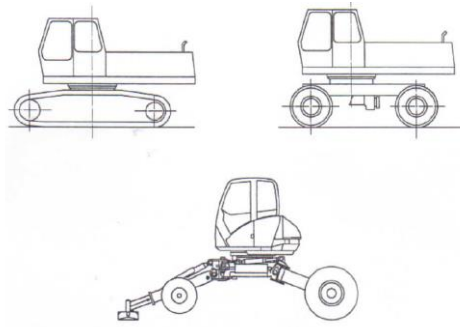
Первые специальные монтажные гусеничные краны с решетчатой стрелой промышленность СССР начала выпускать только в 1954г. А до этого все гусеничные стреловые монтажные краны производились на базе гусеничных универсальных экскаваторов-грейферов, -драглайнов. В те времена такие машины получили название кранов-экскаваторов. Различий друг от друга у них практически не имелось, кроме того, что на экскаваторах, работающих с крановым оборудованием, устанавливался грейферный барабан, что немного изменяло кинематическую схему. Во всей техниче-

ской литературе тех лет термин «кран-экскаватор» являлся основным в описаниях гусеничных грузоподъемных машин, тогда как «экскаватор со сменным крановым оборудованием» ещё не существовал. Этому также способствовал ГОСТ 518-54 на гусеничные краны-экскаваторы. Краны-экскаваторы грузоподъемностью от 5 до 20 т с короткой стрелой, оснащенной крюком и грейфером, применялись для погрузочно-разгрузочных работ со штучными грузами, сыпучими и мелкокусковыми материалами; машины с удлинительными стрелами и гуськами предназначались для строительно-монтажных работ в гражданском, промышленном, гидротехническом строительстве. Только с 01 января 1967 г. экскаваторы и краны продолжили свое развитие раздельно друг от друга, потому что ГОСТ 518-54 был отменен.

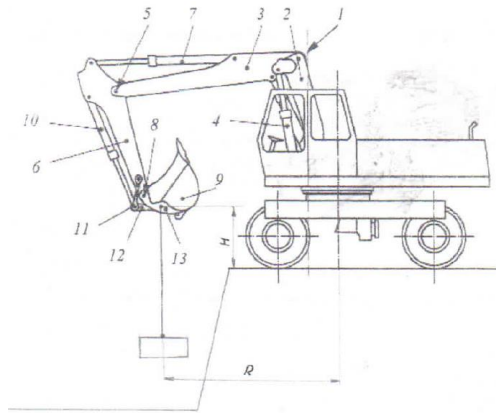
В настоящее время развитие выше указанных машин в РФ происходит в рамках требований системы технического регулирования Таможенного союза (Евразийского экономического союза – с 01.01.2015г.). Это технический регламент « О безопасности машин и оборудования) ТР ТС 010/2011. Гидрофицированный одноковшовый экскаватор со сменным крановым оборудованием с крюком является модификацией землеройной машины циклического действия «Экскаватор одноковшовый на гусеничном, колесном или шагающем ходу». Грузоподъемное оборудование с крюком используется на экскаваторе в качестве дополнительной опции для выполнения вспомогательных работ. Можно говорить об одноковшовом экскаваторе со сменным грузоподъемным оборудованием или о экскаваторе со сменным крановым оборудованием, потому что базовой машиной является экскаватор. При этом в качестве основного рабочего оборудования используется преимущественно «обратная работа».

В качестве базового шасси экскаватора может использоваться гусеничное шасси, колесное шасси или шагающее шасси (рис. 1). Рассмотрим основное рабочее оборудование гидравлического одноковшового экскаватора «обратная лопата», смонтированного на колесном шасси (рис 2).

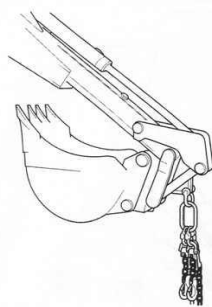
Зачастую при эксплуатации гидравлического одноковшового экскаватора возникает необходимость в выполнении вспомогательных грузоподъемных операций. От всего объема работ эти разовые работы составляют небольшую величину (5 – 10 процентов), но они необходимы. Использование чалок, закрепленных, например, за зуб ковша или другой удобный конец металлоконструкции, жестко преследуется инспекторской службой Ростехнадзора с наложением больших штрафов. Поэтому предлагается использовать испытанную крюковую подвеску с креплением её на тыльной части крепежа ковша рабочего оборудования экскаватора «обратная лопата» (рис. 3).



**Рис. 1.** Шасси экскаватора гусеничное (а), колесное (б), шагающее (в)



**Рис. 2.** Рабочее основное и сменное рабочее оборудование экскаватора:  
 1 – ось вращения стрелы; 2 – нога стрелы; 3 – промежуточная стрела; 4 – гидроцилиндр стрелы; 5 – шарнир рукояти; 6 – рукоять; 7 – гидроцилиндр рукояти; 8 – шарнир ковша; 9 – ковш; 10 – гидроцилиндр ковша; 11 – кулиса; 12 – тяга ковша; 13 – держатель сменного оборудования; О – точка подъема; Н – высота точки подъема; R – вылет точки подъема



**Рис. 3.** Крюковая подвеска, прикреплённая на тыльную часть крепежа ковша

Так как вышеуказанная работа в настоящее время находится в стадии подготовки к испытаниям, естественным является разработка рабочей программы и методики проведения испытаний, основные положения к которой состоят в следующем:

- экскаватор должен находиться в нормальном рабочем состоянии с полностью заправленными топливными баками и всеми другими жидкостями, заполненными до установленных уровней и при нормальной рабочей температуре;

- для оценки расчетной диаграммы грузоподъемности экскаватор должен быть оснащен необходимым рабочим оборудованием и противовесами;

- давление в шинах шасси должно соответствовать рекомендациям изготовителя;

- должно быть проверено давление в гидросистеме, включая давление в рабочем и удерживающем контурах, для обеспечения того, система должна быть отрегулирована на номинальные приведенные значения, рекомендованные изготовителем;

- для предотвращения опрокидывания экскаватора при проведении испытаний должны быть предусмотрены соответствующие средства;

- для определения усилия, которое приводит к нарушению состояния равновесия, проводятся измерения опрокидывающей нагрузки при установленных точках подъема; испытания для машин с аутригерами проводятся как без применения аутригеров и/или отвала, так и с применением аутригеров и/или отвала;

- для проверки расчетов проводят измерения гидравлического подъемного усилия при установленных точках подъема без превышения рабочего давления в контуре любого гидроцилиндра или удерживающего давления в любом другом контуре;

- число полученных проверочных точек должно включать:

- а) опрокидывание вперед/назад и в стороны – положение рабочего оборудования относительно оконечной части, передней и задней частей и боковых сторон при достижении опрокидывающей нагрузки;

- в) предельное гидравлическое подъемное усилие выше и ниже опорной поверхности.

Результаты испытаний приводятся в соответствие или несоответствие с требованиями технического регламента ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования». При положительных результатах оформляется декларация или сертификат соответствия.

#### Библиографический список

1. Котельников В.С., Шишков Н.А. Комментарии к правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. 2-е изд. – М.: МЦФЭР, 2007. – 720с.



2. Волков Д.П. Машины для земляных работ. – М.: Машгиз. – 1960.
3. Кудрявцев Е.М. Строительные машины и оборудование: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 328 с.
4. Котельников В.С., Плавельский Е.П. Вопросы технического регулирования подъемно-транспортных, строительных, дорожных, горных машин и спецавтотранспортных средств // Научные труды Академии проблем качества «Качество и жизнь» спецвыпуск Министерства науки и высшего образования РФ, – М.: 2018. – С. 115-120.
5. Техническое регулирование: Учебник / Под ред. В.Г. Версана, Г.И. Элькина. – М.: ЗАО «Изд-во «Экономика», 2008. – 678 с.
6. Дроздов А.Н. Строительные машины и оборудование: Учебник. – М.: Изд. центр «Академия», 2012. – 448 с.
7. Соколов Г.В., Плавельский Е.П. К вопросу о частотно-регулируемом приводе на экскаваторах // Горная механика и автоматика, вып. 10. – Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1968.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ И ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ ШАРНИРОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОЭКСКАВАТОРА**

*Шишков П.Е., аспирант*

*Научный руководитель – Густов Ю.И., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Надежность трибомеханических систем строительных машин и механического оборудования в значительной степени определяется объемной ударной вязкостью и вязкостью разрушения материалов рабочих органов и деталей подвижных сопряжений.

Особый теоретический и практический интерес вызывает ударная вязкость и вязкость разрушения поверхностных активных слоев, характеризующихся кинетической (эксплуатационной) микротопографией. Последняя выражается определенной микрошероховатостью, получаемой методом профилографирования и оцениваемой соответствующими трибомеханическими показателями по нормализованной системе координат “относительная опорная линия – относительное сближение” [ 1 ] - рис.1 .

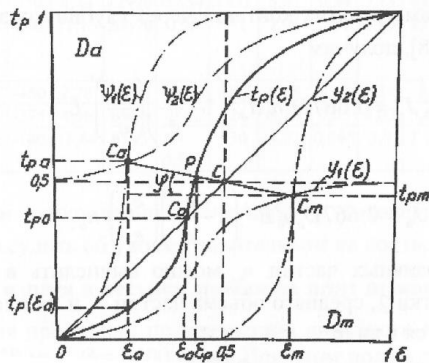


Рис. 1. Нормализованная система координат

Целью работы является расчетное определение ударной вязкости и вязкости разрушения поверхностей трения шарниров рабочего оборудования гидравлического экскаватора.

Поставлены следующие задачи исследования:

1. Построение нормализованных систем “относительная опорная линия – относительное сближение” по профилограммам поверхностей трения шарнирных деталей.
2. Определение парциальных величин микроизноса и микрометалла и производных показателей трибodeформационного упрочнения, коэффициентов трения покоя и движения, фрикционных температур, коэффициентов полезного действия шарниров.
3. Оценка комплексных трибомеханического прочностно-пластического критерия и относительного равномерного удлинения микрометалла при изнашивании.
4. Расчетное определение трибомеханической ударной вязкости и трибомеханической вязкости разрушения (коэффициент интенсивности напряжений) поверхностных активных слоев трущихся элементов.
5. Установление критериев оценки механизмов изнашивания поверхностей трения и выбора рационального варианта шарнирных деталей.

Методика исследования

В указанной нормализованной системе  $t_p - \epsilon$  приняты микромеханические показатели пластичности и прочности приповерхностных слоев. Так мерой относительного удлинения принята величина

$$\delta = 0,5 (1 - t_{pp}) \quad (1)$$

где  $t_{pp}$  – относительная опорная линия при полюсном относительном сближении  $\epsilon_p$  (см. рис. 1).

За меру относительного сужения принята величина парциального микроизноса, т.е.  $\Psi = D_a$

В качестве прочностных показателей значатся исходная (технологическая) твердость (или микротвердость) поверхности  $H_0$ , твердость изношенной поверхности  $H_s$  и предельная твердость продуктов износа предельная  $H_a$ . [ 2 ] - рис.2 .

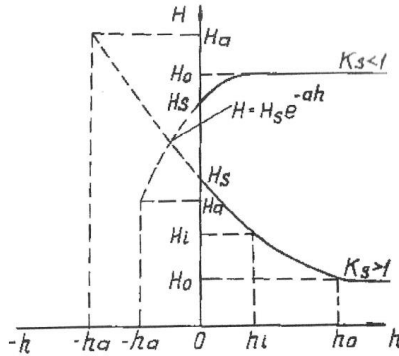


Рис. 2. Прочностные показатели

Соответственно принимаются относительные показатели трибодерформационного упрочнения (наклепа) поверхности  $K_s = H_s / H_0$  и продуктов износа  $K_a = H_a / H_0$ . Последние определяются по формулам

$$K_s = [0,618 / D_{ml}]^{D_m / D_a}, \quad (2)$$

$$K_a = K_s [K_s^{0,5} + (K_s - 1)^{0,5}] \text{ при } K_s > 1, \quad (3)$$

$$K_a = K_s [K_s^2 + (K_s - 1)^2] \text{ при } K_s < 1.$$

Для исследования принимается установленная для металлических материалов обобщенная зависимость объемной ударной вязкости КСУ и вязкости разрушения  $K_{Ic}$  от относительного равномерного удлинения  $\delta_p$  вида [2,3]:

$$КСУ = 0,15 (1 + 130 \delta_p), \quad (4)$$

$$КСУ = 2,5 (K_s - 0,8), \quad (5)$$

$$K_{Ic} = 400 (1 + 1,9 \delta_p). \quad (6)$$

Относительное равномерное удлинение вычисляется по зависимости

$$\delta_p = [(1 + \delta) / C^\Psi]^{0,5} - 1, \quad (7)$$

Критерий  $C$  определяется по уравнению относительных прочностных и пластических показателей :

$$\delta_T / \delta_B + \delta / \Psi = C, \quad (8)$$

Применительно к шероховатым поверхностям трения выражение (8) записывается в форме

$$K_s^{-1} + \delta / D_a = C$$

или

$$K_s^{-1} + 0,5(1 - t_{pp}) / D_a = C.$$

При установленном отношении  $\delta / D_a = t_{pp}$  имеем

$$K_s^{-1} + t_{pp} = C. \quad (9)$$

Рассматривается комплексный критерий, учитывающий статические свойства и вязкость разрушения материалов:

$$G = K_{Ic} / C. \quad (10)$$

Для исследования избраны пальцы и втулки шарниров гидравлического экскаватора ЭО-4121 изготовленные из марки стали 40Х и термоупрочненные до твердости 52-55 HRC.

Результаты исследования

В результате исследования получены следующие трибомеханические показатели (таблица 1).

Таблица 1

**Трибомеханические показатели шарниров гидроразрывателя**

Деталь *	$D_a$	$t_{pp}$	$L\beta$	$K_s$	$K_a$	$f$	$t$	$L\gamma$	$tg\varphi$	$\Delta T_s, ^\circ C$	$\Delta T_a, ^\circ C$	$\eta, \%$	$\Delta T_{sa}, ^\circ C$
П-1	0,460	0,52	0,476	1,167	1,738	0,262	2,16	1,472		60,0	215,0	40,5	137,5
П-2	0,545	0,53	0,470	1,291	2,163	0,236	2,14	1,48	0,625	99,4	300,0	40,3	199,7
П-4	0,535	0,445	0,470	1,484	2,847	0,239	2,47	1,45	1,08	153,6	406,0	40,8	279,8
П-5	0,455	0,535	0,470	1,163	1,772	0,263	2,51	1,49	0,608	58,8	211,0	40,0	134,9
В-4	0,365	0,640	0,485	0,849	0,630	0,297	3,66	1,50	0,957	63,7	180,0	40,0	121,85
В-5	0,525	0,520	0,475	1,269	2,09	0,242	2,30	1,47	0,773	92,7	286,8	40,4	189,75
В-7	0,320	0,620	0,500	0,816	0,571	0,300	3,00	1,50	0,647	79,1	217,9	40,0	148,5

\*П - палец, В- втулка

По табличным показателям можно отметить следующее.

1. В процессе трения и изнашивания втулка 4 и втулка 7 испытывают трибодеструкционное разупрочнение ( $K_s < 1$ ), остальные детали - упрочнение ( $K_s > 1$ ). Разупрочненные втулки имеют наименьшие значения парциального микроизноса ( $D_a = 0,365$  и  $0,320$  соответственно), т.е. являются более износостойкими по сравнению с упрочняющимися деталями.

2. Повышенная износостойкость разупрочненных втулок подтверждается большими значениями показателя фрикционной усталости (соответственно  $t = 3,66$  и  $3,00$ ). Такие величины  $t \geq 3$  характеризуют изнашивание втулок по механизму многоциклового усталости (МнЦУ); остальные детали изнашиваются по механизму малоциклового усталости ( $2 < t < 3$ ).

3. Многоциклового усталостному механизму изнашивания соответствуют меньшие фрикционные температуры поверхности ( $\Delta T_s = 63,7$  и  $79,1$   $^\circ C$ ) и продуктов износа ( $\Delta T_a = 180$  и  $217,9$   $^\circ C$ ). Изнашивание деталей по механизму МЦУ вызывает большой нагрев до температур  $\Delta T_s = 58,8$  и  $153,6$   $^\circ C$  и  $\Delta T_a = 211$  и  $406$   $^\circ C$ , чему отвечает повышенные значения парциального микроизноса  $D_a > 0,5$  (пальцы 2,4 и втулка 5). Средние поверх-

ностно-предельные температуры поверхности  $\Delta T_{sa} = 0,5(\Delta T_s + \Delta T_a)$  для указанных деталей имеют повышенное значение.

4. Значения КПД ( $\eta$ ) всех сопряжений «палец-втулка» практически совпадают и соответствуют предельному значению порядка 40 % для условий сухого трения клинового привода [4].

5. Средняя длина бицентроиды в проведенных исследованиях составляет  $L_\beta = 0,494$  и близка значению  $L_\beta = (0,618 * 0,382)^{0,5} = 0,486$  величин золотой пропорции [ 5 ] : расхождение  $\Delta = 1,7$  % . Для многофакторных трибо-технических расчетов, не прибегая к измерениям длины бицентроиды , можно принять  $L_\beta = 0,486 = \text{const}$  .

Результаты расчетного определения трибомеханической ударной вязкости по (4) и (5) и вязкости разрушения по (6) приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели трибомеханических ударной вязкости и вязкости разрушения шарниров экскаватора**

Деталь*	Ks -1	$\delta$	$\delta / Da$	C	$\delta p$	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>		K <sub>1c</sub> , МПа*м <sup>0,5</sup>	G, МПа*м <sup>0,5</sup>
						по (4)	по(5)		
П-1	0,857	0,240	0,522	1,379	0,0343	0,819	0,918	426,1	309,0
П-2	0,775	0,235	0,431	1,206	0,0560	1,243	1,228	442,6	339,2
П-4	0,697	0,278	0,483	1,180	0,0812	1,733	1,710	461,7	391,2
П-5	0,860	0,263	0,578	1,438	0,0292	0,719	0,906	422,2	293,6
В-4	1,178	0,180	0,493	1,671	-0,0157	-0,157	0,123	388	213
В-5	0,788	0,240	0,462	1,250	0,0503	1,131	1,173	422,2	337,8
В-7	1,225	0,19	0,594	1,819	-0,0087	-0,02	0,040	424,6	233,4

\*П - палец , В- втулка

По данным таблицы 2 можно сделать следующие выводы .

1. Разупрочняющиеся втулки 4 и 7 имеют меньшие значения относительного удлинения  $\delta$  и большие величины критерия C ; отрицательные показатели  $\delta p$  и КСУ, рассчитанные по формуле (4); малые значения КСУ , определенные по (2).

2. Вязкость разрушения (коэффициент интенсивности напряжений) K<sub>1c</sub> для испытанных деталей находится в диапазоне 388-461 МПа\*м<sup>0,5</sup> при среднем значении 426 МПа\*м<sup>0,5</sup>, характерном для пальца П1 . Разупрочняющиеся втулки 4 и 7 имеют значения K<sub>1c</sub> = 388 и 424,6 МПа\*м<sup>0,5</sup> меньше среднего .

3. Критерий G= K<sub>1c</sub> /C по наименьшим значениям наиболее показателен для выявления разупрочняющихся деталей : при среднем значении G= 302 МПа\*м<sup>0,5</sup> заметно меньшие характеристики имеют втулки 4 и 7 (213 и 233,4 МПа\*м<sup>0,5</sup> соответственно).

4. Ударная вязкость КСУ, рассчитанная по формулам (4) и (5), имеет близкие значения : расхождение составляет  $\Delta = 1,3 - 26$  % при среднем  $\Delta = 8,9$  % . Для разупрочняющихся втулок 4 и 7 полученные отрицательные и

положительные значения КСУ близки к нулевым (- 0,157 и 0,123 , - 0,02 и 0,04 МДж/м<sup>2</sup>).

#### Общие выводы

1. Установлены положительные и отрицательные значения трибомеханических относительного равномерного удлинения и ударной вязкости, свидетельствующие соответственно о вязком и хрупком разрушении поверхностных слоев материала. Этим механизмам изнашивания отвечают степени трибодоформационного упрочнения большие ( $K_s > 1$ ) и меньшие ( $K_s < 1$ ) единицы.

2. Наилучшей износостойкостью и надежностью обладают материалы с наименьшими значениями парциального микроизноса  $D_a$  и прочностно-пластического критерия  $C$  , с наибольшими относительным равномерным удлинением  $\delta_r$  и ударной вязкостью КСУ.

3. Взаимосвязь показателя трибодоформационного упрочнения  $K_s$  и ударной вязкости характеризуется линейной зависимостью вида  $КСУ=2,5(K_s-0,8)$ . Следовательно нулевое рубежное значение ударной вязкости будет при  $K_s= 0,8$ ; при  $K_s > 0,8$  полагается вязкое , при  $K_s < 0,8$  хрупкое разрушение (изнашивание) поверхностных слоев. При динамическом равновесии трибосистемы ( $K_s=1$ ) ударная вязкость равна 0,5 МДж/м<sup>2</sup>, характеризуя квазивязкий механизм изнашивания материалов.

4. Отличительным признаком трибомеханической ударной вязкости от объемной ударной вязкости является близкое к нулевому положительное или отрицательное значение , позволяющее однозначно установить механизм изнашивания трущихся поверхностей .

#### Библиографический список

1. Густов Ю.И. , Воронина Н.В., Орехов А.А. Методология исследования трибомеханических показателей строительной техники . // Механизация строительства . – 2011 - №08 - с. 10-12.

2. Густов Ю.И. , Аллаттуф Х, Исследование взаимосвязи показателей пластичности и вязкости металлов. // Вестник МГСУ, – 2013 - №08 - с. 14-20.

3. Густов Ю.И. , Аллаттуф Х, Выбор материалов для строительных конструкций и техники по критерию сосредоточенной деформации. // Интерстроймех-2014 / Материалы международной научно технической конференции 9-11 сентября . Самара . Самарский государственный архитектурно – строительный университет 2014 . с. 12-18.

4. Чихос Х. Системный анализ в триботехнике.-М.: «МИР». 1982.-351с.

5. Коробко В.И. Золотое сечение и проблемы гармонии систем. М.:из-во АСВ стран СНГ. 1998.-373 с.

## ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТИПА ЛИФТА В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Штукин Д.Е., студент*

*Научный руководитель – Степанов М.А., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

В последние годы в крупных городах России развивается одно из перспективных направлений жилищной политики - малоэтажное строительство. Это связано с решением проблемы сбалансированного развития пригородных территорий посредством малоэтажной жилой застройки, а также это позволит обеспечить растущие потребности общества по улучшению жилищных условий, что также будет способствовать повышению уровня жизни граждан.

*«Сейчас в России ежегодно вводится в эксплуатацию около 40 млн. кв. м. малоэтажного жилья. С 2011 года доля высотного строительства падает, и сейчас малоэтажка (квартиры в малоэтажных новостройках, индивидуальные и заблокированные дома) отвоевала себе более 50% рынка строительства жилья в России»,* - говорит Василий Тишков, Председатель Комитета по малоэтажному жилищному строительству Российского союза строителей.

В связи с таким ростом доли малоэтажного строительства актуален вопрос необходимости установки пассажирских лифтов в зданиях данного типа. В современной России лифт уже давно перестал быть какой-то диковинкой - несколько десятилетий мы живем с этим техническим новшеством, которое стало неотъемлемой частью нашей жизни. В своде правил СП 54.13330 обязательной является установка лифтов в зданиях высотой более 5 этажей. Однако установка лифтов в малоэтажных зданиях остается на усмотрение девелопера.

Наличие лифтов является важным критерием для покупателей, а также конкурентным преимуществом, и малоэтажный сегмент не исключение. Люди, проживающие на втором, третьем и четвертом этажах, непосредственно заинтересованы в их установке. Прежде всего, лифты являются одной из неотъемлемых составляющих комфорта. Наличие подъемного оборудования – вопрос первостепенной важности для маломобильных групп населения, а также лифт является незаменимым помощником, облегчающим элементарные бытовые ситуации, – поход в магазин, выход на прогулку с коляской.

Когда девелопер либо частное лицо (в случае строительства коттеджа) принимает положительное решение об установке лифта, актуальным становится вопрос о том, какой тип лифта наиболее рационален для малоэтажного здания.

В настоящее время на рынке лифтовой отрасли предлагается широкий выбор технических и конструктивных решений, типов лифта, силового оборудования и способов монтажа.

В зависимости от типа привода различают электрические лифты, силовым оборудованием которых является лебёдка с редукторным или безредукторным исполнением, и гидравлические лифты, «сердцем» которых является гидроцилиндр с гидрооборудованием.

Установка может быть осуществлена в заранее спроектированной шахте либо может быть использовано довольно интересное решение – приставная металлокаркасная шахта с панорамным обзором. Шахта также классифицируется по наличию машинного помещения. В настоящее время выбор шахты без машинного помещения - оптимальное решение, так как архитектурный облик здания является более эстетичным нежели в сооружениях, где применяется шахта с машинным помещением.

Техническим решением шахты без машинного помещения для электрического лифта являются: использование безредукторной лебедки, устанавливаемой на балке или направляющих, системы полиспастной подвески, встраивания станции управления в стойку портала двери и др.

Конструктив гидравлического лифта предполагает установку гидроцилиндра прямого или непрямого действия с системой полиспастной подвески. Гидроаппаратура и блок управления могут быть выведены в другое помещение на расстояние до 15м. Применение гидроцилиндра прямого действия нецелесообразно в связи с необходимостью глубокого приямка.

Помощь в рациональном выборе типа привода лифта может оказать анализ достоинств и недостатков каждого типа.

#### Достоинства электрического лифта:

- высокая скорость перемещения кабины
- способность выдерживать значительные эксплуатационные нагрузки
- низкая потребляемая мощность безредукторного привода
- низкие тепловые потери
- низкие пусковые токи
- экономичное техническое обслуживание

#### Недостатки электрического лифта:

- сложность монтажа
- необходимость двух несущих стен
- требуется высокий крайний верхний этаж для размещения оборудования
- требуется резервный источник питания током для спуска кабины на базовый этаж в аварийной ситуации
- высокая стоимость лифта с безредукторным приводом.

#### Достоинства гидравлического лифта:

- простота монтажа
- минимальная высота последнего этажа – 2,5 м.



- почти полное отсутствие приямка
- необходимость только в одной несущей стене
- плавность хода
- возможность установить машинное помещение за пределами здания
- бесшумность работы
- при аварийном отключении тока кабина плавно опустится на 1 этаж и при наличии встроенного блока аккумуляторов аварийного открытия дверей пассажир сможет покинуть лифт самостоятельно.

#### Недостатки гидравлического лифта:

- низкая скорость передвижения
- дорогое техническое обслуживание (требуется более квалифицированный персонал и дорогой инструмент для обслуживания (программаторы, service tools)
  - высокие затраты на замену гидравлического масла и нанесение вреда окружающей среде в связи с этим
  - низкий КПД
  - повышенные требования пожарной безопасности для машинного помещения
    - возможен запах масла при утечках из гидроцилиндра
    - возникающая в некоторых случаях (при интенсивном использовании) потребность в установке дополнительного оборудования (компрессор, трансформатор, кондиционер)

Анализируя преимущества и недостатки каждого типа лифта, возможно сделать некоторые выводы относительно выбора вида привода.

Сравнительные характеристики лифтов с гидравлическим и электрическим приводом		
лифт на 630кг / 8 чел	Лифты с традиционным гидравлическим приводом	Лифты KONE MonoSpace с электроприводом EcoDisc
скорость (м/с)	0,63	1,0, 1,6, 2,0
мощность двигателя (кВт)	11	3,7
пусковой ток (А)	40	10
главный предохранитель (А)	50	16
потребление энергии (кВт/час) *	7 000	2 400
тепловые потери (кВт)	4,3	1,0
потребность в масле	>>> 200 литров <<<	не требуется
шум (дБ А) **	65-70	менее 55
машинное помещение (м <sup>2</sup> )	6	не требуется
* при 200 000 пусков в год	** на расстоянии 1 метр от привода	

**Рис. 1.** Сравнительные характеристики лифтов

Если здание предусмотрено для гостиницы, ресторана и прочих мест, подразумевающих интенсивный пассажиропоток, то однозначно рекомендуется выбрать электрический лифт из-за его скоростных параметров. Та-

кой лифт является оптимальным решением по эксплуатационным, экономическим и техническим показателям, однако требует предварительного проектирования лифтовой шахты.

В случае ограничений планировочного характера либо в случае, когда принимается решение установить лифт в уже построенное здание, то рекомендуется устанавливать гидравлический лифт, но с оговоркой, что лифт не будет подвергаться интенсивной эксплуатации (коттедж).

#### Библиографический список

1. Архангельский Г.Г. Д.П. Волков, Э.А. Горбунов и др. Лифты.: АСВ. 2010, 576с.
2. Архангельский Г.Г. Техника инструментальных испытаний строительных машин. М.:МИСИ, 2007. 131с.
3. Волков Д.П., Чутчиков П.И. Надежность лифтов и технология их ремонта. М.: Стройиздат. 2005, 130с.у.
4. Волков Д.П., Чутчиков П.И., Прокофьев А.К. Диагностирование узлов и подсистем лифтов. М.: Стройиздат. 2001, 128с.
5. Яновски Л., Проектирование механического оборудования лифтов. М.: АСВ, 2005. — 336 с.
6. Корнилов П.П. Современные тенденции развития инновационного малоэтажного жилищного строительства. М.: НТЖ «Градорегулирование и управление ЖКК», 2016
7. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003. М.: АО "ЦНИИЭП жилища"

## РАЗРАБОТКА ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СТРЕЛЫ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

*Якушева Е.М., студентка*

*Научный руководитель – Густов Д.Ю., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская федерация)*

В настоящее время экскаватор является одной из наиболее используемых машин для земляных работ. Модернизация его рабочего оборудования является актуальной задачей современного машиностроения.

Производительность и унификация - показатели, к повышению которых стремятся изготовители во всех отраслях промышленности. В связи с заданным вектором развития машиностроения, большинство экскаваторов проектируется под возможность работы со сменным оборудованием. Производители стремятся расширить возможности машины, создавая рабочее оборудование для работ строительных, монтажных, демонтажных и других.

Ранее [1] нами рассматривались вопросы модернизации металлоконструкции рабочего оборудования экскаватора посредством создания псевдоферменной конструкции. Однако такая модернизация, существенно снижая массу оборудования, не влияет на его рабочую зону.

С целью увеличения рабочей зоны копания экскаватора, предлагается вариант изменения геометрических характеристик конструкции стрелы экскаватора посредством телескопирования головной части стрелы относительно корневой.

Такая модернизация расширяет функциональные возможности машины, особенно для работы в стеснённых условиях, когда необходимо обеспечить не только возможность работы в конкретной точке земельного сооружения, но и обеспечить по возможности предпочтительные углы воздействия, а, следовательно, и усилия (моменты).

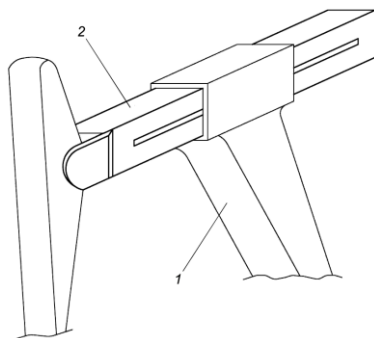
При этом, принимая решение о создании телескопической стрелы, мы хорошо понимали, комплекс проблем, которые повлечёт за собой такая модернизация, и, прежде всего, увеличение массово-геометрических параметров стрелы.

Выполненный анализ существующих вариантов телескопирования различного оборудования, позволил нам сформировать базовый вариант конструкции, который лёг в основу выполняемой в настоящее время работы. Запланированное трёхмерное моделирование позволит получить более точную картину возникающих напряжений, деформаций и перемещений, а также оптимизировать конструкцию по массе.

Предлагаемая конструкция телескопической стрелы одноковшового гидравлического экскаватора, представленная на рис. 1., включает в себя две части:

- неподвижная (корневая), крепящаяся к пяте поворотной платформы экскаватора, и в зоне крепления к платформе, максимально совпадающая с параметрами металлоконструкции существующей моноблочной стрелы классического исполнения;

- подвижная (головная), соответствующая участку моноблочной стрелы классического исполнения, идущему от зоны кривизны стрелы до её крепления с рукоятью, где подвижный участок стрелы максимально приближен к параметрам существующей металлоконструкции.



**Рис. 1.** Телескопическая стрела одноковшового гидравлического экскаватора: 1 – неподвижная (корневая) часть стрелы; 2 – подвижная (головная)

Головную часть стрелы предлагается выполнить в виде балочной конструкции коробчатого прямоугольного сечения. Данная балка располагается в неподвижной коробчатой балке, зафиксированной в окончании корневой части стрелы. Таким образом, обеспечивается телескопическое соединение, когда подвижный элемент располагается внутри неподвижного. Нами был выбран именно такой способ соединения подвижного и неподвижного элементов, так как он обеспечивает необходимую жёсткость конструкции в условиях разнонаправленных усилий, возникающих в металлоконструкции стрелы.

Наиболее распространённый вариант телескопирования рабочего оборудования, применяемый в настоящее время на рукоятях экскаватора, - смещение верхней части рукояти относительно нижней, закреплённой на стреле, не обеспечивает необходимую жёсткость конструкции в рамках предварительно закладываемых геометрических характеристик металлоконструкции.

Длина телескопической части стрелы была принята равной 4 м., что не только обеспечивает заданную величину выдвигания стрелы с целью увеличения размеров, но и создаёт необходимую опорную базу головной части рукояти внутри корневой при максимальной степени выдвигания.

С целью снижения трения в зоне телескопирования предусмотрена установка роликов и/или втулок. Данный вопрос пока находится на стадии проектной проработки.

Само телескопирование осуществляется с помощью гидравлического цилиндра, расположенного внутри подвижной секции стрелы. Крепление проушины штока гидроцилиндра осуществляется на проушине, закреплённой внутри рукоятки. Второе крепление цапфенного типа расположено в головной части гильзы цилиндра и крепится на неподвижную часть секции, через прорези в боковых стенках головной секции стрелы.

Выполненная работа позволяет сделать заключение о возможности создания телескопической стрелы с сохранением подсоединительных размеров с целью унификации модернизированной конструкции.

Дальнейшая проработка металлоконструкции будет направлена на минимизацию массы стрелы и снижение напряжений, возникающих в критических сечениях.

### Библиографический список

1. Зотов О.А., Гоева Е.М. Модернизация металлоконструкции рабочего оборудования экскаватора // XXII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы»: материалы конференции. В 2 т. Т.1 – М.:МАДИ, 2018 – 286 с., с 143-144.

2. Хмара Л.А., Дахно О.А. Тенденции развития рабочего оборудования гидравлических экскаваторов с изменяемыми геометрическими параметрами // В сборнике: Транспортные системы Сибири. развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства Международная научно-практическая конференция. Сибирский федеральный университет; ред. В. В. Минин. 2016. с. 343-356.

3. Густов Д. Ю., Зотов О.А. Экскаваторное рабочее оборудование псевдоферменного типа // Интерстроймех–2018 Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С. 65-69.

4. Мусиенко О.М., Веремеенко Д.В. Экскаватор с поворотной рукоятью // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. с. 813-815.

5. Смоляницкий Э.А., Грузинов В.Д., Максимова Е.А. Вращающаяся рукоять для рабочего оборудования манипуляторов, экскаваторов, погрузчиков и других машин-орудий / Строительные и дорожные машины. 2007. № 8. С. 7.

6. Янсон Р.А., Саськов Р.В. Экскаваторы одноковшовые полноповоротные. Учебное пособие. Издательство Ассоциации строительных вузов. 2014. 352 с.

7. Раннев А.В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин. Москва. 2002. 482 с.

**Секция**  
**«КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ**  
**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ,**  
**ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ МАШИН**  
**И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

**РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ 3-D МОДЕЛИ**  
**ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА**

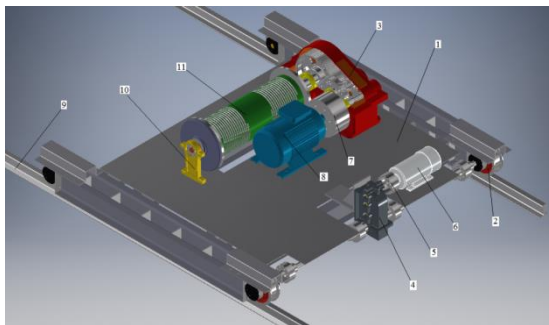
*Агапов Д.А., студент*

*Научный руководитель – Бословяк П.В., к.т.н*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

В настоящее время преимущественно на всех заводах используются грузоподъемные машины, в частности, мостовые краны.

В рамках данной работы спроектирована 3D-модель тележки мостового крана грузоподъемностью 16 тонн (рис.1).



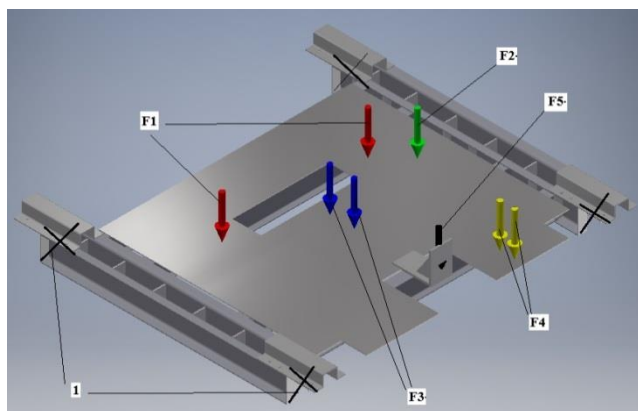
**Рис. 1.** Тележка мостового крана:

1 – рама тележки; 2 – колесная установка с крановым колесом и буксой; 3 – редуктор механизма подъема груза Ц2-500; 4 – редуктор механизма передвижения тележки ВК-350; 5 – тормозной шкив механизма передвижения тележки; 6 – электродвигатель механизма передвижения тележки МТН 012; 7 – тормозной шкив механизма подъема груза; 8 – электродвигатель механизма подъема груза 4МТКМ 225-М8; 9 – рельс; 10 – подшипниковая опора барабана; 11 – барабан

Металлоконструкция рамы крановой тележки представляет собой сварную конструкцию из главных балок (стальные швеллеры по ГОСТ 8278-83, сварные пластины толщиной 10мм), вспомогательных балок (дву-

тавры по ГОСТ 8239-89) и листа толщиной 15 мм, на котором устанавливаются механизмы. Габаритные размеры тележки 2532x3320 мм.

На основании полученной 3-D модели, зная геометрические размеры и массы всех механизмов, составляем расчётную схему тележки (рис. 2).

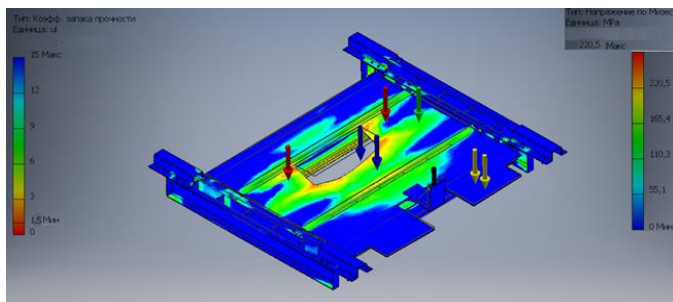


**Рис. 2.** Расчетная схема металлоконструкции тележки:

1 – места крепления ходовых колес; F1 – сосредоточенные нагрузки от барабана и номинального груза, подвешенного на крюковой подвеске, передаваемые тележке через подшипниковые опоры; F2 – сосредоточенная нагрузка от редуктора механизма подъема; F3 – сосредоточенные нагрузки от электродвигателя механизма подъема, передаваемые тележке через “лапы” двигателя; F4 – сосредоточенные нагрузки от электродвигателя механизма передвижения, передаваемые тележке через “лапы” двигателя; F5 – нагрузка, учитывающая силу тяжести редуктора механизма передвижения и тормозного шкива механизма передвижения

Значения нагрузок на металлоконструкцию тележки от различных механизмов соответствуют следующим значениям:  $F_1=84366$  Н;  $F_2=4905$  Н;  $F_3=2705$  Н;  $F_4=860$  Н;  $F_5=1962$  Н. Опоры металлоконструкции тележки приложены в местах крепления ходовых колес.

На основании расчетной схемы в программном комплексе *Autodesk Inventor* осуществлен прочностной расчет металлоконструкции данной тележки (рис. 3).



**Рис. 3.** Прочностной расчет тележки мостового крана

В результате максимальные напряжения возникают вблизи установки подшипниковых опор барабана механизма подъема груза и составляют 220,5 МПа, что соответствует коэффициенту запаса прочности 1,5 (рис. 3), из чего следует, что металлоконструкция тележки удовлетворяет условиям прочности.

#### Библиографический список

1. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов/ Под ред. С. А. Казака. М.: Высш. шк., 1989. 319 с.
2. Справочник по кранам / Под общ. ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. Т.1 536 с., Т.2. 559 с.
3. Павлов Н.Г. Примеры расчёта кранов. Л., Машиностроение, 1976. 320 с.
4. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций / Под ред. М.П. Александрова, Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1987. 122с.
5. Руденко Н.Ф., Руденко В.Н. Грузоподъемные машины. Атлас конструкций, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1970. 116 с.
6. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высш. школа, 2000. 522 с.
7. ГОСТ 1451–77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения.



## КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ ГЛУБИННЫХ ВИБРАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ 3-D МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Басков Д., Сенькина П., студенты*

*Научный руководитель – Федоров Д.В., преподаватель*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

3Д-модели обладают рядом преимуществ по сравнению с представлением инженерной информации в виде проекционных чертежей.

Основным является визуализация изделия. Плоский чертеж статичен, а модель можно вращать и изучать со всех сторон, меняя масштаб.

В 2д-моделировании есть 2 варианта проверки изделия: ручные вычисления и тестирование реальных макетов. Трехмерное моделирование помогает решить эту задачу виртуальным методом, что дешевле, а также позволяет проработать несколько вариантов и выбрать наиболее оптимальный.

Объемные модели находят применение в создании информации о жизненном цикле изделия. С их помощью удобно разрабатывать интерактивную техническую и эксплуатационную документацию, маркетинговые материалы и презентации.

Модель может создаваться различными способами (такими как выдавливание, вращение эскиза вокруг своей оси и др.). Инженер при проектировании выбирает наиболее оптимальный метод для дальнейшей работы с ней.

Серьезное преимущество 3Д-моделирования заключается в свойственной этой технологии ассоциативности. Стоит изменить размер одной детали в сборке, как соответствующим образом поменяются размеры связанных с ней элементов, причем эти перемены будут отражены на чертежах и в спецификациях. При этом важно отметить, что связь элементов устанавливает сам инженер таким образом, чтобы дальнейшее проектирование и использование модели было удобным.

В 3Д-САПР есть возможность трансформации 3д в 2д чертеж и наоборот, переходить от 2д чертежа к 3д модели.

Также важное достоинство 3д состоит в возможности многократного использования проектируемой детали или узла для создания целого семейства аналогичных объектов.

В докладе представлены 3-Д модели деталей глубинного вибратора, а также рассмотрен вопрос моделирования работы системы вибромашинно-бетонная смесь по результатам исследований применительно к вибромашинам с дисбалансным вибрационным механизмом для рабочих органов в виде цилиндра и пластины. Для обоих случаев величина и направление вынуждающих сил показаны на рис.11.16.

Вне бетонной смеси амплитуды скоростей и перемещений рабочего органа машины определяются по формулам академика Б.Б.Голицина.

Условия виброизоляции обеспечивают резонансный режим работы и реактивный характер импеданса вибромашины.

Рассмотрим динамику вибровозбудителей для случая уплотнения бетонной смеси при следующих допущениях:

- процесс воздействия на бетонную смесь осуществляется в плоскости вынуждающей силы ;

- процесс уплотнения происходит в больших массивах, исключаяющих явления отражения и интерференции волн, что предопределяет непрерывную потребность в энергии от вибровозбудителя;

- процесс уплотнения установившийся : свойства бетонной смеси в пределах постоянны во времени в пределах зоны уплотнения ;

- бетонная смесь в пределах зоны ляет уплотнения, но вне зоны контакта с поверхностью рабочего органа, представлена квазиоднородной сплошной средой с распределенными параметрами инерции, упругости и диссипации.

Рассмотрим поочередно нахождение импеданса бетонной смеси для вибровозбудителей с цилиндрической формой рабочего органа. Для данных вибровозбудителей на фронт распространения волн криволинейный, что обуславливает наличие сложного волнового поля и неравномерного распределения давления по поверхности рабочего органа. В этом случае импеданс среды  $Z_{(б)}$  определяется экспериментально через:

- удельную активную составляющую, отнесенную к единице площади поперечного сечения рабочего на  $S$ ;

- реактивную составляющую, включающую присоединенную массу бетонной смеси, приведенную к плоскости действия вынуждающей силы.

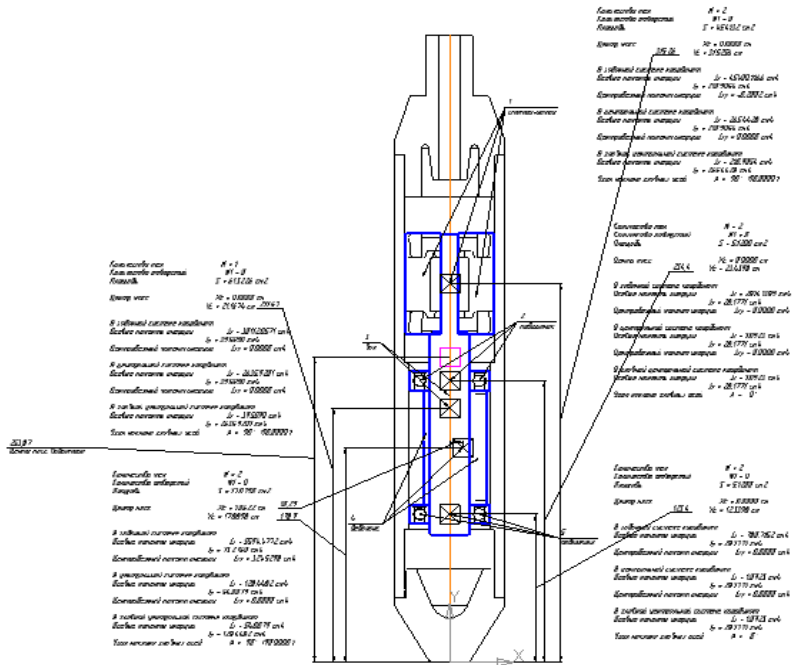
Из выражения получим формулы для амплитуды перемещения цилиндрических вибромашин при уплотнении бетонной смеси.

Рассмотрим вопрос передачи и распространения колебаний от возбудителя бетонной смеси. В процессе передачи колебаний от рабочего органа вибровозбудителя бетонной смеси имеет место резкий перепад амплитуды колебаний, где  $A$  - амплитуда перемещения бетонной смеси в зоне ее контакта с пограничным слоем. Перепад амплитуд обусловлен расслоением бетонной смеси непосредственно у рабочего органа машины в связи со значительной амплитудой его ускорения (более  $10g$ , реже - более  $100g$ ) с образованием пограничного слоя жидкости (рис. 1). Деформируя окружающую бетонную смесь в радиальном направлении, вибровозбудитель совершает также движение вокруг рабочего органа.

Для цилиндрических вибромашин перепад амплитуд определяется экспериментально и зависит от размеров рабочего органа, амплитуды частоты вибрирования и подвижности бетонной смеси.

При оценке производительности вибровозбудителей важно выявить зону их действия, в пределах которой осуществляется эффективное уплотнение бетонной смеси, с достаточной для этого амплитудой колебаний. Ее

величина устанавливается нормативными документами применительно к бетонным смесям различного состава. Зона действия машин имеет форму круга в горизонтальной плоскости вибрировании и характеризуется радиусом действия R.



**Рис. 1.** Взаимодействие рабочего органа и бетонной смеси при глубинном вибрировании:

а – образование пограничного слоя цилиндрических и плоскостных вибромашин; б – перепад амплитуд в пограничном слое, распространение и затухание волн

Для цилиндрических вибромашин перепад амплитуд определяется экспериментально и зависит от размеров рабочего органа, амплитуды частоты вибрирования и подвижности бетонной смеси.

При оценке производительности вибровозбудителей важно выявить зону их действия, в пределах которой осуществляется эффективное уплотнение бетонной смеси, с достаточной для этого амплитудой колебаний. Ее величина устанавливается нормативными документами применительно к бетонным смесям различного состава. Зона действия машин имеет форму круга в горизонтальной плоскости вибрирования и характеризуется радиусом действия R.

Амплитуда перемещения бетонной смеси при удалении от рабочего органа уменьшается по экспоненциальной зависимости. Принято считать что

затухание подчиняется закономерности характерной для сферических волн. Вызвано тем что энергия поглощенная в слое смеси равна энергии подведенной к этому слою, и протяженности слоя.

### Библиографический список

1. Гольдштейн Б. Г., Петрунькин Л. П. Глубинные вибраторы для уплотнения бетона. – М.: Машиностроение, 1966
2. Дроздов А. Н. Ручные машины для строительного-монтажных работ. – М, МГСУ, 1999
3. Дроздов А. Н. Основы теории, выбора и эффективной эксплуатации строительных машин. Часть 2. – М, МГСУ, 2005
4. Дроздов А. Н. Ручные строительные глубинные вибраторы. Учебное пособие – М, МГСУ, 2004
5. Кудрявцев Е.М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчёт элементов машин и механизмов. Учеб. пособие для вузов – М.: АСВ 2018.
6. Савинов О. А., Лавринович Е. В. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей. - Л.: Стройиздат, 1986
7. Чубук Ю. Ф., Назаренко И. И., Гарнец В. Н. Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей: Учебн. пос. Киев: Высшая школа, 1985. 165 с.
8. Яровский М. Л. Новый глубинный вибратор // Строительные и дорожные машины. 1990. №1.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В УДАРНЫХ ГАЙКОВЕРТАХ

*Белкина Е.Р., студентка*

*Научный руководитель – Дроздов А.Н., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Ударный гайковерт – это инструмент, в принципе действия которого заложена возможность удара для создания дополнительного усилия при вращении. В отличие от перфоратора, в этих инструментах удар производится в направлении вращения – тангенциальный удар. В конструкции изделия имеется «молот», который при возникновении сопротивления вращению, ударяя в «наковальню» (часть шпинделя в виде граней или шлицов), создает дополнительный угловой импульс в непрерывном режиме.

По изложенной методике в НИУ МГСУ были приведены исследования динамики ударно-вращательных механизмов гайковертов. На основании

разработанной модели динамической системы ударно-вращательного механизма были описаны уравнения движения ее элементов на различных этапах; путем тензометрирования ударного процесса с помощью специальных фольговых тензорезисторов были получены осциллограммы прямых ударных импульсов, позволившие провести полный анализ исследуемого процесса и определить значение коэффициента контактной жесткости.

Гораздо рациональнее использовать уже имеющееся оборудование National Instruments, и рабочую систему NI ELVIS, которая позволяет существенно расширить тематику и объем поставленных на них лабораторных работ, поскольку наряду с типовыми радиоизмерительными приборами-мультиметром, генератором стандартных сигналов и осциллографом содержит весьма полезные, но практически не встречающиеся в "железном" виде такие приборы как измеритель частотных характеристик, генератор сигналов произвольной формы, характериограф и др.

Используемое оборудование:

Рабочая станция National Instruments, среда графического программирования LabVIEW.

Блоки-модули выполнены в металлических корпусах с нанесенным на лицевую панель рисунком принципиальной электрической схемы изучаемого устройства с внутренними соединениями, выполненными согласно схеме, а радиодетали- элементы схемы, смонтированные на специализированных, довольно больших разъемах в стандарте сетевых штепсельных вилок-розеток, устанавливаются в гнезда на лицевой панели модуля. Такая конструкция очень наглядно представляет принципы функционирования изучаемых устройств и обеспечивает легкую и надежную смену деталей даже во время работы. Питание и радиоизмерительные приборы также подключаются к специальным гнездам на лицевой панели блока.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили возможность применения изложенного метода определения нагрузок при исследовании работы ручных машин ударно-вращательного действия.

U<sub>1</sub>-Наиболее жесткий эксплуатационный режим, который существует при затяжке, когда перемещение наворачиваемой гайки становится минимальным;

U<sub>2</sub>-Наиболее жесткий теоретический режим-режим «заземленная наковальня».

Сравнение величин нагрузок в этих 2-х режимах работы позволит выбрать один из указанных режимов в качестве расчетного режима для оценки прочности исследуемых деталей. Испытания проводились с гайковертами ИЭ 3101.В процессе проведения испытаний гайковерты находились в руках оператора.

Определение величины крутящего момента производилось по формуле:

$$M = W_{кр} \frac{\varepsilon E}{1 + \mu};$$

где  $\varepsilon$  – величина деформации определенная в процессе проведения эксперимента;

$W_{кр}$  – момент сопротивления на кручение поперечного сечения наковальни;

$E, \mu$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала наковальни.

Полученные осциллограммы ударных импульсов  $\varepsilon(t)$  позволяют провести количественную и качественную оценку ударного процесса. Из осциллограмм, полученных при работе гайковерта в режиме защемления наковальни наглядно видно, что процесс работы гайковерта является установившимся: амплитуды ударных импульсов и время между импульсами меняются незначительно (в пределах 5%); наложение импульсов не происходит. Промежуток времени между соседними импульсами составляет в среднем 21 мксек. Таким образом максимальные величины нагрузок, действующих на шпинделе наковальни, определяются параметрами одного ударного импульса. А в исследуемых гайковертах величина крутящего момента на шпинделе во 2-ом исследуемом режиме составляет в среднем 52 кгм. Продолжительность указанного импульса ( $T_{имп}$ ) у его основания составляет в среднем 500-550 мксек.

Сравнение максимальных амплитуд ударных импульсов в двух исследуемых режимах показали, что

$$M'_{max} = (0.7 \div 0.8)M''_{max}$$

где  $M'_{max}, M''_{max}$  – максимальные значения крутящего момента на шпинделе наковальни соответственно в первом и втором исследуемом режимах.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено:

- применимость данного метода для определения основных параметров ударных импульсов(формы, максимальной амплитуды, длительности) при исследовании ударных гайковертов;
- определены параметры ударных импульсов для гайковертов ИЭ 3101;
- установлена зависимость между максимальными нагрузками на импульс гайковертов в 2-х исследуемых режимах, что позволяет при теоретическом определении значения  $M'_{max}$  выбирать расчетную нагрузку для соударяемых деталей;

Кроме перечисленного использование описанного метода удобно для определения энергетического параметра гайковертов – энергии ударного импульса, которая пропорциональна выражению

$$\int_0^{T_{имп}} \varepsilon^2(t) dt,$$

получаемого из осциллограммы импульса.

#### Библиографический список

1. Дроздов А.Н., Степанов В.В. Математические модели ручных машин для строительного-монтажных работ с примерами реализации. М.: НИУ МГСУ, 2016. 152 с.

2. Дроздов А.Н., Степанов В.В. Электрические ударные гайковёрты. Динамика. М.: МГСУ, 2013.
3. Дроздов А.Н. Степанов В.В. Гидроимпульсные гайковёрты. Монография. М.: МГСУ, 2017. 84 с.
4. Дроздов А.Н., Немков С.А. Стенд для измерения энергии удара методом конечных скоростей для ручных машин ударно-вращательного действия. // Механизация строительства. 2014. №12. С. 4.
5. Суднишников Б.В., Есен Н.Н. Элементы динамики машин ударного действия. Новосибирск. СО АН СССР, 1965. 84 с.
6. Тихонов А.Н., Батуев В.Н., Дроздов А.Н. Электропривод строительного механизированного инструмента. М.: НИУ МГСУ, 2017. 244 с.
7. Дроздов А.Н. Степанов В.В. Анализ механизмов гидроимпульсных гайковёртов. // Механизация строительства. 2014. №11. 3 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОЛОТКАХ**

*Белкина Е.Р., Навасардян А.Г., студенты  
Научный руководитель – Дроздов А.Н., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Электрические молотки предназначены для пробивки проемов, ниш и отверстий и долбления канавок в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах при прокладке кабелей, газовых, водопроводных и канализационных труб, насечки и очистки каменных, бетонных или кирпичных поверхностей при подготовке их к оштукатуриванию, а также рыхления твердых слежавшихся, каменистых и мерзлых грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения фундаментов при устройстве котлованов, колодцев, траншей и ремонте коммуникаций. В молотках используется энергия движущегося возвратно-поступательного бойка (ударника), наносящего с определенной частотой удары по хвостовику рабочего инструмента. В электрических молотках движение бойка (ударника) обеспечивается последовательной работой поршня и воздушной подушки (КВУМ-Компрессорно-вакуумный ударный механизм).

Методические разработки, положенные в основу проведения лабораторного практикума по дисциплинам «Механизированный инструмент», «Средства малой механизации строительства» «Механизированный инструмент для отделочных работ», являются актуальными и отражают подходы к решению практических задач, характерные для машин этого обобщенного класса.

В настоящее время развитие электронной техники и компьютерного оборудования позволяет существенно усовершенствовать эти работы.

В настоящем докладе освещена работа по определению основных характеристик двух видов ударных машин: электрических молотков с КВУМ с использованием оборудования NATIONAL INSTRUMENTS и, в частности, рабочей станции NATIONAL INSTRUMENTS ELVIS.

Гораздо рациональнее использовать уже имеющееся оборудование National Instruments, и рабочую систему NI ELVIS, которая позволяет существенно расширить тематику и объем поставленных на них лабораторных работ, поскольку наряду с типовыми радиоизмерительными приборами-мультиметром, генератором стандартных сигналов и осциллографом содержит весьма полезные, но практически не встречающиеся в "железном" виде такие приборы как измеритель частотных характеристик, генератор сигналов произвольной формы, характериограф и др.

Используемое оборудование:

Рабочая станция National Instruments, среда графического программирования LabVIEW.

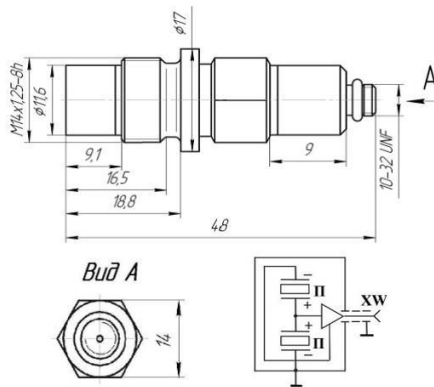
Блоки-модули выполнены в металлических корпусах с нанесенным на лицевую панель рисунком принципиальной электрической схемы изучаемого устройства с внутренними соединениями, выполненными согласно схеме, а радиодетали- элементы схемы, смонтированные на специализированных, довольно больших разъемах в стандарте сетевых штепсельных вилок-розеток, устанавливаются в гнезда на лицевой панели модуля. Такая конструкция очень наглядно представляет принципы функционирования изучаемых устройств и обеспечивает легкую и надежную смену деталей даже во время работы. Питание и радиоизмерительные приборы также подключаются к специальным гнездам на лицевой панели блока.

Совместно с АО ИНТЕРСКОЛ был подготовлен опытный образец электромолотка М-10/1100Э, обеспечивающий возможность установки пьезометрического датчика для измерения давления в рабочих камерах КВУМ, позволяющего оценить энергию единичного удара машины и траекторию движения ударника.





**Рис. 1.** Использовался датчик PS2001-250 с чувствительностью 250 мВ/бар, с положительной полярностью, с измеряемым диапазоном от 0,01 до 25 Мпа



**Рис. 2.** Внешний вид и электрическая схема PS2001-250

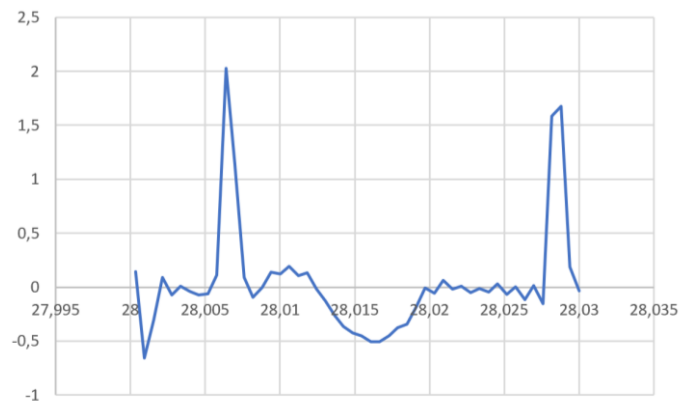
Данный экспериментальный стенд был использован для изучения метода определения энергии единичного удара, который является главным для такого типа машин. Ниже приводится методика оценки энергии единичного удара.

Для определения энергетических и скоростных характеристик, а также выявления перемещения ударника в функции времени используют теорему д-ра техн.наук Б.В.Суднишникова. Эта теорема является геометрической интерпретацией решения дифференциального уравнения движения

тела массы  $m$  вдоль оси  $x$  под действием силы  $R(t)$ . Полученному в результате интегрирования от 0 до  $T$  решению в виде

$$x = 1/m \int_0^T (T-t)R(t)dt + \dot{x}_0 T$$

Дается следующая интерпретация: перемещение массы  $m$  за время  $T$  в направлении какой-либо оси равно статическому моменту площади импульса, образованного за то же время проекцией силы на эту ось, относительно прямой  $t=T$ , деленному на массу  $m$ , плюс проекции начальной скорости ( $\dot{x}_0$ ), умноженной на время  $T$ . Представлен экспериментально полученный график определения рабочих параметров пневматических машин ударного действия.



**Рис. 3.** График определения рабочих параметров пневматических машин ударного действия

Данная работа позволяет модернизировать постановку лабораторной работы и дает возможность обеспечивать идентификацию результатов по эксперименту и теоретическим моделям.

#### Библиографический список

1. Беляев Ю.В. Определение энергосиловых характеристик работы машин ударного действия // Вестник машиностроения. №10, 1970
2. Дроздов А.Н., Степанов В.В. Математические модели ручных машин для строительно-монтажных работ с примерами реализации. М.: НИУ МГСУ, 2016. 152 с.
3. Дроздов А.Н., Немков С.А. Стенд для измерения энергии удара методом конечных скоростей для ручных машин ударно-вращательного действия. // Механизация строительства. 2014. №12. С. 4.

4. Суднишников Б.В., Есен Н.Н. Элементы динамики машин ударного действия. Новосибирск. СО АН СССР, 1965. 84 с.
5. Тихонов А.Н., Батуев В.Н., Дроздов А.Н. Электропривод строительного механизированного инструмента. М.: НИУ МГСУ, 2017. 244 с.
6. Манжосов В.К. Модели продольного удара. Ульяновск : УлГТУ, 2006.-160 с.
7. Дроздов А.Н., Немков. С.А., Степанов В.В. Определение рациональных параметров компрессионно-вакуумного ударного механизма ручного перфоратора для снижения вибрационной нагрузки работника. «Безопасность труда в промышленности» №10, 2016, с. 56-59

## **ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ГЛАВНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА**

*Борисов И.К., студент, Григорьев П.А., аспирант  
Научный руководитель – Трошко И.В. доц., к.т.н.*

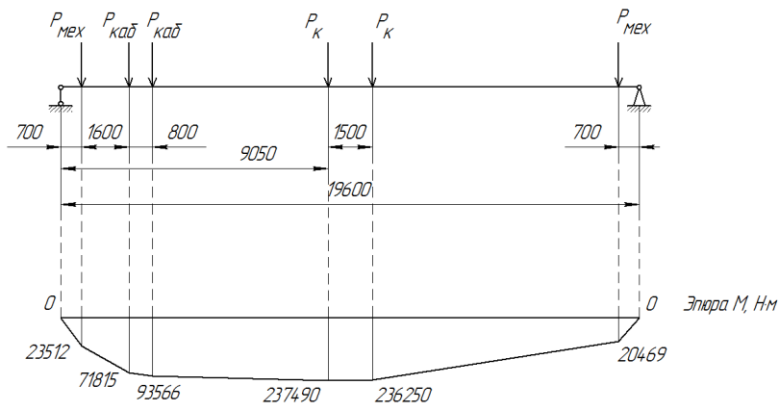
*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Объектом расчета является главная балка мостового крана. За результаты расчета прочности примем максимальный прогиб главной балки и максимальное нормальное напряжение от изгибающего момента.

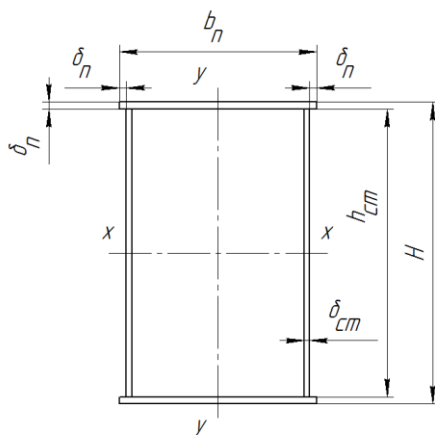
Максимальный прогиб главной балки мостового крана, выполненной с помощью программы SolidWorks, составляет  $f_{прогр.} = 8,896 \text{ мм}$ .

Максимальное нормальное напряжение от изгибающего момента главной балки мостового крана, выполненной с помощью программы SolidWorks, составляет  $\sigma_{прогр.} = 1,951 \cdot 10^7 \text{ Н / м}^2$ .

Согласно книге [1] при ручном расчете главную балку мостового крана считаем шарнирно-опертой. С этим допущением, согласно книге [2], построим эпюру моментов главной балки мостового крана (на растянутых волокнах) от реакции сил колес тележки  $P_K = 25015,5 \text{ Н}$ , крепления кабины  $P_{каб} = 3000 \text{ Н}$  и механизмов передвижения крана  $P_{мех} = 3400 \text{ Н}$ .



**Рис. 1.** Эпюра моментов главной балки мостового крана



**Рис. 2.** Поперечное сечение главной балки мостового крана

1. Определим момент инерции сечения главной балки мостового крана относительно оси X-X согласно книге [3]

$$\begin{aligned}
 I_{x-x} &= 2 \cdot \left[ \frac{b_n \cdot \delta_n^3}{12} + \delta_n \cdot b_n \cdot \left( \frac{h_{cm} + \delta_n}{2} \right)^2 + \frac{\delta_{cm} \cdot h_{cm}^3}{12} \right] = \\
 &= 2 \cdot \left[ \frac{55 \cdot 2^3}{12} + 2 \cdot 55 \cdot \left( \frac{80 + 2}{2} \right)^2 + \frac{1,5 \cdot 80^3}{12} \right] = 497893 \text{ см}^4 = 497893 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4
 \end{aligned}$$

где  $b_n = 550 \text{ мм} = 55 \text{ см}$ , ширина полки;

$\delta_n = 20 \text{ мм} = 2 \text{ см}$ , толщина полки;

$h_{cm} = H - 2 \cdot \delta_n = 840 - 2 \cdot 20 = 800 \text{ мм} = 80 \text{ см}$ , высота стенки  
( $H = 840 \text{ мм} = 84 \text{ см}$ , высота главной балки);

$\delta_{cm} = 15 \text{ мм} = 1,5 \text{ см}$ , толщина стенки.

2. Определяем максимальный прогиб главной балки мостового крана согласно книге [1]

$$f_{cm} = \frac{M_{max} \cdot L_{кр}^2}{10 \cdot E \cdot I_{x-x}} = \frac{237490 \cdot 19,6^2}{10 \cdot 2,05 \cdot 10^{11} \cdot 497893 \cdot 10^{-8}} = 89,4 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 8,94 \text{ мм},$$

где  $M_{max}$  – максимальный изгибающий (рис. 1).

Принимаем  $M_{max} = 237490 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;

$L_{кр}$  – длина главной балки мостового крана,  $L_{кр} = 19,6 \text{ м}$ ;

$E$  – модуль упругости. Согласно книгам [4] и источникам [6], [7] выбираем материал главной балки мостового крана: Листовую углеродистую сталь (SS), с модулем упругости  $E = 2,05 \cdot 10^{11} \text{ Н} / \text{м}^2$ .

Погрешность, выполненная с помощью разных методов расчета, составляет  $f_{\%} = \frac{f_{прогр.} - f_{cm}}{f_{прогр.}} \cdot 100\% = \frac{8,896 - 8,94}{8,896} \cdot 100\% = -0,5\%$ , что является допустимой величиной.

3. Определяем максимальное нормальное напряжение от изгибающего момента главной балки мостового крана согласно книге [5]

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{x-x}} = \frac{237490}{11854,6 \cdot 10^{-6}} = 20 \cdot 10^6 \text{ Н} / \text{м}^2 = 2 \cdot 10^7 \text{ Н} / \text{м}^2,$$

где  $W_{x-x}$  – момент сопротивления относительно оси X-X,

$$W_{x-x} = \frac{I_{x-x}}{y_{max}} = \frac{497893 \cdot 10^{-8}}{0,42} = 1185459,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 = 11854,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

где  $y_{max}$  – расстояние от оси X-X до края сечения (рис. 2),

$$y_{max} = \frac{H}{2} = \frac{84}{2} = 42 \text{ см} = 0,42 \text{ м}.$$

Погрешность, выполненная с помощью разных методов расчета, составляет

$$\sigma_{\%} = \frac{\sigma_{прогр.} - \sigma_{max}}{\sigma_{прогр.}} \cdot 100\% = \frac{1,951 \cdot 10^7 - 2 \cdot 10^7}{1,951 \cdot 10^7} \cdot 100\% = -2,5\%, \text{ что является}$$

допустимой величиной.

#### Выводы:

1. Как видим, при расчете прогиба погрешность вычислений относительно компьютерного расчета составляет 0,5%, что свидетельствует о неточности расчетных формул, упрощения расчетной схемы и отклонения из-за математических округлений. Как видно, учет собственного веса в качестве распределённой нагрузки на точность расчета не влияет. Может быть, эти факторы взаимно исключают друг друга, что приводит к такой низкой погрешности.

2. Для расчета напряжений отсутствие учета собственной массы в виде распределённой нагрузки, упрощение расчетной схемы, математические округления привели к погрешности 2,5%, что требует более внимательного досмотра к допущениям, а может быть и отказаться от них с целью получения более точного результата.

#### Библиографический список

1. Дударева Т.Б. Металлоконструкции двухбалочного мостового крана: метод. указания к курс. проектир. для студ. мех. ф-га/ Т.Б. Дударева. – М.: МИИТ, 1979. – 52 с.

2. Вайнсон, А.А. Подъемно-транспортные машины/ А.А. Вайнсон. – М.: Машиностроение, 1989. – 535 с.

3. Павлов, Н.Г. Примеры расчетов кранов / Н.Г. Павлов. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1967. – 350 с.

4. Гохберг, М.М. Справочник по кранам, том 1 / М. М. Гохберг. – М.: Машиностроение, 1988. – 268 с.

5. Гохберг, М.М. Справочник по кранам, том 2 / М. М. Гохберг. – М.: Машиностроение, 1988. – 558 с.

6. Строительная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/>, свободный.

7. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>, свободный.

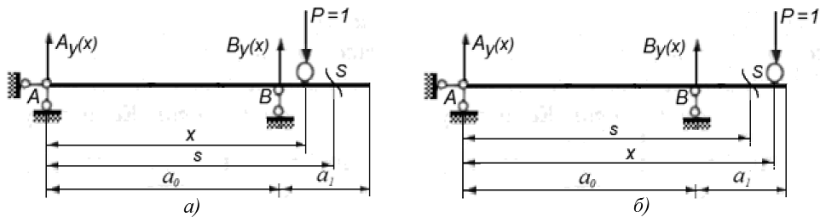
## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В БАЛКЕ С КОНСОЛЬЮ В СИСТЕМЕ MATHCAD

*Гавриленко А.В., аспирант*

*Научный руководитель – Кудрявцев Е.М., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

В статье излагается методика, комплекс аналитических моделей и программных средств, автоматизирующих процесс моделирования внутренних усилий балки с консолью рис. 1 при действии единичной подвижной нагрузки  $P$  в системе Mathcad.



**Рис. 1.** Схема к определению внутренних усилий в балке с консолью при действии подвижной единичной нагрузки, расположенной:

а) до рассматриваемого сечения; б) после рассматриваемого сечения на консоли

*Исходные данные:*

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| - величина подвижной нагрузки, кН             | $P := 1$                |
| - расстояние между опорами и длина консоли, м | $a_0 := 6; a_1 := 2$    |
| - длина балки (м)                             | $l := a_0 + a_1 = 8$    |
| - число рассматриваемых сечений:              | $NS := l \cdot 10 = 80$ |

*Алгоритм расчета:*

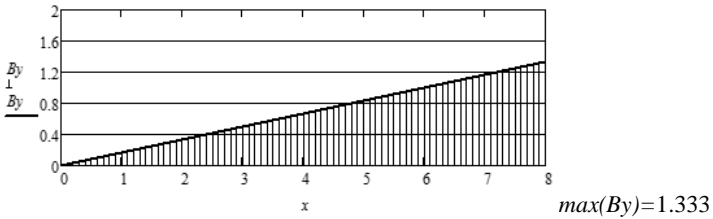
1. Определение линий влияния опорных реакций балки при различных координатах положения единичной силы  $P$ :  $B_y(x)$  в опорной точке  $B$  и  $A_y(x)$  в опорной точке  $A$ :

- в аналитическом виде

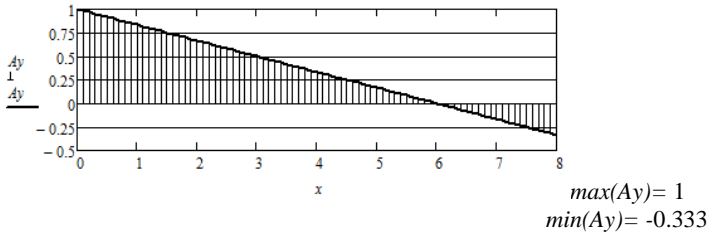
$$B_y(x) = \frac{P \cdot x}{a_0} \quad A_y(x) = \frac{P \cdot (a_0 - x)}{a_0}$$

- в графическом виде рис. 2 и рис. 3

$$\Delta x := \frac{l}{NS} \quad i := 0..NS \quad x_i := i \cdot \Delta x \quad B_{y_i} := \frac{P \cdot x_i}{a_0} \quad A_{y_i} := \frac{P \cdot (a_0 - x_i)}{a_0} \quad x_{0_i} := 0$$



**Рис. 2.** Линия влияния опорной реакции  $B_y$



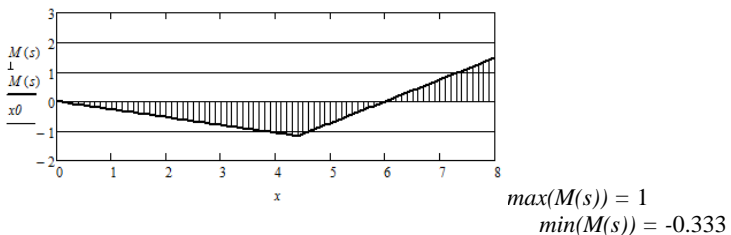
**Рис. 3.** Линия влияния опорной реакции  $A_y$

2. Линии влияния изгибающего момента  $M(s)$  в сечении балки  $s$ , кНм:  
- в программном виде для сечения  $s$  рис. 4

$$M(s) := \begin{cases} \text{for } i \in 1..NS \\ \left| \begin{array}{l} Y_i \leftarrow -P \cdot x_i \left( 1 - \frac{s}{a_0} \right) \text{ if } x_i \leq s \wedge s \leq a_0 \\ Y_i \leftarrow -P \cdot s \cdot \left( 1 - \frac{x_i}{a_0} \right) \text{ if } x_i > s \wedge s \leq a_0 \\ Y_i \leftarrow 0 \text{ if } x_i \leq s \wedge s \geq a_0 \\ Y_i \leftarrow P \cdot (x_i - s) \text{ if } x_i \geq s \wedge s > a_0 \end{array} \right. \\ Y \end{cases}$$

**Рис. 4.** Программа расчета линии влияния изгибающего момента  $M(s)$

- в графическом виде для сечения  $s$  между опорами рис. 5  $s := 4.4$

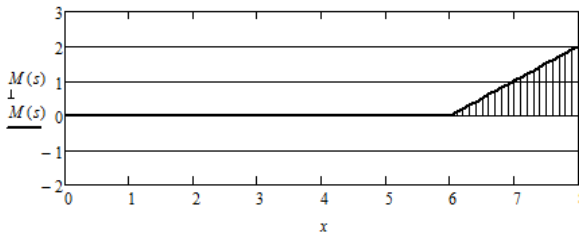


**Рис. 5.** Линия влияния изгибающего момента  $M(s)$  в сечении балки  $s = 4.4$



- в графическом виде для сечения на консоли рис. 6

$s := 6$



$$\begin{aligned} \max(M(s)) &= 2 \\ \min(M(s)) &= 0 \end{aligned}$$

**Рис. 6.** Линия влияния изгибающего момента  $M(s)$  в сечении балки  $s = 6$

3. Определение линий влияния поперечных сил  $Q1(s)$  и  $Q2(s)$  в сечении балки  $s$ , кН:

- в программном виде рис. 7;

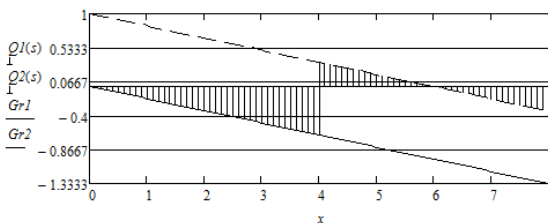
$$Q1(s) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..NS \\ x_i \leftarrow i \cdot \Delta x \\ Y_i \leftarrow \frac{P \cdot (a_0 - x_i)}{a_0} - P \text{ if } x_i \leq s \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases} \quad Y$$

$$Q2(s) := \begin{cases} \text{for } i \in s..NS \\ x_i \leftarrow i \cdot \Delta x \\ Y_i \leftarrow P - \frac{P \cdot x_i}{a_0} \text{ if } x_i \geq s \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases} \quad Y$$

**Рис. 7.** Программы для расчета линии влияния поперечных сил

- в графическом виде рис. 8 для сечений  $s$  между опорами

$$s := 4 \quad Gr1 := \frac{P \cdot (a_0 - x)}{a_0} - P \quad Gr2 := P - \frac{P \cdot x}{a_0}$$



$$\begin{aligned} \max(Q1(s)) &= 0 \\ \min(Q1(s)) &= -0.667 \\ \max(Q2(s)) &= 0.333 \\ \min(Q2(s)) &= -0.333 \end{aligned}$$

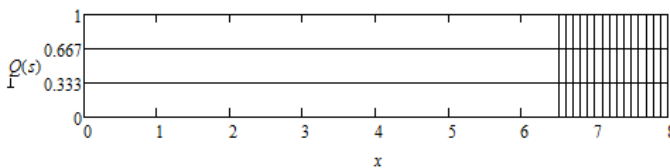
**Рис. 8.** Линия влияния поперечной силы в сечении балки  $s = 4$

- в программном виде для сечений  $s$  на консоли рис. 9

$$Q(s) := \begin{cases} \text{for } i \in 0..NS \\ \left| \begin{array}{l} Y_i \leftarrow 0 \text{ if } x_i \leq s \wedge s > a_0 \\ Y_i \leftarrow P \text{ if } x_i \geq s \wedge s > a_0 \end{array} \right. \\ Y \end{cases}$$

**Рис. 9.** Программа расчета линии влияния поперечной силы на консоли

- в графическом виде рис. 10 для сечения на консоли  $s := 6.5$



**Рис. 10.** Линия влияния поперечной силы на консоли в сечении балки  $s := 6.5$

Закключение. Разработана методика, комплекс аналитических моделей и программных средств, автоматизирующих процесс моделирования внутренних усилий балки с консолью при действии подвижной нагрузки в системе Mathcad, которая позволяет оперативно вырабатывать оптимальные решения, сокращая, как минимум на порядок, трудоемкость их поиска.

#### Библиографический список

1. Кудрявцев Е.М. Алгоритм расчета линий влияния в стержнях стрелы башенного крана. МС № 11 2017.
2. Кудрявцев Е.М. Расчет и построение линий влияния в системе Mathcad. МС № 12 2017.
3. Кудрявцев Е.М. Mathcad 11. Полное руководство по русской версии. -М.: ДМК, 2005. – 592 с.
4. Кудрявцев Е. М.. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов. Учебное пособие для вузов. -М.: АСВ, 2018. – 328 с.
5. Кудрявцев Е. М.. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования. Учебник для вузов. -М.: АСВ, 2013. – 378 с.
6. Кудрявцев Е. М. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для студентов вузов. -М.: Академия, 2010. - 336 с.
7. Кудрявцев Е.М. Начальное знакомство с компьютерными системами Word, Mathcad, КОМПАС. – М., АСВ, 2007. – 160 с.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА МНОГОСЕКЦИОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ СБОРА И ВЫВОЗА МУСОРА

*Гембара Н.О., студент*

*Научный руководитель – Погонина А.М., ст. преподаватель, к.т.н.*

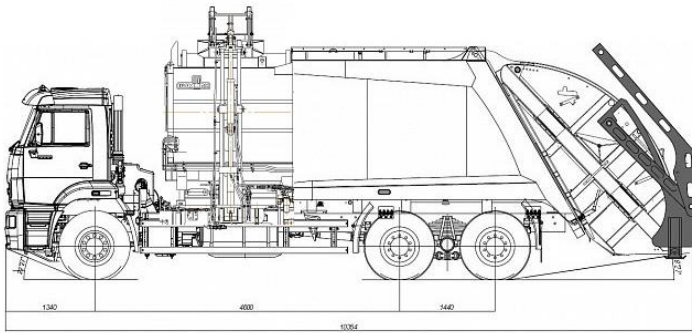
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Сегодня очень остро стоит проблема сбора и утилизации мусора в России. Последнее время очень много внимания уделяется разделному сбору мусора. Поэтому очень актуальным вопросом является разработка принципиально новых типов машин для сбора и вывоза разных видов мусора.

Из контейнеров ТБО перегружаются в мусоровозы, которые перевозят их к местам временного накопления, обезвреживания, утилизации или захоронения [1,2]. Для уменьшения затрат на транспортировку и оптимизирования маршрутного графика предлагается ввести многосекционные машины для сбора и вывоза ТБО: с боковой и задней загрузкой. Такая машина может загружать в разные части своего кузова различные виды мусора.

Мусоровозы с задней загрузкой, они хорошо приспособлены для работы в стесненных условиях и могут использоваться там, где отсутствует контейнерная система сбора бытовых отходов. Большинство машин данного типа представляет собой грузовое шасси, на котором смонтирован кузов коробчатой формы с шарнирно прикрепленным к нему задним бортом[3].

В его нижней части установлен приемный ковш (загрузочный бункер), являющийся основанием для крепления подающей (верхней) плиты прессующего механизма, с которой шарнирно связана поворотная прессующая (нижняя) плита. Для привода обоих элементов служат гидроцилиндры. Загрузка мусора в приемный ковш осуществляется вручную или механизированным способом с помощью опрокидывателя (гидроманипулятора), который обеспечивает выгрузку содержимого стандартных уличных контейнеров различных типов. Внутри кузова находится перемещаемая гидроцилиндром выталкивающая плита, являющаяся его подвижной передней стенкой (рисунок 1).



**Рис. 1.** Общий вид многосекционной машины для сбора отходов

В другом отсеке мусоровоза располагается боковой погрузочный механизм. Эти установки предназначены для механизированного сбора бытовых отходов из стандартных контейнеров. Кузов, смонтированный на раме автомобиля шарнирно, сзади закрыт бортом, а спереди – толкающей плитой. Загрузка мусора через люк в крыше кузова производится при помощи манипулятора, который обеспечивает захват, подъем, опрокидывание, встряхивание и возврат контейнера на место. Рабочая зона погрузочного устройства позволяет осуществлять работу с несколькими контейнерами без передвижения машины. Перемещение отходов по ширине кузова (разравнивание) для равномерного заполнения осуществляется ворошителем. Мусор уплотняется в кузове при помощи периодически перемещающейся от передней стенки к заднему борту толкающей плиты. Она же, наряду с опрокидыванием кузова, обеспечивает выгрузку бытовых отходов, доставленных на полигон или мусороперегрузочную станцию [3,4,5].

Именно такие машины смогут быстро справляться с погрузкой различного вида мусора [6,7].

В данной работе производится разработка методики расчета параметров конструкции рабочего оборудования машины. Разработанная методика позволяет обосновать использование многосекционных машин для сбора и вывоза мусора взамен обычных. Расчет предполагает определение основных конструктивных параметров машины, расчет размеров секций для сбора различных видов мусора, определение параметров процесса уплотнения.

Для определения оптимальности использования полезного объема кузова вводится понятие коэффициента сжатия  $K_{сж}$ . Так же в работе проводится экспериментальный расчет данного коэффициента для разных видов мусора: бумаги, стекла, пищевых отходов, смешанных ТБО. Расчет данного коэффициента позволяет составить рекомендации для расчета размера секций машины для сбора и вывоза мусора.

Разработанная методика расчет многосекционной машины для сбора и вывоза ТБО позволит:

- Рассчитать конструктивные особенности машины для сбора и вывоза ТБО;
- Обосновать использование одной машины для сбора разных видов мусора;
- Снизить затраты на транспортировку разных видов мусора;
- Оптимизировать и облегчить отдельный сбор разных видов мусора одной машиной;
- Зная коэффициент сжатия для разных типов мусора определить оптимальную полезную загрузку машины.

### Библиографический список

1. Каргин Р.В. Классификация машин для сбора и вывоза твердых бытовых отходов // Известия вузов. 2011. №2. С. 69-74
2. Ермилов А.Б. Расчет и проектирование спецавтомобилей для сбора и вывоза твердых отходов. – М.: МАДИ, 1983. - 99 с.
3. Эксплуатация специальных автомобилей для содержания и ремонта городских дорог / В.И. Баловнев, Г.Л. Карабан, И.А. Засов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1992. – 263 с.
4. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог / В.И. Баловнев, В.И. Мещеряков, М.А. Беляев, В.В. Приходько, Р.Г. Данилов – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с.
5. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание): справочник /В.Г. Систер, А.Н. Мирный, Л.С. Скворцов и др. – М., 2001. - 319 с.
6. Сайт Справочник строителя [Электронный ресурс]. – М.: строительный портал baurum.ru, - Режим доступа: [http://baurum.ru/\\_library/?cat=garbage-trucks&id=3985](http://baurum.ru/_library/?cat=garbage-trucks&id=3985)
7. Сайт Открытая наука [Электронный ресурс]. – М.: Открытая наука, - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-mashin-dlya-sbora-i-vyvoza-tverdyh-bytovykh-othodov>



Одним из вопросов расчёта является анализ мест опирания балок №1 и №2. Например, возможен отрыв балки №1 от ферменной опоры, а также возникновение других возможных зон отрыва балок от опорного основания.

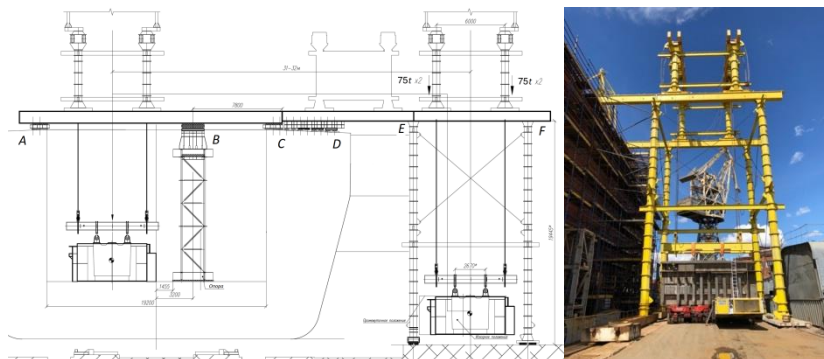


Рис. 2. Схема расположения такелажной системы (вид спереди)

Для определения особенностей работы несущих элементов грузоподъёмной такелажной системы проведен расчёт перемещений элементов системы, а также прочностной расчёт. Две сборные балки работают на изгиб при перемещении по ним портальной системы с грузом массой 300 тонн. Причём балка №1 и балка №2 имеют разные схемы закрепления (балка №1 (рисунок 3 слева) установлена с промежуточной опорой «В», балка №2 (рисунок 3 справа) от опоры А' до опоры С' лежит на палубе, т.е. нагрузка равномерно распределена на опорном основании заданной жесткости). В опорах Е, F, Е' и F' балки №1 и №2 закреплены с ограничением вертикальных перемещений, в остальных опорах балки могут свободно подниматься по вертикали.

Считаем, что нагрузка от портала с грузом равномерно распределена по четырём опорам верхнего портала. Составная балка имеет два варианта сечения. Материал элементов конструкций – сталь 09Г2С ГОСТ 19281-2014, используемая при пониженной температуре.

Определена наибольшая возможная нагрузка на различные элементы. Проверка прочности по изгибу проведена по выполнению условия (1).

$$M_{max} / (W_x) \leq \gamma_c \cdot R \quad (1)$$

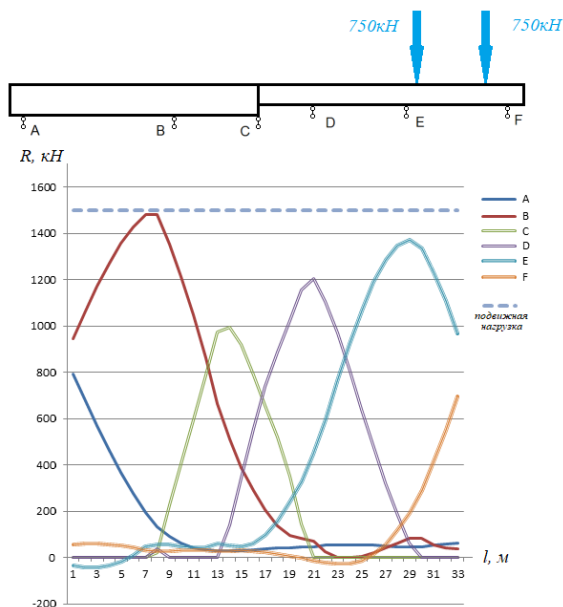
$\gamma_c$  – коэффициент условий работы,

$R$  – расчётное сопротивление материала.

В данном случае система является статически неопределимой. Расчёт её выполнен методом конечных элементов. В качестве исходной нагрузки принята полезная нагрузка - двойная нагрузка на балку по 750 кН. Получаем расчётные результаты наибольшего прогиба балок №1 и №2, а также значения наибольшего напряжения в сечениях №1 и №2 балок. Из-за различных схем закрепления балок №1 и №2 возникают различные вертикаль-

ные перемещения балок под подвижным порталом. Максимальный прогиб балки №1, равный 18,7 мм, появляется при прохождении подвижного портала между опорами А и В (А' и В'), при этом прогиб балки №2 всего около 0,7 мм. В результате происходит перекося подвижного портала. Что касается напряжений в балках, они меньше предельного значения.

График изменения реакций в опорах балки №1 в зависимости от положения подвижной нагрузки представлен на рисунке 3.



**Рис. 3.** Зависимость величины опорных реакций от положения нагрузки (балка №1)

В процессе перемещения верхнего портала наблюдается отрыв балки №1 от опор: С и D (рисунок 3). Балка №2 отрывается в опорах: А', В', С' и D'.

#### *Вывод*

В результате расчета напряженно-деформированного состояния балок подъемной такелажной системы большой грузоподъемности перемещения этих балок от полезной нагрузки определяются с учетом параметров жесткости балок и различных кинематических условий их закрепления, что важно с точки зрения предельного состояния системы.



## Библиографический список

1. Вершинский А.В., Гохберг М.М., Семенов В.П. Строительная механика и металлические конструкции. – Л.: Машиностроение, 1984. 231 с.
2. Концевой Е.М., Розенштейн Б.М. Ремонт крановых металлоконструкций. – М.: Машиностроение, 1979. 206 с.
3. Вершинский А.В. Технологичность и несущая способность крановых металлоконструкций. – М.: Машиностроение, 1984, 167 с.
4. Тропин С.Л., Горохов П.А., Вершинский А.В., Бром А.Е. Современные грузоподъемные такелажные системы порталного типа // Механизация строительства. - 2016. - № 4. - с. 5-8. – Режим доступа: <http://ms.enjournal.net/article/12357/>
5. Горохов П.А., Вершинский А.В., Тропин С.Л. Современные системы скольжения для монтажа сверхтяжелых грузов // Материалы всероссийской научно-практической конференции (28-30 сентября, 2016г., г. Брянск). - Брянск: БГТУ - 2016. - с. 19-22.
6. Постройка судов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flot.com/publications/books/shelf/chainikov/63.htm>
7. На «Урал» погружены баки МВЗ [Электронный ресурс]. Балтийский завод - Судостроение – Режим доступа: <https://www.bz.ru/press-office/news/na-ledokol-ural-zagruzili-baki/>

## ЛОВИТЕЛЬ ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

*Гуков М.Г., магистрант*

*Научный руководитель – Судакова В.А., доц., к.т.н.*

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский Университет» (БРУ)  
(Республика Беларусь)*

Устройства безопасности лифта призваны предотвратить такие ситуации, как обрывы каната, изменение скорости кабины выше допустимой, ход лифта с открытыми дверями, расположение кабины выше или ниже нормального положения, когда необходимо эвакуировать людей и т. д.

Систему безопасности лифта можно разделить на следующие основные узлы:

- механический ограничитель скорости.
- ловитель, расположенный на кабине лифта.
- канат, связывающий ограничитель с ловителем.

Каждый из механизмов безопасности рассчитан на ту или иную аварийную ситуацию.

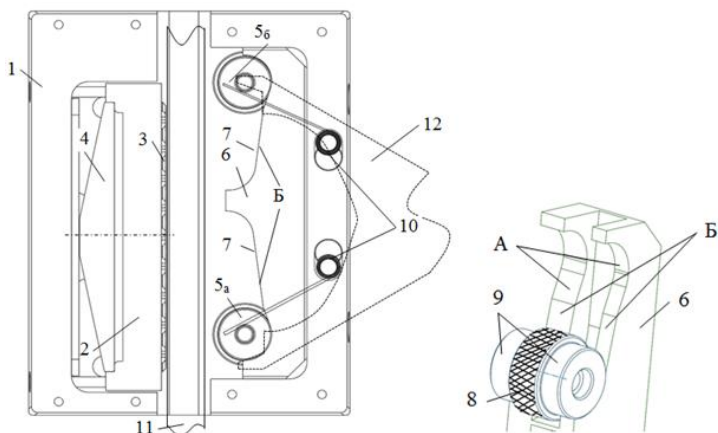
Ловитель - механическое устройство для остановки при движении вниз или вверх и удержания на направляющих кабины лифта, противовеса

или уравнивающего груза в случае превышения кабиной лифта допустимой скорости движения или обрыва тяговых элементов.

Ловителями оборудуют кабины всех лифтов, подвешенных на канатах, и противовесы у лифтов, шахты которых расположены над проходами и помещениями, где могут находиться люди.

Для обеспечения безопасности грузопассажирских перевозок был спроектирован ловитель двухстороннего действия, соответствующий современным стандартам безопасности [1], устройство которого представлено на рис.1.

Задачей настоящего изобретения является повышение стабильности характеристик ловителя [2], снижение затрат на его изготовление, а также повышение износостойкости рабочих поверхностей.



**Рис. 1.** Устройство ловителя двухстороннего действия

Ловитель кабины лифта двустороннего действия содержит корпус 1, реактивную колодку 2 с рабочей поверхностью 3. Реактивная колодка 2 установлена в корпусе 1 посредством упругого элемента, например, плоской пружины 4 с конструктивным зазором торцевых поверхностей. Ловитель кабины лифта двустороннего действия также снабжен зажимными роликами 5а и 5б, установленными в основании 6. Основание 6 выполнено с криволинейными направляющими 7 с пазом между ними. Каждая криволинейная направляющая 7 снабжена пазом и имеет неактивную А и рабочую Б зоны. При этом верхняя криволинейная направляющая 7 имеет меньшую протяженность по сравнению с нижней. Каждый из роликов 5а и 5б имеет рифленую поверхность 8 и гладкие поверхности 9. С целью предотвращения самопроизвольного срабатывания и возврата в исходное состояние, ролики 5а и 5б связаны с корпусом 1 посредством упругих элементов, например винтовых пружин 10. Ловитель кабины лифта двустороннего действия перемещается вдоль направляющей лифта 11 и для при-

ведения его в действие в данном примере исполнения используется рычаг 12.

Снятие с ловителей осуществляется перемещением кабины лифта в направлении, противоположном срабатыванию ловителя, при этом уменьшения усилия, необходимого для снятия, достигается наличием тела качения (ролик 5а, 5б).

Предлагаемая конструкция ловителя кабины лифта двустороннего действия позволяет повысить стабильность упругой характеристики за счет повышения износостойкости поверхностей в паре трения ролик-основание за счет разной ширины соприкасающихся гладких поверхностей ролика и основания, а также регулировать величину тормозного усилия, изменяя геометрию криволинейных поверхностей и их положение относительно центра симметрии упругого элемента.

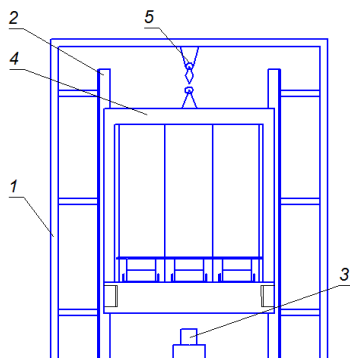
Анализ отечественных и зарубежных методик расчета ловителей и направляющих [3-5] показывает недостаточность знания о процессе взаимодействия рабочих поверхностей ловителя и направляющей. Результаты расчета даже в рамках одной методики могут отличаться в несколько раз в зависимости от выбранных допущений и коэффициентов и в десятки раз при использовании разных методик [6]. В достаточной мере проработанной является методика расчета геометрических параметров клиновых ловителей, которая может быть выполнена двумя способами:

- базирование на экспериментальных данных, накопленных в большом количестве в научно-исследовательских центрах;
- изучение следов пластической деформации рабочей поверхности направляющей зубом ловителя [7].

Существенными недостатками обоих способов являются не учет условий смазывания и ограниченная применимость для ловителей и направляющих, изготовленных из материалов и имеющих конструкцию, отличных от исследованных. Последний факт особенно важен в современных условиях, когда разрабатывается большое число материалов, имеющих лучшие физико-механические свойства.

На этой основе очевидна необходимость проведения значительного числа испытаний работы ловителей, целью которых является подтверждение работоспособности ловителей.

В связи с проведением соответствующих экспериментальных исследований, имитирующих случаи свободного падения кабины лифта, предлагается использование испытательного стенда, схематично изображенного на рис.2.



**Рис. 2.** Испытательный стенд:

1 – рама, 2 – лифтовая направляющая, 3 – буфер, 4 – испытательная корзина с грузами, 5 – расцепляющее устройство

Данный испытательный стенд позволяет исследовать различные конструкции ловителей с имитацией свободного падения, т.е. в условиях близких к эксплуатационным.

#### Библиографический список

1. EN 81-20:2014 – Требования безопасности к конструкции и установке лифтов. Часть 20. Пассажирские и грузопассажирские лифты.
2. Патент EP2043937 A1, МКИ В 66 В 5/22. Braking or holding device for temporarily ensuring a safe protected area and the like / WITTUR AG - заявл. 26.07.2006 ; опубл. 08.04.2009. – 18 с. : ил.7.
3. Волков, Д. П. Лифты. / Д.П. Волков. – М. : Изд-во АСВ, 1999. – 480с.
4. Лифты / Г. К. Корнеев [и др.] // М.: Машгиз, 1958. 567 с.
5. Яновски Л. Проектирование механического оборудования лифтов / пер. с англ. И.А. Иноземцевой ; под ред. С.Д. Бабичева. 3-е изд. М. : Изд-во АСВ, 2005. 333 с.
6. Витчук П. В., Зависимость ускорения / П. В. Витчук, А. А. Шубин, Д. В. Потапов. – Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 7. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. С. 171-177.
7. Лифты. Учебник для вузов /под общей ред. Д.П.Волкова. М.: Изд-во АСВ, 1999. 480 с.

## АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ШИН

*Денисов И.А., студент*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Во время эксплуатации транспортных средств образуется большое количество отходов, большую опасность среди которых представляют собой изношенные автомобильные шины, которые сложно собирать и утилизировать. В воздух также поступают соединения хлора, серы и азота, оксиды металлов [1].

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

- шины не подвергаются биологическому разложению;
- шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно;
- при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Изношенные покрышки не подвергаются естественному разложению, гниению, поэтому накапливаются на полигонах, занимая значительные площади земельных угодий, рассеиваются в оврагах, лесах, водоёмах, загрязняя окружающую среду. Изношенные шины находят применение при устройстве различных ограждений, предохранения берегов от размывания, буферных поддонов и др., но это имеет ограниченный, локальный характер.

Экономически гораздо эффективнее покрышки восстановить или превратить в сырье для производства.

Самый распространенный физический метод — измельчение, позволяющее сохранить свойства и структуру полимеров. Для измельчения используются следующие методы:

- бародеструкция — дробление материала на крупные части и «отжим» резины из корда (конечный продукт — крошка с диаметром 0,8 мм и корд, который нужно утилизировать);
- обработка озоном — шины разрезаются на четыре части и в специальной камере подвергаются механическому и озоновому воздействию (конечный результат — крошка с диаметром 0,1–0,2 мм);
- механическое дробление на крошку;
- обработка высокой температурой — по сути это переработка шин в топливо, так как резина разлагается на составляющие, параллельно образуется газ, который можно использовать как топливо;
- взрыв с циркуляцией;

–обработка при низких температурах — для охлаждения используется жидкий азот, резина подвергается дроблению при температуре от 600о до 900°С;

– «псевдосжигание» — сжигание в специальной камере при высоком давлении;

–переработка шин пиролизом при температуре 1000°С, в результате образуется газ, который можно использовать как топливо;

–прямое сжигание — шины сжигаются при избытке кислорода;

–косвенное сжигание — сжигание в присутствии газа, полученного в процессе пиролиза;

–восстановление.

Сегодня существует множество химических и механических способов утилизации. При этом большинство химических способов не являются экологически безопасными, а получаемое на выходе сырье отличается низким качеством. Предпочтительнее использовать механическую утилизацию резиновых покрышек. Это практически безотходное производство, позволяющее вторично использовать переработанное сырье [2, 3].

Существует несколько современных технологий утилизации автомобильных шин:

–Пиролиз сырья с последующим получением углерода. Разложение резины при температуре около 500°С позволяет получать технический углерод низкого качества, в котором содержатся примеси: газы, металлы, зола. Недостаток способа заключается в высокой токсичности выбросов продуктов пиролиза, которые опасны для живых организмов.

– Растворение покрышек в горячем битуме. Подобная утилизация шин позволяет получать металлолом, сырье для изготовления технического углерода и материал для строительства автомобильных дорог. Данный способ требует чрезмерного количества энергии, а модифицированный битум слишком дорог для покрытия дорожного полотна.

–Перемешивание измельченных автошин с каменным углем и последующее сжигание. Данный метод утилизации автомобильных шин пришел из США: порезанные изделия используют в качестве топлива для ТЭЦ. Недостаток технологии — высокая токсичность и достаточно высокая цена на утилизацию резины.

–Девулканизация резины. Технология очень сложна, а продукт, получаемый на выходе, имеет низкое качество.

–Термолиз резиновой крошки в среде углеводородного теплоносителя. Этот способ является наиболее экологичным и позволяет получать товарный углерод, а также его жидкий остаток — синтетическую нефть. Сырье можно использовать для повторного изготовления покрышек.

–Механическая переработка шин. Самый популярный метод переработки, который позволяет получать множество продуктов из вторсырья — изношенных покрышек. Данный метод сравнительно недорогой, экологически чистый и не требует большого количества энергии. Утилизация ко-

лес, резины данным методом позволяет перерабатывать шины, как от легковых и грузовых автомобилей, так и от сельскохозяйственной техники. Полученное вторичное сырье не теряет свою структуру, характеризуется положительными качествами, поэтому эффективно применяется для дальнейшего производства многих изделий. В результате в окружающую среду попадает намного меньше вредных отходов.

Переработанные автомобильные покрышки — резиновая крошка, используется:

- в строительстве новых дорог,
- в производстве покрытий для детских и спортивных площадок,
- для производства кровельных материалов
- для изготовления тротуарной плитки [4, 5].

Для транспортировки шин или выходного материала используют различные типы конвейеров. Конвейер — машина непрерывного транспорта, предназначенная для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов [6].

**Рольганг** (Rollgang, от Rolle - ролик и Gang - ход) или роликовый конвейер (транспортёр) — конвейер, роликами которого, закреплёнными на небольшом расстоянии друг от друга, перемещаются грузы (штучные или в таре).

Роликовые конвейеры разделяют на неприводные (гравитационные) и приводные [7].

В зависимости от геометрии рабочей трассы, роликовые конвейеры бывают (рис. 1):

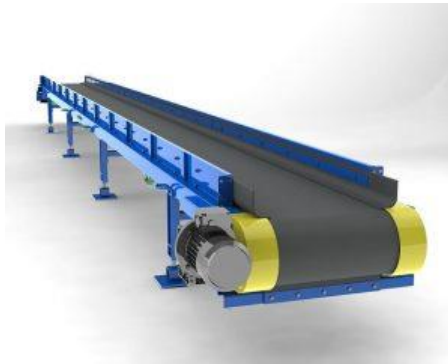
- прямыми (рис. 1, а);
- змееобразными (рис. 1, б);



**Рис. 1.** Роликовый конвейер:

а – прямой; б – змееобразный

Ленточный конвейер (belt conveyor) – транспортирующее устройство непрерывного действия с рабочим органом в виде ленты.



**Рис. 1.** Ленточный конвейер

Ленточные конвейеры бывают передвижными, переносными, поворотными и стационарными. Стационарные машины применяют для перемещения большого количества материалов на расстояние от 3 до 300 м., а передвижные и переносные машины — для перемещения небольшого количества материала на расстояние от 2 до 20 м. В практике применяют последовательно расположенные конвейеры для перемещения материала на десятки километров.

Ленточные конвейеры различаются по видам. Виды ленточных конвейеров:

**по типу трассы:**

- Горизонтальные ленточные конвейеры
- Наклонные ленточные конвейеры
- Крутонаклонные ленточные конвейера
- С изменяющимся углом наклона
- Z-образные ленточные конвейеры
- L-образные ленточные конвейеры
- V-образные ленточные конвейеры

**по типу несущей поверхности:**

- С прямой гладкой поверхностью ленты
- Желобчатые ленточные конвейеры и транспортеры
- С перегородками (поперечинами) на ленте
- С гофробортом (бортиками) на ленте
- С модульной лентой модульные конвейеры [8].

Проблема влияния шин на окружающую среду насущна и над ее решением задумываются многие страны. С переработкой помогают различные типы конвейеров, которые описывались в статье.



## Библиографический список

1. Шулдякова К. А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека. Молодой ученый. 2016. №20. С. 472-477.
2. Родионов Д. А., Суворина И. В., Князев Ю. В. Утилизация автомобильных шин. Молодой ученый. 2016. №4. С. 936-937.
3. Шарапов Р.Р., Абрамов В.В., Оборудование заводов по производству цемента. Учебное пособие Белгород. 2011.
4. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу о разрушении материалов механизации строительства. Механизация строительства. 2017. т. 78. №11. С. 5-8
5. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL). Вестник Белгородского государственного технического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 183-186.
6. <https://ru.wikipedia.org/wiki/конвейер>
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/рольганг>
8. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ленточный\\_конвейер](https://ru.wikipedia.org/wiki/ленточный_конвейер)

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ СТРЕЛЫ НА ВОСПРИЯТИЕ НАГРУЗОК

*Жуйков Г.А., Саврасов А.С., студенты*  
*Научный руководитель – Ромашко А.М., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Мобильные краны представляют собой компактные версии больших гусеничных кранов с телескопическими стрелами. Грузоподъемность этих машин составляет от 3 до 12 тонн. Как правило, они обладают способностью транспортировать груз на стреле. Некоторые из этих машин оснащаются ауригерами, чтобы обеспечить высокую грузоподъемность при минимальной массе и ширине гусеничной тележки.

Особенно выгодно использовать мобильный кран в условиях ограниченного пространства: под землей, в зданиях, в том числе и на крыше. Здесь он намного эффективнее автокрана, а то и просто незаметен. По мощности и грузовысотным характеристикам современные мобильные краны не уступают кранам других типов. Кроме того, мобильная техника проще в транспортировке. Гусеничный мини-кран легко въезжает своим ходом на прицеп по аппаратам под наклоном до 20–35°.

В нашем случае как раз и стоит задача проектирования мобильного робота типа кран-паук для работы в замкнутом пространстве. Особенно-

стью данного типа крана являются коленчатые опоры. Аутригеры такой конструкции делают краны исключительно универсальными, давая им возможность надежно располагаться в местах, казалось бы, абсолютно непригодных для установки крана: на склонах, ступеньках, в узких коридорах и даже над траншеями и провалами – в местах, где невозможно установить краны других типов.



**Рис. 1.** Примеры расположения крана-паука в замкнутом пространстве [1]

Особенностями проектирования телескопических стрел для кранов данного типа являются:

- Необходимая компактность в транспортном положении;
- Увеличение количества звеньев для уменьшения их длины, что, как следствие, увеличивает металлоемкость конструкции;
- Особое крепление стрелы к раме.

При проектировании крана под конкретные задачи, может возникнуть необходимость анализа сечения стрелы в зависимости от области использования. В совокупности рассматривается связь массы груза, массы стрелы и вылета при работе крана.

Исходя из анализа всех параметров прорабатывается оптимальная конструкция стрелы и ее характеристики.



Рис. 2. Пример конструкции крана-паука фирмы Maeda

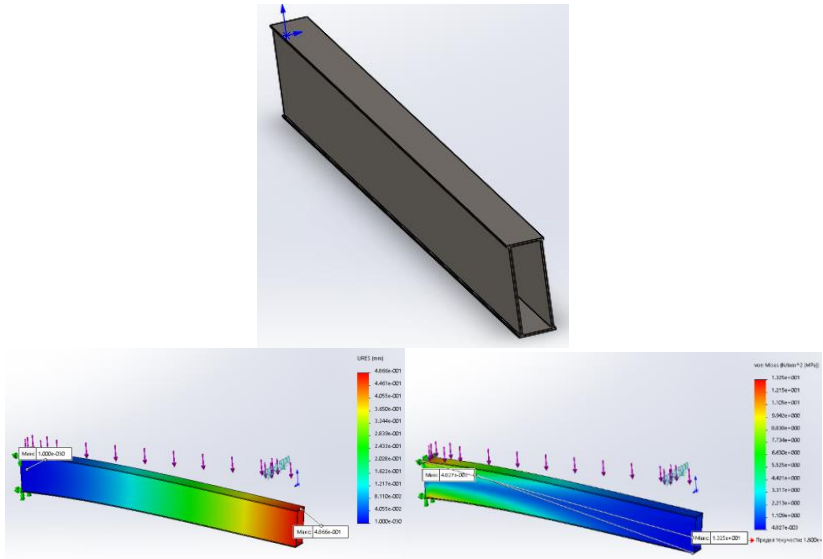
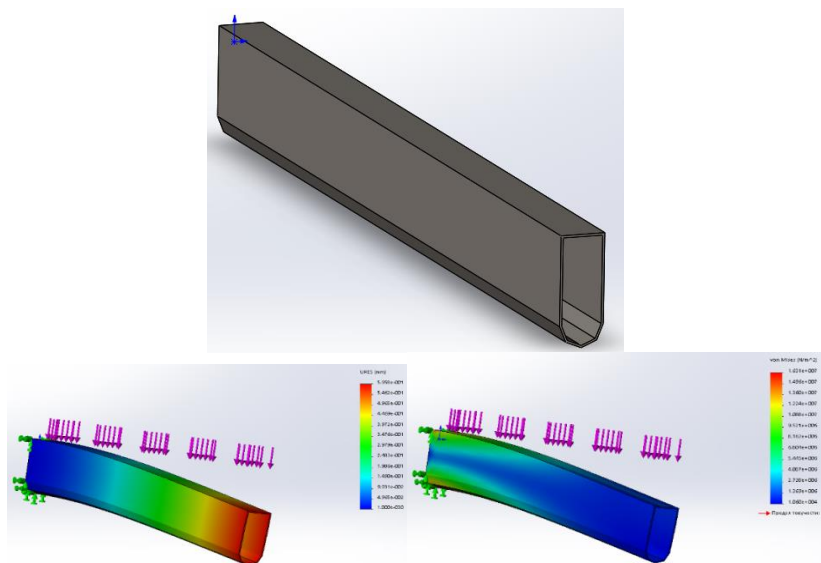


Рис. 3. Анализ профиля прямоугольного сечения



**Рис. 4.** Анализ профиля псевдоовоидного сечения

В результате сравнения нескольких типов профилей сечений секций видны явные преимущества овоидов и псевдоовоидов перед простыми прямоугольными сечениями за счет повышения жесткости граней, воспринимающих наибольшие нагрузки.

#### Библиографический список

1. Интернет-сайт «Строительные краны-пауки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://os1.ru/article/6882-stroitelnye-kranu-pauki-pauk-nasekome-stroitelnoe-s>, свободный.
2. Рудольф Беккер Большая книга о самоходных кранах, Ридштадт, KM Verlags GmbH, 2009.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, 3т. – М.: Машиностроение, 1980.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 2000.- 446 с.
5. Пояркова Е.В. Расчёт сварных соединений стальных конструкций: методические указания/ Е.В. Пояркова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 35с.
6. Фролов К.В., Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов. Кн.1: Кинематика и динамика – М.: Высш.шк. 1988.
7. Николаев Г.А. Сварные конструкции.-М.:МАШГИЗ-1951.

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ МОДЕЛИ МАНИПУЛЯТОРА

*Журавлев И.Д., Ким К.В., студенты*  
*Научный руководитель – Ромашко А.М., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Робототехника – новое, быстроразвивающееся направление науки и техники, связанное с созданием и применением роботов и робототехнических систем [1]. Робот, являющийся одним из основных объектов изучения в этой науке, представляет собой автомат для воспроизведения двигательных и интеллектуальных функций человека [1]. В результате развития робототехники человечество получит возможность решать принципиально новые задачи [1].

Для освоения теоретических методов робототехники желательно кроме изучения математического анализа, методов теоретической механики опробовать полученные решения на виртуальной модели манипулятора. Поэтому целью данной научно-исследовательской работы является апробация результатов, полученных в ходе решения учебных задач робототехники или при проектировании, на виртуальной модели манипулятора.

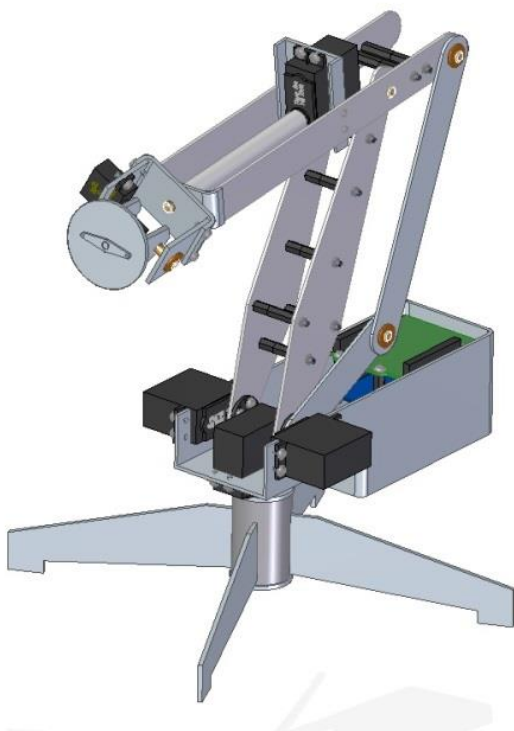
Манипулятор – механизм, обладающий несколькими степенями подвижности, который предназначен для перемещения и ориентации объектов в рабочем пространстве.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) получить математическое описание модели робота для решения задач робототехники;
- 2) проверить эти решения на виртуальной модели манипулятора.

В процессе исследования была получена математическая модель. В ходе ее разработки механизм манипулятора общего вида рассматривался, как кинематическая цепь, связанная в сочленениях, движениями которых могут управлять соответствующие приводы, поэтому использовались преобразования Денавита-Хартенберга [4].

Для наглядного отображения, полученных в ходе решения задач робототехники, была построена 3D-модель манипулятора в программном пакете Solid Edge, способная изменять положение своих звеньев в пространстве при заданных начальных параметрах. Виртуальная модель представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Виртуальная модель манипулятора

Данный манипулятор работает в ангулярной системе координат, так как движение робота в пространстве осуществляется за счет относительных углов поворотов его звеньев [2].

В результате исследования получили учебную модель манипулятора для проверки математических моделей, необходимых для решения задач робототехники. Использование виртуальной модели позволит визуально представить работу будущего манипулятора, а также поможет студентам в усвоении пройденного материала по дисциплине «Робототехника».

В данной работе рассмотрена модель механической системы робота, но могут существовать и другие модели, такие как: информационно-сенсорные модели роботов, организация программного обеспечения робототехнических систем, взаимодействие робота и человека-оператора, системы с искусственным интеллектом и распределенные системы [3]. Рассмотренный в настоящей работе подход может быть распространён и на другие модели робототехнических систем.

## Библиографический список

1. Воробьев Е.И., Попов С.А., Шевелева Г.И. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн./ Под ред. К.В. Флорова, Е.И. Воробьева. Кн1: Кинематика и динамика/Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. – М.: Высш. шк., 1988. 304 с.
2. Встовский Н.Ю., Шеленок Е.А., Шераздишвили Г.В. Разработка учебного робота-манипулятора. Аппаратная часть. 2014.
3. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: Учебник для вузов. – 2-е изд., исправ. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 408 с. (Робототехника/ Под ред. С.Л. Зенкевича, А.С. Ющенко).
4. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 527 с.

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ С ПОКРЫТИЕМ КУЗОВА САМОСВАЛА**

*Кострюк А.Е., студент*

*Научный руководитель – Погонина А.М., ст. преподаватель, к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Эффективность применения самосвальной и экскаваторной техники напрямую зависит от технического состояния их кузовов и ковшей. Данные рабочие элементы подвергаются налипанию и замерзанию парод, которые могут достигать довольно высоких значений. Как известно, если не выполнять мероприятия по защите от налипания, то элементы самосвальных кузовов и ковшей экскаваторов перестанут быть эффективными. Поэтому необходимо применять защитные покрытия для самосвальных кузовов и ковшей экскаваторов, чтобы снизить затраты на дополнительное время и большее количество ресурсов.

На сегодняшний день существует мало эффективных способов, с помощью которых борются с налипанием пород, что связано с недостаточной изученностью адгезионных свойств, особенно для северных районов.

Одним из способов является футеровка. Футеровка – нанесение защитного слоя на внутреннюю поверхность кузова самосвала с целью предотвратить смерзанию сыпучего груза и его предохранения от возможных механических и абразивных повреждений [1].

Для футеровки применяют следующие материалы:

- металл;
- высокомолекулярный полиэтилен;
- резину;

- полиуретан;
- техническую керамику;
- эластомеры.

На рис. 1 приведена футеровка кузова самосвала с полимерным покрытием для защиты.



**Рис. 1.** Футеровка кузова самосвала с полимерным покрытием для защиты

Футеровка кузовов самосвалов не требует использования дорогостоящего оборудования и требует минимальных затрат времени. Такие материалы надежно защитят кузов от коррозионных воздействий. Показатель их износостойкости выше, чем у углеродистой стали. Благодаря высокой прочности и низкому коэффициенту трения, футеровка, например, из высокомолекулярного полиэтилена прослужит гораздо дольше, чем стальная защита [2]. Самосвал, кузов которого обработан высокомолекулярным полиэтиленом, практически не изменяет свою массу. В результате установка футеровочной защиты не влияет на расход топлива, потому как имеет небольшую массу, и существенно упрощает и ускоряет установку защиты [6,7].

Для оценки эффективности использования разных видов защитных покрытий вводится коэффициент скользкости. Он выводится расчетным путем в серии экспериментов. Коэффициент скользкости – отношение значения фактического коэффициента продольного сцепления к его допустимому значению [4]. Для определения коэффициента скользкости разработан методика исследования. По разработанной методике была определена расчётная величина статического коэффициента трения скольжения, исходя из измерения угла скольжения рабочего эталона рабочей смеси по испытываемому образцу покрытия кузова самосвала, и расчётную величину динамического коэффициента трения, исходя из определения силы трения при горизонтальном перемещении рабочей смеси по испытываемому образцу покрытия [5].



Покрытие считается оптимальным для перемещения рабочей среды при условии, что величина допускаемого коэффициента трения выше величины допускаемого значения коэффициента трения в конкретной области применения покрытия.

На основании изученной информации можно сделать следующие выводы:

- Разработанная методика определения коэффициента скользкости позволяет определить тип покрытия кузова самосвала, оптимальный с точки зрения минимизации налипания для работы с асфальтобетонной смесью.
- Довольно старым видом нанесения защитных покрытий является футеровка металлическим листами. Однако эти покрытия применяются и сегодня для защит самосвальных кузовов и ковшей экскаваторов. Они являются трудоемкими и недорогостоящими.
- Новыми на сегодняшний день защитными покрытиями для самосвальных кузовов и ковшей экскаваторов являются: поликерамопласты, полиуретаны и высокомолекулярные полиэтилены. Данным покрытиям свойственны низкие коэффициенты трения, высокие физико-механические характеристики, быстрая нанесения (и низкая трудоемкость), относительно средняя стоимость работ. Поэтому, данные виды покрытий являются более предпочтительными для самосвальных кузовов.

#### Библиографический список

1. Елизаветин М.А., Сатель Э.А. Технологические способы повышения долговечности машин. – М. – Машиностроение, 1969. – 400 с.
2. Львов П.Н. Износостойкость деталей строительных и дорожных машин. – М.: Машгиз, 1962. 112 с.
3. Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 182 с.
4. Справочник дорожных терминов [Электронный ресурс]. – М.: ОАО Комплексдокс, – Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/ntd/539296>, свободный.
5. ГОСТ Р 55908-2013 Полы. Метод оценки скользкости покрытия. М.: Стандартинформ, 2014.
6. Сайт Z-PRO защитные покрытия [Электронный ресурс]. – М.: ОАО «Z-PRO защитные покрытия», - Режим доступа: <http://zprotect.ru/>
7. Сайт форум Самосвалщики.ru [Электронный ресурс]. – М.: ИП Медианов, - Режим доступа: <http://samosvalshiki.ru/topic/6418-futerovka-kuzovov-samosvalov/>

## МАШИНА-АВТОМАТ ДЛЯ МОНТАЖА/ДЕМОНТАЖА МОНОРЕГУЛЯТОРА АРС

*Леонтьев А.М., магистр*

*Научный руководитель – Мишин А.В., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Безопасность движения поездов зависит от качественного технического обслуживания железнодорожного пути. Анкерное рельсовое скрепление АРС-4 наиболее перспективное для железнодорожного пути с железобетонными шпалами [1]. На сегодняшний день установка (снятие) монорегулятора производится вручную, что является причиной неправильного монтажа, отрицательно сказывается на производительности работы в «окно» и может служить причиной срыва в графике движения поездов.

Цель – разработка самоходной машины-автомата для монтажа/демонтажа монорегулятора скрепления АРС.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- анализ способа установки и снятия монорегулятора вручную;
- выявление требований к технологическому циклу установки и снятия монорегулятора;
- разработка структурной схема машины-автомата;
- расчет параметров приводов машины-автомата;
- разработка мехатронной системы управления приводами машины;
- проектирование металлоконструкции машины-автомата.

Новизна заключается в разработке самоходной машины-автомата, выполняющей работы по монтажу/демонтажу монорегулятора на перегоне в «окно».

АРС-4 разработано для использования на бесстыковом пути грузонапряженных магистралей. Это скрепление имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными скреплениями типа КБ и ЖБР.

Благодаря отсутствию резьбовых соединений существенно сокращаются затраты на содержание пути. Устраняется необходимость регулярного подкручивания и смазывания болтов и гаек, что сказывается на уменьшении стоимости обслуживания. В конструкции анкерного скрепления меньше деталей, поэтому на каждый километр пути расходуется меньше металла [2, 3].

В настоящее время зашивка рельсошпальной решетки осуществляется вручную с применением следующего ручного инструмента:

- устройство для монтажа монорегулятора;
- устройство для демонтажа монорегулятора;
- ключ для снятия и установки монорегулятора.

Процесс закрепления рельса к шпале скреплением АРС заключается в провороте удлиненным рожковым ключом размером 36 шестигранного эксцентрикового монорегулятора в требуемую позицию – от нулевой до четвертой. Угол одного проворота составляет 60 градусов.

При ручном воздействии на монорегулятор, особенно при помещении его в третью или при извлечении его из третьей позиции, пружинная клемма сжимается на недопустимую величину, что приводит к утрате её упругих свойств, поскольку сила воздействия не является заданной и постоянной, а зависит непосредственно от выполняющего операцию работника. Ручная установка монорегулятора может привести к неправильной работе пружинной клеммы.

Для исключения неправильного возведения монорегулятора в проектное положение предложены устройства для монтажа и демонтажа элементов рельсовых креплений [4, 5, 6], и передвигаемая вручную машина МАРС-4 (рис. 1.) разработанное АО «Кубаньжелдормаш» [7]. Но предложенные решения не обеспечивают сокращения времени установки скрепления.



**Рис. 1.** Машина МАРС-4

На Лискинском заводе «Спецжелезобетон» разработана автоматическая линия по сборке рельсошпальной решетки со скреплениями АРС, обеспечивающая исключения неправильного возведения монорегулятора в проектное положение и ускорение процесса сборки.

Из обзора существующих решений выявлено что, необходимо разработать самоходную путевую машину для автоматического монтажа

жа/демонтажа монорегулятора скрепления APC при работе на перегоне с учетом требований к производительности, приводам, системе управления и металлоконструкции.

### Библиографический список

1. Ефименко Ю.И. Общий курс железных дорог. 5-е изд., стер: ИЦ Академия, 2011. 256 с.
2. Ершов Д.С., Алексеев А.В., Прокопенко О.С. Альбом элементов и конструкций верхнего строения железнодорожного пути, 2012. 155 с. Режим доступа: <https://www.tdesant.ru/info/item/131#Page-2>
3. Крейнис З.Л., Федоров И.В. Железнодорожный путь: Учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. - М.: ИГ «Вариант», 1999. - 368 с.
4. Патент: (RU02276215) устройство для установки монорегуляторов.
5. Патент: (RU02320797) устройство для снятия монорегуляторов упругих клеммовых рельсовых креплений
6. Патент: (RU 2656740) устройство для монтажа и демонтажа элементов рельсовых креплений
7. <http://www.zdm.ru/products/putevoj-instrument/mashina-mars-4>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ АВТОСАМОСВАЛА В СИСТЕМЕ MATHCAD

*Луис Гильермо Дипотет Моллинедо, аспирант, Куба  
Научный руководитель – Кудрявцев Е.М., проф., д.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Определение оптимальной грузоподъемности автосамосвала проводится в комплекте машин “экскаватор - автосамосвалы” при наличии полной технологической, технической и экономической информации. Для автоматизации расчетов используется математическая система Mathcad.

*Исходные данные:*

- |   |                |
|---|----------------|
| - объемная масса грунта, т/м куб.                 | $\gamma = 1.7$ |
| - коэффициент разрыхления грунта                  | $Kp = 0.82$    |
| - коэффициент наполнения ковша                    | $Kн = 1$       |
| - средняя скорость транспортирования грунта, км/ч | $Vcp = 45$     |
| - дальность транспортирования грунта, км          | $L = 2$        |
| - коэффициент использования грузоподъемности      | $Kz = 1$       |
| - время работы автосамосвалов в течение смены, ч  | $tсм = 6$      |
| - вместимость ковша экскаватора q, м. куб.        | $q = 0.65$     |

- время рабочего цикла экскаватора, мин  $t_{цэ}=2.77$
- время простоя экскаватора из-за смены самосвалов, мин  $tI:=0.3$
- стоимость маш.-см. экскаватора, руб.  $Cэ:=24$
- интервала изменения грузоподъемности самосвала, т  $g0:=2; gk:=2$
- вектор-строка грузоподъемности автосамосвала  $g$ , т  $g:=(2.25\ 4.5\ 7\ 10\ 12\ 25)^T$
- вектор-строка части стоимости маш-см автосамосвала, не зависящей от пробега  $Ca$ , руб.

$$Ca:=(5.33\ 6.8\ 9.32\ 11.07\ 11.62\ 20.62)^T$$

- вектор-столбец затрат на 1 км пробега автосамосвала -  $Cl$ , руб./ км

$$Cl:=(0.068\ 0.127\ 0.176\ 0.261\ 0.276\ 0.551)^T$$

Алгоритм расчета:

1. Параметры линейных уравнений регрессии:  $CA(g) = A1 + A2 \cdot g$  и  $CL(g) = A3 + A4 \cdot g$ :

$$A1:=intercept(g,Ca)=4.075 \quad A2:=slope(g,Ca)=0.664$$

$$A3:=intercept(g,Cl)=0.031 \quad A4:=slope(g,Cl)=0.021$$

где  $intercept(x,y)$  и  $slope(x,y)$  - встроенные функции в системе Mathcad, определяющие соответственно свободный член и коэффициент линейного уравнения регрессии методом наименьших квадратов.

2. Графики затрат рис. 1:  $Ca_i$  и  $Cl_i$  в виде точек поля корреляции;  $CA(g)$  и  $CL(g)$  в виде линий уравнений регрессии:

$$i:=0..rows(g) \quad CA(g) := A1 + A2 \cdot g \quad CL(g) := A3 + A4 \cdot g$$

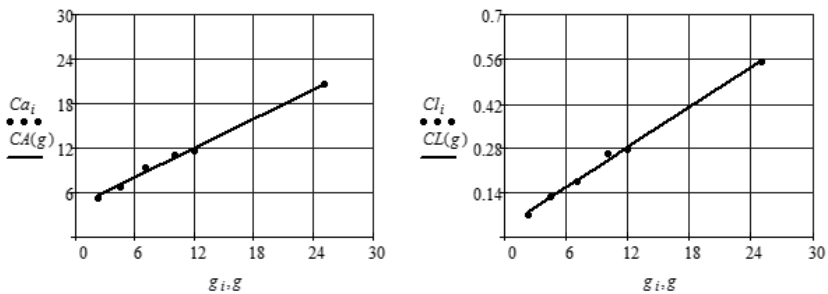


Рис. 1. Графики затрат:  $Ca_i$  и  $Cl_i$  в виде точек поля корреляции;  $CA(g)$  и  $CL(g)$  в виде линий уравнений регрессии

3. Коэффициенты корреляции  $R1$ ,  $R2$ :

$$R1:=corr(g,Ca)=0.997$$

$$R2:=corr(g,Cl)=0.998$$

где  $corr(x,y)$  - встроенная функция в системе Mathcad, определяющая коэффициент корреляции.

4. Число ковшей, погружаемых в кузов автосамосвала

$$nk(g) := \frac{g \cdot Kz}{q \cdot Kн \cdot Kр \cdot \gamma}$$

5. Время загрузки автосамосвала  $tn(g)$  (мин) и число погрузок автосамосвалов в смену рис. 2:

$$tn(g) := nk(g) \cdot t\varphi + t1$$

$$n(g) := \frac{60 \cdot tcm}{tn(g)}$$

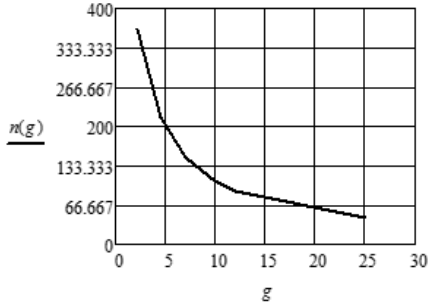
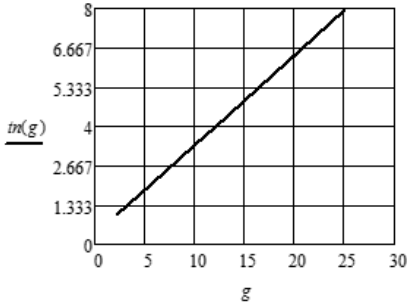


Рис. 2. Время загрузки автосамосвала  $tn(g)$  (мин) и число погрузок автосамосвалов в смену

6. Сменная производительность комплекта машин  $Псм(g)$ , (т/см) и число автосамосвалов  $N(g)$  рис. 3:

$$i := 0..20 \quad G_i := g0 + i \cdot \frac{gk - g0}{20} \quad Псм(g) := \frac{60 \cdot tcm \cdot g \cdot Kz}{tn(g)} \quad N(g) := 1 + \frac{120 \cdot L \cdot Vcp}{tn(g)}$$

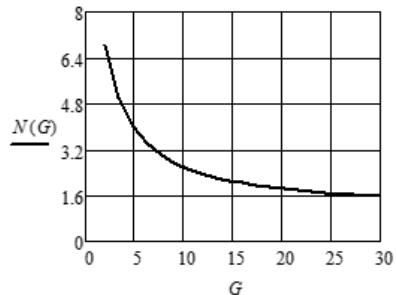
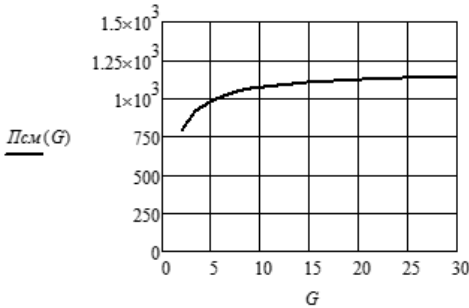


Рис. 3. Сменная производительность комплекта машин  $Псм(g)$ , (т/см) и число автосамосвалов  $N(g)$

7. Удельные затраты при работе комплекта машин "экскаватор - автосамосвалы", руб./т:

-- в аналитическом виде

$$YI(g) := \frac{C_3 + CA(g) \cdot N(g) + Cl(g) \cdot n(g) \cdot 2 \cdot L}{P_{cm}(g)}$$

-- в графическом виде рис. 4.

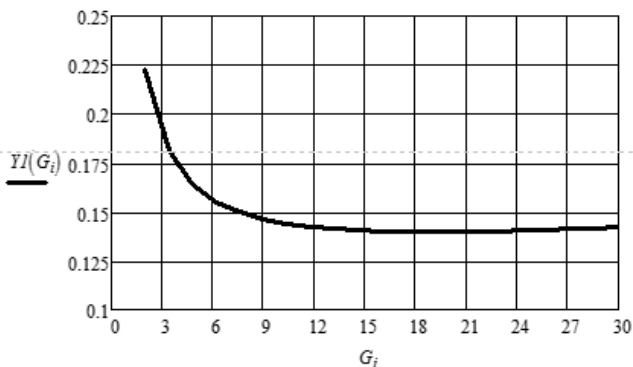


Рис. 4. Удельные затраты при работе комплекта машин "экскаватор - автосамосвалы"

8. Минимальные удельные затраты -  $Ymin$  и оптимальная грузоподъемность автосамосвала –  $gopt$ , определяемые с помощью программы рис. 5.

```

Ymin(Y , g0 , gk , N) :=
  g ← g0
  y ← Y(g)
  Δg ← (gk - g0) / N
  while g < gk
    g ← g + Δg
    gopt ← g if y ≥ Y(g)
    y ← Y(g) if y ≥ Y(g)
  ( gopt
    ymin ← y )
  Ymin(YI , g0 , gk , 10000)1 = 0.140
  gopt := Ymin(YI , g0 , gk , 10000)0 = 19.184

```

Рис. 5. Программа для определения минимальных удельных затрат –  $Ymin$  и оптимальной грузоподъемности автосамосвала –  $gopt$ ,

Заключение. Разработана методика определения минимальных затрат и оптимальной грузоподъемности автосамосвала в комплекте машин “экскаватор-автосамосвал” в графическом и программном видах в системе Mathcad, которая позволяет оперативно вырабатывать оптимальные решения, сокращая, как минимум на порядок, трудоемкость их поиска.

## Библиографический список

1. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства. Учебник. Издание третье, перераб. и доп. -М.: АСВ, 2014, -464 с.
2. Кудрявцев Е.М. Оптимизация комплекта оборудования для выполнения технологического процесса. Механиз. строит. № 12 2014 г.
3. Кудрявцев Е.М. Mathcad 11. Полное руководство по русской версии. -М.: ДМК, 2005. – 592 с.
4. Кудрявцев Е. М. Строительные машины и оборудование (с примерами расчетов, включая и на компьютере): Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2012. 328 с.
5. Кудрявцев Е. М.. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования. Учебник для вузов. -М.: АСВ, 2013. – 378 с.
6. Кудрявцев Е. М. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для студентов вузов. -М.: Академия, 2010. - 336 с.
7. Кудрявцев Е.М. Начальное знакомство с компьютерными системами Word, Mathcad, КОМПАС. – М., АСВ, 2007. – 160 с.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КРАНА

*Луткин А.Р., студент*

*Научный руководитель – Иванов С.Д., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Целью работы является анализ построения системы дистанционного мониторинга и оценка достоверности определения эксплуатационных параметров.

Система дистанционного мониторинга устанавливается на грузоподъемные краны и представляет собой регистратор параметров с расширенными возможностями и содержит в себе три типа информации: идентификационную информацию (паспортные данные и прочие неизменяемые данные), оперативные данные (непосредственно получаются при работе машины), данные долговременного хранения (накапливаются в памяти системы в результате обработки оперативных данных). Отличие системы дистанционного мониторинга от регистратора параметров состоит в том, что система содержит в себе видеомониторинг, больший спектр обрабатываемой информации, более мощный вычислительный комплекс, а также имеет систему, которая может удаленно наблюдать за всем парком кранов. Система контролирует эксплуатационные параметры, которые можно разделить на определяемые и расчетные. К определяемым относятся: массы



поднимаемых грузов, отработанное число рабочих циклов, наработка механизмов в часах и температура окружающей среды. К расчетным же относятся: фактический коэффициент распределения нагрузки, фактический режим работы крана и выработка ресурса крана. Анализ системы показал, что техническая реализация основана на взаимодействии двух подсистем: информационной и расчетно-аналитической. Информационная подсистема с помощью датчикового оснащения обеспечивает оценку основных параметров рабочих операций, которые являются исходными данными для расчетно-аналитической подсистемы, которая на основе этих данных производит расчет. Информационная подсистема связана с датчиком тензометрического типа восприятия нагрузки, который находится в узле крепления обводного блока запасовки каната. Сигнал с этого датчика обрабатывается и на выходе система получает информацию о массе перемещаемого груза. Эта информация передается в расчетно-аналитическую подсистему, в которой производится расчет расчетных параметров, а затем полученные параметры выводятся в интерфейсе программы.

Расчёт технической применимости данной системы основан на оценке достоверности, получаемых ею данных. Для оценки достоверности использован метод расчёта в соответствии с ИСО 4301-86, данными для которого являлись два источника: система дистанционного мониторинга и натурный эксперимент, включающий в себя контрольные циклы, заключающиеся в последовательной работе всех механизмов крана с известной нагрузкой, и рабочие циклы крана, реализующиеся при его эксплуатации. По результатам экспериментов был сделан вывод, что программа записывает максимальную осредненную нагрузку, воспринимаемую датчиком.

По результатам эксперимента была проведена математическая обработка результатов, в результате которой был получен нормальный смещенный закон, а также получены кривые для определения отклонения значений эксперимента от действительного значения массы груза, в зависимости от действительной массы поднимаемого груза. После чего были составлены теоретические гистограммы нагружения крана, соответствующие полной выработке ресурса крана при режиме работы А6 (рис.1.). Принимаем построенные гистограммы за полученные по показаниям прибора. Используя уравнения для определения погрешности и построенные гистограммы, определили максимальные, минимальные и средние действительные массы для каждой измеренной прибором массы. На основе найденных действительных масс и с помощью кривой распределения было определено количество циклов каждой из действительных масс. После чего на основе ИСО 4301-86 был проведен расчет действительной выработки ресурса крана. Результаты расчёта количества циклов и действительной выработки ресурса крана представлены на рисунках 2-6.

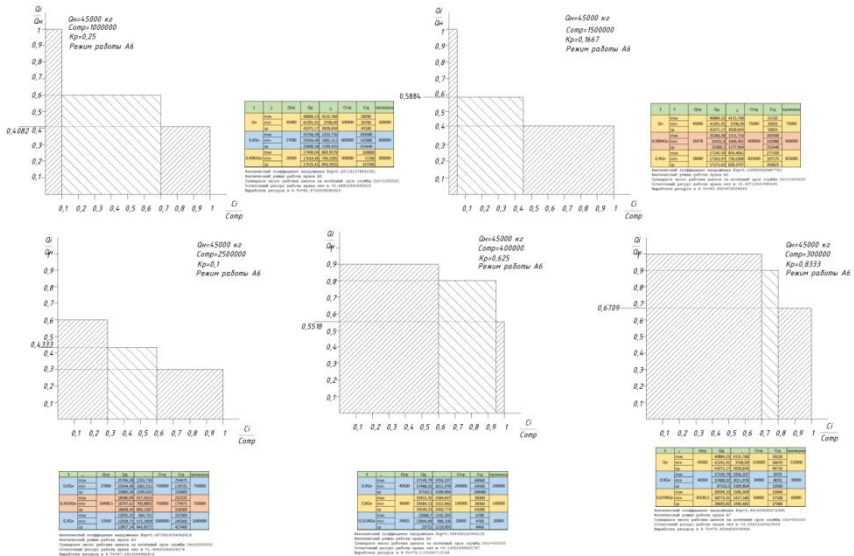


Рис. 1. Теоретические гистограммы нагружения

1	$\Delta$	Qпр	Qд	$\Delta$	Спр	Сд
Qн	max	45000	40884,23	4115,768	100000	28200
	min		41291,91	3708,09		26700
	ср		41071,17	3928,834		45100
0,6Qн	max	27000	25766,28	1233,716	600000	203580
	min		25934,49	1065,511		142980
	ср		25800,58	1199,425		253440
0,4082Qн	max	18369	17499,04	869,9579	300000	100800
	min		17619,46	749,5395		71700
	ср		17525,41	843,5925		127500

фактический коэффициент нагружения  $K_{пр}=0.207181576591081$

фактический режим работы крана А5

Суммарное число рабочих циклов за истёкший срок службы  $St_1=1000000$

Остаточный ресурс работы крана лет  $m = 2.56910540453515$

Выработка ресурса в %  $V_r=82.8726306364323$

Рис. 2. Результаты расчёта первой гистограммы

2	$\Delta$	Qпр	Qд	$\Delta$	Cпр	Cд
Qн	max	45000	40884,23	4115,768	75000	21150
	min		41291,91	3708,09		20025
	ср		41071,17	3928,834		33825
0,5884Qн	max	26478	25266,28	1211,716	600000	203580
	min		25431,6	1046,401		142980
	ср		25300,1	1177,904		253440
0,4Qн	max	18000	17145,59	854,4061	825000	277200
	min		17263,97	736,0308		197175
	ср		17171,62	828,3797		350625

фактический коэффициент нагружения Kпр=0.139920828667724

фактический режим работы крана А5

Суммарное число рабочих циклов за истёкший срок службы St1=1500000

Остаточный ресурс работы крана лет m =2.40712541990485

Выработка ресурса в % Vr=83.9524972006343

**Рис. 3.** Результаты расчёта второй гистограммы

3	$\Delta$	Qпр	Qд	$\Delta$	Cпр	Cд
0,6Qн	max	27000	25766,28	1233,716	750000	254475
	min		25934,49	1065,511		178725
	ср		25800,58	1199,425		316800
0,4333Qн	max	19498,5	18580,94	917,5613	750000	252225
	min		18707,61	790,8892		179475
	ср		18608,34	890,1587		318300
0,3Qн	max	13500	12835,25	664,751	1000000	332300
	min		12928,71	571,2909		240300
	ср		12857,14	642,8571		427400

фактический коэффициент нагружения Kпр=0.0872913094462616

фактический режим работы крана А4

Суммарное число рабочих циклов за истёкший срок службы St1=2500000

Остаточный ресурс работы крана лет m =1.90630358306076

Выработка ресурса в % Vr=87.2913094462616

**Рис. 4.** Результаты расчёта третьей гистограммы

4	$\Delta$	Qпр	Qд	$\Delta$	Cпр	Cд
0,9Qн	max	40500	37149,79	3350,207	240000	66960
	min		37488,02	3011,978		64560
	ср		37310,2	3189,804		108480
0,8Qн	max	36000	33415,35	2584,647	140000	38360
	min		33684,13	2315,866		38360
	ср		33549,23	2450,773		63280
0,5518Qн	max	24831	23688,7	1142,303	20000	6780
	min		23844,89	986,106		4760
	ср		23721	1110,003		8460

фактический коэффициент нагружения Kпр=0.494458150445105

фактический режим работы крана А6

Суммарное число рабочих циклов за истёкший срок службы St1=400000

Остаточный ресурс работы крана лет m =3.13300438931747

Выработка ресурса в % Vr=79.1133040712168

**Рис. 5.** Результаты расчёта четвертой гистограммы

5	$\Delta$	Qпр	Qд		Cпр	Cд
Qн	max	45000	40884,23	4115,768	210000	59220
	min		41291,91	3708,09		56070
	ср.		41071,17	3928,834		94710
0,9Qн	max	40500	37149,79	3350,207	30000	8370
	min		37488,02	3011,978		8070
	ср.		37310,2	3189,804		13560
0,6709Qн	max	30190,5	28594,19	1596,309	60000	15840
	min		28773,31	1417,186		17100
	ср.		28693,82	1496,685		27060

фактический коэффициент нагружения  $K_{гр}=0.641303863372495$

фактический режим работы крана А7

Суммарное число рабочих циклов за истёкший срок службы  $S_{т1}=300000$

Остаточный ресурс работы крана лет  $m=3.45653045929509$

Выработка ресурса в %  $V_r=76.9564636046994$

**Рис. 6.** Результаты расчёта пятой гистограммы

В таблицах:  $\Delta$  – значения максимальной, минимальной и средней погрешности; Qпр – масса груза по прибору; Qд – масса груза действительная; Cпр – количество циклов с массой по прибору Qпр; Cд – количество циклов с действительной массой Qд.

На основе проведенной работы, можно сделать вывод, что погрешность измерений влияет на достоверность расчета коэффициента распределения нагрузки и выработки ресурса, причем при меньших нагрузках на кран и большим количеством циклов кран не дорабатывает около 13-17% своего ресурса, а при больших нагрузках и малым количеством циклов кран не дорабатывает 20-24% ресурса, т.е. чем больше нагрузки на кран, тем больше ошибка расчета выработки ресурса.

#### Библиографический список

- ГОСТ 28609-90 Краны грузоподъемные. Основные положения расчета.
- ГОСТ 25546-82 Краны грузоподъемные. Режимы работы.
- ИСО 4301/1-86. Краны и подъемные устройства. Классификация. Часть 1. Общие положения.
- Федеральный закон от 21 июля 1997 года №116-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов.
- Федеральные нормы и правила: ФНП №533. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения.
- Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций/В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин и др.; Под общ ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.536 с.

7. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов/ М. П. Александров В., М. М. Гохберг, А. А. Ковин и др.; Под общ ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. 559 с.

8. Федорец А.И. Система диспетчеризации грузоподъемных кранов с применением удаленного доступа. Руководство по эксплуатации.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОСТАВНОГО ОТВАЛА АВТОГРЕЙДЕРА

*Межуев Д.С., студент*

*Научный руководитель – Орехова Т.Н., доц., к.т.н.*

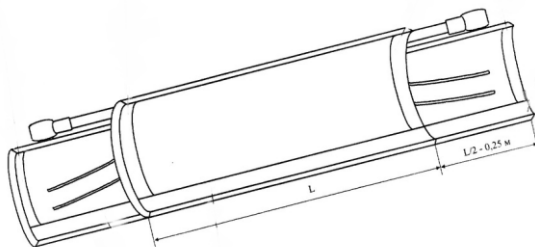
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
(Российская Федерация)*

В настоящее время строительное производство немислимо без его механизации, т. е. без применения специальных машин. Основными работами при строительстве земляного полотна автомобильной дороги являются возведение насыпей и разработка выемок. Сооружение насыпи с использованием грунта из близлежащих выемок на трассе дороги или из карьера связано с перемещением больших масс грунта.

Как правило, грунт разрабатывают послойно. Разгрузку можно при необходимости организовать так, чтобы укладка грунта производилась также послойно. Землеройно-транспортные машины имеют сравнительно ограниченное применение, так как они могут выполнять только однообразные технологические приемы, и возможности их работы в значительной степени зависят от рельефа местности.

Для повышения производительности при планировочных работах разрабатываются новые конструкции отвалов автогрейdera.

Технической задачей, которую решает данная конструкция (рис. 1), является это увеличение производительности планировочных работ, выполняемых автогрейдером, и упрощение конструкции рабочего органа.

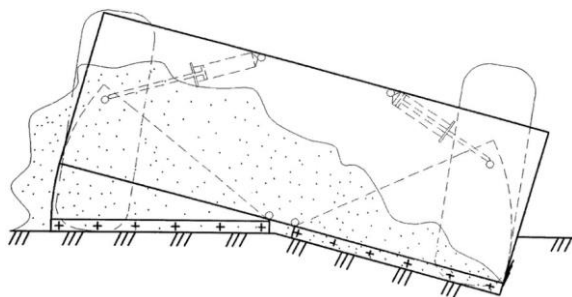


**Рис. 1.** Отвал автогрейдера

Требуемый технический результат достигается тем, что в рабочем органе, состоящем из центральной, двух боковых секций и гидроцилиндров их выдвижения, при этом каждый гидроцилиндр связан с соответствующей боковой секцией с помощью шарнира, представляющего корпус, образованный стаканом и втулкой, который своим стаканом закреплен (с возможностью вращения за счет радиально-упорных подшипников) на конце штока гидроцилиндра, а втулкой охватывает (с возможностью продольных перемещений в ней) верхний конец пальца, который своим нижним концом шарнирно соединен с верхней частью наружного конца соответствующей боковой секции, согласно изобретению центральная секция снабжена с тыльной стороны винтовыми направляющими "шевронного" типа, с подъемом в направлении от торцов к середине центральной секции, в которых посредством ползунов установлены боковые секции. При этом каждая боковая секция имеет длину  $l = (L/2) - 0,25$  м, где  $L$  – длина центральной секции.

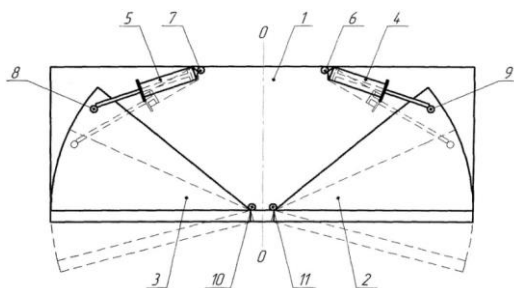
Недостатком данной конструкции является то, что не предусмотрен вариант очистки от грунта и прочего массива направляющих пазов, по которым перемещаются боковые секции. При сильном загрязнении паза, боковая секция может не вернуться в транспортное положение, тем самым это приведет к повреждению гидроцилиндра, потому что его шток, будет не полностью задвинут и попадание на него абразивных частиц приведёт к царапанию поверхности штока. Также если машинист не заменит, что секция не полностью задвинута, совершая манёвр и не рассчитав габаритную ширину, может ударить и тем самым, либо погнуть ее вместе с гидроцилиндром, либо выломать.

Задачей следующей конструкции (рис. 2) является повышение производительности автогрейдера при копании и перемещении грунта в сторону косо поставленным отвалом. Задача решается за счет того, что составной отвал автогрейдера, содержащий отвал и выдвижные секции, симметрично расположенные относительно его вертикальной оси, сзади выполнены в форме секторов и шарнирно соединены с отвалом с возможностью поворота секций, приводимых в движение с помощью индивидуальных приводов.



**Рис. 2.** Копание грунта косопоставленным отвалом

Составной отвал автогрейдера (рис. 3) состоит из: основного отвала 1, с задней частью которого посредством нижних шарниров 10 и 11 соединены симметрично расположенные относительно вертикальной оси отвала О-О выдвижные секции 2 и 3, имеющие форму секторов. Шарниры 8 и 9, расположенные в верхней части выдвижных секций, соединены с механизмами управления (например - штоками гидроцилиндров 4 и 5, которые шарнирами 6 и 7 соединены с основным отвалом).



**Рис. 3.** Составной отвал

При подаче масла под давлением в поршневую полость гидроцилиндра 5 поршень со штоком выдвигаются из его корпуса, и секция 3 поворачивается по часовой стрелке, устраняя зазор между плоскостью отвала и поверхностью, по которой движется машина, тем самым устраняя проблему просыпания грунта под ведущие колеса.

#### Библиографический список

25. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.

26. Sevryugina N.S., Sharapov R.R. The method of maintaining resource of construction machines, tools and systems // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 52-59.

27. Sharapov R., Kapyrin P., Lozovaya S., Yadykina V., Agarkov A. Research dedusting efficiency of the inertial hub with adjustable parameters // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 03007.

28. Sharapov R.R. Determination of the boundary conditions of the grinding load in ball mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012047.

29. Sharapov R.R. Matrix model of the grinding process of cement clinker in the ball mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012048.

30. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V. The fluidized bed separator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 5. Сер. "2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering" 2018. С. 012052.

31. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V., Yakovlev E.A. Increasing performance of metallurgical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042101.

32. Sharapov R.R., Ovsyannikov Yu.G., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S. Research of aerodynamics of recirculation systems with forced aspirated air // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42707-42713.

33. Sharapov R.R., Stepanov M.A., Kitukov B.A., Yadykina V.V. Methods of equipment choice in shotcreting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042115.

34. Telichenko V.I., Sharapov R.R., Lozovaya S.Y., Skel V.I. Analysis of the efficiency of the grinding process in closed circuit ball mills // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 04040.

35. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // Интерстроймех - 2015 материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 7-11.

36. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89.



37. Надежность машин и механизмов: учебник / В.А. Черкасов [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2015.
38. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Циклонные пылеуловители аспирационных систем // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 161-165.
39. Севрюгина Н.С., Божанов А.А. Ресурсная модернизация самоходных машин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2006. № 1-2. С. 77-80.
40. Севрюгина Н.С., Капырин П.Д. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 59-64.
41. Шарапов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5-8.
42. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 183-186.
43. Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С., Агарков А.М., Бойчук И.П. Кинетика процесса разделения продукта в замкнутой системе с рециркуляцией // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 8. С. 47-51.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА РОТОРНОГО ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА

*Межуев Д.С., студент*

*Научный руководитель – Орехова Т.Н., доц., к.т.н.*

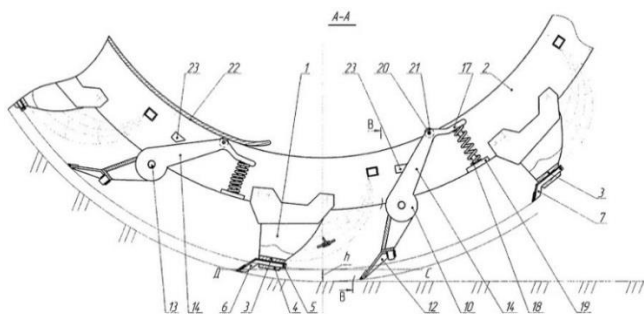
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
(Российская Федерация)*

Процесс производства земляных работ в общем случае состоит из рыхления, отрыва и разработки грунта, перемещения его к месту разгрузки в насыпь или в отвал и укладки грунта с разравниванием и уплотнением. Строительство зданий и искусственных сооружений на дорогах также связано с производством земляных работ, но объем их невелик по сравнению с объемом работ по укладке водопроводных и канализационных труб, кабеля и других инженерных коммуникаций. Эти работы зачастую производят роторными траншейными экскаваторами, конструкции которых постоянно требуют модернизации для улучшения их технических и эксплуатационных показателей.

Данная конструкция рабочего органа (рис. 1) роторного траншейного экскаватора может быть использована при отрывке траншей под магистральные трубопроводы в крепких и мерзлых грунтах.

Техническая задача конструкции является повышение эффективности работы роторных траншейных экскаваторов в крепких и мерзлых грунтах.

Указанная задача решается тем, что на рабочий орган роторного траншейного экскаватора, включающий кольца ротора, ковши, зубья на ковшах с нормальным и укороченным вылетом в сторону забоя и расположенные по значительно прореженным ступенчато-шахматным схемам, установлены между соседними ковшами режущие периметры, которые имеют зубья с вылетом в сторону забоя, равным вылету нормальных зубьев на ковшах, а режущие кромки их ориентированы в линиях прохода по забоя укороченных зубьев на ковшах. При этом количество зубьев на режущих периметрах уменьшено вдвое по сравнению с количеством линий прохода по забоя укороченных зубьев на ковшах. Расстановка зубьев на двух соседних периметрах имеет периодическое смещение влево и вправо относительно продольной плоскости колец ротора на расстояние между соседними линиями прохода по забоя укороченных зубьев на ковшах. Кроме того, режущие периметры закреплены шарнирно к кольцам ротора и имеют г-образные рычаги, свободные забоя укороченных зубьев на ковшах. Кроме того, режущие периметры закреплены шарнирно к кольцам ротора и имеют г-образные рычаги, свободные концы которых опираются на пружины, установленные на кронштейнах в кольцах ротора, а также ролики в местах сгиба рычагов с возможностью их контактирования с ограничительным щитом ротора, на кольцах которого установлены упоры для двуплечих рычагов.



**Рис. 1.** Рабочий орган роторного траншейного экскаватора

Рабочий орган роторного траншейного экскаватора (рис. 1) содержит ковши 1, закрепленные жестко к кольцам ротора 2. На режущие кромки 3 ковшей 1 с помощью зубодержателей 4 и шплинтов 5 установлены нормальные по вылету в сторону забоя зубья 6 и укороченные зубья 7 по сту-

пенчато-шахматным схемам. Ступенчато-шахматная схема расстановки укороченных зубьев 7 смещена перпендикулярно относительно продольной плоскости 8 ротора на расстояние, равное половине расстояния между линиями резания нормальных по вылету в сторону забоя зубьев 6 и на один ковш относительно расстановки этих зубьев 6. Нормальные по вылету в сторону забоя зубья 6 и укороченные зубья 7, перенесенные со всех ковшей на один условный, перекрывают своими режущими кромками весь периметр по ширине отрываемого забоя с незначительными промежутками, определяемыми минимальными значениями углов развала грунта в прорезях после прохода зубьев. Нормальные по вылету в сторону забоя зубья 6 имеют свои линии резания 9. Между каждым соседними ковшами по ободу колец ротора 2 установлены режущие периметры 10. Режущие периметры 10 состоят из криволинейной пластины 11, к которой закреплены зубья 12 с вылетом в сторону забоя той же величины, что у нормальных по вылету в сторону забоя зубьев 6 ковшей 1. Криволинейная пластина 11 простирается от одного кольца 2 ротора до другого и по концам имеет шарниры 13 и двуплечие рычаги 14. Режущие периметры 10 закреплены к кольцам ротора 2 в шарнирах 13 при помощи пальцев 15 и проушин 16, приваренных к кольцам ротора 2. Двуплечие рычаги 14 представляют собой единое целое с режущим периметром 10, имеют г-образную форму, свободные плечи 17 которых опираются на пружины 18, установленные на кронштейны 19. Кронштейны 19 жестко закреплены к внутренним сторонам колец ротора 2. На сгибе двуплечих рычагов 14 установлены шарнирно с помощью осей 20 ролики 21, которые имеют возможность контактирования с ограничительным щитом 22. Ограничительные щиты 22 устанавливаются на рабочие органы всех роторных траншейных экскаваторов и простираются по ободу колец ротора 2 от нижней части забоя траншеи до точки выгрузки грунта из ковшей 1. К внутренним сторонам колец ротора 2 жестко закреплены упоры 23 с возможностью их контакта двуплечими рычагами 14. Количество зубьев 12 на режущих периметрах 10 меньше вдвое, чем общее количество нормальных по вылету стороны забоя зубьев 6 на ковшах 1, и их расстановка между двумя соседними периметрами 10 периодически смешается то в одну, то в другую сторону относительно продольной плоскости 8 колец ротора 2 на один шаг, равный расстоянию между линиями резания 9 нормальных по вылету сторону забоя зубьев 6. Режущие кромки зубьев 12 режущих периметров 10 располагаются в линиях прохода 24 по забою укороченных зубьев 7 ковшей 1.

Рабочий орган роторного траншейного экскаватора работает следующим образом. При копании траншей нормальные по вылету в сторону забоя зубья 6 проводят резание грунта, а остающиеся целики между прорезями после прохода этих зубьев 6 подрезают укороченные зубья 7 и тем самым предотвращают соприкосновение грунта с режущими кромками 3 ковшей 1. В результате такого подрезания грунта укороченными зубьями 7 уменьшается износ режущих кромок 3 ковшей 1 и сопротивление копанью. Кроме того, в верхней части забоя, где крепость мерзлого грунта обычно

выше, чем в нижней части, а толщина срезаемой стружки нормальными по вылету в сторону забоя зубьями 6 больше, укороченные зубья 7 оказываются в области развала в прорезях зубьев 6, практически не участвуют в процессе резания и тем самым значительно снижают энергоемкость копания. Однако после прохода укороченных зубьев 7 в нижней части забоя и на дне отрываемой траншеи остаются выступы непроработанного грунта, равные по высоте половине вылета в сторону забоя нормального зуба 6. Непроработанные выступы по высоте забоя не влияют на процесс копания и всей работы экскаватора. Выступы на дне траншеи высотой  $h$  уменьшают проектную глубину траншеи.

#### Библиографический список

1. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
2. Sevryugina N.S., Sharapov R.R. The method of maintaining resource of construction machines, tools and systems // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 52-59.
3. Sharapov R., Капурин P., Lozovaya S., Yadykina V., Agarkov A. Research dedusting efficiency of the inertial hub with adjustable parameters // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 03007.
4. Sharapov R.R. Determination of the boundary conditions of the grinding load in ball mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012047.
5. Sharapov R.R. Matrix model of the grinding process of cement clinker in the ball mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012048.
6. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V. The fluidized bed separator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 5. Сер. "2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering" 2018. С. 012052.
7. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V., Yakovlev E.A. Increasing performance of metallurgical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042101.
8. Sharapov R.R., Ovsyannikov Yu.G., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S. Research of aerodynamics of recirculation systems with forced aspirated air // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42707-42713.

9. Sharapov R.R., Stepanov M.A., Kitukov B.A., Yadykina V.V. Methods of equipment choice in shotcreting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042115.

10. Telichenko V.I., Sharapov R.R., Lozovaya S.Y., Skel V.I. Analysis of the efficiency of the grinding process in closed circuit ball mills // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 04040.

11. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // Интерстроймех - 2015 материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 7-11.

12. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89.

13. Надежность машин и механизмов: учебник / В.А. Черкасов [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2015.

14. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Циклонные пылеуловители аспирационных систем // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 161-165.

15. Севрюгина Н.С., Божанов А.А. Ресурсная модернизация самоходных машин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2006. № 1-2. С. 77-80.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОВША ЭКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА**

*Межуев Д.С., студент*

*Научный руководитель – Орехова Т.Н., доц., к.т.н.*

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
(Российская Федерация)*

Землеройно-транспортные машины работают в весьма разнообразных и часто тяжелых условиях. Последние особенно часто возникают при транспортном строительстве. Тяжелые условия работы обуславливаются часто чередующимися крутыми подъемами и спусками, движением по рыхлым, а иногда и переувлажненным грунтам, а также работой на сухих сильно пылящих грунтах. При этом необходимо также учесть, что работы часто ведутся на участках, расположенных на больших расстояниях от

промышленных центров и хорошо оснащенных мастерских. Все это заставляет к конструкции машин предъявлять определенные требования.

Все механизмы машин должны быть надежно защищены от пыли. Необходимо также принимать меры конструктивного порядка для очистки рабочих органов этих машин от налипшего грунта. Устраивать эти машины надо так, чтобы по выполнении ими рабочего цикла все дополнительные операции были сведены к минимуму.

Одной из проблем при производстве работ экскаватором-драглайном является налипание грунта на ковш во время рабочего процесса.

Приоритетной задачей в этой области является создание конструкции ковша с простым узлом самоочистки от налипающего грунта на основе штатного ковша экскаватора-драглайна без его существенных изменений, сокращение затрат на его изготовление и сокращение потерь производительности экскаватора при работе в сыром забое.

Указанный технический результат достигается тем, что ковш экскаватора-драглайна содержит днище с режущей кромкой, боковые стенки, заднюю стенку, на верхней кромке которой жестко закреплен шабот и узел самоочистки, выполненный в виде дополнительной подвижной задней стенки, на верхней части которой жестко закреплен ударный брус и двух поводков, одни концы которых шарнирно сочленены с боковыми стенками ковша в его передней части, а другие - жестко сочленены с дополнительной задней стенкой.

Такая конструкция ковша (рис. 1) экскаватора-драглайна не требует изменения конструкции штатных ковшей, так как узел самоочистки является навесным устройством, которое устанавливается на штатный ковш в случае работы экскаватора в сыром забое с налипающим грунтом. В результате чего достигается (за счет самоочистки ковша) возможность поддерживать расчетную производительность.

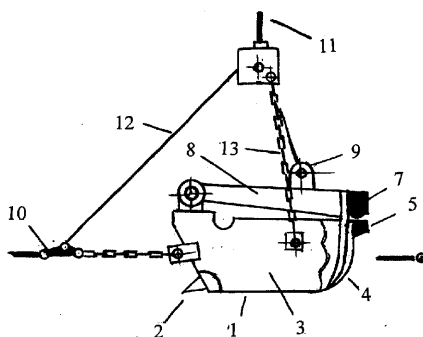
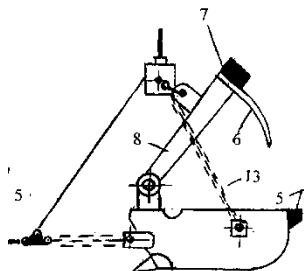


Рис. 1. Положение ковша в забое

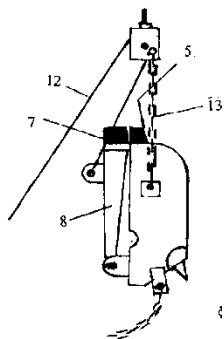
Ковш (рис. 1) содержит днище 1 с режущей кромкой 2 боковые стенки

3, заднюю стенку 4, шабот 5, жестко закрепленный на верхней кромке задней стенки 4 и узел самоочистки, включающий дополнительную подвижную заднюю стенку 6, на верхней части которой жестко закреплен ударный брус 7, два поводка 8 с подшипниками 9, одни концы поводков шарнирно сочленены с боковыми стенками 3 в передней части ковша, а другие жестко сочленены с дополнительной подвижной задней стенкой 6. Набор и разгрузка ковша осуществляется с помощью системы канатов, которая включает тяговый 10, подъемный 11, разгрузочный 12 и подъемные цепи 13.

При выносе ковша из забоя, после его наполнения грунтом, подвижная задняя стенка 6 с помощью подъемного каната 11, выводится из ковша (рис. 2), при этом тяговый канат 11 натянут и ковш с помощью стрелы подается на точку разгрузки. Процесс разгрузки и очистки ковша от налипающего грунта осуществляется следующим образом. При отпуске тягового каната 10 ковш опрокидывается (рис. 3) и при этом подвижная задняя стенка опускается в ковш и происходит соударение ударного бруса 7, закрепленного на ее верхней части и шабота 5, закрепленного на верхней кромке задней стенки 4, в результате чего ковш подвергается активному встряхиванию и освобождению от грунта, причем при необходимости операцию встряхивания можно повторить.



**Рис. 2.** Вынос ковша из забоя



**Рис. 3.** Опрокидывание ковша

Отличительными признаками предлагаемого ковша экскаватора-драглайна являются наличие шабота, установленного на верхней кромке задней стенки и выполнение узла самоочистки в виде дополнительной подвижной задней стенки, с жестко закрепленным на ней ударным брусом и двух поводков, одни концы которых шарнирно сочленены с боковыми стенками ковша в его передней части, а другие концы жестко сочленены с дополнительной задней стенкой.

Благодаря наличию этих отличительных признаков не требуется изменения конструкции штатных ковшей экскаватора-драглайна, так как узел самоочистки и является навесным устройством, которое устанавливается на штатный ковш в случае работы экскаватора в сыром забое с налипающим грунтом. В результате чего достигается (за счет самоочистки ковша) возможность выдерживать расчетную производительность.

#### Библиографический список

1. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
2. Sevryugina N.S., Sharapov R.R. The method of maintaining resource of construction machines, tools and systems // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 52-59.
3. Sharapov R., Капырин P., Lozovaya S., Yadykina V., Agarkov A. Research dedusting efficiency of the inertial hub with adjustable parameters // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 03007.
4. Sharapov R.R. Determination of the boundary conditions of the grinding load in ball mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012047.
5. Sharapov R.R. Matrix model of the grinding process of cement clinker in the ball mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. С. 012048.
6. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V. The fluidized bed separator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 5. Сер. "2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering" 2018. С. 012052.
7. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V., Yakovlev E.A. Increasing performance of metallurgical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042101.



8. Sharapov R.R., Ovsyannikov Yu.G., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S. Research of aerodynamics of recirculation systems with forced aspirated air // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 21. С. 42707-42713.

9. Sharapov R.R., Stepanov M.A., Kitukov B.A., Yadykina V.V. Methods of equipment choice in shotcreting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. С. 042115.

10. Telichenko V.I., Sharapov R.R., Lozovaya S.Y., Skel V.I. Analysis of the efficiency of the grinding process in closed circuit ball mills // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 04040.

11. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // Интерстроймех - 2015 материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 7-11.

12. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89.

13. Надежность машин и механизмов: учебник / В.А. Черкасов [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБ АСВ, 2015.

14. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Циклонные пылеуловители аспирационных систем // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 161-165.

15. Севрюгина Н.С., Божанов А.А. Ресурсная модернизация самоходных машин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2006. № 1-2. С. 77-80.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОГРЕЙДЕРА**

*Межуев Д.С., студент*

*Научный руководитель – Орехова Т.Н., доц., к.т.н.*

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)  
(Российская Федерация)*

Под эффективным использованием средств механизации, в первую очередь, понимается достижение максимальной производительности при высоких экономических показателях и высоком качестве работ. Наиболее

трудоемкими в дорожном строительстве являются работы по сооружению земляного полотна, составляющие до 70% от общего объема работ. Одной из машин выполняющие данный тип работ является автогрейдер.

Использование двух отвалов на одной тяговой раме обеспечивает более равномерное распределение сил сопротивления при работе за счет изменения суммарной длины отвала, выбор оптимальной работы двигателя и использование максимальной мощности двигателя в рабочем процессе, уменьшение расхода топлива и увеличение энергоемкости машины, повышение производительности машины при копании грунта, снижение металлоемкости.

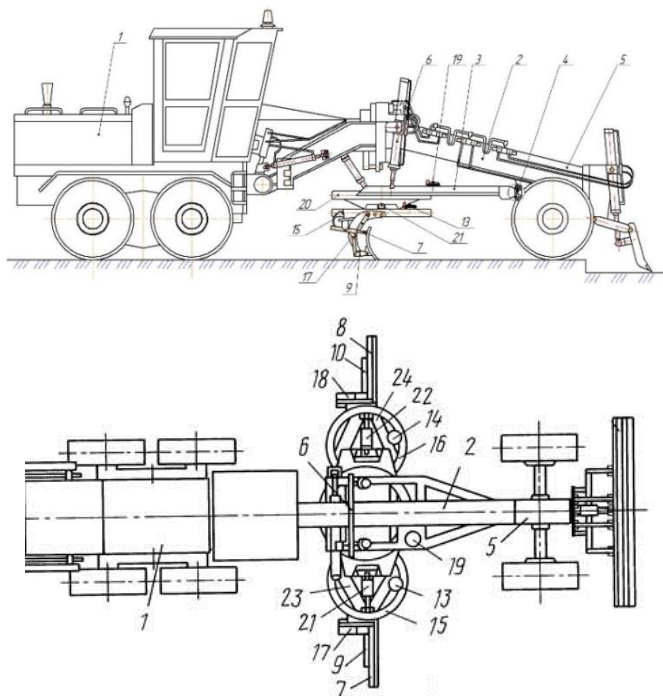
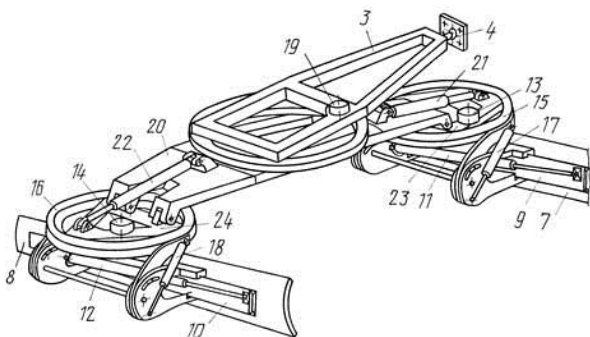


Рис. 1. Автогрейдер

Автогрейдер 1, включающий основную раму 2, тяговую раму 3, сочлененную шарниром 4 с передней частью 5 автогрейдера 1, механизм 6 выноса и перекоса тяговой рамы, отвалы 7 и 8, каждый из которых установлен в аналогичных направляющих 9 и 10, механизмы 11 и 12 выдвижения отвалов 7 и 8 по аналогичным направляющим 9 и 10, механизмы 13 и 14 поворота отвалов вокруг вертикальных осей с зубчатым венцами 15 и 16, выполненных в виде полноповоротных кругов, к которым присоединены механизмы 17 и 18 изменения угла резания, механизм 19 поворота поворот-

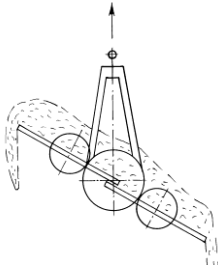
ной рамы 20, выполненной за одно целое с полноповоротным зубчатым венцом, механизмы 21 и 22 перекоса отвалов 7 и 8, установленные на опорных частях 23 и 24.



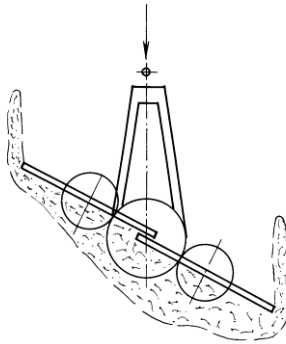
**Рис. 2.** Рабочее оборудование

Для установки в различные рабочие положения отвалы 7 и 8 перемещаются с помощью механизмов 21 и 22 перекоса отвалов, одновременно или поочередно как в одну, так и в другую сторону, так и в различное из промежуточных положений от  $0-90^{\circ}$ . Кроме того, каждый из отвалов 7 и 8 с помощью механизмов 13 и 14 поворота отвалов может быть повернут на угол от  $0$  до  $360^{\circ}$  как в одну, так и в другую сторону. С помощью механизма 19 поворота поворотной рамы 20 может быть осуществлен поворот рамы 20 с отвалами 7 и 8 на угол  $0-360^{\circ}$  как в одну, так и в другую сторону. С помощью механизма 10 выноса тяговой рамы 3 может быть осуществлен перекос поворотной рамы 20 с отвалами 7 и 8 на угол  $0-90^{\circ}$  или в любое из промежуточных положений.

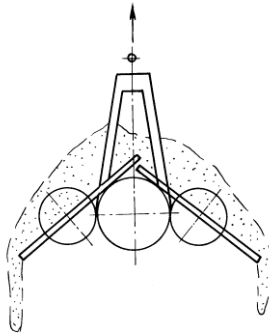
Поперечное перемещение грунта двумя отвалами на одну сторону осуществляется в положении, показанном на рис 3, при работе в режиме заднего хода на рис 4. При этом используется суммарная длина двух отвалов. Поперечное перемещение грунта двумя отвалами в обе стороны с одновременной профилировкой уклона осуществляется в положении, показанном на рис 5. Также на автогрейдеру могут быть осуществлены операции укладки грунта в валок между колес и перемешивания, показанные на рис. 6 и 7.



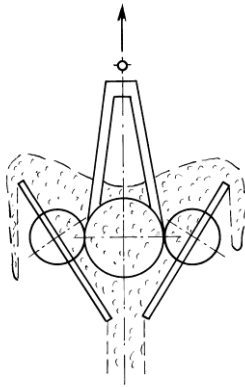
**Рис. 3.** Поперечное перемещение грунта



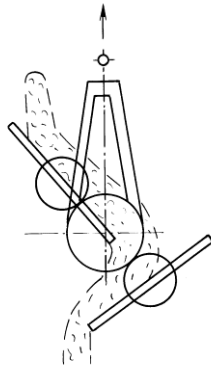
**Рис. 4.** Поперечное перемещение грунта, задний ход



**Рис. 5.** Поперечное перемещение грунта двумя отвалами в обе стороны



**Рис. 6.** Укладка грунта в валок между колес



**Рис. 7.** Перемешивание грунта

#### Библиографический список

1. Gridchin A.M., Yadykina V.V., Trautvain A.I., Sharapov R.R., Zhukova A.A. Stone mastic asphalt and stabilizing additives for its production // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1053-1058.
2. Sevryugina N.S., Sharapov R.R. The method of maintaining resource of construction machines, tools and systems // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 52-59.
3. Sharapov R., Kapyrin P., Lozovaya S., Yadykina V., Agarkov A. Research dedusting efficiency of the inertial hub with adjustable parameters // MATEC Web of Conferences 5. Сер. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. С. 03007.

4. Sharapov R.R. Determination of the boundary conditions of the grinding load in ball mills // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Serp. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. C. 012047.

5. Sharapov R.R. Matrix model of the grinding process of cement clinker in the ball mill // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Serp. "International Conference on Mechanical Engineering and Applied Composite Materials" 2018. C. 012048.

6. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V. The fluidized bed separator // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 5. Serp. "2017 the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering" 2018. C. 012052.

7. Sharapov R.R., Kharlamov E.V., Yadykina V.V., Yakovlev E.A. Increasing performance of metallurgical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Serp. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. C. 042101.

8. Sharapov R.R., Ovsyannikov Yu.G., Boychuk I.P., Agarkov A.M., Prokopenko V.S. Research of aerodynamics of recirculation systems with forced aspirated air // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 21. C. 42707-42713.

9. Sharapov R.R., Stepanov M.A., Kitukov B.A., Yadykina V.V. Methods of equipment choice in shotcreting // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11. Serp. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2017 - Processing Equipment, Mechanical Engineering Processes and Metals Treatment" 2018. C. 042115.

10. Telichenko V.I., Sharapov R.R., Lozovaya S.Y., Skel V.I. Analysis of the efficiency of the grinding process in closed circuit ball mills // MATEC Web of Conferences 5. Serp. "5th International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education", IPICSE 2016" 2016. C. 04040.

11. Агарков А.М. Двумерные уравнения динамики потока воздуха в концентраторе // Интерстроймех - 2015 материалы международной научно-технической конференции. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 7-11.

12. Агарков А.М. Направления совершенствования конструкций циклонных аппаратов // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 89.

13. Надежность машин и механизмов: учебник / В.А. Черкасов [и др.]. – М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2015.

14. Овсянников Ю.Г., Агарков А.М. Циклонные пылеуловители аспирационных систем // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 161-165.

15. Севрюгина Н.С., Божанов А.А. Ресурсная модернизация самоходных машин // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2006. № 1-2. С. 77-80.

16. Севрюгина Н.С., Капырин П.Д. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 59-64.

17. Шарапов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5-8.

18. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор EXCEL) // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 183-186.

19. Шарапов Р.Р., Прокопенко В.С., Агарков А.М., Бойчук И.П. Кинетика процесса разделения продукта в замкнутой системе с рециркуляцией // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 8. С. 47-51.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРАНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАСТРОЙКИ ПРИБОРА-ОГРАНИЧИТЕЛЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ**

*Михальчик Н.Л., студент*

*Научный руководитель – Иванов С.Д., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

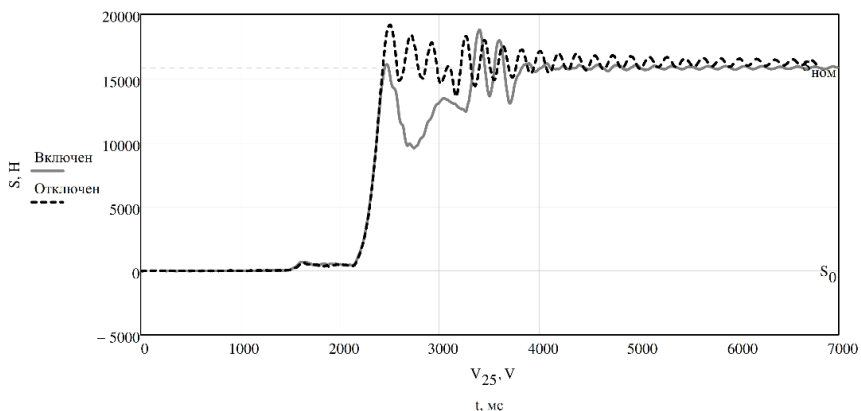
Одним из факторов, оказывающим наибольшее влияние на конструкцию и эксплуатационные характеристики крана, является его способность сопротивляться циклическим нагрузкам. Это связано со сложностями контроля остаточного ресурса крана из-за протяженного по времени характера возникновения дефектов. Возникновение нагрузок, превышающих номинальные, в процессе эксплуатации ведет к значительному уменьшению этого ресурса.

Однако, если предпринимать превентивные меры по ограничению максимальной воспринимаемой металлоконструкцией и механизмами крана нагрузки, возможно значительно увеличить остаточный ресурс уже работающих кранов или уменьшить затраты при производстве новых кранов.

Одним из типов устройств, позволяющих добиться этого результата, служат ограничители грузоподъемности различных конструкций [1-2], в частности приборы серии ОГШ производства ЗАО "ИТЦ "КРОС"[3-5]. Данный прибор позволяет при правильных настройках [6-8] как не допустить подъем грузов больше определённой массы (согласно требованиям

ФНП [9] более 1,25 номинальной), так и снизить динамические нагрузки на металлоконструкцию крана, что можно увидеть на осциллограмме подъема груза со включенным и отключенным прибором ОГШ 2.1 (рис.1).

Определение этих настроек производится расчетным путем на основании как паспортных, так и определяемых экспериментально параметров крана. Точность измерения этих параметров в значительной степени влияет на точность результатов дальнейшего расчета. В настоящее время процесс настройки прибора времязатрачен, трудоемок и требует применения дополнительного оборудования.



**Рис. 1.** Осциллограмме подъема номинального груза мостовым краном со включенным и отключенным прибором ОГШ-2

Целью данной работы является разработка методики получения и автоматической обработки поступающих с прибора ОГШ-2 данных о динамических процессах при работе механизма подъема мостового крана для проведения дальнейшего расчета.

Необходимыми этапами для обеспечения практической применимости разрабатываемого алгоритма является оценка возможностей текущей версии прибора – точности, частоты снятия данных и т.д., - а также создание надежной экспериментальной установки для дальнейшей испытательной деятельности.

В данной работе нами была разработана воспроизводимая методика ручной обработки получаемых с прибора ОГШ-2.1 с датчиком изгиба [10] данных и расчета [11] на ее основании динамических параметров крана, а также аналогичная автоматическая система расчета динамических параметров в среде Mathcad.

Затем мы провели серию экспериментов с прибором ОГШ-2 на мостовом кране КМГ-201, выполнили их статистическую обработку ручным и автоматическим методом и сравнили полученные результаты с показаниями контрольных приборов.



На основании этого опыта было выявлено, что автоматическая система расчета значительно снижает время, затрачиваемое на обработку данных, повышает точность расчета необходимых для дальнейшего моделирования величин и позволяет в перспективе автоматизировать процесс настройки.

### Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533 [Электронный ресурс] URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-rostekhnadzora-ot-12112013-n-533-ob/> (дата обращения 10 октября 2017).

2. ОНК-160М. Ограничители нагрузки для мостовых и козловых кранов [Электронный ресурс] URL: <http://aemp.ru/stuff/12-onk-160m> (дата обращения 2 июля 2018).

3. Ограничители грузоподъемности [Электронный ресурс] URL: <http://itc-kros.ru/category/ogranichiteli-gruzopodemnosti> (дата обращения 2 июля 2018).

4. Тимин Ю. Ф. Корников М.В. Применение ограничителей грузоподъемности типа ОГШ в составе кранов, эксплуатирующихся на гидротехнических сооружениях. Топэнергопром, 2014 № 5 (январь-февраль), С.32-33.

5. Тимин Ю. Ф. Корников М.В. Ограничители грузоподъемности типа ОГШ: реалии и перспективы. ФСР, 2010 № 5(85), С. 110-113.

6. Иванов С.Д. Обеспечение корректной работы ограничителей грузоподъемности кранов мостового типа // Механизация строительства. 2014. № 5.

7. Экспериментальное исследование динамических нагрузок на мостовой кран, оборудованный ограничителем грузоподъемности / С.Д. Иванов // Механизация строительства. — 2015. — №6. — С. 54-56.

8. Шакаров К.К. Расчетно-пояснительная записка к дипломной работе на тему: разработка системы определения динамических нагрузок на механизмы подъема кранов мостового типа. М. 2016.

9. Основные требования безопасности к ограничителям грузоподъемности электрических мостовых и козловых кранов (РД 10-118-96). Серия 10. Выпуск 59. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 12с.

10. Каталог накладных датчиков. ЗАО «ИТЦ «КРОС» [Электронный ресурс] URL: [https://itc-kros.ru/files/catalog\\_dnk.pdf](https://itc-kros.ru/files/catalog_dnk.pdf) (дата обращения 2 июля 2018).

11. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫРЕЗАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БАРОВОЙ СЕКЦИИ ПУТЕВОГО КОМПЛЕКСА ЩОМ-РБ**

*Никулина М.Р., студентка*

*Научный руководитель – Чалова М.Ю., доц., к.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

Железнодорожный путь – это основа железнодорожного транспорта, которая является сложным многоэлементным комплексом инженерных сооружений и устройств, создающих дорогу с направляющей рельсовой колеей, используемую для осуществления движения поездов.

Под влиянием поездной нагрузки со временем в рельсовой колее образуются и накапливаются отклонения от норм содержания пути по просадкам, перекосам, отклонениям по уровню и в плане и другие, возникающие обычно неравномерно по протяжению пути, что приводит к вынужденному снижению скорости движения поездов и необходимости периодически выполнять ремонтно-путевые работы. Эти работы являются массовыми, тяжелыми, трудоемкими и взаимосвязанными друг с другом по месту и времени выполнения.

Техническая политика на транспорте в области инфраструктуры берет курс, прежде всего, на применение продукции отечественных производителей транспортной техники и оборудования для комплексного перевооружения железнодорожной отрасли, обеспечивая её рост и развитие, соответствующие современному уровню в мире.

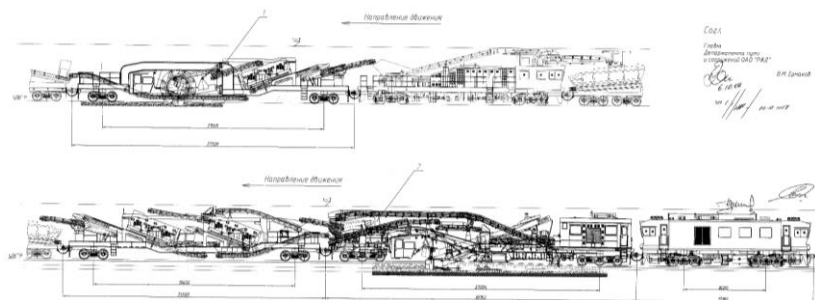
Совершенствование путевой техники и технологий осуществляется на основе снижения ресурсоемкости транспортной техники, повышения экономичности, безопасности, эргономичности и экологичности. С учетом положений программных документов по развитию производства конкурентоспособной транспортной техники перечисленные характеристики обозначены как первоочередные.

Проектируемый путевой комплекс ЩОМ-РБ может применяться при среднем, капитальном и усиленном капитальном ремонте.

Он предназначен для глубокой вырезки и очистки загрязненного щебеночного балласта на перегонах с отбором очищенного щебня, лежащего в плече балластной призмы и междупутье, в хоппер-дозаторы, а засорителей - в специализированный подвижной состав или в сторону от пути, уплотнения поверхности среза перед укладкой геотекстиля или пенополистироль-

ных плит, укладки под путевую решетку очищенного щебня (нижний слой), уплотнения нижнего слоя очищенного щебня.

ЩОМ-РБ формируется из двух секций: роторной и баровой, представленных на рисунке 1.



**Рис.1.** Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-РБ:

1 – роторная секция; 2 – баровая секция

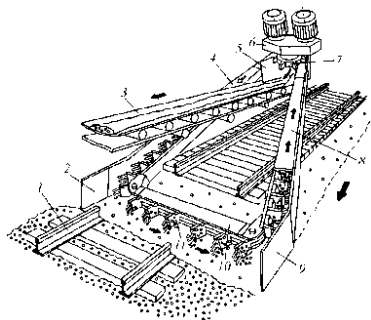
С помощью роторной секции производятся работы по очистке ремонтируемого участка от старого загрязненного щебня по торцам шпал. Также роторная секция выполняет функцию создания откосов – формирования профиля пути при капитальном и усиленном капитальном ремонтах.

Роторная секция является «помощником» для проходящей за ней баровой секции, облегчая за счет удаления скопившегося загрязненного балласта по откосам и торцам шпал заведение подпутной балки ее главного рабочего органа -вырезающего устройства - под рельсовый путь и шпалы.

Баровая секция состоит и нескольких модулей:

- 1) составов ЗС – 800 для засорителей;
- 2) модуля добывающе-укладочного;
- 3) тягово-энергетического модуля.

Наиболее интересен для рассмотрения добывающе-укладочный модуль, включающий в себя вырезающее устройство. В качестве прототипа данного рабочего органа для вырезания непригодного щебеночного балласта используется вырезающее устройство современной путевой машины ЩОМ-1200, представленное на рисунке 2.



**Рис.2.** Вырезающее устройство ЩОМ-1200:

1 – рельсовый путь; 2, 9 – подгребающие крылья; 3 – конвейер; 4 – нисходящий желоб; 5 – загрузочная воронка; 6 – привод органа; 7 – звездочка; 8 – восходящий желоб

Модернизация происходит путем увеличения скорости вырезающей щебень цепи и площади желоба, необходимой для предотвращения высыпания щебня за его борта.

Повышение скорости цепи и изменение геометрических параметров вырезающего устройства и, как следствие, геометрических параметров ленточных конвейеров, позволяющих транспортировать щебень в состав засорителей или в сторону от пути и обеспечивающих взаимодействие модулей, позволит увеличить производительность проектируемой баровой секции в сравнении с ЩОМ – 1200 на 200 м<sup>3</sup>/ч. Это влечет за собой повышение производительности комплекса в целом.

Данный комплекс является аванпроектом и должен сократить затраты труда и времени ремонтных работ на железнодорожном пути благодаря повышению производительности.

Помимо этого, неотъемлемым и существенным признаком при создании нового путевого комплекса является уменьшение экономических затрат на содержание в течение всего жизненного цикла машины.

#### Библиографический список

1. Рабочая документация на щебнеочистительную машину ЩОМ – 1200, проект 082.00.00.000;
2. «Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации», ЦРБ-756.
3. Э.В. Воробьев, Е.С. Ашпиз, А.А. Сидраков «Технология, механизация и автоматизация путевых работ»: учеб. пособие в 2 ч. ;– М: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014 Ч.1 – 308 с.
4. Конструкторские разработки ПТКБ ЦП и ОАО «Калужский завод «Ремпутьмаш».

5. Железнодорожный сайт – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.donetskrail.com/publ/tekhnicheskaja\\_literatura\\_mashina\\_shhom\\_1200/10-1-0-34](http://www.donetskrail.com/publ/tekhnicheskaja_literatura_mashina_shhom_1200/10-1-0-34).
6. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации, ЦД-790.
7. С.А. Соломонов, М.В. Попович, В.М. Бугаенко «Путевые машины»: Учебник для вузов ж.-д. транс. Под ред. С.А. Соломонова – М: Желдориздат 2000 – 756 с.

## **РЫХЛИТЕЛИ СТАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ – КЛАССИФИКАЦИЯ И ФОРМЫ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

*Посякин М.А., студент*

*Сердобов В.Б., старший преподаватель*

*Научный руководитель – Савельев А.Г., проф., д.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Классификация бульдозерно-рыхлительных агрегатов основана на тяговых классах базовых моделей тракторов. За главный классификационный параметр здесь принято номинальное тяговое усилие (класс), характеризующее наибольшую эффективность бульдозерно-рыхлительных агрегатов в типовых, то есть наиболее распространенных условиях. В качестве такого типового фона эксплуатации чаще принимают суглинок с коэффициентом сцепления 0,95 и влажностью не более 10%. Оптимальное значение коэффициента сцепления по тяговому усилию на крюке равно 0,83, а уровень буксования – в пределах 12...20% [3, 4, 5, 8].

Рыхлительные агрегаты статического действия по номинальному тяговому усилию базовых тракторов сегодня разделяют на лёгкие с тяговым усилием до 100 кН, средние с тяговым усилием до 200 кН (мощность двигателя до 200 кВт), тяжелые с тяговым усилием 200...300 кН (мощность двигателя 200...300 кВт) и сверхтяжелые с тяговым усилием более 300 кН (мощность двигателя более 300 кВт) [2, 3, 6, 7, 11 и др.] (рис. 1). Рыхлительные агрегаты легкого класса для разработки мерзлых грунтов не используют. В зоне вечномерзлых грунтов применяют только сверхтяжелые рыхлители [9 – 11].

Используемая до настоящего времени классификация рыхлителей определена в следующих стандартах: ГОСТ 7425 – 71 «Рыхлители гусеничные», ОСТ 22-1666 – 86 «Бульдозеры и рыхлители. Технические условия». Данные стандарты за последние три десятилетия не пересматривались, а их содержание фактически устарело. Такие устаревшие ГОСТы, по мнению Госстандарта РФ, сегодня могут носить только рекомендательный

характер. Вероятно, в перспективе их заменят техническими регламентами [4].

Совершенствование элементов конструкции базовых тракторов и значительные поставки на Российский рынок машин иностранного производства привело к тому, что рассмотренная классификация устарела. В настоящее время отечественными заводами серийно выпускаются рыхлители на гусеничных тягачах с номинальным тяговым усилием от 90 до 400 кН, а также мелкосерийно машины с тяговым усилием 500 и 800 кН [4]. А некоторые иностранные производители уже сегодня выпускают серийно рыхлительные агрегаты с тяговым усилием в 1000 кН (Dressta TD-40E, Komatsu D375A-6, Komatsu D475, Komatsu D575, Caterpillar D11R) [5].

Мы предлагаем усовершенствованную классификацию рыхлителей статического действия по номинальному тяговому усилию базовых тягачей (с шагом 300 кН) – лёгкие с тяговым усилием до 300 кН, средние с тяговым усилием 300...600 кН (мощность двигателя 200...350 кВт), тяжелые с тяговым усилием 600...900 кН (мощность двигателя 350...550 кВт) и сверхтяжелые с тяговым усилием более 900 кН (мощность двигателя более 550 кВт) (см. рис. 1) [14].

Рыхлительные агрегаты легкого класса для разрушения мерзлых грунтов рекомендуем не использовать. Рыхлители среднего класса можно ограниченно применять для разрушения сезонно-мерзлых грунтов V – VI категорий трудности разработки при глубине замёрзшего слоя до 0,4...0,6 м. Рыхлители тяжёлого типа применяют для разрушения сезонно-мерзлых грунтов V – VII категорий трудности разработки при большей глубине замёрзшего слоя. В зоне вечномёрзлых (многолетнемёрзлых) грунтов рекомендуется применять только сверхтяжелые рыхлители [9 – 11].

Процесс рыхления сезонно-мерзлых грунтов будет различным для грунтов с различной глубиной промерзания. Это особенно важно учитывать, так как глубина промерзания сезонно-мерзлого грунта на территории России изменяется в широком диапазоне от нескольких сантиметров до нескольких метров (например, 5 м в Читинской области).

Если глубина промерзания небольшая – до 0,3...0,8 м (слой мелкого промерзания или «тонкий» слой), то процесс рыхления возможно осуществить за один проход путём заглубления наконечника рыхлителя до достижения нижерасположенного слоя талого грунта и дальнейшего разрушения слоя сезонно-мерзлого грунта отрывом снизу от массива (взлом мерзлой корки). Такой процесс осуществляется в непрерывном режиме.

Статические рыхлители тяжёлого и сверхтяжелого типа по своим конструктивным особенностям способны разрабатывать грунт на глубину до 1,5...2 м один проход, и, следовательно, при глубине слоя сезонно-мерзлого грунта 0,8...2 м возможно достижение наконечником слоя талого грунта. В таком случае отрыв грунта снизу также будет происходить по границе «сезонно-мерзлый грунт – талый грунт» с взломом мёрзлой корки. Однако из-за значительной толщины корки рыхление в непрерывном режиме будет весьма затруднительно, поэтому для таких машин процесс ска-

рывающего рыхления оптимально организовать по циклическому принципу, комбинируя двойное (в двух плоскостях) статическое воздействие на разрабатываемый сезонно-мерзлый грунтовый массив (циклическое комбинированное рыхление).

Следовательно, рыхлители для разработки сезонно-мерзлых грунтов будут представлены двумя разновидностями машин, каждая из которых работает по своему принципу: непрерывного статического рыхления для «тонкого» слоя промерзания и циклического (комбинированного) рыхления для «толстого» слоя промерзания.

Авторы считают, что для повышения производительности циклического комбинированного рыхления «толстого» слоя промерзания грунтов желательное использование специальных бульдозерно-рыхлительных агрегатов тяжёлого и сверхтяжелого типа по конструкции несколько отличающихся от существующих статических рыхлителей. Основным отличием этих машин будет увеличенное расстояние от кромки наконечника до оси ведущей звездочки трактора. Такое конструктивное решение потребует и увеличения переднего свеса машины со смещением в него силовой установки для сохранения положения центра тяжести машины. Основные агрегаты таких машин должны быть полностью унифицированы с агрегатами серийных промышленных гусеничных тракторов (рыхлителей).

Следует особо отметить, что выпускаемые в настоящее время статические рыхлители обладают конструктивной возможностью разрабатывать грунт на глубину до 2,1 м. Однако глубина сезонно-мерзлого слоя может достигать 5 метров (слой сверхглубокого промерзания или «сверхтолстый» слой). Статических рыхлителей способных разрабатывать грунт на такую глубину за один проход в настоящее время не существует. Считаем, что необходимо провести проработку возможного облика такого рыхлителя, работающего по принципу скальвающего рыхления.

Основной конструктивной особенностью машины будет наличие нескольких (оптимально – трех) гусеничных шасси (тракторов) связанных между собой рамной металлоконструкцией, к которой крепится подвижная стойка однозубого рыхлителя. Рыхлитель закреплен в базе машины по оси продольной симметрии. Стойка рыхлителя имеет механизм вертикального перемещения (для заглужбления наконечника и скола грунта снизу) и, возможно, механизм продольного перемещения для сдвига стойки с наконечником назад по разработанной прорези. В качестве шасси машины оптимально применять соответствующим образом доработанные серийные промышленные гусеничные тракторы. Транспортировка машины с объекта на объект производится в частично разобранном виде.

Для разработки сезонно-мерзлых грунтов предлагаемым способом отрыва снизу мы предлагаем соответствующие конструкции рабочего оборудования. Рассмотрим возможные варианты конструкций наконечников этих рыхлителей более подробно.

Главное требование к конструкции рыхлительного наконечника – обеспечение высокопроизводительного процесса разрушения грунта при

достаточном сроке службы. При статическом вдавливании силой тяги базового тягача наконечник создаёт в грунте уплотненное тело – постоянное в талых и сезонно-мерзлых и периодически возникающее в многолетнемерзлых грунтах. Сформировавшееся уплотненное тело, в свою очередь, создаёт напряжения растяжения, способствующие отделению элементов грунта в сторону открытой поверхности. Наконечник рыхлителя передает на грунт значительные распределенные линейные нагрузки, составляющие до 55 кН на каждый сантиметр его ширины.

Формы и конструкции современных наконечников для разрушения мерзлых грунтов (рис. 2) весьма многообразны. Например, при разработке моренных мерзлых грунтов со значительным количеством валунных включений применяют укороченные наконечники [11, 12]. Их используют для разработки слабых горных пород и очень крепких вечномерзлых грунтов (рис. 2, а).

Наконечник, оснащенный гребнем на лобовой поверхности, дробит грунт на более однородные по размеру куски, что облегчает последующую их обработку землеройно-транспортными машинами. На различных моделях данного типа наконечников гребень может быть, как слабо выражен (наконечник Четра, рис. 2, б-1), так и сильно выражен (наконечник КИСИ [11, 12], рис. 2, б-2).

Наконечник с отогнутым вниз носком (тип НПО ВНИИСДМ, рис. 2, в) обеспечивал улучшенные условия заглубления в грунт [7, 11, 12]. Однако в настоящее время этот тип наконечников не применяется.

Для разработки большинства мерзлых грунтов, в том числе и высокоабразивных, предназначены удлиненные наконечники (рис. 2, г). Эти наконечники имеют углубления на передней, а часто и на задней поверхностях [11, 12]. При изнашивании они самозатачиваются. На различных моделях таких наконечников углубление может начинаться как от режущей кромки, так и быть несколько удалено от неё. Кроме того, углубление может иметь различную ширину, продольный профиль и верхнюю кромку (прямую, скруглённую, радиусную). Форма углубления зависит от способа изготовления наконечника.

Наконечник с боковыми уширениями (наконечник Растегаева, рис. 4, д) обладает повышенной на 30...40% износостойкостью за счет отвода избытка теплоты в боковые прорезы на ребрах. При этом производительность рыхления увеличивается на 25...30% [9]. Боковые уширения наконечника увеличивают площадь прорези, что позволяет увеличить расстояние между параллельными проходами при рыхлении вечномерзлого грунта. Чем прочнее разрабатываемый грунт, тем уже уширения ( $B1/B = 2,0...1,3$ ).

Достаточно новым типом являются одно- и двухсторонние наконечники с прямым или заууженным носком имеющие в первой трети или половине своей длины симметричные углубления по бокам лобовой поверхности. В зависимости от ширины углублений центральная часть может быть выполнена как в виде плоской площадки (наконечник №3 Сачука, рис. 2, е-1) [12], так и в виде узкого гребня (наконечник ЧТЗ-Уралтрак, рис. 2, е-2).



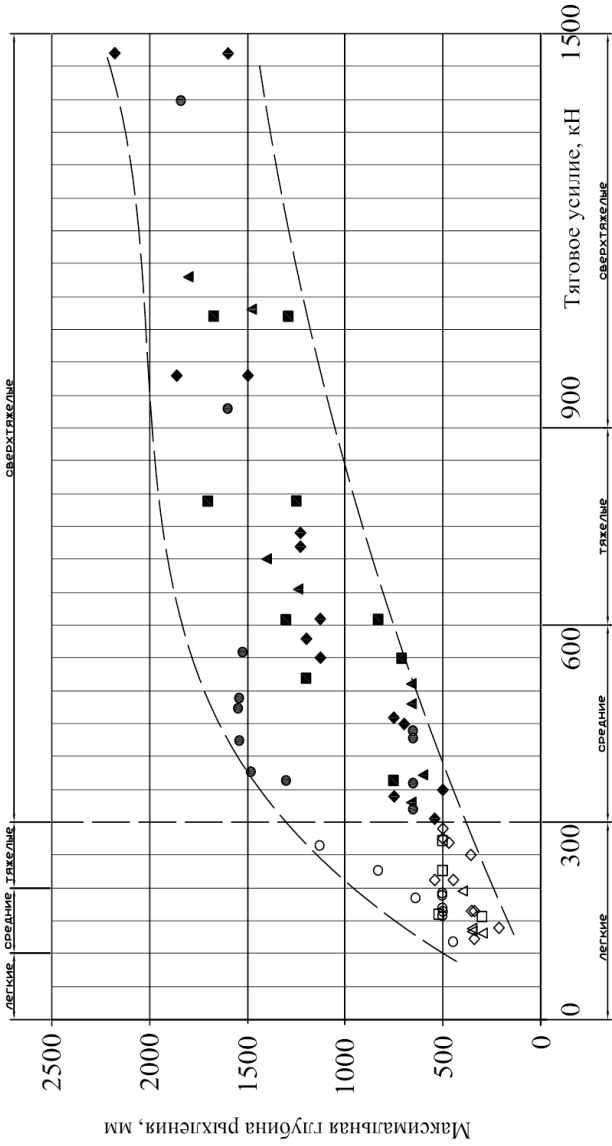
Сами углубления имеют различный профиль. У одностороннего наконечника Comatsu углубления сильно развиты и имеют треугольную форму (рис. 2, е-3). Кроме того, лобовая поверхность наконечника в пределах длины углублений имеет слабовыраженную радиусную вогнутость. Сходной формой обладает и наконечник применяемый фирмой Liebherr. У двухстороннего наконечника Caterpillar углубления сильно развиты и имеют треугольную форму (рис. 2, е-4). Кроме того, центральная лобовая поверхность наконечника выступает над остальной частью поверхности в виде плоского широкого выступа и имеет слабовыраженную радиусную вогнутость.

При применении скальвающего рыхления наконечник, по мнению авторов, может приобретать одну из форм описанных ниже. Это может быть наконечник, сочетающий в себе боковые уширения и центральный продольный гребень (рис. 2, ж). Гребень создает скальвающее усилие и дополнительно дробит грунт, а боковые уширения расширяют разрабатываемую прорезь.

Для усиления скальвающего эффекта, по мнению авторов, применимы также наконечники с вогнутой по радиусу плоской лобовой поверхностью (см. рис. 2, з, и, к). Наконечник (рис. 2, з) в целом похож по форме на простой клинообразный за исключением вогнутой лобовой поверхности. Наконечник (рис. 2, и) отличается от предыдущего расширенной передней кромкой и продольным клиновидным выступом (гребнем) на нижней (задней) поверхности. Форма наконечника (рис. 2, к) сочетает в себе вогнутую лобовую поверхность, боковые уширения и продольный клиновидный выступ (гребень) на нижней (задней) поверхности.

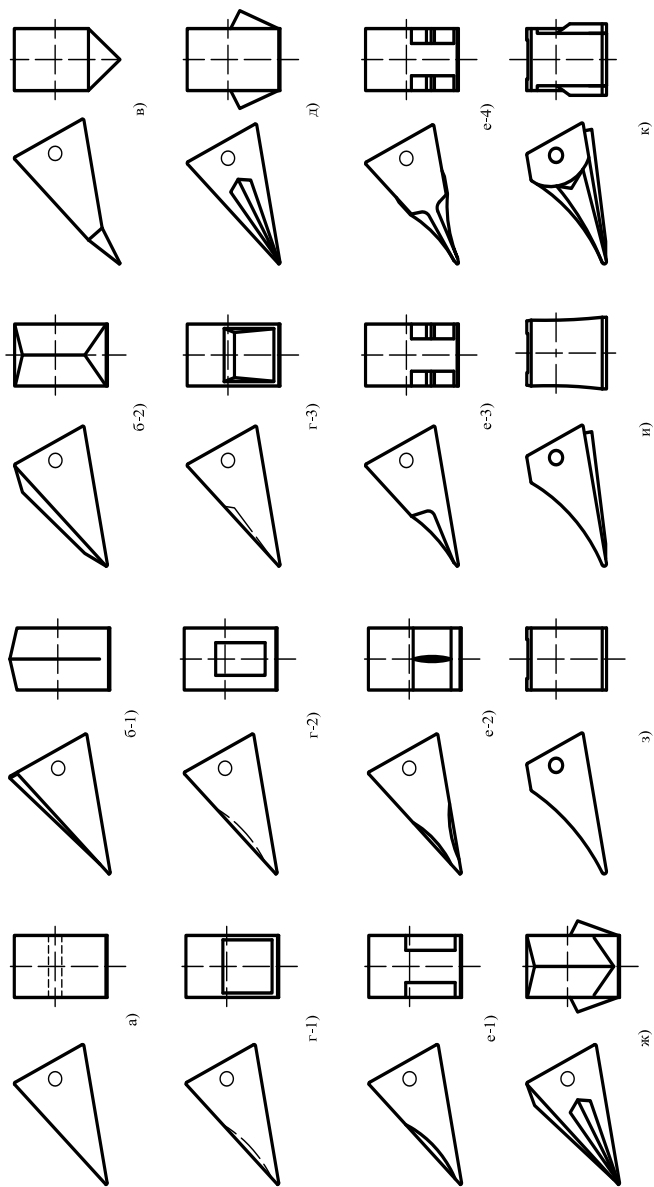
Рассмотрев различные формы существующих наконечников (см. рис. 2, а...е) можно сделать вывод, что они рассчитаны на статическое рыхление вдавливанием. Наконечники с формами, обеспечивающими эффективное скальвающее рыхление отрывом снизу, в настоящее время не известны, так как и сам процесс такого рыхления не описан. Предлагаемые формы наконечников (см. рис. 2, ж...к) требуют подробного описания и расчёта подтверждающего их эффективность при скальвающем рыхлении мерзлых грунтов отрывом снизу.

Действующая классификация (ГОСТ 7425-71)



Предлагаемая классификация

**Рис. 1.** Существующая и предлагаемая классификации рыблителей статического действия по тяговому усилию (Зависимость максимально возможной глубины рыбления грунта от тягового усилия рыблителя). Обозначения:  $\diamond$  США, до 300 кН;  $\blacklozenge$  США, от 300 кН;  $\blacktriangle$  Япония, до 300 кН;  $\blacktriangle$  Япония, от 300 кН;  $\square$  Европа, до 300 кН;  $\blacksquare$  Европа, от 300 кН;  $\circ$  Россия, до 300 кН;  $\bullet$  Россия, от 300 кН.



**Рис. 2.** Типы наконечников рыхлителей статического действия. Обозначения: а) простой клинообразный; б-1) со слабо выраженным гребнем; б-2) с сильно выраженным гребнем; в) с отогнутым носком; г-1) с широкой радиусной выемкой по лобовой поверхности; г-2) с узкой радиусной выемкой по лобовой поверхности; г-3) с широкой угловатой выемкой по лобовой поверхности; д) с боковыми уширениями; е-1) с двумя узкими боковыми выемками односторонний; е-2) с двумя широкими боковыми выемками двухсторонний; е-3) с двумя глубокими боковыми выемками односторонний; е-4) с двумя глубокими боковыми выемками двухсторонний; ж) с боковыми уширениями и гребнем; з) с вогнутой лобовой поверхностью; и) с вогнутой лобовой поверхностью и нижнем гребнем; к) с вогнутой лобовой поверхностью, боковыми уширениями и нижнем гребнем.

## Библиографический список

1. Баловнев, В.И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара – М.: Транспорт, 1993. – 383 с.
2. Волков, Д.П. Машины для земляных работ: Учебник / Д.П. Волков. – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с.
3. ГОСТ 7425 – 71 Рыхлители гусеничные. – Введен 1972-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2000. – 7 с.
4. Ковригин, В. Отечественные бульдозеры (Состояние и тенденции развития отрасли) / В. Ковригин. // Основные Средства. 2008, №6.
5. Ковригин, В. Зарубежные гусеничные бульдозеры (Типоразмерные ряды, состояние и тенденции развития) / В. Ковригин. // Основные Средства. 2008, №8.
6. Машины для земляных работ / М.Д. Полосин [и др.]. /Под ред. М.Д. Полосина. -3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.
7. Машины для специальных земляных работ / Ветров Ю.А. [и др.]. – Киев: Вища школа, 1980. – 191 с.
8. ОСТ 22-1666 – 86 Бульдозеры и рыхлители. Технические условия.
9. Растегаев, И.К. Машины для вечномерзлых грунтов: Учеб. пособие для вузов по спец. «Строит. и дор. машины и оборуд.» / И.К. Растегаев. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с. ил.
10. Растегаев, И.К. Механика и теплофизика статического рыхления вечномерзлых грунтов. / И.К. Растегаев. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1988. – 224 с.
11. Растегаев, И.К. Разработка мерзлых грунтов в северном строительстве / И.К. Растегаев. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992. – 351 с.
12. Сачук А.Ю. Обоснование выбора технологических параметров рыхлителя: Дисс. ... канд. техн. наук 05.05.04 / Алексей Юрьевич Сачук; Сиб. автомобил.-дорож. акад. (СибАДИ). – Омск, 2007.
13. Сердобов, В.Б. Исследование рыхления грунтов криолитозоны / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев. // Применение природосберегающих технологий в условиях холодных регионов: Материалы IX Международного симпозиума по развитию холодных регионов 1-5 июня 2010 г. – Якутск, 2010. – С. 159.
14. Сердобов, В.Б. Совершенствование классификации статических рыхлителей. / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев. // Международный семинар «Проблемы совершенствования конструкции строительных, дорожных, коммунальных и аэродромных машин»: тезисы докладов. – М.: МАДИ, 2010. – С. 37 – 39.
15. Сердобов, В.Б. Исследование эффекта «плавления» рабочего оборудования рыхлителей статического действия в мерзлом грунте / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев, Р.В. Морозов. // Материалы IX Международного симпозиума по проблемам инженерного мерзлотоведения 3-7 сентября 2011 г., г. Мирный, Россия. – Мирный, 2011. – С. 300–305.

16. Сердобов, В.Б. Результаты полевых исследований рыхления грунтов в зимний период по установлению глубины плавания / В.Б. Сердобов, И.К. Растегаев. // Проблемы совершенствования конструкции строительных, дорожных, коммунальных и аэродромных машин: материалы международного семинара. – М.: МАДИ, 2013. – С. 72–76.

17. Сердобов, В.Б. Исследование процесса рыхления сезонно-мерзлых грунтов / В.Б. Сердобов. // XVIII Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы». Материалы конференции. Часть II. Секция 2 Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы, Секция 3 Методы обеспечения качества машин и робототехники. – М.: МАДИ, 2014. – С. 69–70.

18. Строительные и дорожные машины для районов с холодным климатом / В.Д. Телушкин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 197 с.

## **РАЗВИТИЕ РОБОТИЗАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ В МЕДИЦИНСКОЙ СФЕРЕ**

*Романченко Р.С., студент*

*Научный руководитель – Ромашко А.М., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

В настоящее время развитые страны занимаются активным развитием применения роботизации в различных сферах человеческой деятельности, в том числе и медицинской.

Кроме развития непосредственно робототехнических технологий, важно, чтобы соответствующие роботы внедрялись, как часть процессов лечения в больнице или других медицинских процедур.

Получение дополнительной пользы требует прямого вовлечения в процесс разработки данной техники профессионалов в области медицины, а также пациентов, как на стадии дизайна, так и на стадии внедрения при разработке роботов. Ясное понимание существующей медицинской практики, очевидная необходимость обучения медицинского персонала пользованию системой, владение различной информацией, которая может потребоваться для разработки, – критически необходимые факторы при создании пригодной к дальнейшему внедрению системы. Введение роботов в медицинскую практику потребует адаптации всей системы оказания медицинских услуг [5].

За годы развития медицинской робототехники появилось множество роботов, имеющих различное назначение. Анализируя существующих ро-

ботов, становится возможным выделить некоторые группы по назначению [6]:

1. Клинические.
2. Реабилитационные.
3. Сервисные.

Клинические роботы предназначены для решения трех главных задач: диагностики заболеваний, терапевтического и хирургического лечения [7]. В ряде существующих диагностических систем с изображением на экране исследуемого места (например, система для проведения процедур биопсии) уже используются элементы робототехники. Роботы-ассистенты хирурга приобретают большую популярность и помогают проводить сложные хирургические операции точнее и быстрее. Предполагается, что массовое появление медицинских изделий различного назначения, управляемых от ЭВМ, окажет сильное влияние на врачебную практику.

Реабилитационная робототехника включает такие устройства, как протезы или, например, роботизированные экзоскелеты или ортезы, которые обеспечивают тренировку, поддержку или замену утраченных активностей или нарушенной функциональности человеческого тела и его структуры. Такие устройства могут применяться, как в больницах, так и в повседневной жизни пациентов, но как правило требуют первичной настройки медицинскими специалистами и последующего наблюдения за их правильной работой и взаимодействием с пациентом [5].

Сервисные медицинские роботы призваны решать транспортные задачи по перемещению пациентов и различных грузов, а также по уходу за больными, прикованными к постели. Внедрение в здравоохранение роботов этой группы позволит освободить медперсонал от рутинной вспомогательной работы, дав ему возможность заниматься своими профессиональными делами [8].

Роботы помогают врачам с решением однотипных задач, отнимающих много сил и времени, но не требующих значительных усилий или принятия решений. К таковым можно отнести регистрацию пациентов, работу с электронными картами, предоставление справочной информации, перевозка лекарств, белья и прочие подобные задачи.

Также роботы способны сделать лечение пациента более эффективным и менее травматичным для пациента, снизить риск развития осложнений. Одна из наиболее «роботизированных» областей медицины – хирургия. На данном этапе развития робототехники робот не оперирует сам, а лишь подчиняется командам врача.

В настоящее время самым востребованным и многофункциональным медицинским роботом-хирургом является система da Vinci. С помощью этого робота проводятся сложные операции на сердце, щитовидной железе, на органах таза и брюшной полости.

На данном этапе российская медицина нуждается в современном оборудовании и первоклассном лечении пациентов. Так как импортное обо-

дование является слишком дорогостоящим, мы предлагаем своё решение данной задачи.

В ходе проведения анализа были сформулированы следующие задачи:

1. Поднять уровень медицинской сферы России до передового уровня.
2. Заменить дорогостоящее импортное оборудование.

Для решения поставленных задач были продуманы и смоделированы образцы новейшего медицинского оборудования.

Выбрана хирургическая сфера, так как качественное проведение операции повышает шанс произвести успешное лечение.

Смоделированы образцы медицинского оборудования:

1. Робот – ассистент хирурга.
2. Роботизированный операционный стол.

Полученные образцы – современный отечественный вариант дальнейшего развития роботизации медицинской сферы, внедрение которого повысит качество медицинской помощи страны и облегчит работу хирургам и их ассистентам.

#### Библиографический список

1. Применение роботов в медицине: основные тренды [Электронный ресурс]: 2018. Режим доступа: <https://robo-sapiens.ru/stati/primenenie-robotov-v-meditsine-osnovnyie-trendyi/>

2. Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов / С.В. Краевский, Д.А. Рогаткин // Технологии живых систем, т.7. №4. 2010. С. 3-14.

3. ГОСТ 25686-85 «Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения».

4. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

5. Медицина и робототехника // robotrends.ru: интернет портал. 2017. URL: <http://robotrends.ru/pub/1701/medicina-i-robototehnika> (дата обращения 17.01.2019).

6. Башлай А.П. Медицинская робототехника. М. 2018.

7. Madhani A.J., Niemeyer G., Salisbury J.K. The black falcon: a teleoperated surgical instrument for minimally invasive surgery. In Proceedings of the IEEE / RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'98). 1998.V. 2. P. 936-944.

8. Саврасов Г.В. Медицинская робототехника: Учебное пособие. Ч. 1. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 36 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПРЕДЕЛЬНОГО ГРУЗА ПОДЪЕМНИКОВ

*Роцин В.А., инженер*

*Научный руководитель – Иванов С.Д., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

В соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» подъемники должны оснащаться устройствами против перегрузки - ограничителями предельного груза, которые блокируют исполнительные механизмы подъемника при достижении предельной грузоподъемности, установленной конструкторской документацией.

Для измерения нагрузки в данных приборах используются тензометрические датчики в составе различных модулей встройки. В настоящее время применяются, как шарнирные, так и бесшарнирные конструкции модулей.

Опыт эксплуатации ограничителей предельного груза с бесшарнирным модулем встройки показывает, что в процессе эксплуатации возникает погрешность измерений, связанная с изгибной деформацией задней стенки модуля от рабочей нагрузки, что приводит к некорректной работе прибора.

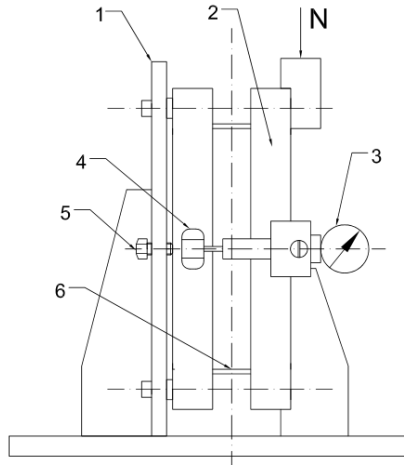
Для снижения данной погрешности и, как следствие, повышения точности срабатывания ограничителей предельного груза и безопасности работ на подъемниках потребовалась модернизация датчиков нагрузки.

Модернизация включала испытания применяемых в настоящее время типов датчиков (Н-образного, Т-образного) при различном их расположении (в верхней или нижней части модуля встройки) и анализ методов их совершенствования с учётом современного технологического уровня.

Схема проведения испытаний представлена на рис. 1.

Сначала замеры показаний датчиков каждого типа производились при различных уровнях нагрузки на модуль встройки без деформации задней стенки. Таким образом определялась чувствительность исследуемых датчиков. Затем уровень нагрузки на модуль устанавливался постоянным, и показания датчика замерялись при различной степени деформации задней стенки. Степень деформации определялась с помощью датчика часового типа и регулировалась стяжками.





**Рис. 1.** Схема экспериментального стенда:

1 – стойка, 2 – модуль встройки, 3 – индикатор часового типа, 4 – упор, 5 – стяжка, 6 – месторасположение тензодатчиков, N – нагрузка

Проведен анализ полученных результатов для стандартных конструкций тензодатчиков и мест их крепления. На его основе сделан выбор наилучшей исходной конструкции для проведения модернизации.

На основе статистического анализа результатов испытаний, полученных погрешностей измерения и пр. предложено несколько вариантов усовершенствования конструкции датчика нагрузки на основе Т-образного тензодатчика. Общим решением во всех модернизированных вариантах конструкции является замена жесткого закрепления датчика на задней части модуля на шарнирное.

Повторные испытания модуля встройки подтвердили, что погрешность измерения нагрузки относительно показаний при недеформированной задней стенки подъемника у модернизированных датчиков меньше, чем у применяемых в современных ограничителях.

Погрешность измерения составила 1-2%% у модернизированных датчиков против 15-18%% у существующих в настоящее время конструкций.

Таким образом, в результате испытаний получен ряд модернизированных конструкций датчиков нагрузки для бесшарнирных модулей встройки. Для выбора наиболее эффективной модели для последующего внедрения необходимо будет провести технико-экономический анализ.

#### Библиографический список

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС «О безопасности колесных транспортных средств» от 09 декабря 2011 № 877 // Российская газета. 2011 г. с изм. и допол. в ред. от 16 февраля 2018 года.

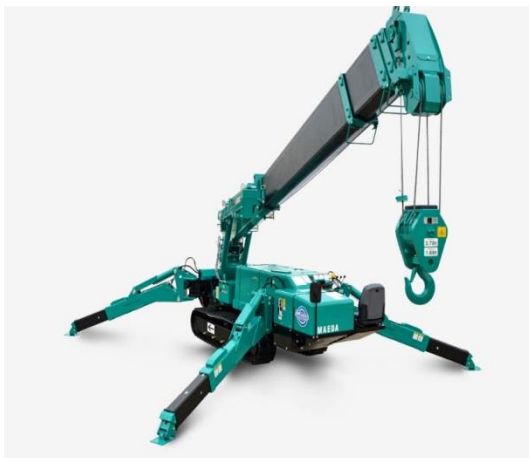
2. ГОСТ 16217-83 Датчики силы терморезисторные.
3. Ограничитель грузоподъёмности подъемника (вышки) ОКМ 1 (с модулемстройки датчика типа МДН). Паспорт // ЗАО «ИТЦ «КРОС» URL: [https://itc-kros.ru/files/support/24okm-1-00.00.00ps\\_p\\_mdn.pdf](https://itc-kros.ru/files/support/24okm-1-00.00.00ps_p_mdn.pdf) (дата обращения: 22.02.2019).
4. Ограничитель предельного груза ОПГ-1-20 Руководство по эксплуатации ЛГФИ.408844.011-09 РЭ // ООО "Арзамасский электромеханический завод" URL: [http://onk.nppogo.com/onkbase/opg1/opg\\_20.pdf](http://onk.nppogo.com/onkbase/opg1/opg_20.pdf) (дата обращения: 22.02.2019).
5. Тензодатчики. каталог. ООО «ТЕНЗО-М» // URL: [https://www.tenso-m.ru/pdf/tenso-m\\_kd.pdf](https://www.tenso-m.ru/pdf/tenso-m_kd.pdf) (дата обращения: 22.02.2019).
6. Жесткость упругого элемента тензодатчика / В.Ф. Семенюк, В. Е. Морозовский // Детали и машины. Киев, 1984. Вып. 39. С. 70 – 74.
7. А.с. 1760392 СССР, МКИ5 G 01 L 1/22. Тензорезисторный датчик силы / В.Ф. Семенюк, В. В. Морозовский, А. Ю. Хусаинов, А. И. Кравченко, Х. А. Жмуйда (СССР). № 4828542/10; заявл. 22.05.90; опубл. 07.09.92, Бюл. № 33.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАМЫ МИНИ-КРАНА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Саврасов А.С., Жуйков Г.А., студенты*  
*Научный руководитель – Ромашико А.М., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Подъемно-транспортные работы в помещении всегда вызывали трудности у строителей из-за сложности доставки грузоподъемной техники, недостаточной прочности межэтажных перекрытий, отработанных газов двигателей, загрязняющих воздух в помещении, и т. д. Для выполнения подъемно-транспортных работ в стеснённых условиях создается специальная подъемно-транспортная техника. Например, так называемые «краны-пауки» или «мини-краны» (рис. 1). Такие краны способны проехать в помещение через стандартный дверной проем, могут передвигаться не повреждая полов помещения, они достаточно легки и могут быть доставлены большим краном на необходимые этажи – прямо на место работы. Для машин этого типа характерны изначально заложенная конструкторами специфика применения и возможность работы в помещении или на открытом, но стеснённом пространстве.



**Рис. 1.** Пример конструкции крана-паука

На рынке мини-кранов в настоящее время доминируют три крупных производителя: Maeda, Unic и Jekko, на их долю приходится почти весь объем продаж. В нашей стране выпуск таких кранов пока не налажен, в отличие от Японии и Европы. Возможности приобретения иностранных кранов зачастую ограничиваются санкционным давлением на нашу страну. Создание отечественного мини-крана представляется актуальным, так как разработка отечественного мини-крана позволит быть независимыми в применении таких кранов. Создание мини-крана для конкретного применения (например, в атомной промышленности) позволит снизить стоимость подъемно-транспортных операций и обеспечить безопасное их выполнение.

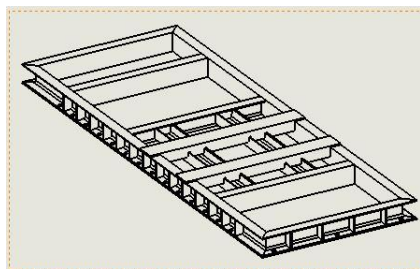
Необходимость перемещения крана в стеснённых условиях требует создания специального шасси, отличного от шасси самоходных кранов универсального назначения. Такое шасси конструктивно может быть подобно шасси мобильных роботов.

Массогабаритные характеристики кранового оборудования и его стоимость в значительной мере определяются тем, какие задачи будет выполнять такой кран. То есть, при проектировании крана необходимо найти рациональной компромисс между универсальностью крана и ограничением условий его применения. В докладе рассмотрен пример проектирования такого крана специального назначения с использованием шасси мобильного робота. В частности, рассмотрен подбор нужной формы сечения рамы и ее конструкции в целом, так как рама является опорной частью для кранового оборудования и должна сочетаться с шасси мобильного робота.

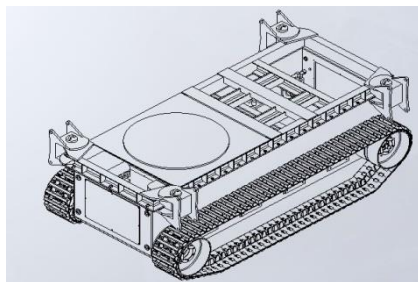
Необходимость проезда крана через существующие в помещении атомной станции проходы и шлюзы определяет максимальные размеры крана и, соответственно, его рамы. Устойчивость крана при подъемно-

транспортных операциях может обеспечиваться только за счёт расширения опорного контура путем увеличения вылета выносных опор. При этом опоры должны быть компактными в транспортном положении. С другой стороны, размеры рамы крана и её элементов определены соответствующими размерами базового шасси мобильного робота. Поэтому, при разработке рамы, проводилась оптимизация конструкции рамы по критериям минимальной массы и достаточной жёсткости, с учётом конструкции существующего шасси и технологии изготовления крана (рис. 2).

Подбор сечения рамы проводился с использованием МКЭ в программном обеспечении SolidWorks. В ходе анализа рассмотрены 3 варианта рамы с использованием готовых профилей различного сечения (швеллер, двутавр и квадратное сечение). На основании расчета спроектирована рама мини-крана (рис. 3), соответствующая требованиям технического задания.



**Рис. 2.** Оптимальная рама



**Рис. 3.** Рама в сборке с шасси

### Библиографический список

1. Интернет-сайт «Строительные краны-пауки» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://os1.ru/article/6882-stroitelnye-kranu-pauki-pauk-nasekomoe-stroitelnoe-c>, свободный.
2. Пояркова Е.В. Расчёт сварных соединений стальных конструкций: методические указания/ Е.В. Пояркова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. 35с.
3. Фролов К.В., Воробьёв Е.И. Механика промышленных роботов. Кн.1: Кинематика и динамика – М.: Высш. шк. 1988.
4. Лесковец И.В., Красовская С.Н., Полевничая Н.П. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование». М. 2016.
5. Промышленная безопасность при эксплуатации грузоподъемных кранов-манипуляторов. ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003.
6. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, 3т. – М.: Машиностроение, 1980.
7. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Высшая школа, 2000. 446 с.

8. Николаев Г.А. Сварные конструкции. М.: МАШГИЗ. 1951.
9. Бирюлев В.В., Кошин И.И., Крылов И.И., Сильвестров А.В. Проектирование металлических конструкций.

## **ПОРТАЛЬНАЯ ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА**

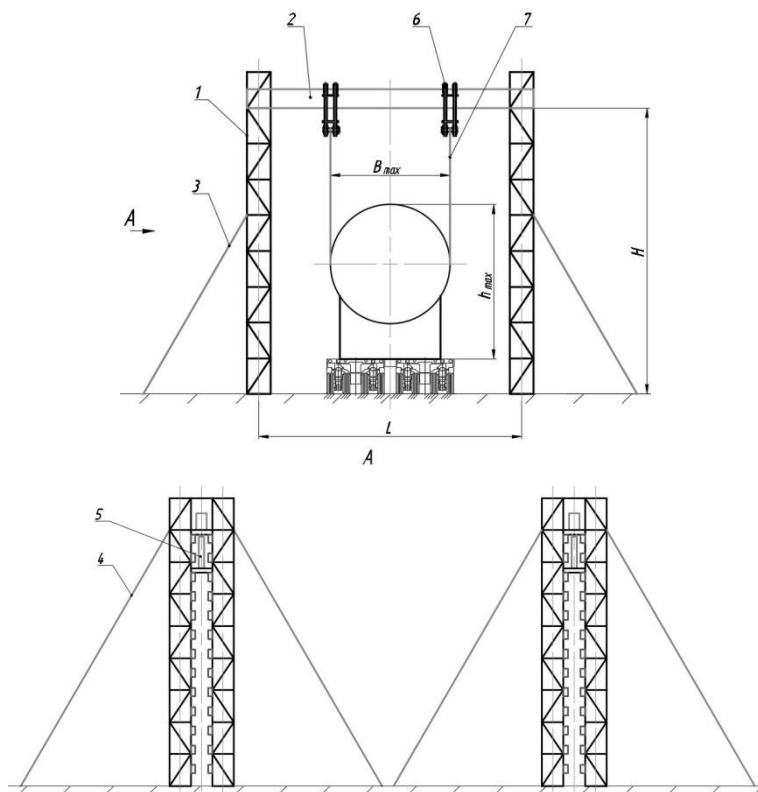
*Сальников С.А., студент*

*Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доц., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Портальная гидравлическая система представляет собой устройство, предназначенное для перемещения в вертикальной плоскости крупногабаритного оборудования (рис. 1). Используется гидравлическая портальная система как в заводских цехах, ремонтных мастерских, так и вблизи железнодорожных путей, на территории предприятий – везде, где необходимо поднять многотонный груз такелажным способом, не применяя колесные или гусеничные краны.

Портальная гидравлическая система существенно облегчает перемещение и монтаж оборудования в условиях отсутствия пространства и возможности установки крановой техники. Для перегрузки оборудования в «полевых» условиях, портальная система – это незаменимое такелажное оборудование, т.к. его доставка до места погрузо-разгрузочных работ значительно сокращает, как финансовые, так и временные затраты. Системы надежны в эксплуатации, позволяют позиционировать оборудование с высокой точностью, оснащены системами контроля.



**Рис. 1.** Схема портальной гидравлической системы:

1 – стойка, 2 – балка, 3 – тяга, 4 – оттяжка, 5 – гидроцилиндр, 6 – подвес, 7 – стропа

Металлоконструкция является главным несущим элементом системы, воспринимающим нагрузки, возникающие при подъеме и установке в проектное положение груза. На ней размещаются или к ней прикрепляются все основные узлы системы. Для удобства монтажа и транспортирования металлоконструкция выполнена в виде отдельных сварных балок, объединенных между собой болтовыми соединениями.

Устройство подъема системы воспринимает нагрузку при передвижении агрегата и передает ее через упорные кронштейны на металлоконструкцию. Устройство представляет собой гидродомкрат со сферическими упорами, находящийся между металлоконструкцией и перемещающийся по упорным кронштейнам вертикально «вверх» или «вниз».

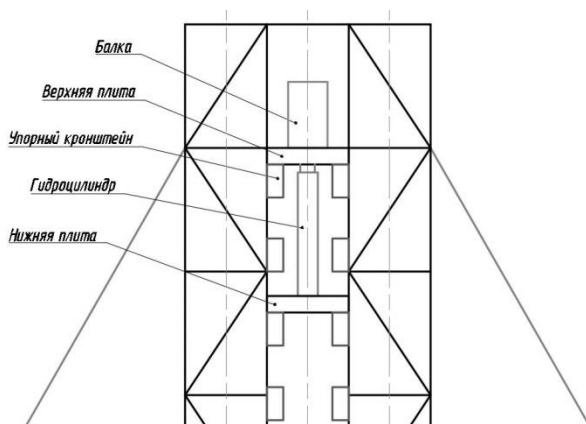
Общая характеристика портальной гидравлической системы:

- Грузоподъемность – 500 тонн;
- Рабочая высота подъема при максим. грузоподъемности – 13 м;

- Скорость подъема – 6 м/ч;
- Максимальная ширина груза – 5 м;
- Максимальная высота груза – 6,5 м;
- Привод – гидравлический.

Состав гидропривода для подъемной гидравлической портальной системы:

- Первичный двигатель – трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Приводит в действие насос насосной установки;
- Гидроаппаратура (клапаны, дроссели, гидрораспределители);
- Рабочая жидкость (ВМГЗ);
- Гидравлические линии (трубопроводы, рукава для подвода рабочей жидкости к гидроцилиндру);
- Устройства кондиционирования (фильтры);
- Информационные устройства (манометры, датчик определения длины выдвижения штока гидроцилиндра).



**Рис. 2.** Схема размещения домкрата

Подъем груза осуществляется ступенчато в несколько этапов:

1. Нижняя плита зафиксирована, верхняя плита – свободна.
2. Подъем груза, пока верхняя плита не встанет на следующий упорный кронштейн.
3. Фиксация верхней и освобождение нижней плиты.
4. Подъем нижней плиты, пока не встанет на следующий кронштейн.
5. Фиксация нижней и освобождение верхней плиты.
6. Повторять пункты 1–5 до подъема груза на нужную высоту.

#### Библиографический список

1. Соколов С.А. Металлические конструкции подъёмно-транспортных машин: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 423с.

2. Николаев Г.А., Винокуров В.А. «Сварные конструкции. Расчет и проектирование» - М.: «Высшая школа», 1990 — 446 с.
3. Куркин С.А, Ховов В.М, Рыбачук А.М. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас: Учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов – М, Машиностроение 1989 — 328 с.
4. Петухов П.З, Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны: Учебное пособие для машиностроительных вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». — М.: Машиностроение, 1985. — 248 с.
5. David Duerr, P.E. Telescopic Hydraulic Gantry Systems // 2DM Associates, Inc. Houston, Texas.
6. ГОСТ 33169-2014. Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Подтверждение несущей способности. М.: Стандартинформ, 2015, – 50 с.
7. Сайт компания «SWTrans» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nizkoramnik.ru/uslugi/gidravlicheskaya-portalnaya-sistema>

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ КЛЮКВЫ**

*Серов И.Н., Кузьмин А.В., студенты*  
*Научный руководитель – Вершинский А.В., проф., д.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

Сельскохозяйственная отрасль является одной из наиболее перспективных областей применения подъемно-транспортной техники. Многие культуры выращиваются, обрабатываются и собираются с использованием специального оборудования, которое позволяет существенно увеличить производительность труда. Однако далеко не все сельскохозяйственные области на данный момент имеют достаточный уровень механизации и автоматизации.

Клюква – входит в число крупнейших источников витамина С, является не только биологически активной добавкой, но и популярным кондитерским изделием, а также основой для некоторых распространённых напитков [1, 2].

Плантации клюквы занимают огромные территории в США, в Канаде и в ряде других стран, в число которых входит и Россия.

Выращиваемая на территории России клюква, в следствие географических и экологических особенностей, имеет особенные свойства перед зарубежными конкурентами, а именно – содержание полезных для здоровья



человека элементов, лучшие вкусовые качества, а также более насыщенный цвет созревшей ягоды [3].

В настоящее время в промышленных масштабах клюква выращивается на полях в специально образованных бассейнах, которые в последующем заполняются водой [4]. Сбор клюквы представляет собой трудоемкий процесс, который зачастую выполняется ручным трудом. Сам процесс сбора имеет несколько этапов: заполнение бассейнов водой, отрывание ягод от куста, сбор и транспортирование ягод по воде до места перегрузки, загрузка ягод в транспортирующую машину [1].

У большинства из этапов выращивания клюквы либо полностью отсутствует механизация, либо ее применение сильно ограничено.

Для заполнения бассейнов используют воду из естественных водоемов, из которых вода перекачивается насосами через шланги. После этого рабочие производят отрыв ягод. Сборщики передвигаются по наполненным бассейнам либо собственными силами, либо на тракторах с использованием специального оборудования. Движение тракторов и рабочих осуществляется прямо по плантации, что оказывает губительное воздействие на посадки растения.



**Рис. 1.** Сбор клюквы рабочими в бассейне [5]

Далее, после произведения отрыва ягод от растения, наступает этап сбора. Для этого используются специальные рукава, при помощи которых сборщиками собираются ягоды в одном месте и далее перемещаются по воде к месту дальнейшей транспортировки – одному из краев водоема.

После сбора ягод у края водоема при помощи специальных конвейеров [6] либо вручную осуществляется загрузка ягод в транспортирующие машины и дальнейшее их транспортирование на склад для последующей обработки.

В следствие всего изложенного, можно сделать вывод, что данная отрасль сельского хозяйства требует к себе внимания.

Из-за недостаточной механизации может наноситься вред как для здоровья человека, так и для растений и экологии в целом. Длительно время

нахождения человека в воде может вызвать тяжелые заболевания. Применение автомобильной для сбора ягод, когда трактора едут по плантации в воде, наносит вред не только самим посадкам растений, но и всей окружающей среде, поскольку автомобильные масла и другие вредные вещества попадают в почву и загрязняют ее.

В качестве решения проблем тяжелого человеческого труда и неблагоприятных условий труда предлагается использование конструкций подъемно-транспортных машин [6, 7], которые позволят исключить ручной труд, а также использование неблагоприятной для окружающей среды автомобильной техники на этапах отрыва, сбора ягод, а также их дальнейшего транспортирования.

Кроме того, предлагается использование автоматических систем заполнения бассейнов водой, а также транспортировка ягод до места хранения при помощи потока воды.

#### Библиографический список

1. Сбор урожая клюквы в Висконсине. Новости TUT.BY, 2011. URL: <https://news.tut.by/kaleidoscope/252378.html?crnd=28215> (дата обращения 20.12.2018).

2. Want To Wade Into A Cranberry Bog? Here Are 5 Places To Visit. Forbes, 2018 URL: <https://www.forbes.com/sites/jonisweet/2018/10/08/want-to-wade-into-a-cranberry-bog-here-are-5-places-to-visit/#4dc9260b560f> (дата обращения 20.12.2018).

3. Гудкова В. Клюквопровод // Аргументы и факты. – 2016. №48, С.20.

4. Wakeboarding a cranberry bog – Episode 3 – Red Bull Winch Sessions. Канал Red Bull – Youtube, 2011 URL: <https://www.youtube.com/watch?v=qGf6earGAOc> (дата обращения 20.12.2018)

5. Как это работает: выращивание клюквы в промышленных масштабах. Stena, 2013. URL: <http://www.stena.ee/blog/kak-eto-rabotaet-vyraschivanie-klyukvy-v-promyshlennyh-masshtabah> 28215 (дата обращения 24.12.2018).

6. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов. 3-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1983. 487 с.

7. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. 552 с.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЯГОВОГО ОРГАНА ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА НА БАЗЕ SCHINDLER 5500

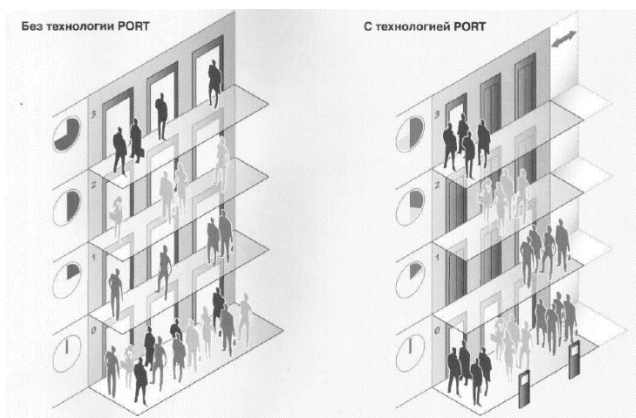
*Суворов А.В., студент*

*Научный руководитель – Харламов Е.В., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

Лифт Schindler 5500 предлагает пассажиру испытать поездку с прекрасными эксплуатационными характеристиками. Широкий спектр вариантов для применения как в жилых, так и коммерческих зданиях, а также новые разработки в сфере привода и тягового механизма, делают его идеальным для передвижения в условиях современного города. Большая высота подъема, высокая скорость, увеличенная грузоподъемность и улучшенная технология шумопоглощения позволяют считать Schindler 5500 лучшим в своем роде.

Существуют следующие типы управления: Прием вызова, общий или выборочно-общий вызов вверх или вниз для групп до четырех лифтов.



**Рис. 1.** Управление пассажиропотоком без и с технологией Schindler PORT

По всему миру здания классифицируются по своей энергоэффективности. В рамках системы сертификации зеленого строительства особое внимание уделяется эксплуатационным характеристикам лифтов. Лифт Schindler 5500 соответствует А-классу энергоэффективности.

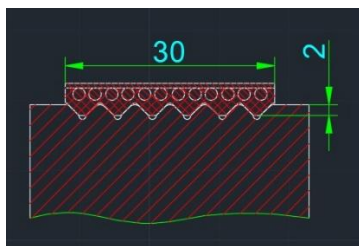
На настоящий момент у данного лифта существует четыре линии дизайна, которые предлагают широкий диапазон опций оформления: Navona, Times Square, Park Avenue, Sunset. Можно выбрать тот дизайн, который соответствует необходимой архитектурной концепции и идеям, и вместе с

этим создать уникальные ощущения от поездки с помощью свежих цветов, впечатляющих рисунков и высококачественных материалов.

Увеличению скорости лифта и плавности хода способствует модернизация тягового органа. На настоящий момент кабина лифта имеет подвеску в виде тяговых металлических канатов. При грузоподъемности лифта более 500 кг необходимо использовать 4-5 канатов для подвески, а при 1000 кг и более соответственно от 6 канатов. В частности, из-за этого увеличивается диаметр канатопроводящего шкива, что в свою очередь увеличивает массу и габариты редуктора, двигателя и всей лебедки в целом.

Чтобы уменьшить усилие на привод, необходимо увеличить трение между тяговым органом и КВШ с блоками подвеса кабины. Одним из таких способов является замена металлических канатов на прорезиненные ремни, имеющие в качестве сердечника те же металлические канаты, но меньшего диаметра.

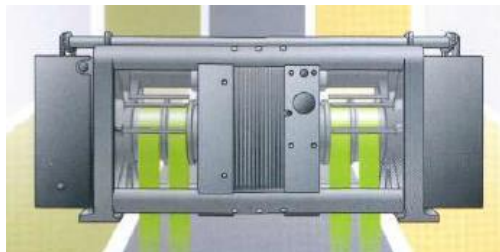
Ремень изготавливается из высококачественной резиновой смеси, что способствует высокому трению между шкивом и самим ремнем, высокому сроку службы, повышению стойкости к воздействию солнечного света (при установке на панорамные лифты).



**Рис. 2.** Тяговый ремень и КВШ

Последние достижения по улучшению привода и тяговых механизмов позволяют подниматься на высоту до 150 метров (лифты с машинным помещением и без него) на скорости до 3 м/с, при низких уровнях шума и вибрации, что обеспечивает мягкую поездку.

Благодаря высокоэффективным регенеративным приводам лифт Schindler 5500 затрачивает примерно на 30% меньше электроэнергии по сравнению с аналогичными лифтами. Данный привод работает без редуктора, что обеспечивает прирост коэффициента полезного действия. Поскольку он сравнительно невелик и работает тихо, такой привод представляет собой удобное решение для лифтов без машинного помещения, в частности.



**Рис. 3.** Тяговая лебедка

Частотно-управляемый привод обеспечивает безопасную транспортировку, имеет высокую точность остановки кабины и низкое энергопотребление. С помощью экологически чистой технологии PowerFactor 1 данные приводы могут генерировать энергию, которую можно незамедлительно подать обратно в энергосистему.

К тому же данная конфигурация с новым приводом и системой тягового механизма весит до 50% меньше по сравнению со своим предшественником, используя при этом меньшее количества масла. В наличии имеется даже исполнение с безмаслянной системой.

Микропроцессорное устройство управления лифта Schindler 5500 идеально выполняет широкий ряд задач, как для отдельных систем, так и для групп, в которые входит до четырех лифтов. Управление приводом приводит к уменьшению времени поездок.

Лифт Schindler 5500 идеально подходит для сооружений с высоким пассажиропотоком, и его можно устанавливать большими группами. Кроме того, предусмотрен вариант со стеклянной кабиной, который предлагает пассажирам панорамный вид. Благодаря применению технологии Schindler PORT лифт Schindler 5500 становится высокоэффективной системой по передвижению для офисного здания и здания коммерческого назначения.

#### Библиографический список

1. Каталог SCHINDLER 5500. М: SCHINDLER SWITZERLAND, 2013, 4-13с.
2. Каталог SCHINDLER 2600. М: SCHINDLER SWITZERLAND, 2013, 14-15с.
3. Архангельский Г.Г., Ионов А.А. Основы расчета и проектирования лифтов. М: МИСИ, 1985, 73с.
4. Руководство по эксплуатации и техническое описание лифта. М: ОАО ТЕХНОЛИФТ, 2007, 48с.
5. Волков Д.П., Архангельский Г.Г., Ионов А.А. и др. Лифты. М: Издательство АСВ, 1999, 480с.
6. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. М: Ростехнадзор, 2006, 176с.

7. Пчелинцев В.А., Коптев Д.В., Орлов Г.Г. Охрана труда в строительстве. М: Высшая школа, 1991, 272с.

## УНИФИКАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА

*Хрунта Н.В., студент*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

*Густов Д.Ю., доц., к.т.н.*

*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская Федерация)*

В настоящее время на современных экскаваторах массово устанавливаются тилтротаторы. В качестве навесного оборудования, которые максимально эффективно используются, выступают захваты, уплотнители, фрезы.

Тилтротатор - это устройство, представляющее собой комбинацию ротора и гидропривода, которое навешивается на рукоять экскаватора и позволяет вращать навесное оборудование как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости [1]. Тилтротатор позволяет экскаватору, не сходя с места, копать абсолютно в любом направлении и под любым углом. Это сильно расширяет возможности применения машины, особенно в условиях ограниченного пространства крупных городов. Например, можно обкапывать трубу колодца, точно дозировать и разравнивать щебень, удалять старое дорожное покрытие и выполнять множество других операций, для которых раньше были нужны дополнительные машины. Возможно также использование необъятного ассортимента разнообразных приспособлений с разъемом для дорожного строительства, работ на железных дорогах, внутригородских работ по благоустройству и т.д. [2, 3].

Многие задачи, которые может выполнять тилтротатор, недоступны ни какому другому оборудованию, а относительно низкая стоимость и надежность, делают его доступным и практичным механизмом.

Тилтротатор имеет четыре основные особенности [4]:

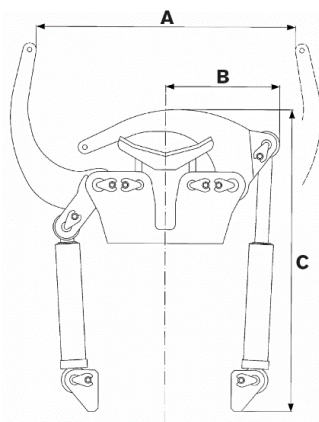
- Вращение - у элемента ротора есть неограниченное вращение вокруг его собственной оси, таким образом, основной машине нет необходимости в частых перемещениях. Все углы работы могут использоваться во всем диапазоне, от максимальной глубины копания до максимальной высоты подъема стрелы.
- Наклон до 45° в двух направлениях позволяет производить совершенные операции высокой точности. Операции, вовлекающие вращение и наклон, могут осуществляться одновременно и пропорционально.

- Приспособленное к машине быстроразъемное соединение - эта система сцепления позволяет менять навесное оборудование быстро и не выходя из кабины.

- Дополнительные гидравлические выходы для установки гидравлического навесного оборудования (захваты, грейферы, гидравлические ножницы и др.)

С учетом того, что тилтротатор обеспечивает полный угол поворота, многие виды рабочего оборудования не могут полностью реализовать свои функции при всех углах поворота тилтротатора. К оборудованию, которое наиболее совместимо по своему функционалу с тилтротатором, относятся виды рабочего оборудования, у которого все приводящие гидродвигатели расположены за тилтротатором. Таковыми являются: гидравлические захваты с горизонтальным и наклонным расположением челюстей, виброуплотнители и ряд других специализированных устройств.

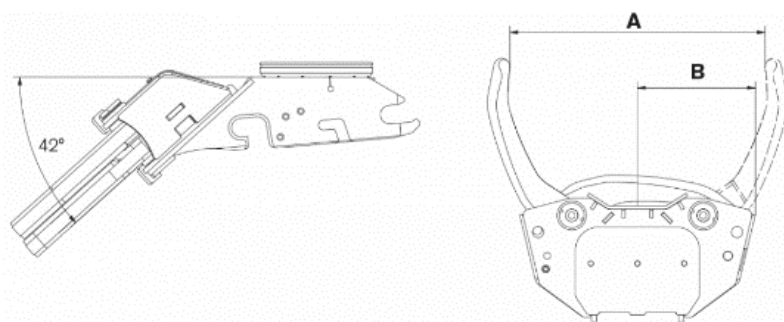
Захват с горизонтальным расположением челюстей (см. рис. 1.) предназначен для укладки столбов, бордюров, труб и др. Данный вид захватов преимущественно используется для манипуляции изделий из металла, железобетона. Благодаря пропорциональному приводу на экскаваторе усилия на клещевинах контролируется оператором. Это позволяет расширить спектр выполняемых работ и аккуратно захватывать и перемещать хрупкие изделия, не оказывая на них сил, которые могут привести к их порче или разрушению. В связи с универсальностью применения, данные захваты рекомендовано разрабатывать под все размерные группы экскаваторов.



**Рис. 1.** Захват с горизонтальным расположением челюстей

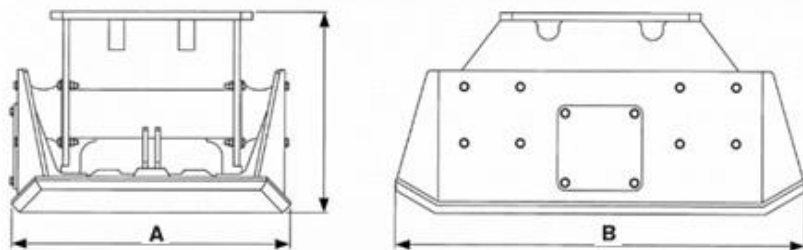
Захват с наклонным расположением челюстей (см. рис. 2.) предназначен для жестких условий, в которых грейферы находятся на железной дороге для подъема тяжелых рельсов с помощью экскаваторов. Гидроцилиндры защищены от попадания пыли, влаги, в следствие чего повышается их

надежность. Захват расположен под углом  $42^\circ$  к горизонтали для максимальной досягаемости. В связи с условиями работы, рекомендованно разрабатывать для экскаваторов, массой больше 10 тонн.



**Рис. 2.** Захват с наклонным расположением челюстей

Вибрационный уплотнитель грунта (см. рис. 3.) используется при уплотнении базового слоя из привозного или природного грунта, который предварительно подвергается стабилизации и гомогенизации органическими и минеральными вяжущими [5]. Благодаря этим мерам несущая способность базового слоя существенно увеличивается, что ведет к уменьшению высоты земляного полотна и объемов работ по его сооружению. Целесообразно разрабатывать для экскаваторов, массой больше 6 тонн, в связи с требуемым прикладываемым усилием [6, 7].



**Рис. 3.** Вибрационный уплотнитель

Проведенная работа показывает целесообразность дальнейших исследований в данном направлении. Наиболее перспективным специализированным оборудованием для тилтротатора являются устройства, работающие во всех направлениях (захваты, фрезы, гидравлические ножницы, уплотнители грунта), рабочий процесс которых не связан с работой гидроцилиндра поворота ковша.



## Библиографический список

1. Прохорова Е.В. Быстросъемное оборудование многофункциональных машин, его классификация и имитационное моделирование элементов. Интерстроймех-2012: материалы Международной научно-технической конференции. Ижевск: ИжГТУ. 2012. С. 290.
2. Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. Оценка факторов риска возникновения нештатных ситуаций. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 192-195.
3. Прохорова, Е.В. Проблемы эффективного использования многофункциональных машин в строительстве. Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): сб. докладов Международной научно-практической конференции. Часть 2 Белгород: БГТУ., 2011. С. 88-92.
4. [www.engcon.com](http://www.engcon.com). Дата обращения: 27.02.2019.
5. Домбровский Н.Г. Экскаваторы. ЧИ и ЧП. М.: Машгиз, 1940г.
6. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Агарков А.М. Сравнительные характеристики проходимости на слабых грунтах гусеничных и шагающих кранов. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. С. 198-200.
7. Шарапов Р.Р., Мамедов А.А., Харламов Е.В. Энергетический расчет приводов подъемно-транспортных машин на ЭВМ (табличный процессор excel). Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. С. 183-186.

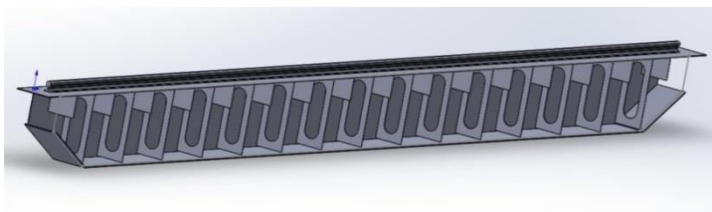
## РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ 3-D МОДЕЛИ ГЛАВНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА

*Чапурина Н.А., Родионов И.Д., студенты*  
*Научный руководитель – Бословяк П.В., к.т.н.*

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)  
(Российская Федерация)*

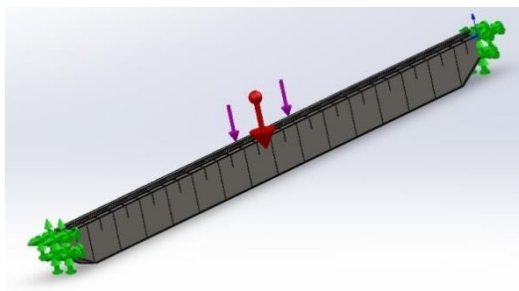
В настоящее время преимущественно на всех заводах используются грузоподъемные машины, в частности, мостовые краны.

В рамках данной работы была спроектирована 3-D модель главной балки мостового крана грузоподъемностью 16 тонн (рис. 1).



**Рис. 1.** Главная балка (боковая стенка отсутствует)

В исследуемой модели металлоконструкции были учтены параметры материала, из которого она изготовлена. Применялась сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества марки Ст3сп5 по ГОСТ 14637-89. Материал несущей металлоконструкции моделировался изотропной средой. Заданы следующие характеристики материала: предел текучести 220 МПа; модуль упругости  $2 \cdot 10^5$  МПа; коэффициент Пуассона 0,28; плотность 7850 кг/м<sup>3</sup>. На основании полученной 3-D модели, зная геометрические размеры и материал, составляем расчётную схему балки (рис. 2).



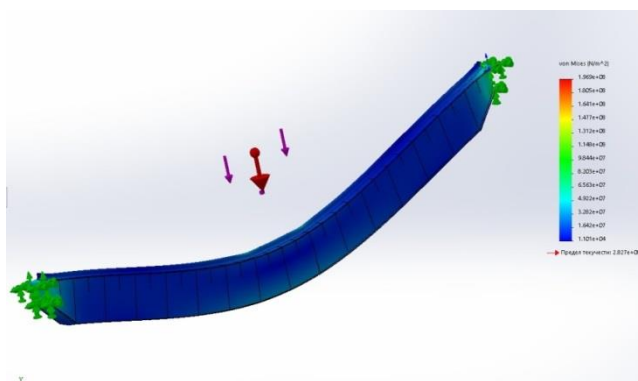
**Рис. 2.** Расчётная схема металлоконструкции балки

Балка имеет заделки с обоих концов, так же приложена нагрузка от ходовых колес тележки (расчётный случай: кран неподвижен, грузовая тележка неподвижна, груз поднимается (опускается), тележка в середине пролёта ( $L/2$ )) и сила тяжести.

При моделировании нагружения металлоконструкции главной балки крана нагрузка от веса грузовой тележки с поднимаемым грузом прикладывается в двух точках, моделирующих колеса тележки. Нагрузка в каждой точке:  $Q=(P+G_n+P_{дв}+G_t)/4=64$  кН, где  $P$  – вес груза,  $G_n$  – вес крюковой подвески,  $P_{дв}$  – вертикальная динамическая нагрузка при работе механизма подъема,  $G_t$  – вес тележки.

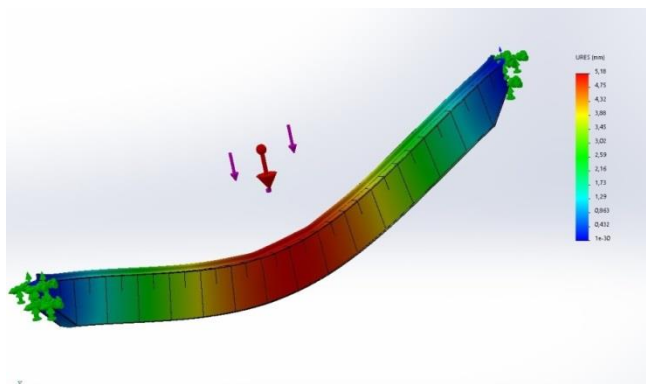
Данная нагрузка являлась сосредоточенной силой в соответствующих узлах. В расчете также учитывался собственный вес конструкции. Учет веса конструкции системой SolidWorks производится автоматически. При этом предполагалось, что сила тяжести направлена противоположно оси глобальной системы координат, а ускорение свободного падения равно  $9,81$  м/с<sup>2</sup>.

На основании расчетной схемы в программном комплексе SolidWorks был осуществлен расчет металлоконструкции данной балки (рис.3).



**Рис. 3.** Эквивалентные напряжения в элементах металлоконструкции главной балки при расположении грузовой тележки на расстоянии  $L/2$

Также рассчитаны перемещения по вертикальной оси под действием расчётных нагрузок (рис. 4).



**Рис. 4.** Перемещения по вертикальной оси металлоконструкции главной балки при расположении грузовой тележки на расстоянии  $L/2$

При этом максимальные расчетные напряжения в элементах главной балки при действии испытательной нагрузки не превышали 140 МПа, что не превышает предела текучести принятого материала. Максимальный прогиб в середине пролета крана при подъеме номинального груза составил 5,2 мм. Вертикальный предельный прогиб пролетной балки регламентируется нормами ОСТ 24.090.72-83. Согласно указанным нормам, величина прогиба балки, определенного при действии постоянных нагрузок, не должна превышать  $1/600$  пролета балки, и быть не более 27,5 мм (при пролете 16,5 метров). Таким образом, жесткость главной балки обеспечивается.

#### Библиографический список

1. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов/ Под ред. С. А. Казака. М.: Высш. шк., 1989. 319 с.
2. Справочник по кранам / Под общ. ред. М. М. Гохберга. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. Т.1 536 с., Т.2. 559 с.
3. Павлов Н.Г. Примеры расчёта кранов. Л., Машиностроение, 1976. 320 с.
4. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций / Под ред. М.П. Александрова, Д.Н. Решетова. М.: Машиностроение, 1987. 122с.
5. Руденко Н.Ф., Руденко В.Н. Грузоподъемные машины. Атлас конструкций, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1970. 116 с.
6. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высш. школа, 2000. 522 с.
7. ГОСТ 1451–77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОКОЛЕСНОГО КРАНА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 40Т

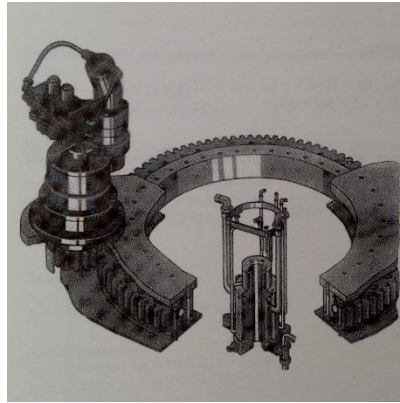
*Чивкин М.В., студент*

*Научный руководитель – Скель В.И., доц., к.т.н.*

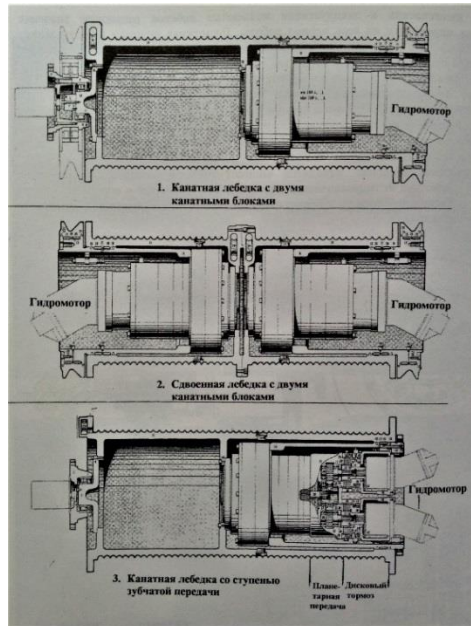
*Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (НИУ МГСУ)  
(Российская федерация)*

Возрастающий рост темпов промышленного и гражданского строительства в Российской Федерации требуют постоянного совершенствования строительных и дорожных машин [1].

Механизация строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ осуществляется специальными системами машин, обеспечивающими высокие темпы и индустриальные методы производства работ. Одними из основных машин в таких системах являются подъёмно-транспортные машины, к которым предъявляются следующие требования: большая маневренность в пределах строительной площадки; широкие возможности функционирования в стесненных условиях работы; высокая эффективность и снижение энергозатрат; снижение затрат на монтаж и демонтаж, как кранов, так и их элементов. Наиболее полно этим требованиям отвечают автомобильные стреловые самоходные краны, оснащенные различным рабочим оборудованием, в том числе выдвигной стрелой и гуськом. При проведении монтажных, погрузочно-разгрузочных работ на строительной площадке приоритетное применение получили эти системы по подъему грузов. Успешно конкурировать автомобильным кранам позволяют их высокая мобильность, возможность работать в стесненных условиях и с универсальным рабочим оборудованием. В отечественных и зарубежных моделях крановой техники, таких как «Libherr», «Ивановец» встречаются унифицированные механизмы поворота и привода лебедок на базе планетарных модулей. Анализ отечественной и зарубежной крановой техники показал, что магистральное развитие конструкции кранов связано с применением в механизмах гидропривода повышенного давления, дополнительного оборудования, конструктивно-унифицированных модульных планетарных механизмов [4] поворота (рис.1.) и подъема (рис.2.), специальных расчетов и конструкций стрел. На рисунке 1 показаны: ротор для гидравлического и пневматического управления; корпус контактного кольца для электрического управления, смонтированный на роторе, электропроводка, проходящая через отверстие в роторе (электрическая часть не представлена) [2].



**Рис. 1.** Гидравлический привод поворотного механизма с планетарным приводом и однорядным шариковым поворотным соединением



**Рис. 2.** Гидравлический привод механизма подъема груза с планетарным редуктором и барабаном лебёдки

Автокраны классифицируются по номинальной грузоподъемности: легкие (грузоподъемность 10 т), средние (грузоподъемность 10...25 т), тяжелые (грузоподъемность выше 25 т); по типу ходового устройства: автомобильные (на стандартных шасси грузовых автомобилей), тракторные

(навесные на серийные тракторы), на шасси автомобильного типа, пневмоколесные и гусеничные, имеющие специальные шасси; по исполнению стрелы крана. [3, 5].

Сравнительный анализ разных кранов показал, что отечественные крановые [7, 8] производители предлагают существенно меньшую номенклатуру по грузоподъемности в тяжелом классе, а краны грузоподъемностью свыше 100 тонн не представлены.

Расширение номенклатуры кранов ведет к более широкому удовлетворению потребностей заказчиков и поэтому является одним из главных направлений повышения конкурентоспособности фирм. В Российской Федерации производственный фактор является основным: во-первых, модельный ряд, по мере повышения грузоподъемности, расширяется, во-вторых, это задается работой автозаводов. Нестабильная работа поставщиков шасси требовала от производителей кранов гибкости.

В конструкцию крана, в приборы управления, безопасности все активнее внедряется электроника и автоматика. Современные микропроцессоры отвечают за ограничение нагрузки, ограничение наклона стрелы (крана), представляют собой многофункциональный компьютер, который существенно облегчает труд крановщика и водителя. Он выполняет также функции «черного ящика», отслеживая и запоминая ключевые параметры работы крана. Устройство защиты от опасного напряжения, исключающее возможность перемещения стрелы в опасной близости от линий электропередач с напряжением более 220В. Функциональное расширение возможностей отечественных кранов, также зависит от совмещения основной функции крана с другими –вспомогательными. Например, оснащение крана люлькой и придание ему, таким образом, функций автовышки (рис. 3) [6].



**Рис. 3.** Рабочая поворотная платформа для обеспечения строительно-монтажных и ремонтных работ

Проведенные исследования показали, что основными направлениями развития автокранов являются: совершенствование конструкции грузоподъемных кранов; улучшение показателей металлоёмкости, снижение энергозатрат и стоимости; совершенствование гидропривода на основе выбора номинального давления гидросистемы выше 32МПа; применение легированных сталей и композиционных материалов, полученных на основе

нанотехнологий, для уменьшения массы кранового оборудования, в том числе для стрел [1, 7, 10].

Использование дополнительного навесного оборудования, применение новых легированных сплавов при проектировании стрел, которые позволят увеличить вылет стрелы, значительно расширяя грузовые характеристики и функциональные возможности кранов.

#### Библиографический список

1. Надежность машин и механизмов. Черкасов В.А., Кайтуков Б.А. и др. Москва: НИУ МГСУ, 2015. 272 с
2. Беккер Р. Большая книга о самоходных кранах. – ("Das große Buch der Fahrzeugkrane")
3. Зайцев Л.В., Полосин М.Д. Автомобильные краны. М.: Высшая школа, 1987. 208с
4. Кайтуков Б.А., Скель В.И., Горяйнова П.О. Унификация механизмов привода бетоносмесителей. В сборнике: Интерстроймез-2018. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С 50-53.

#### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ**

*Шихов Н.С., студент*

*Научный руководитель – Розов В.В., преподаватель*

*Московская государственная академия водного транспорта – филиал  
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» (МГАВТ)  
(Российская Федерация)*

В последнее время все чаще предприятия нуждаются в новом оборудовании, но к сожалению финансовые факторы ограничивают в выборе нового и замене старого. Усиления металлоконструкции - область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния конструкций. Назначение усиления металлоконструкции в общей системе технического обслуживания - снижение объема затрат на стадии эксплуатации за счет проведения анализа конструкции и повышения эффективности несущей способности.

Необходимость усиления металлоконструкций возникает в процессе эксплуатации, во время проведения ремонтов и реконструкций как основного технологического оборудования, так и строительных элементов конструкций.[3,7]



**Цель данной работы** в повышении сопротивляемости металлоконструкций деформациям или разрушениям, в результате использования одного из методов усиления.

**Усиление металлоконструкций** – использование конструктивных решений для повышения эксплуатационных свойств конструкций. Такие меры позволяют значительно сэкономить средства и увеличить срок службы металлоконструкции, а также диапазон проводимых работ.

**Усиление конструкций включает в себя несколько этапов:**

1) Обследование существующих конструкций (выявление причин дефектов);

2) Выбор способа усиления;

3) Расчет усиления конструкции с учетом возможности производства работ по выполнению усиления в период эксплуатации основного оборудования.[1]

Проведя анализ методов усиления металлоконструкций нам приводят несколько существующих, наиболее эффективных различных решений: увеличение сечений элементов; изменение конструктивной схемы; установка дополнительных связей, ребер, распорок; подведение новых дополнительных конструкций или элементов; усиление соединений элементов.

Обычно усиление конструкций производится не одним из перечисленных способов, а их сочетанием. Выбор наиболее эффективного решения целесообразно производить путем сравнения нескольких проектных вариантов с учетом конкретных условий проведения работ и условий дальнейшей эксплуатации. [2]

Для определения эффективного метода усиления нужно выявить все достоинства и недостатки каждого метода. Рассмотрим все методы:

1) Усиление верхнего и нижнего пояса, путем наварки листов металла по пролету балки.

Достоинства: уменьшение нагрузок на пояса; увеличение жесткости конструкции.

Недостатки: увеличение массы конструкции.

2) Усиление соединений элементов, путем установки дополнительных связей, ребер, распорок. Установка заделки в поперечную плоскость по краям кран – балки.

Достоинства: дополнительное соединение верхнего и нижнего пояса, усиление сварных узлов.

Недостатки: нет

3) Усиление соединений элементов, путем установки дополнительных связей, ребер, распорок, путем установки косынок в узлах соединения главной и концевой балки.

Достоинства: увеличение площади распределения напряжений.

Недостатки: сложность монтажа.

4) Подведение новых дополнительных конструкций, путем добавления шпренгеля по плоскости пролета верхнего пояса.

Достоинства: уменьшение прогиба балки; увеличение грузоподъемности.

Недостатки: значительное увеличение габаритов конструкции.

5) Подведение новых дополнительных конструкций, путем установки ферменной конструкции по боковым плоскостям кран – балки.

Достоинства: снижение внутренних силовых факторов, возникающих при раскачивании груза.

Недостатки: увеличение габаритных размеров конструкции.[4-6]

Усиленная конструкция должна удовлетворять действующим требованиям в отношении прочности, устойчивости, жесткости и обеспечивать возможность дальнейшей ее нормальной эксплуатации.

**Вывод:** Проведя анализ методов усиления мы выявили минусы и плюсы каждого метода. На основе результатов анализа выбираются методы усиления металлоконструкции в зависимости от конкретных условий проведения ремонтных работ и условий дальнейшей эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Михайлов В.В., Макарьев Ю.А. Усиление стальных строительных конструкций – учеб. пособие // Владимир:изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. 96с. Режим доступа:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/730/1/709.pdf>

2. Рекомендации по усилению стальных конструкций производственных зданий и сооружений энергопредприятий//Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200044192>

3. Концевой Е.М., Розеншейн Б.М. Ремонт крановых металлоконструкций // М.:Машиностроение, 1979. 206с.

4. Гохберг М.М. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин // М.:Машиностроение, 1969. 520с.

5. Гохберг М.М. Справочник по кранам, том 1.//М.:Машиностроение, 1988. 536с.

6. Гохберг М.М. Справочник по кранам, том 2.//М.:Машиностроение, 1988. 559с.

7. Яхнин Р.Н. Ремонт металлоконструкций мостовых кранов // М.:Металлургия, 1990. 96с.

# БЕЗРЕДУКТОРНЫЙ ПРИВОД ВРАЩЕНИЯ БУРОВОГО СТАВА МАШИН ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

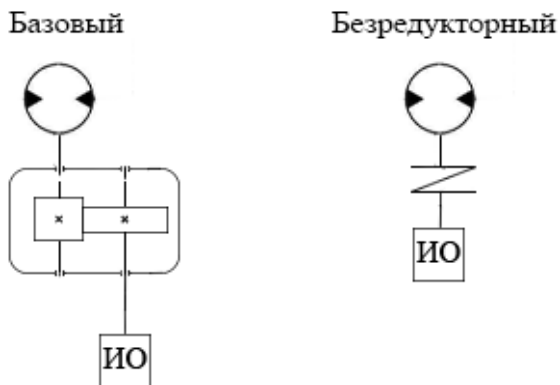
*Шошин А.С., студент*

*Научный руководитель – Гринчар Н.Г., проф., д.т.н.*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(Российская Федерация)*

**Объект исследования:** станок буровой тракторный БТС-150 предназначен для бурения скважин в мягких, мерзлых и скальных породах. Установка используется при взрывных работах в карьерах, разработке грунтов при рытье строительных котлованов под фундаменты возводимых объектов.

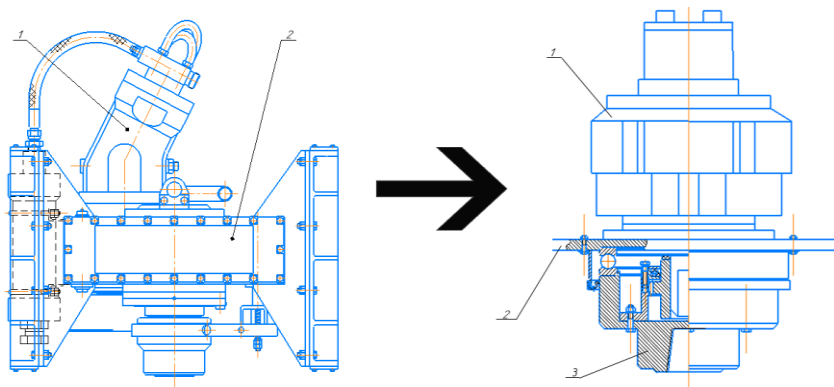
**Предмет исследования:** применение безредукторного привода посредством полной гидрофикации системы.



**Рис. 1.** Блок-схемы базового и безредукторного приводов

В базовом варианте привод бурового става осуществляется при помощи аксиально-поршневого насоса и сварного одноступенчатого цилиндрического редуктора (вращателя), последний также передаёт усилие от цилиндров подачи на исполнительный орган. Вращатели изготавливаются в процессе оснащения каждого из буровых станков и требуют больших трудозатрат. В данном варианте конструкции передача момента от гидромотора к вращателю и от вращателя к буровой штанге осуществляется без муфт, что в следствие несоосности и колебаний в процессе работы приводит к быстрому выходу из строя всех элементов привода.

Безредукторный вариант конструкции предполагает отказ от применения вращателя. В новой конструкции применяется высокомоментный гидромотор. Он имеет более высокий крутящий момент (3600 Н\*м против 2800 Н\*м на выходном валу вращателя) при аналогичной частоте вращения (240 об/мин). Для сглаживания колебаний вращения при бурении неоднородных пород, устанавливается зубчатая муфта, которая, имея высокую массу, будет выполнять роль маховика.



**Рис. 2.** Слева базовая конструкция:

1 – аксиально-поршневой гидромотор, 2 – вращатель; справа новая конструкция: 1 – радиально-поршневой гидромотор, 2 – опорная плита, 3 – зубчатая муфта

**Преимуществами безредукторного привода являются:**

- простота конструкции и сборки;
- уменьшение выбравий;
- отсутствие эксцентриситета относительно направляющих, благодаря симметричной конструкции;
- уменьшение количества движущихся частей (исключается редуктор вращателя, включающий зубчатое колесо, шестерню и две пары подшипников);
- использование, по-большей части, серийно изготавливаемых, доступных элементов.

Всё перечисленное положительно повлияет на уровень ремонтно-пригодности, надежности и долговечности.

**Библиографический список**

1. Журба В.А. Машины для транспортного строительства. Москва: Транспорт, 1984. – 429с.
2. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. МГГУ, Недра, Издание третье переработанное и дополненное, 544 стр. , 1978 г.

3. Ильский А.Л., Шмидт А.П. Буровые машины и механизмы. Учебник для техникумов. - М. Недра, 1989 - 396 с.
4. Кирсанов А.Н., Зиненко В.П., Кардыш В.Г. Буровые машины и механизмы. Учебник. — М.: Недра, 1981. — 447 с.
5. Медведев И.Ф. Режимы бурения и выбор буровых машин. 2-е изд., пере-раб. и доп.— М.: Недра, 1986, 223 с.
6. Г.М. Иванов., Проектирование Гидравлических Систем Машин., М:Машиностроение, 1992—224 С.
7. Недорезов И.А., Машкович О.Н., Спивак С.Г. Машины и механизмы транспортного строительства. Учебник/Под ред. И.А.Недорезова. Москва Транспорт 1989г. 360 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОГРЕЙДЕРА С УЧЕТОМ ОБЗОРНОСТИ ВОДИТЕЛЯ**

*Юдаков А.А., магистр*

*Научный руководитель – Шестопалов К.К., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический  
университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Планированием грунтов, при земляных работах, называют комплекс мер, направленных на профилирование поверхностей и откосов на определенной площади. Планирование грунтов проводится рабочим органом машины – отвалом. В зависимости вида от машины меняется режущий орган и отличаются подходы планирования поверхности. Наибольшую популярность для данного направления работ приобрел автогрейдер.

Основным направлением модернизации автогрейдеров стало увеличение производительности путем технических решений, связанных с модернизацией конструкций отвала грейдера. Ниже приводится анализ существующих конструкций, в котором имеются как особенности конструкции, так и эргономики.

В настоящее время все больше внимания уделяют совершенствованию конструкции рабочих органов, применению современных материалов, использованию принципиально новых систем управления рабочим органом и самим автогрейдером, а также разработке новых конструкций рабочего органа с возможностью применения дополнительных секций. Так, например, John Deere 872G имеет шарнирно-сочлененную раму в купе с поворотным механизмом и 7-ми позиционным отвалом, что позволяет гибко настраивать отвал под необходимые условия эксплуатации, а улучшенная конструкция отвала облегчает процесс позиционирования, повышая точность профилирования. А Caterpillar 14M имеет электрозолотниковую пропорционально-гидравлическую систему управления с функцией плавающего положения отвала, а также упрочненные направляющие, закаленные

режущие кромки и боковые накладки для меньших затрат мощности и экономии топлива, а также увеличения прочности. У автогрейдера марки HBM-NOBAS, модель BG 240 TA-4, установлена гидросистема типа Load-Sensing, позволяющая очень точно регулировать движение отвала, а установка перегрузочного сцепления в приводе поворотного круга защищает отвал от повреждений. Автогрейдер Komatsu GD705A-4A имеет отвал длиной 4320 мм с гидравлически управляемым поворотом, облегчающим работу на сложных участках, а при гидравлическая система облегчает часто повторяемы выдвигания отвала.

Анализ существующих конструкций выявил основные тенденции развития в области совершенствования автогрейдеров. На их основании необходимо обеспечить:

1. Улучшение управляемости рабочего органа;
2. Модернизация конструкции рабочих органов;
3. Улучшение тягово-сцепных свойств;
4. Улучшение эргономических показателей;
5. Повышение долговечности путём применения новых более прочных и износостойких материалов и более совершенных технологий изготовления;
6. Автоматизация управления приводами для уменьшения расхода энергии и повышения производительности автогрейдера
7. Более широкая унификация деталей и узлов.

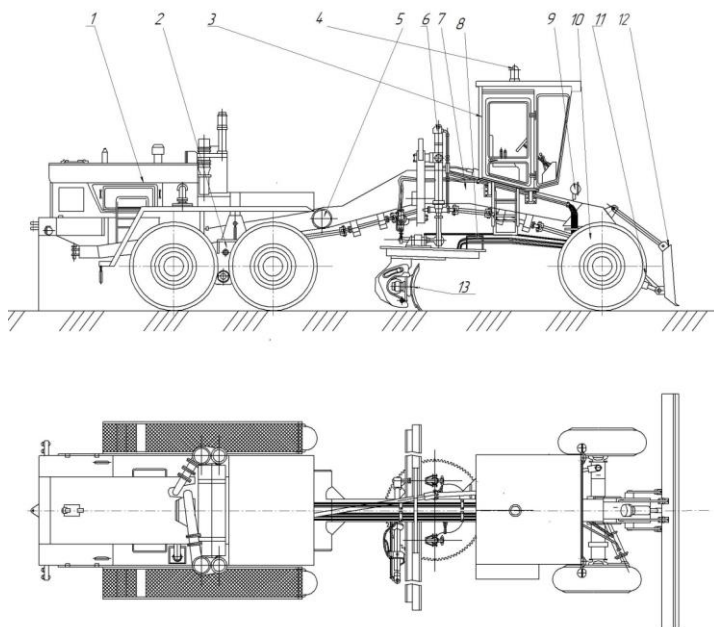
В предлагаемой модернизации конструкции предлагается изменение конструкция автогрейдера, связанное с эргономикой машины – перенесение кабины оператора на переднюю ось. Разработанный вариант моденизации является техническим предложением для последующей разработки. Предложенный вариант модернизации позволяет решить целый ряд задач повышения технической эффективности оператора, проведения комплекса работ и обеспечить удобство работы. К таким решаемым задачам можно отнести:

1. Наиболее равное распределение веса по трансмиссии, тем самым снизив нагрузку с задней и средней оси;
2. Изменение размеров машины. Вдальнейших модификациях возможен перенос двигателя вперед, что позволит уменьшить её длину и увеличить манёвренность;
3. Возможность установки более мощного двигателя, из-за перераспределения веса;
4. Увеличивается обзорность кабины, водитель сможет наблюдать за работой как переднего, так и среднего рабочего органа (грейдерного отвала), увеличивается контроль обработанной поверхности;
5. Обеспечивается удалённость от источника вибраций, шума и газов – двигателя. Это несомненно идёт на пользу водителю из-за снижения на него вредных воздействий;
6. Обеспечивается доступность к двигателю с любой стороны. Удобство в проведении ТО и ТР двигателя;

7. Возможность установки более мощного освещения, что будет практичнее при работе в условиях плохой освещенности.

Тенденции в развитии конструкций автогрейдеров в основном касаются модернизации их основных узлов и механизмов, систем управления и удобства управления автогрейдером, унификации деталей и узлов гаммы автогрейдеров одного производителя.

В выпускной квалификационной работе принят другой принцип модернизации конструкции автогрейдера – эргономический и проведена модернизация на основе перемещения кабины управления и ее разнесения ее с силовой установкой разработано соответствующее техническое предложение.



**Рис. 1.** Конструкция модифицированного автогрейдера:

1 – Двигатель, 2 – Балансирная тележка, 3 – Кабина машиниста, 4 – Проблесковый маяк, 5 – Шарнир сочленения рамы, 6 – Гидроцилиндры управления отвлаом, 7 – Рама грейдера, 8 – Рама тягового оборудования, 9 – Фара передняя, 10 – Управляемые колёса, 11 – Гидроцилиндры управления кировщиком, 12 – Кировщик, 13 – Грейдерный отвал

Выводы:

1. Изменение конструктивных особенностей автогрейдера, не изменит основную конструкцию машины, а потребует модификации рамы машины, крепежа кабины и инструментов управления автогрейдером.

2. Анализ существующих конструкций автогрейдеров актуализирует данную тему, для расширения количества параметров доступных модификаций для улучшения качества работ и условий работ водителя.

#### Библиографический список

1. Мукушев Ш.К. Обзор конструкции современных автогрейдеров // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ", 2015. №6(46). С. 24-28.
2. Белоногов Л.Б. Устройство автогрейдера и расчёт рабочего оборудования: методическое пособие. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2003. – 83с.
3. Шмаков А.Т. Бульдозеры, скреперы, и грейдеры в дорожном строительстве: Учебник. - М.: Транспорт, 1991. - 255 с.
4. Устройство и классификация автогрейдеров // Строй-Техника.Ру - информационная система по строительной технике. URL: <http://stroy-technics.ru/article/ustroistvo-i-klassifikatsiya-avtogreiderov> (дата обращения 05.03.2018).
5. Автогрейдеры. Общее техническое описание // СпецДорМаш - Продажа новых автогрейдеров в РФ, запчастей ДЗ-98. URL: [https://sdm25.ru/informatsiya/informatsiya\\_6.html](https://sdm25.ru/informatsiya/informatsiya_6.html) (дата обращения 06.03.2018)
6. В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов, Г.В. Кустарев, Н.Д. Селиверстов Автогрейдеры. Устройство, основы расчета: учеб. пособие. – М.: МАДИ, 2014. – 144 с.
7. Шестопалов, К.К. Машины для земляных работ: учеб. пособие – М.: МАДИ, 2011. – 145 с.

### **КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПЛАСТМАССОВЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ**

**Юров Н.В.**, магистрант

*Научный руководитель – Тагиева Н.К., доц., к.т.н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Российская Федерация)*

Сегодня довольно остро стоит задача увеличения межремонтных сроков эксплуатации дорог и снижения стоимости не только строительства автомобильных дорог, но и ремонта их покрытий. Эксплуатационное состояние автомобильных дорог во многих случаях не соответствует установленным нормам. Такая тенденция делает особенно актуальной задачу разработки и применения дорожных покрытий, обладающих более высо-



кими эксплуатационными характеристиками, позволяющими вести все-сезонное их строительство [2].

Сегодня разработаны и начинается опытная эксплуатация нового вида дорожных покрытий [4], основанных на применении в их составе пластических материалов. Такие материалы дорожных покрытий по мнению их разработчиков обладают более существенно высокими эксплуатационными характеристиками и техническими требованиями по оценкам разработчиков и их применение в практике строительства автомобильных дорог в разных по климатическим и эксплуатационным условиям применения высокоэффективно.

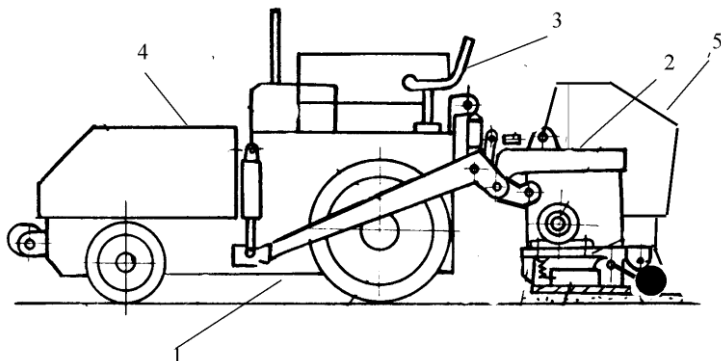
Но, как любой новый конструкционный материал требуются доработки его конструкции в изделиях. Так, необходимо решить проблему, которая ограничивает использование пластиковых покрытий, а именно гладкости (скользкости) контактной поверхности пластика с шинами автотранспортных средств [8]. Если на стадии применения нового пластикового покрытия его поверхность может быть создана при производстве с заданной шероховатостью [9], то при эксплуатации поверхность и элементы шероховатости на ней изнашиваются, что способствует скользкости покрытия, а значит и нарушению требуемого нормативного состояния покрытия дороги.

Одним из решений вопроса восстановления шероховатости пластикового дорожного покрытия, рассматриваемого нами в рамках выпускной квалификационной работы, мы рассматриваем распределение и внедрения на нагретой поверхности верхнего слоя пластмассового покрытия частиц полимерных материалов (пластмасс).

Это позволит:

1. Увеличить срок нормативного эксплуатационного состояния.
2. Практически на порядок снизить себестоимость ремонта и обслуживания дорожных покрытий.
3. Улучшить сцепление колес транспортных средств с поверхностью дороги.
4. Увеличить дренажные свойства и аквапланирование дорожного покрытия.
5. Повысить устойчивость к появлению следов от машин при высоких температурах.
6. Снизить шумовые характеристики дорог, что соответствует увеличению расстояния от дороги до жилищной постройки в 2 раза.
7. Снизить износ колес автотранспорта.
8. Уменьшение светоотражающих свойств дорожной поверхности, что увеличивает безопасность движения.

Для решения этой задачи необходимо соответствующее техническое средство, разработанное нами на основе уже существующих технических решений и представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Схема машины по восстановлению регулярной шероховатости пластмассовых дорожных покрытий:

1 – базового колесного самоходного шасси, 2 – рабочего модуля (моноблочная конструкция, предназначенная для установки на любой вид шасси), 3 – рабочего места оператора, 4 – силовая установка, 5 – бункер с частицами полимерного материала

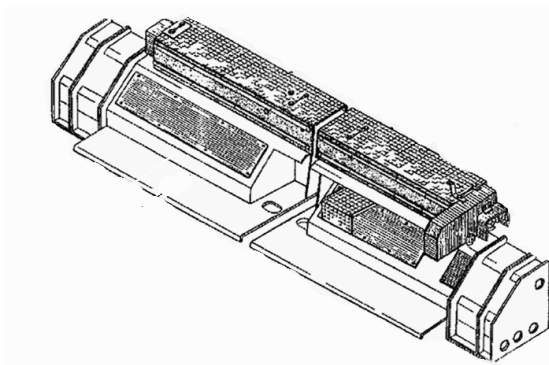
Конструкция машины основывается на уже существующих базовых колесных шасси и снабжена двумя ведущими и двумя поворотными колесами [6]. Ведущие колеса, составляющие заднюю опору основной рамы, установлены на корпусах планетарных редукторов и оснащены тормозами, управляемыми с помощью гидросистемы. Передней опорой основной рамы служит управляемый мост, выполненный в виде двух балансирных тележек, (задняя тележка имеет пару сдвоенных массивных колес). Балансирные тележки смонтированы на основной раме машины с помощью кривошипов, связанных между собой карданным валом. Такая конструкция выполняет функцию поперечного балансира и обеспечивает контакт всех управляемых колес с покрытием дороги, исключает действие крутящего момента на переднюю часть рамы при наезде на препятствие. Все рычаги и продольные тяги управления расположены вне рамы машины, обеспечивают перемещение кривошипов и балансиров по вертикали. Ступицы управляемых колес связаны между собой продольными и поперечной тягами, а также связаны с гидроцилиндром управления. Гидроцилиндром управляют с помощью следящего гидрораспределителя с места оператора, воздействуя на рулевую колонку.

В передней части шасси расположена силовая дизельная установка, мощностью 130 л.с. В центральной части машины размещена кабина оператора (пульт управления) открытого типа (защищенное тентом) или оборудованная полностью закрытой жесткой кабиной.

Рабочий модуль располагается в задней части машины и представляет собой корпус, состоящий из нагревательного и распределительного элементов

Рабочий модуль размещается над пластиковой поверхностью дорожного полотна и крепится на шасси.

При работе под воздействием нагревательного элемента рабочего модуля, представленного на рис. 2., осуществляется равномерный нагрев до требуемой температуры размягчения пластмассы слоя покрытия (температура определяется исходя из вида используемого полимерного материала для строительства дороги).



**Рис. 2.** Нагревательный элемент

Принцип работы:

При нагреве применяются два типа подогрева поверхности:

- Газовый подогрев (в качестве газа используется, например - пропан) дает возможность быстро нагревать плиту, не влияя при этом на расход топлива. Газовый нагревательный элемент, которого представлен на рис. 3.



**Рис. 3.** Газовый нагревательный элемент

Зажигание газа в системе обогрева плиты и контроль ее температуры, как правило автоматизированы. Следует также заметить, что газ относится

к взрывоопасным веществам поэтому требуется постоянный контроль и соблюдение дополнительных мер безопасности.

- Электрический подогрев более удобное решение, т. к. не требует постоянного контроля со стороны оператора (электрический нагревательный элемент представлен на рис. 4.)



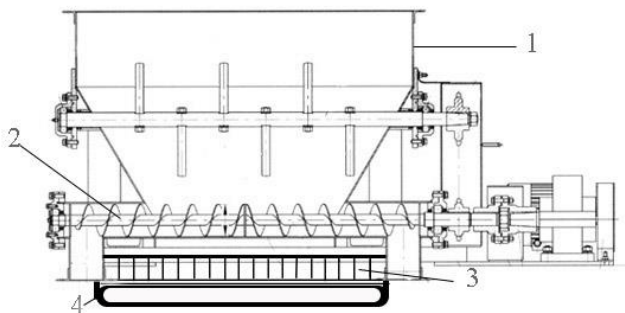
**Рис. 4.** Электрический нагревательный элемент

С другой стороны, электрический нагрев плиты увеличивает расход топлива, к тому же, элементы для подогрева также требуют периодической замены;

- Возможны и другие методы нагрева, которые могут применяться в машине.

Из бункера, частицы полимерного материала попадают в распределительный элемент, в котором шнекоротор равномерно заполняет каналы подачи частиц рабочего модуля. Вибрационный механизм платформы с каналами производит равномерное распределение мелких полимерных частиц по поверхности валикоподобного распределительного элемента. Валик с частицами прокатываясь по поверхности разогретого пластмассового покрытия, оставляет в верхнем слое дороги частицы полимерного материала.

Схема работы рабочего модуля изображена на рис. 5.



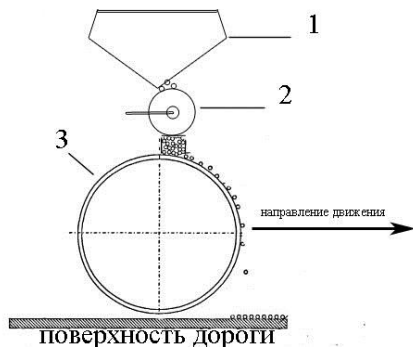
**Рис. 5.** Схема работы рабочего модуля:

1 – бункер с частицами полимерного материала, 2 – шнекоротор, 3 – каналы подачи частиц с платформой, оборудованная вибрационным механизмом, 4 – валикоподобный распределительный элемент

Вибрационный механизм рабочего модуля представляет собой металлическую платформу, изготовленную из стали. Вибрационное воздействие на нее передается от механического вибратора, приводимого в движение электрическим двигателем.

Попадание частиц на верхний слой покрытия дороги происходит при помощи валикоподобного распределительного элемента на который из бункера, по каналам подачи частиц, равномерно распределенных шнекоротором.

Валикоподобный распределительный элемент представляет собой валик с прорезиненной поверхностью закрепленного на валу и приводящийся в движение при помощи передаточного механизма (шестерни), изображенный на рис. 6.



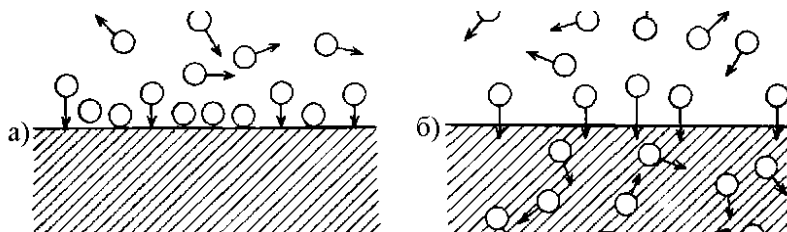
**Рис. 6.** Схема работы валикоподобного распределительного элемента:

1 – бункер с частицами полимерного материала, 2 – шнекоротор, и каналы подачи частиц с вибрационной платформой, 3 – валик

Устройство позволяет особенно хорошее регулирование количества рассеиваемых частиц [7]. Позволяет регулировать расстояние между рассеивающей щелью, то есть рассеивающим отверстием, и криволинейной поверхностью валикоподобного распределительного элемента для изменения количества рассеиваемых частиц. Чем больше это расстояние, тем больше частиц выпускается в единицу времени. Также на количество выпускаемых частиц можно оказывать влияние путем регулирования вибрации платформы с каналами подачи частиц, то есть ее частоты.

Внедрения частиц полимерного материала в поверхность дороги происходит по одному из способов, зависящего от температуры нагрева поверхности дороги, изготовленной из пластика, изображено на рис. 7 На панели управления машины устанавливается необходимая дозировка, зависящая от состояния поверхности дороги.

Наиболее качественным и долговечным является вариант б, так как частицы распределяются по всей глубине верхнего слоя дороги, а значит при эксплуатации поверхность меньше подвержена износу.



**Рис. 7.** Способы внедрения частиц полимерного материала в поверхность дороги

После происходит самоотвердение пластиковой поверхности путем естественного самоохлаждения (остывания) покрытия с распределенными частицами.

Производственные возможности машины зависят от толщины используемого дорожного полотна и объема используемого бункера.

Кроме того, использование машины возможно практически в любых погодных условиях.

Материал покрытия и распределяемый на покрытии материал могут изготавливаться из резиновой крошки [3].

Внедрение резиновой крошки повышает срок эксплуатации дорожного полотна, увеличивается период между ремонтами – в несколько раз; снижается стоимость ремонта и обслуживания, уменьшается скольжение колес, улучшаются дренажные свойства в дождь и гололед, что подтверждает рациональность ее использования в дорожном строительстве.

Использование инновационных материалов поможет снизить расходы на строительство и содержание магистралей, избавить города от пластикового мусора [5].

Применение «резинового асфальта» экономит дорогие материалы переробки нефти так как используется вторичная дробленая резина в количестве 2% от общей массы. Дорожные покрытия на основе переработанных пластиковых отходов - одно из наиболее перспективных направлений развития строительства автомобильных дорог [1]. Не исключено, что скоро эта сфера станет одним из стабильных каналов сбыта для бизнеса на переработке пластика.

В статье представлен только начальный этап проведения большого объема изысканий.

Необходимо также проведение их эксплуатационных испытаний и уточнение ряда характеристик покрытий, что предполагается нами сделать в рамках проводимой работы или ее продолжении в рамках последующего научного исследования.

### Библиографический список

1. Сайт Дорожное покрытие из пластика - качественные дороги и забота о природе [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rcycle.net/plastmassy/dorozhnoe-pokrytie-iz-plastika-kachestvennyedorogi-i-zabota-o-prirode/>, свободный.
2. Лысянкова А.В., Третьякова Е.А. Известия ТулГУ // Технические науки. Тул. 2017. С.105-117.
3. Сайт Асфальт с резиновой крошкой: современное покрытие для дорог и площадок [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rcycle.net/rezina/kroshka/rezinovuj-asfalt/>, свободный.
4. Сайт Устройство дорожных одежд с покрытиями низших типов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/>, свободный.
5. Сайт Переработка отходов и промышленных материалов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://promplace.ru/>, свободный.
6. Сайт Строительная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/dorozhno-stroitelnye/>, свободный.
7. Сайт Устройство для рассеивания частиц по поверхности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/251/2513836.html>, свободный.
8. А.А. Сербиненко, С.Н. Жилиным, Министерство транспорта Российской Федерации государственная служба дорожного хозяйства (росавтодор) // Рекомендации по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью, Москва 2004.
9. Сайт Шероховатость дорожного покрытия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.unidorstroy.kiev.ua/articles-asphalting/sherohovatost-dorozhnogo-pokrytiya.html>, свободный.