



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



# ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПУТЕВЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ МАШИНЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Сборник докладов  
27-й Московской международной межвузовской  
научно-технической конференции студентов, магистрантов,  
аспирантов и молодых ученых, посвященной  
95-летию подготовки инженеров-механиков МИСИ – МГСУ

*(г. Москва, 26–27 апреля 2023 г.)*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2023

ISBN 978-5-7264-3244-1

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2023

- П45      **Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы** [Электронный ресурс] : сборник докладов 27-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию подготовки инженеров-механиков МИСИ – МГСУ (г. Москва, 26–27 апреля 2023 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт инженерно-экологического строительства и механизации. — Электрон. дан. и прогр. (16,0 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.  
ISBN 978-5-7264-3244-1

27-я Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы» проводилась 26–27 апреля 2023 года в НИУ МГСУ при поддержке вузов столицы: МГТУ им. Н.Э. Баумана, МАДИ, РУТ, РГАУ – МСХА. Участники конференции — преимущественно обучающиеся ведущих технических вузов Москвы, а также других российских и зарубежных вузов. В сборнике представлены доклады участников конференции.

Для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и обучающихся технических вузов.

*Научное электронное издание*

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

Ответственный за выпуск *Е.В. Харламов*

Институт инженерно-экологического строительства и механизации  
(ИИЭСМ НИУ МГСУ).

Кафедра механизации и автоматизации строительства.

Тел.: +7 (499) 183-44-47.

E-mail: [moidm@mgsu.ru](mailto:moidm@mgsu.ru)

Сайт: [www.mgsu.ru](http://www.mgsu.ru)

*Для создания электронного издания использовано:*

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Верстка макета *Е.В. Харламова*

Подписано к использованию 07.06.2023. Объем данных 16,0 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет».

129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.

E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. «ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ»

Аксюта Р.Ю. Механизация участка переработки апатита сухого с разработкой механизмов ленточного конвейера.....	10
Александров Р.С. Триботехнические испытания тормозных устройств и возможности их усовершенствования.....	13
Алексеев В.И., Хлопков В.П. Зависимость деформаций пластины приводной роликовой цепи конвейеров для паллет от статической нагрузки.....	16
Андреева П.О. Ограничение динамических нагрузок лифтов.....	20
Волков Р.И. Обеспечение устойчивости при управлении грузоподъемными операциями самоходных кранов.....	22
Гараджаев М.Б., Степанченко К.А. Экспериментальное исследование роликовых цепей на универсальной разрывной машине.....	25
Гнездилов С.Г. Некоторые вопросы применения искусственного интеллекта в учебном процессе.....	30
Дворянкин А.О. Потенциал и особенности применения 3d печати в машиностроении.	32
Клименко Н. Д., Жерновая А. А., Моисеев Н. И. Виброакустическая диагностика как инструмент цифровизации процесса технической эксплуатации перегрузочного оборудования портов.....	35
Золотарев О.О. Рациональный выбор передаточных чисел многоступенчатых механических коробок передач строительно-дорожных машин на автомобильном шасси.....	37
Кардаманова А.А., Лебедева А.А. Автоматизированный метод оценки напряженного и деформированного состояния металлоконструкции грузоподъемных машин.....	40
Кардаш Е.С., Зубов В.С. Анализ влияния динамики движения механизма подъема на элементы конструкции гпм.....	43
Коновалов А.Д. Разработка амбулаторного автолифта с боковым секционным подъемником.....	47
Кузлякин Е.С. Исследование влияния характеристик сыпучего груза на процесс перемещения в трубчатом скребковом конвейере.....	52
Кустова Ю.С., Загртденов Р.Р. Обоснование применения тензометрического оборудования для постоянного мониторинга безопасности конструкций и оборудования в портах.....	55
Лопатин Д.П. Механизация переработки и утилизации мусора на мусороперерабатывающем предприятии.....	59
Мазурин П.А., Натальин М.А., Ширшина Е.А. Исследование факторов, которые влияют на качество фотограмметрии при техническом диагностировании грузоподъемных машин.....	64
Макин С. Г., Дудоров А.С. Подъемно-транспортные и перегрузочные механизмы	66
Макухин Д.С. Перспектива замены гидропривода в компактных стреловых самоходных кранах электроприводом.....	69
Маркевич В.Н. Разработка пластинчатого конвейера с возможностью промежуточной разгрузки.....	72
Михалев А.В. Сравнение алгоритмов обработки сигнала для задачи определения массы груза крановыми весами.....	76
Михаль М.С. Разработка и определение оптимальной конструкции модуля строительного дирижабельного.....	80
Морозов М.А. Проектирование рамы фронтального погрузчика.....	83



Нефедова А.С. Основные подходы к оценке техногенного риска перегрузочных процессов в порту.....	85
Петров И.Д. Проблемы безопасности вертикального транспорта.....	89
Простаков Д.А. Цифровая трансформация системы контроля подъемно-транспортных машин.....	91
Пузров М.А. Сравнительный анализ грузоподъемных элементов и характеристик самоходного модульного транспортного средства (СМТС) и краново-манипуляторной установки (КМУ).....	95
Сай В.А. Определение оптимальной конструкции рабочего органа барабанного типа микро-экскаватора.....	99
Соловьева М.В., Андреев М.С. Оценка напряженно-деформированного состояния мостового крана с целью обоснования объема полнокомплектного ремонта.....	103
Суворова П.С. Перспективы применения виброуплотняющего оборудования на минипогрузчиках.....	108
Филиппов В.В. Совершенствование гидравлического экскаватора на гусеничном ходу с грузоподъемным устройством.....	111
Ширнин С.А. Исследование параметров истечения асфальтобетонной смеси в накопительном бункере-перегрузателе.....	115

## **СЕКЦИЯ 2. «СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПУТЕВЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ МАШИНЫ»**

Артёменко А.И. Обеспечение надёжности при восстановлении деталей автомобилей и дорожно-строительных машин в Приднестровье.....	120
Архипов А.В. Модернизация элементов технологических машин с использованием композиционных материалов.....	123
Болотников И.С. Исследование влияния режимов фрезерования углепластиков при изготовлении деталей машин на их усталостную прочность в условиях воздействия отрицательных температур.....	127
Быханов Н.Д., Тезякова М.А., Баньковская Е.В. Разработка навесного оборудования для очистки дорожных тросовых ограждений.....	131
Вертий А.Е. Исследование влияния мелкодисперсного резинового наполнителя на ударную прочность эпоксидной смолы, применяемой при ремонте деталей машин.....	135
Головачева М.Р. Методы повышения эксплуатационной надёжности путевых снегоуборочных машин.....	138
Гонсалес Сантос Рафаэль Хосе Оценка предельной работоспособности систем строительных, дорожных, путевых и мелиоративных машин.....	141
Григорьев П.А., Сладкова Л.А. Концепция использования строительной и дорожной техники при ликвидации разрушений в результате чрезвычайных ситуаций.....	144
Зейн Алдин А. Проектирование шасси «Гексапод» для шагающего экскаватора.....	148
Каберов А.В. Анализ конструктивных особенностей и преимуществ использования вакуумных подметально-уборочных машин.....	150
Каранкевич М.С., Петров Д.С. Конструктивные отличия машин для подбивки и выправки пути на стрелочных переводах.....	154
Каранкевич М.С. Разработка конструкции консольного крана с возможностью трансформации в кран мостового типа.....	157
Кириленков А.С., Филатчев В.В. Перспективная технология укладки рельсошпальной решетки при ремонте пути.....	160
Красных С.Ю. Влияние неблагоприятных факторов на надёжность балластного слоя..	163
Кузнецов Н.Д., Хусаинов А.А. К вопросу определения норм расхода запасных	

гидроагрегатов строительных машин.....	166
Кузьмицкая П.А. Модернизация щековой дробилки со сложным движением щеки.....	169
Лёвочкин Л.А., Сладкопевцев В.Е., Буланов В.А. Разработка способов и средств оценки усилий резания и копания грунтов.....	172
Матвеев А.А. Инновации продления срока службы узлов трения технологических машин.....	175
Мотевич С.А. Управление аппаратом вихревого слоя при обработке торфяных грунтов.....	178
Мухин В.В. Применение ПКМ для ремонта деталей машин работающих в агрессивных условиях Приднестровской Молдавской Республики.....	181
Нырк В.А., Кулешов М.Р. Влияние конструкции механизма поворота ковша на НДС металлоконструкции рукояти гидравлического экскаватора.....	185
Парусов А.А., Богданов М.А., Шумов В.В. Технологическая установка для ультразвуковой активации водно-цементной суспензии.....	189
Погонина А. М., Павлов С. А. Определение скоростных параметров дозирующего и распределяющего оборудования для противогололедных реагентов.....	192
Рузанкин П.А. Совершенствование технологических методов ремонта гидравлических линий дорожно-строительных машин за счет использования полимерных материалов.....	196
Рылько Д.А. Развитие систем нивелирования строительных и дорожных машин.....	199
Санжаровский Н.Т. Методы обратного прототипирования при ремонте технологических машин.....	203
Сидоров М.О. Роботизация процесса перекладки продукции в коробах.....	207
Скворцов В.В. Дефекты штоков гидроцилиндра и элементы защиты от запыления.....	211
Сосков И.А. Перспективные направления развития машиностроения в области изготовления деталей из полимерно–композиционных материалов.....	214
Филатчев В.В., Кириленков А.С. Концепция многофункционального комплекса для нужд путевого хозяйства.....	218
Хабарова И.А. Проведение земляных работ в россии с помощью средств малой механизации с учетом зарубежного опыта.....	22
Шлапак А.К., Ламанов Н.Д. Перспективы применения композиционных материалов на основе модифицированных полимерных матриц при производстве деталей наземных транспортно-технологических машин.....	223
Шошин А.С. О надежности гидроприводов машин транспортного строительства.....	226
Юнтунен А.А. Оценка влияния влажности и засоренности балласта на производительность щебнеочистительных машин.....	229

### **СЕКЦИЯ 3. «ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»**

Аракелян А.А. Роботизированная ячейка для ремонта элементов подвижного состава.	234
Ботогов Е.О. Перспективы добычи железомарганцевых конкреций в окраинных морях Северного Ледовитого океана.....	237
Застрожников В.В., Кошик Д.В., Будный М.М. Метод определения психоэмоционального состояния технического персонала.....	241
Бурцева А.А. Разработка роботизированной ячейки для резки проемов в боковых стенках пассажирских вагонов.....	245
Емельянов А.А. Конструкция кузова легкового автомобиля и характер его коррозионного износа.....	248
Заварзин А.Д. Роботизация кладочных работ: технологии будущего.....	251
Каширин Н.А. Анализ факторов, влияющих на уровень роботизации строительного	

сектора в России.....	253
Козлов И.М. Автоматизация производства монолитных работ.....	257
Кужагалиева Ж.Р. Концепция автоматизации вертикальных ферм.....	260
Макаров А.Д. Разработка систем для автономной работы роботизированной ячейки...	263
Минц Д.С. Разработка позвонка на гидравлических подушках для рабочего органа колесно-шагающего экскаватора.....	265
Митроусов Н.А. Анализ существующих методов автоматизации погрузочно-разгрузочных работ.....	268
Садовникова Я.С. Исследование симметричного способа подачи противогололёдного материала на диск.....	271
Среднев И.А. Потенциал использования роботов для нанесения адгезивов.....	274
Шилов М.В. Роботизированная ячейка для дефектоскопии колесных пар подвижного состава.....	277
Шихов Н.С. Разработка штукатурного робота с применением виброплатформы.....	281
Щеголятов Е.А. Шредерная установка.....	284

#### **СЕКЦИЯ 4. «СКЛАДСКАЯ И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА»**

Саенко И.А. Роботизация складских помещений – будущее или нынешняя реальность?.....	289
Хлопков В.П., Алексеев В.И. Обзор методик расчета сопротивлений перемещению деревянных паллет по приводному роликовому конвейеру.....	292

#### **СЕКЦИЯ 5. «АВТОМАТИКА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИН, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ»**

Алеков С.Ф. Оптимизация режимов работы ДВС в составе дизель-генераторной установки.....	297
Барабошкина А.С. Энергоэффективные решения в системе автоматизации приточно-вытяжной вентиляции здания библиотеки.....	302
Варакин Д.А. Параметры программ-слайсеров, влияющие на качество деталей машин, изготовленных с помощью 3D печати.....	307
Волкова А.В. Автоматизация производства асбестоцементных изделий.....	311
Дудолодов Р.Е. Цифровизация технологических комплексов портов. Вопросы страхования производственных объектов и процессов.....	314
Фадеев А.С., Ильина Е.А. Федоров М.П. Динамическое решение квадратного уравнения по статистическим данным на примере моделирования надежности трубопровода.....	316
Мусин Е.С. Увеличение производительности разделительной машины MASA-Henke Maschnefabrik.....	321
Некрасов С.И. Оптимизация транспортно-технологического процесса путем интеграции контрольно-информационных систем.....	323
Соболев Г.А., Загртденов Р.Р. Обоснование применения гребнесмазывателя колес механизма передвижения порталного крана для повышения срока эксплуатации.....	327
Черняк О.А. Цифровизация технологических комплексов портов. Вопросы технической эксплуатации перегрузочного оборудования.....	331
Шабловский Я.Д. Автопилоты для технологических машин АПК и достоверность принятия решения.....	333
Шевелёв А.И. Цифровизация технических комплексов в портах. Вопросы распределения технических средств и иных ресурсов.....	337

## СЕКЦИЯ 6. «ПРИВОДА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

Йылмаз М.Ю. Исследование собственных частот колебаний карданного вала.....	341
Ступин О.А. Вариативность информационного потока сигналов при мониторинге состояния машин по параметрам вибраций.....	343
Гаркуша А.В. Обзор транспортных средств для автодорожной перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов.....	346
Сунбо Го Модернизация конструкции механизма подъема стрелы автомобильного крана.....	349
Горелова М.В., Сладкова Л.А., Фокин В.В. Методика обеспечения безопасной работы стреловых самоходных кранов.....	353
Довгань В.Д., Иванов И.В. Сравнение способов нагрева выглаживающей плиты асфальтоукладчика.....	357
Жаворонков М.А. Сравнительная оценка активных методов подавления маятниковых колебаний ковша с жидким металлом литейного крана на гибком подвесе.....	360
Лукьянов М.А., Невзорова Е.В. Исследование условий виброударного взаимодействия элементов шарнирных соединений строительных машин.....	363
Минаков В.Ю., Кустарев Г.В. Машина для транспортировки и приготовления асфальтобетонной смеси.....	365
Невзорова Е.В., Кузнецов М.А., Иванов Н.Д. Системы диспетчеризации и управления комплексами беспилотных транспортных средств.....	368
Рудь Е.Г., Сладкова Л.А. Методический подход к проектированию надежности механической системы и её проверка.....	373
Сладкова Л.А., Григорьев П.А. Анализ методов оценки усилий копания грунта рабочими органами землеройных машин.....	377

**СЕКЦИЯ 1.  
«ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ»**

## **МЕХАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ПЕРЕРАБОТКИ АПАТИТА СУХОГО С РАЗРАБОТКОЙ МЕХАНИЗМОВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

**Аксютя Р.Ю.**, студент 4 курса группы 620791 Тульского государственного университета (ТулГУ)

*Научный руководитель- Шафорост А.Н., доцент кафедры «Транспортно-технологические машины и процессы», к.т.н.*

### **Аннотация**

В данной работе решается вопрос повышения эффективности добычи среднекусового апатита сухого с применением ленточного конвейера. Целью работы является разработка узлов ленточного конвейера, заменяющий труд человека, связанный с перемещением апатита сухого к месту дробления и транспортировки большого объема добываемого груза. Решаются задачи по уменьшению денежных затрат на добычу апатита и сокращению времени на перемещение добываемой руды от места добычи к дробильной установке.

### **Введение**

Транспортирующие машины все больше получают обширное применение во многих отраслях промышленности, транспорте, участках переработки, дробления. Главным элементом конвейера представляется прорезиненная вертикально замкнутая лента, огибающая крайние барабаны, один из которых, как правило, представляется приводным, иной – натяжным. Такие машины характеризуются непрерывным движением насыпных или штучных грузов по заданной магистрали без остановок для загрузки или разгрузки. Груз на ленте или полотне возможно размещать как сплошным покровом, так и отдельными дозами в ковшах, коробках. За счет машин непрерывного транспорта можно добиться большой производительности, что характерно для современных предприятий с высоким грузопотоком. Также обеспечивает ритмичность, позволяет регулировать темп производства и повышению выпускаемой продукции. Успешное применение получили в крупносерийном и массовом производстве с применением автоматических линий. Ленточные конвейеры являются неотъемлемыми звеньями оборудования современных заводов. Они должны быть долговечными, надежными по конструкции, прочными и удобными в эксплуатации. За счет улучшения устройств погрузки, конструкций ставов и создание ленточно-тележных конвейеров можно повысить кусковатость транспортируемого груза. В конструкциях конвейеров стали применяться промежуточные приводы, это создано для того чтобы увеличить длину ставов, повысить количество циклов ленты. Со стороны экономики в современное время себестоимость добычи апатита сухого является дорогостоящим процессом. Это проблема решается, одним из вариантов является дополнительные работы. Применение ленточных конвейеров, которое в свою очередь повышает производительность, а также невысокая трудоемкость обслуживания. Ленточные конвейеры используются на закрытых и открытых участках [1-4].

### **Основная часть**

Для устранения этих задач был рассмотрен процесс добывания апатита сухого и его перемещения в дробильную установку. Был разработан и сконструирован ленточный конвейер для транспортировки апатита, который лучше всего подходит для рассматриваемого варианта добычи руды.



Расстояние между роlikоопорами под загрузочным устройством:

$$l_{p,3} < 0,5 \cdot l'_p,$$

Расстояние между роlikоопорами на порожней ветви ленты  $l''_p$  определяют по формуле:

$$l''_p = (2 \dots 3) \cdot l'_p,$$

Общее сопротивление загруженного конвейера при установившемся движении, равное тяговому усилию привода, определяют по обобщенной формуле:

$$W = K_{OB} \cdot L_r \cdot g \cdot [(q_r + q'_p + q_l) \cdot w_p + (q''_p + q_l) \cdot w_x] \pm q_r \cdot H \cdot g,$$

где  $K_{OB}$  - обобщенный коэффициент местных сопротивлений на поворотных барабанах, в местах загрузки и других пунктах

Диаметр барабана вычисляется в соответствии с формулой:

$$D_{бн} = 200 \cdot i_n,$$

где  $i_n$  – число прокладок [5-6].

### **Заключение**

Вывод можно сделать такой, что наши задачи по добычи апатита сухого и уменьшению человеческого труда, сокращения времени были в полном объеме.

### **Список источников**

1. *Ромакин Н.Е.* Машины непрерывного транспорта: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е. Ромакин. – М.: Издательский центр “Академия”, 2008. - 423с.
2. *Бабкин А.И.* Детали машин и основы конструирования: учебное пособие для студентов / А.И. Бабкин, А.В. Руденко; Ин-т судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз). Северодвинск, 2008. 126 с.
3. *Мерданов Ш.М.* Машины непрерывного транспорта: учебное пособие / Ш.М. Мерданов, Н.И. Смолин, А.А. Иванов, В.В. Шефер; под общ. ред. Ш.М. Мерданова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 208с.
4. *Ромакин, Н.Е.* Саратовский государственный технический университет. Машины непрерывного транспорта: Учеб.пособие / Н.Е. Ромакин, Д.Н. Ромакин; Саратов. ГТУ — Саратов, 2008 — 76 с.
5. *Анцев В.Ю.* Повышение эффективности процесса проектирования грузоподъемных машин на основе экспресс-оценки их ресурсоемкости / В.Ю. Анцев, А.В. Воробьев, А.Н. Шафорост // Техника и технология транспорта. – 2019. – № S (13). – С. 1
6. *Анцев В.Ю.* Структурно-параметрический синтез подъемно-транспортных систем цехов и участков машиностроительных предприятий / В.Ю. Анцев, А.Н. Шафорост // Интерстроймех–2018: Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции, Москва, 08–12 октября 2018 года / Под редакцией С.Я. Галицкова. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2018. – С. 206-211.
7. *Владимиров Н.А.* Механизация участка переработки мелкокускового гипса с разработкой механизмов ленточного конвейера / Н.А. Владимиров // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы: Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12–13 мая 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 52-56.



## **ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

*Александров Р.С., студент 5 курса 2 группы МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва  
Научный руководитель – Ромашко А.М., доцент каф. РК4, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Фрикционные тормозные устройства нашли широкое применение в механизмах ПТМ. От них зависит работоспособность и безопасность эксплуатации грузоподъемных машин. Для правильного и рационального подбора фрикционных пар трения тормозных устройств используют различные виды триботехнических испытаний, а именно натурные, стендовые и лабораторные испытания. Стендовые испытания, проводимые на нагрузочных инерционных стендах, получили наиболее широкое распространение. Такие стенды могут воспроизводить кратковременные и повторно-кратковременные режимы нагружения. Для большинства тормозных устройств в механизмах ПТМ этого достаточно, однако существуют тормоза, для которых необходимо воспроизведение длительного режима нагружения. Решить данную проблему возможно использованием редуктора в составе инерционного стенда.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В механизмах ПТМ широко используются фрикционные тормоза. Они являются одними из самых ответственных узлов, определяющих безопасность и работоспособность грузоподъемных машин. В отличие от других способов торможения они должны обеспечивать постоянный и стабильный тормозной момент при любых скоростях скольжения и условиях эксплуатации. Однако у них есть свои особенности, а именно износ фрикционного материала и непостоянный коэффициент трения, зависящий от большого числа внешних факторов. Эти особенности преодолеваются правильным подбором фрикционной пары трения и выбором рационального режима эксплуатации тормозного устройства. Разработаны ориентировочные расчеты фрикционных пар, но в них не всегда возможно дать правильную оценку работоспособности тормозного устройства в реальных условиях эксплуатации. К тому же одни и те же фрикционные материалы можно использовать в разных машинах и на стадии теоретических расчетов нельзя понять, как будет вести себя материал при том или ином режиме эксплуатации. Поэтому для осознанного выбора пар трения и выявления их служебных характеристик проводят триботехнические испытания, которые дают возможность экспериментально ускоренно установить предполагаемую совместимость элементов пары трения и долговечность узла трения в целом при различных режимах эксплуатации.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

На отдельных этапах разработки и при изготовлении как фрикционных материалов, так и тормозных устройств применяют различные виды триботехнических испытаний. Испытания необходимы для сбора экспериментальных данных о работе фрикционных материалов и дальнейшего расчета фрикционных узлов с этими материалами, а также для контроля качества производимых изделий.

По степени точности воспроизведения эксплуатационных режимов работы различают следующие их виды:

1. Натурные испытания, проходящие непосредственно на механизме и содержащие испытываемый узел трения.
2. Стендовые испытания, проводящиеся на стендах различных типов, которые позволяют воспроизводить основные особенности работы тормозного узла при эксплуатации.
3. Лабораторные испытания, проводимые на малогабаритных образцах фрикционных материалов, применяемых в конкретном тормозном узле.

Наибольшее распространение получили стендовые испытания, проводимые на нагрузочных стендах инерционного типа, которые воспроизводят динамические нагрузки реального кранового механизма с помощью вращающихся инерционных масс в виде стальных дисков. С их помощью можно проверить достижение тормозом своего номинального момента, время наложения тормозных колодок на тормозной шкив и время размыкания тормоза. Такие стенды можно представить в виде ряда функциональных блоков [1] (Рис. 1):



Рис. 1 Блок-схема инерционного стенда

1. Непосредственно испытательный блок, на который устанавливается сам тормозной узел. Испытательный блок связан конструктивно с блоком привода, нагружения и измерительным блоком.
2. Блок привода предназначен для сообщения вращательного движения блоку нагружения или валу, на котором установлен тормозной шкив испытательного блока. Желательным является возможность регулирования частоты вращения вала для заданных условий испытания.
3. Блок нагружения, выполненный в виде набора инерционных масс, предназначенный для создания разных по величине моментов инерции, воздействующих на испытуемое тормозное устройство.
4. Измерительный блок, предназначенный для обработки информации с установленных на стенде датчиков, регистрирующих в процессе испытаний необходимые параметры, такие как тормозной момент, скорость вращения вала, температуру и другие.

Обычно инерционные стенды могут воспроизводить кратковременные и повторно-кратковременные режимы нагружения в отношении процесса нагрева. Работа любого тормозного устройства связана с выделением тепла, т.к. совершается превращение механической работы тормоза, в определенном временном промежутке, в тепловую энергию, что приводит к нагреву тормоза и, следовательно, к понижению коэффициента трения. Уменьшение коэффициента трения при нагреве приводит к тому, что тормоз не будет в состоянии остановить механизм на необходимом тормозном пути или произвести удержание груза.

Можно установить три возможных режима работы тормозных устройств [2]:

1. Кратковременный режим. В данном режиме температура поверхности трения не успевает достичь критического значения для данного фрикционного материала, а за время паузы между торможениями снижается до температуры окружающей среды. К такому режиму торможения можно отнести работу тормозных устройств некоторых строительных лебедок и конвейеров, а также редко работающих грузоподъемных машин.
2. Длительный режим. В таком режиме период торможения настолько велик, что температура поверхности трения достигает некоторого установившегося значения и длительное время удерживается на этой отметке. В таком режиме работают некоторые спускные тормоза грузоподъемных машин, тормоза буровых лебедок,

тормозные устройства самолетов при посадке, тормоза автомобилей как при затяжном спуске, так и при полной остановке с большой начальной скоростью движения.

3. Повторно-кратковременный режим. Этот режим характеризуется наличием периодически повторяющихся процессов торможения и пауз в работе тормоза. Период паузы относительно невелик, и температура поверхности трения не успевает полностью остыть до температуры окружающей среды, поэтому каждое последующее торможение начинается при температуре поверхности трения выше, чем начальная температура предыдущего торможения. После ряда последовательных торможений температура поверхности трения достигнет некоторой установившейся величины, для данного режима работы, и дальнейшее возрастание температуры прекратится, т.к. количество тепла, получаемое при торможении, станет равным количеству тепла, отдаваемую в окружающую среду. Такой режим характерен большинству грузоподъемных машин.

Для большинства тормозных устройств, используемых в ГПМ, воспроизведение инерционным стендом кратковременных и повторно-кратковременных режимов нагружения достаточно, чтобы убедиться в их работоспособности, достижения ими своего номинального момента или сравнения нескольких фрикционных материалов. Однако существуют тормозные устройства многоступенчатого наложения тормозного момента, или по-другому плавного торможения, типа ТКГ-160-1, ТКГ-200-1, ТКГ-300-1 [3]. Вследствие своей тормозной характеристики (Рис. 2) испытания на инерционных стендах дают усредненный результат тормозного момента, равный среднему арифметическому значений моментов всех ступеней, скорректированных по времени действия каждой ступени. Для решения этой проблемы необходимо воспроизведение длительного режима торможения инерционным стендом.

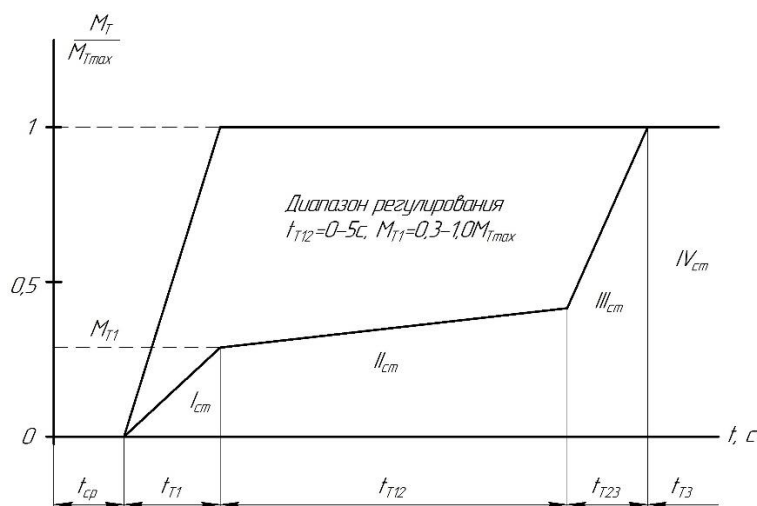


Рис. 2 Обобщенная тормозная характеристика тормозов плавного регулируемого торможения

Для воспроизведения такого режима нужен большой набор инерционных масс, для увеличения времени торможения. Как вариант, возможно воспроизведение длительного режима посредством электродвигателя с большим номинальным моментом. В этом случае после замыкания тормоза электродвигатель играет роль не разгонного, а приводного устройства, и проворачивает тормозной шкив при замкнутом тормозе, тем самым продолжая работу торможения до предусмотренной испытаниями величины, а после отключается вручную или по истечении заранее запрограммированного времени посредством реле. Однако для такого варианта необходим очень мощный двигатель для испытаний больших

типоразмеров тормозов. Для решения этой проблемы возможно использование редуктора или трансмиссии для регулирования приводного момента, а скорость вращения будет регулироваться, помимо редуктора или трансмиссии, непосредственно двигателем. В данном случае блок-схема инерционного стенда будет выглядеть следующим образом (Рис. 3). Испытания на таком инерционном стенде позволят проследить за изменением тормозного момента во времени для всех ступеней наложения тормоза.

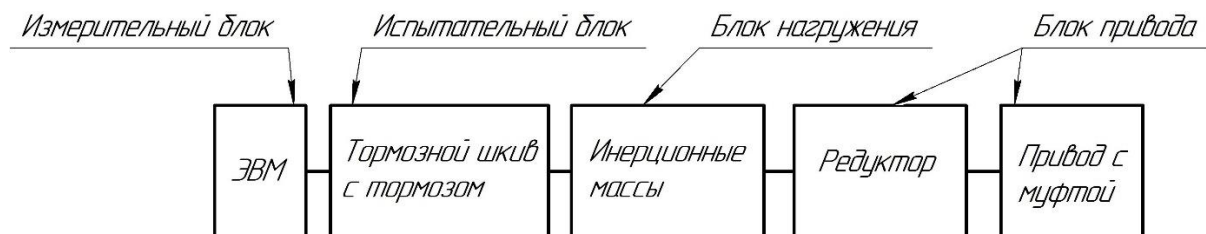


Рис. 3 Блок-схема усовершенствованного инерционного стенда

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом для рационального использования тормозного устройства, которое в полной мере может удовлетворить заданным требованиям, необходим корректный подбор фрикционной пары трения и режима эксплуатации. Это особенно важно для тормозных устройств механизмов ПТМ, т.к. они являются автоматическими. Во многом с подбором помогают триботехнические испытания. Поэтому необходимо расширение функциональных возможностей инерционных стендов. На усовершенствованном инерционном стенде возможно будет проводить испытания длительного торможения для тормозных устройств как для механизмов ПТМ, так и для легковых и грузовых автомобилей. Однако не учет взаимосвязи нескольких тормозных устройств, установленных на одном реальном механизме, изолированность фрикционной пары от реальной машины определяют некоторую условность таких стендовых испытаний для автотранспорта.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основы триботехники: учеб. пособие / Ю.М. Лужнов, В.Д. Александров; под ред. Ю.М. Лужнова. – М.: МАДИ, 2013. – 136 с.
2. Вольченко Д.А. Оценка тепловых режимов металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств / Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко, С. И. Криштопа // ВІСНИК СЕВНТУ. – 2012. – № 134. – С. 90-93. – EDN TUVQCQV.
3. Ивашков Н.И., Костромин А.Д. Тормоза с плавным регулируемым наложением тормозного момента для механизмов передвижения и поворота кранов // Подъемно-транспортное дело. – 2016. – №3. – С. 8-13.

### ЗАВИСИМОСТЬ ДЕФОРМАЦИЙ ПЛАСТИНЫ ПРИВОДНОЙ РОЛИКОВОЙ ЦЕПИ КОНВЕЙЕРОВ ДЛЯ ПАЛЛЕТ ОТ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

*Алексеев В.И., магистрант МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Хлопков В.П., аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель – Носко А.Л., д.т.н., профессор*

*Научный консультант – Сафронов Е.В., к.т.н., доцент*

### Аннотация

В докладе представлены результаты экспериментального исследования нагруженности приводной роликовой однорядной цепи ПР-15,875-23 с помощью тензометрического метода измерения. Для проведения экспериментальных исследований разработаны лабораторный

стенд и методика проведения эксперимента, позволяющая выявлять зависимость статических деформаций, возникающих в пластинах цепи от нагрузки цепи, выбрана схема измерений - мост Уинстона с тензорезисторами номинальным сопротивлением 350 Ом. В качестве аналого-цифрового преобразователя и усилителя выходного сигнала использована плата National Instruments NI USB-9162, с обработкой цифрового сигнала в программном комплексе LABVIEW. Результаты, полученные в ходе проведения эксперимента предполагается использовать при разработке стенда для проведения динамических исследований нагруженности приводных роликовых цепей конвейеров для паллет.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время роликовые однорядные цепи (рисунок 1) [1] используются в приводах конвейеров для паллет, которые получили широкое распространение как средство механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и складских работ в различных отраслях РФ [2, 3].

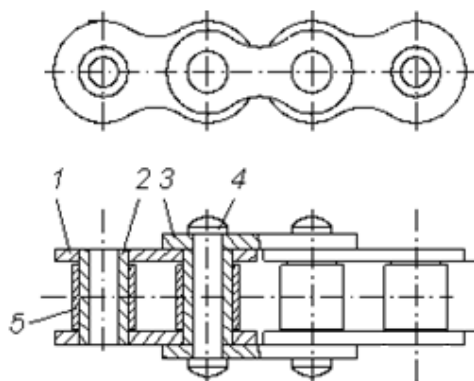


Рис. 1. Роликовая однорядная цепь (1 – внутренняя пластина; 2 – втулка; 3 – наружная пластина; 4 – валик; 5 – ролик)

Паллетные конвейеры относятся к машинам непрерывного транспорта, использование которых, а также методы их расчета предполагают перемещение грузов непрерывным потоком без остановок. Однако, особенности использования конвейеров для паллет-частые пуски и остановки конвейеров, вызванные особенностями технологических процессов (погрузка паллет на конвейер и снятие паллет с конвейера, необходимость накопления паллет на конвейере, изменение скорости движения паллет в процессе работы, связанные с протяженностью и сложностью конфигурацией трассы конвейеров в вертикальной и горизонтальной плоскостях) требуют изменения подходов к методам расчета таких конвейеров. Прежде всего, это относится к тяговому расчету приводных роликовых конвейеров с цепными передачами, для корректировки которого важно проведение работ по исследованию приводных цепей, а именно возникающих в процессе их работы нагрузок.

Цель работы – экспериментальное исследование статической нагруженности приводной роликовой однорядной цепи конвейеров для паллет.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Экспериментальная механика описывает достаточно большое количество методов определения напряженно-деформированного состояния деталей элементов конструкций, однако для каждого конкретного случая выбор метода осуществляется индивидуально, ориентируясь на геометрические, физические и эксплуатационные характеристики конструкции. В работе использован и экспериментально обоснован метод нахождения статических нагрузок приводной роликовой цепи, основанный на измерении деформаций ее пластин тензометрическим методом [4] с помощью моста Уинстона.

Регистрация деформации пластины осуществлялись с помощью тензорезисторов, наклеиваемых на внешние пластины цепи (рисунок 2).

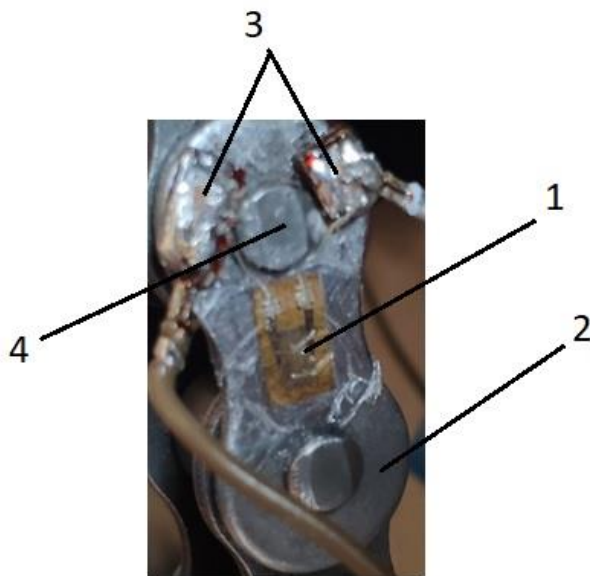


Рис. 2. Схема размещения тензорезисторов на внешней пластине звена цепи (1 – тензорезистор; 2 - внешняя пластина цепи; 3 – текстолитовые площадки; 4 - валик (ось) цепи)

Для измерения возникающих статических нагрузок в цепи создано лабораторное устройство, представленное на рисунке 3. Объектом исследования является приводная роликовая однорядная цепь типа ПР-15,875-23 [1]. Устройство состоит из двух цепей (1 и 2), ветви которых расположены параллельно друг другу, закреплённых на станине 3, крюка 4, с помощью которого подвешиваются грузы 5. На внешних пластинах звена цепи 1 закреплены 2 шт. измерительных тензорезисторов, а на внешних пластинах звена цепи 2 закреплены 2 шт. компенсационных тензорезисторов.

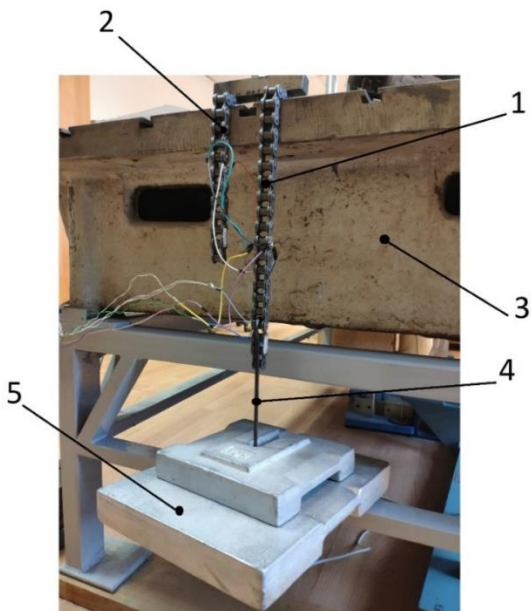


Рис. 3. Общий вид лабораторного стенда для измерения деформаций цепи:  
1 – нагружаемая цепь с измерительными тензорезисторами; 2 - цепь с компенсационными тензорезисторами; 3 – станина; 4 – крюк; 5 - грузы известной массы

Нагрузка, действующая на цепь, создавалась путем последовательного нагружения цепи грузами массой 15, 20, 25, 30 и 35 кг.

В результате проведенных испытаний цепи были получены экспериментальные значения деформации пластин цепи в зависимости от нагрузки цепи (рисунок 4) для трех серий испытаний. Каждая серия измерений предполагает среднестатистическое значение деформаций для 10 расчётных случаев.

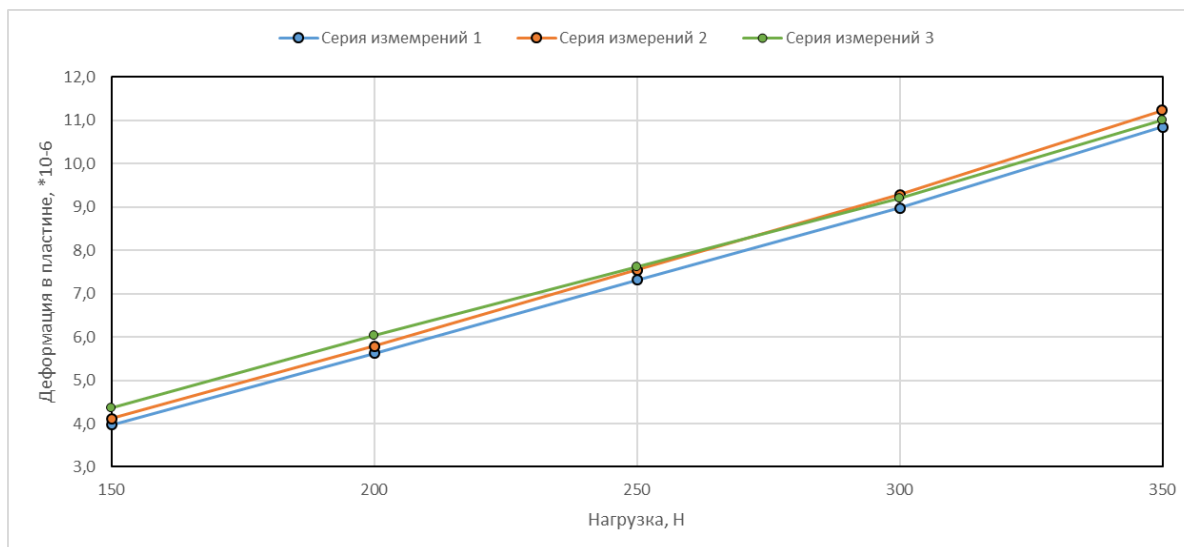


Рис. 4. Экспериментальные значения деформации пластины цепи от нагрузки цепи

Аппроксимируя в среде MS Excel результаты измерений, получена зависимость деформации пластины цепи от нагрузки, имеющая уравнение:

$$y = 1,7076 * x + 2,4052 \quad (1),$$

где  $y$  – значение деформации пластины цепи, а  $x$  – значение нагрузки на цепь, Н. Уровень значимости составил  $R^2 = 0,9995$ , что подтверждает линейность полученной зависимости. Максимальный разброс значений деформации составил 15%.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создано лабораторное устройство и разработана методика проведения экспериментальных исследований статической нагруженности приводной роликовой однорядной цепи типа ПР-15,875-23 роликовых конвейеров для паллет;

2. Выбраны: схема измерений - мост Уинстона с тензорезисторами номинальным сопротивлением 350 Ом; аналого-цифровой преобразователь и усилитель выходного сигнала - плата National Instruments NI USB-9162; программный комплекс LABVIEW – для обработки цифрового сигнала.

3. Проведены экспериментальные исследования статической нагруженности приводной роликовой однорядной цепи типа ПР-15,875-23 грузами массой 15, 20, 25, 30 и 35 кг; максимальный разброс значений деформации пластины цепи составил 15%.

4. Проведена статистическая обработка результатов экспериментальных исследований и получена зависимость (1) статической деформации пластины цепи от нагрузки цепи, с уровнем значимости  $R^2 = 0,9995$ .

Полученные результаты предполагается использовать при разработке стенда и для проведения динамических исследований нагруженности приводных роликовых цепей.

#### Список источников

1. ГОСТ 13568 - 97 (ИСО 606 — 94) Цепи приводные роликовые и втулочные. Общие технические условия. - Мн.: Изд-во стандартов, 2000. - 22с.



2. Носко, А. Л. Система паллетных модулей для складской интралогистики / А. Л. Носко, Е. В. Сафронов, В. А. Потапов // Вестник машиностроения — 2016 № 8. — 10-12 с.
3. Носко, А. Л. Преимущества использования типовых паллетных интралогистических решений при проектировании и эксплуатации складов / А. Л. Носко, Е. В. Сафронов // Логистика. — 2016 № 5 (114). — 16-21 с.
4. Мехеда, В. А. Тензометрический метод измерения деформаций: учебное пособие / В. А. Мехеда. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

## ОГРАНИЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЛИФТОВ

*Андреева П.О., студентка 1 курса 17 группы аспирантуры.*

*Научный руководитель – Степанов М.А., к.т.н., профессор каф. МиАС.*

*Кайтуков Б.А., к.т.н., доцент каф. МиАС.*

### Аннотация

Рост этажности зданий приводит к широкому применению различных лифтов. Динамические схемы лифтов представляют собой многомассовую упругую динамическую систему, где в подсистемах при работе возникают высокочастотные колебания. Анализ различных колебаний показал наличие существенной вибрации лебедки и кабины на различных этажах здания. Исследования на лифтах позволили перейти от многомассовой системы лифта к двухмассовой, что в результате позволило выявить возмущающие колебания. Определить коэффициент динамичности в кабине лифта грузоподъемностью 630 кг и предложен специальный пассивный гаситель динамических колебаний. Гаситель позволяет снизить резонанс и продольные колебания канатов.

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение этажности зданий влечет необходимость применения лифтов различной грузоподъемности. Анализ большого числа лифтов различной грузоподъемности позволил выявить основные причины, по которым вибрация и шум в кабине превосходят допустимые уровни. [1] Данный факт требует снизить динамические нагрузки, вибрации и шум в кабине. [2,3]. Решая эту проблему, в качестве объекта исследования выбрали механическую часть привода лебедки лифта.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Известные динамические модели лифтов представляют собой сложные многофакторные системы. [2, 4, 5]. Упрощенная динамическая модель лифта грузоподъемностью 630 кг,  $v = 1,6 \text{ М/с}$  представлена на рис. 1, где возмущающие колебания приходят со стороны лебедки.

Модель включает массу лебедки -  $M_d$ , массу кабины -  $M_k$ , причем жесткость резиновых опор рамы лебедки -  $C_0 = 2 C_0 / 2$ , канатная подвеска -  $2C - m - 2C$ , а длина каната -  $L$ , м.

Продольная жесткость  $C = \frac{FE}{L}$ , где  $F$  и  $E$  - площадь поперечного сечения канатов, модель упругости, а погонная масса -  $\mu$ . Приводим распределенную массу канатов к дискретной, тогда  $m = 0,4\mu L$ , а возмущающее гармоническое усилие на раму лебедки будет  $F \sin \omega t$ .

Уравнения движения для модели (рис. 1) и их решение представим как переход к амплитудам усилия в упругих звеньях [6]. Тогда коэффициент динамического усилия, действующего на кабину, можем представить в виде амплитуды в упругости  $2C$ , отнесенной к  $F$ , получим:

$$K_d = \left| \frac{1}{[70(\lambda-1)(1-u^2)u+(1-2u^2)]} \right| \quad (1)$$



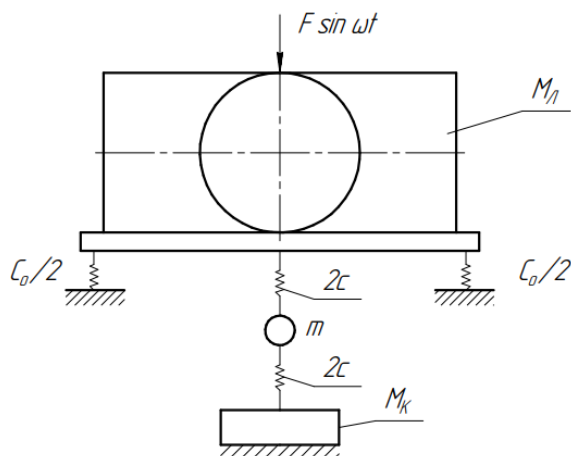


Рис. 1 Динамическая модель лифта

Численный коэффициент 70 в формуле (1) определяется в зависимости от параметров динамической системы лифта грузоподъемности  $Q = 630$  кг,  $v = 1,6$  М/с. Вводим  $P = \frac{c_0}{M}$  и порциональную частоту продольных колебаний каната:

$$v = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{FE}{\mu}} \quad (2)$$

Определив значение  $v$  по (2) и приняв  $v^2 = \frac{4C}{M}$  получим  $\lambda = \left(\frac{P}{\omega}\right)^2$ , дополнительно принимаем  $K = \left(\frac{v}{\omega}\right)^2$  и  $U = \frac{1}{\sqrt{K}}$  в итоге определяем  $K_d$  по формуле (1).

В этом случае коэффициент  $K_d$  является функцией  $\lambda = \left(\frac{P}{\omega}\right)^2$  и длины каната  $L$ , причем параметр  $\lambda$  варьируется, а длина  $L$  увеличивается с пробегом каната.

Для различных значений  $\lambda = \left(\frac{P}{\omega}\right)^2$  на (рис. 2) для наглядности представлены графики  $K_d(L)$ , отмечая, что резонансное состояние имеет место, когда  $L \cong 50$  м, и в момент, когда  $\lambda=1$ .

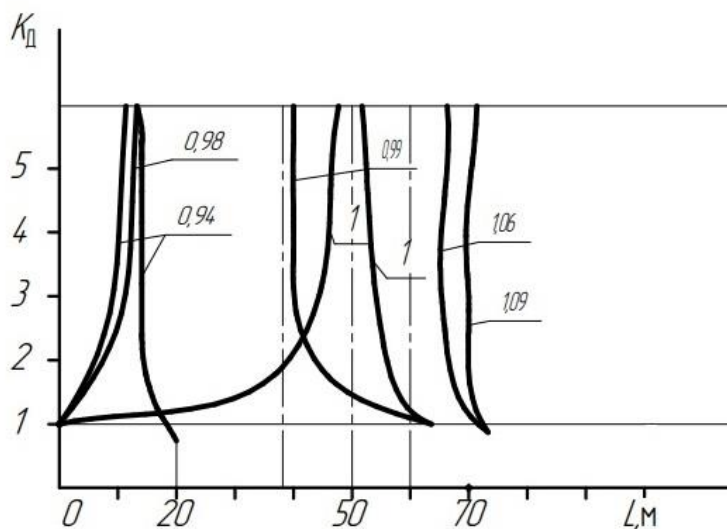


Рис. 2 Зависимость коэффициента  $K_d$  от длины  $L$  лифта грузоподъемности  $Q = 630$  кг,  $v = 1,6$  М/с

В зданиях невысокой этажности, где могут проявляться резонансные обороты из-за невысокого качества изготовления червячной передачи, что можно считать характерной для зданий высокой этажности. При значительной жесткости опор рамы лебедки и высокой собственной парциальной частоты, роль каната как гасителя может исчезнуть.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Экспериментальные испытания лифта  $Q = 630$  кг и  $v = 1,6$  М/с позволили установить, что реальная динамическая модель (Рис. 1) с изменяемыми параметрами в контуре  $2C - m - 2C$  сказывается на высокочастотные колебания массы  $m$  в резонансной области. Применение пассивного динамического гасителя колебаний, установленного на раму лебедки лифта  $Q = 630$  кг,  $v = 1,6$  М/с, как показывают расчеты и испытания, существенно снижает резонанс. Следовательно, гашение продольных колебаний канатов за счет гасителя будет успешным с учетом эффекта изменения параметров в контуре  $2C - m - 2C$  во времени. Применяя гаситель колебаний, в результате мы получаем практическое снижение динамических нагрузок, приводя высокочастотные колебания кабины к минимуму.

### **Список источников**

1. Степанов М.А., Мечиев А.В. Анализ неисправностей при эксплуатации лифтов / Механизация строительства. 2014. № 8. С. 44-46.
2. Степанов М.А., Семенов А.Б., Андреева П.О. Некоторые вопросы снижения динамических нагрузок в лифтах / Строительные и дорожные машины. 2022. №12. С.54-56.
3. Шаранов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники / Механизация строительства. 2017. № 7. С. 5-28.
4. Архангельский А.А., Овчинникова Ю.С. Исследования влияния параметров динамического гасителя на амплитуду колебаний / Механизация строительства. 2011. № 1. С. 6-10.
5. Назарова М.К. Основы расчета лифтовых конструкций на динамические воздействия / Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2019. № 8. С. 74-78.
6. Черкасов В.А., Кайтуков Б.А. Определение уровня высокочастотных колебаний кабины лифта / Механизация строительства. 2011. № 11. С. 14.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ САМОХОДНЫХ КРАНОВ**

**Волков Р.И., студент 1 курса магистратуры ФГБОУ «Тульский государственный университет» г. Тула**

**Научный руководитель – Редькин А.В., доцент каф. ТТМиП, к.т.н., доцент**

### **Аннотация**

Автоматизация процессов управления грузоподъемными операциями стреловых самоходных кранов (ССК) является сегодня необходимым условием повышения их производительности, безопасности, надежности. При возможности работы на неподготовленных площадках, в стесненных условиях ССК обеспечивает быстроту развертывания рабочего оборудования и достаточно высокую грузоподъемность, которая достигает для некоторых типов современных кранов на специальном шасси сотен тонн.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ограничения грузоподъемности обуславливается не только предельной мощностью привода и прочностными характеристиками, но и, в значительной степени, условиями сохранения устойчивости крана к опрокидыванию. В каждый момент рабочего цикла предельная нагрузка  $P$  является функцией целого ряда величин. Для определения текущего значения  $P$  используются так называемые защитные характеристики, представляющие собой зависимости предельной нагрузки от значений угла крена  $\alpha$ , длины  $l_c$  и угла наклона  $\gamma$

стрелы, высоты подъёма груза  $h$ , угла поворота стрелы  $\varphi$  относительно ребра опрокидывания и некоторых других. На использовании подобных характеристик построены большинство современных ограничителей грузоподъемности. Например, гидравлические краны фирм Krupp (ФРГ), Liebherr (ФРГ), Tadano (Япония) оснащены микропроцессорными системами, обеспечивающими обработку информации, поступающей с датчиков, ее отображение на индикаторах панели управления и прекращение рабочих операций при перегрузках. Однако, отсутствие перегрузки по массе груза не гарантирует сохранение устойчивости установки в момент трогания и торможения механизмов подъема и поворота вследствие возникающих при этом динамических процессов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Опрокидывающий момент обуславливается действием суммы сил тяжести и инерции груза:

$$\begin{cases} F = m(g + a) \leq P & \text{— при трогании;} \\ F = m(g - a) \leq P & \text{— при торможении.} \end{cases} \quad (1)$$

Для обеспечения соблюдения этих условий в процессе выполнения грузоподъемных операций необходимо осуществлять управление приводом грузовой лебедки с целью ограничения величины ускорения  $a$  путем регулирования скорости вращения приводного двигателя либо силы  $F$  таким образом, чтобы соблюдалось неравенство  $F \leq P$ . Превышение допустимого значения  $a$  может привести, в лучшем случае к срабатыванию средств защиты и блокировке рабочих механизмов, в худшем – к опрокидыванию грузоподъемной машины. Автоматическая остановка приведет к отказу от работы с грузом, масса которого не превышает допустимую и который мог бы быть поднят при более плавном трогании. В свою очередь, необоснованно низкий темп разгона увеличивает время перемещения груза и, соответственно, заметно снижает производительность.

Таким образом, при управлении механизмом подъема необходимо регулировать величины  $a$  и  $F$ , поддерживая их значения близкими к допустимым, обеспечивая при этом выполнение (1). Очевидно, что обеспечение точности управления оператором-крановщиком исходя из показаний индикаторов весьма затруднительно, что обуславливает необходимость введения автоматического управления приводами механизмов подъема и поворота (рисунок 1).

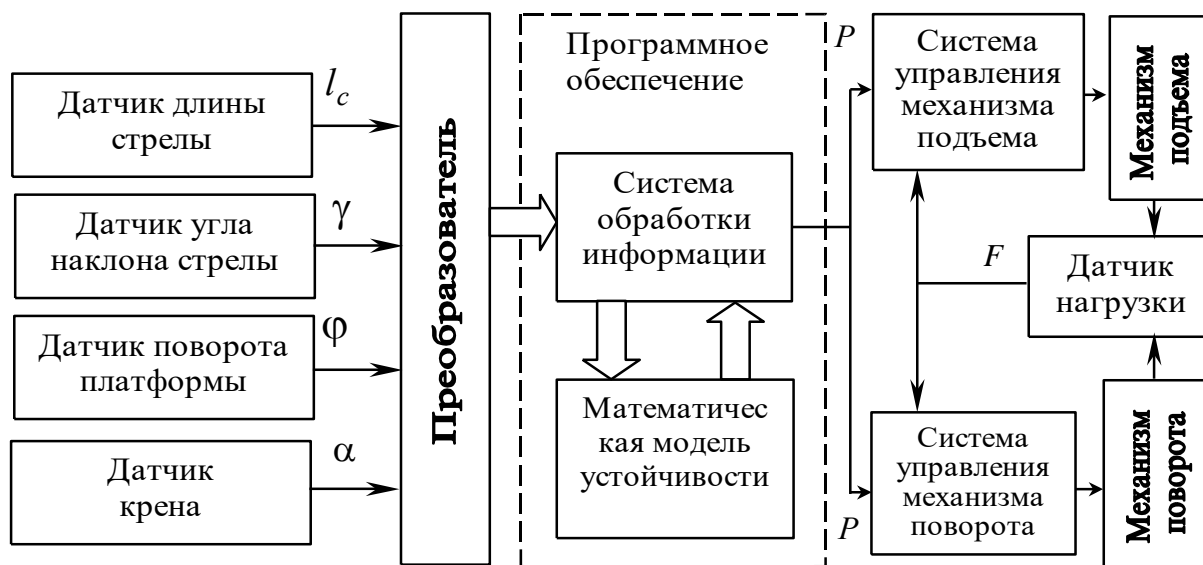


Рисунок 1. Блок-схема системы управления грузоперемещением

Постоянный контроль параметров, определяющих устойчивость крана, осуществляется совокупностью датчиков, сигналы с которых поступают на преобразователь с целью представления в удобную для обработки (как правило – цифровую) форму.

Сформированный таким образом информационный массив, характеризующий состояние системы, позволяет определить на основании математической модели устойчивости (защитных характеристик) крана текущее значение допустимой нагрузки  $P$ . Исходя из этой величины, а также предварительной информации о массе груза и требуемой траектории перемещения, системы управления механизмами подъема и поворота формируют алгоритмы управления таким образом, чтобы обеспечить максимум быстродействия при соблюдении условий устойчивости.

Обратная связь осуществляется с помощью датчика нагрузки  $F$ . Текущее значение может определяться как прямым методом – с помощью датчиков натяжения канатов, моментов и сил, действующих на стрелу, так и косвенным – путем измерения давлений в поршневых и штоковых полостях гидроцилиндров. В последнем случае необходима дополнительная обработка сигналов. Разность  $(P-F)$  образует сигнал рассогласования, в зависимости от величины и знака которого осуществляется корректировка управляющих сигналов, подаваемых на исполнительные механизмы.

Таким образом, система управления грузоподъемными операциями будет представлять собой следящий привод (рисунок 2), регулируемой величиной в котором является линейное  $a = \frac{d^2 h}{dt^2}$  (механизм подъема) или угловое  $\varepsilon = \frac{d^2 \varphi}{dt^2}$  (механизм поворота) ускорение.

Одной из проблем, возникающих при создании быстродействующих систем управления, является плавное регулирование выходных параметров исполнительных механизмов с обеспечением заданной точности и чувствительности. В качестве источников механической энергии в приводах современных ССК обычно применяют электро- и гидродвигатели.

В электроприводе, как правило, применяют реостатную схему пуска до заданной скорости, обеспечивающую ступенчатый разгон двигателя до выхода на рабочий участок механической характеристики. Изменение частоты вращения и электромагнитного момента, развиваемого двигателем, достигается регулированием тока статора или частоты питающего напряжения.

В гидравлическом приводе регулирование скорости достигается изменением расхода жидкости, поступающей в гидродвигатель. В зависимости от способа изменения расхода, различают приводы с дроссельным (с помощью золотникового гидрораспределителя) и объемным (путем изменения производительности насоса) регулированием. В ССК для приведения в действие гидродвигателей грузовой лебедки и механизма поворота используют двух-, трехпозиционные гидрораспределители, а гидронасос осуществляет питание всей системы или нескольких двигателей одновременно, что исключает возможность применения объемного регулирования. Наиболее приемлемым является привод с дроссельным регулированием, достаточно просто управляемый с помощью электрогидроусилителя, и позволяющий оснастить электронной системой управления существующие модели ССК без значительных переделок гидросистемы.

При производстве строительных и монтажных работ требуется высокая точность позиционирования грузов большой массы, а иногда и реализация достаточно сложных траекторий рабочего органа машины. Все эти обстоятельства диктуют очень жесткие требования к системе управления, которая должна, во-первых, вырабатывать сигналы управления исполнительным механизмом в соответствии с математической моделью привода, заданной траекторией и имеющимися зависимостями параметров системы от кинематики механизма и, во-вторых, осуществлять непрерывное слежение за изменением выходных параметров системы (перемещения, скорости, ускорения, давления и т.д.) и при

отклонении от заданных значений соответствующим образом корректировать управляющие сигналы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Автоматическое управление операциями перемещения груза позволяет получить от машины наибольшую производительность, а оператора избавляет от утомительного процесса частого переключения рукояток и постоянного наблюдения за параметрами, от которых зависит точность выполнения заданных функций и безопасность при производстве работ.

### **Список источников**

1. *Ватулин Я.С., Потахов Д.А., Потахов Е.А.* Моделирование потери устойчивости свободно стоящих стреловых самоходных кранов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2016. №4 (36). С. 60-66.
2. *Лагерева А.В., Кончиц С.В., Блейшмидт Л.И.* Оценка риска при эксплуатации самоходных грузоподъемных кранов стрелового типа в условиях недостаточной информации // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. №2. С. 77-94.
3. *Анцев В.Ю., Витчук П.В., Крылов К.Ю.* Дефекты и отказы автомобильных кранов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. №7. С. 88-93.
4. *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.
5. *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.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИКОВЫХ ЦЕПЕЙ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАЗРЫВНОЙ МАШИНЕ**

**М.Б.Гараджаев**, студент 2 курса магистратуры, напр. «Подъемно-транспортные системы», Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана, г.Москва

**К.А.Степанченко**, студент 6 курса, напр. «Подъемно-транспортные системы», Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана, г.Москва

**Е.В.Сафронов**, научный руководитель, доц. к.т.н., Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана, г.Москва

### **Аннотация**

В статье исследуется зависимость жесткости роликковой цепи от ее длины, двух разных производителей. В работе описывается испытательная машина Galdabini Quasar 50. Машина используется для испытания металлов на растяжение, а также на трехточечный изгиб и сжатие. Особое внимание уделяется аппроксимации зависимости длины цепи от жесткости. В заключении кратко разбирается вопрос о точности полученных результатов, а также их использовании в дальнейшем.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Цепь представляет собой гибкое изделие, изготовленное из определенного количества звеньев, скрепленных между собой. Как правило, цепи изготавливаются из металла. Цепи широко используются в различных отраслях промышленности. Одной из основных прочностных характеристик роликковых приводных цепей является жесткость цепи. В данной работе исследуем жесткость цепи 12В-1 методом экспериментального растяжения, взяв образцы от двух производителей – «Тульский завод цепей» и немецкой компании «Rexnord».

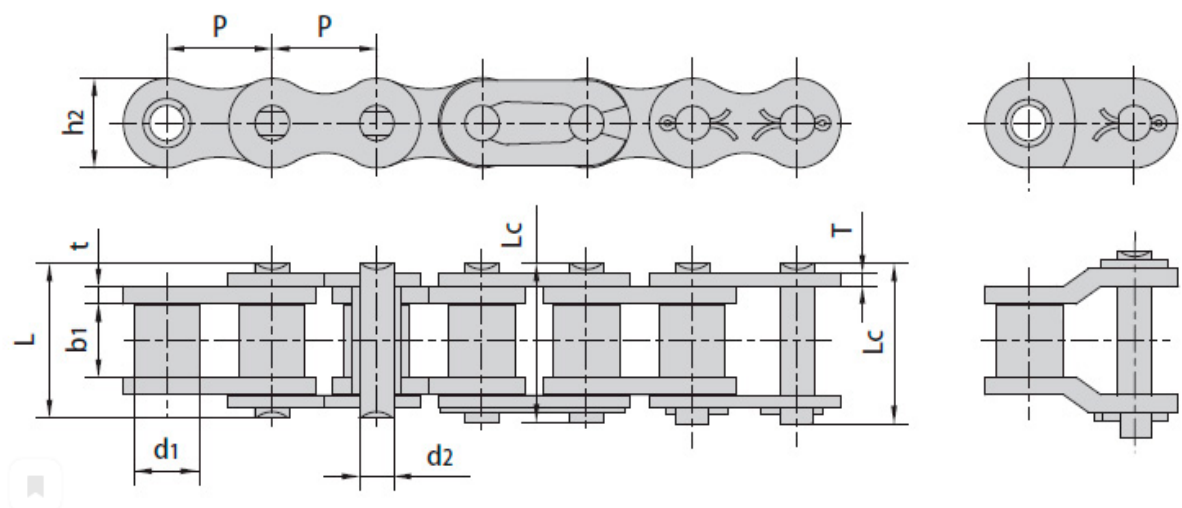


Рисунок 1 – Роликовая цепь

Основной задачей станет определение зависимости жесткости цепи от ее длины. Суть всего эксперимента – выбор более прочной цепи для дальнейшего использования [1-2].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Перед началом эксперимента подготавливаем восемь образцов цепей разной длины. По четыре образца от Тульского завода и от Немецкой компании «Rexnord». Количество звеньев в цепях возьмем следующее: 9, 13, 17, 21.



Рисунок 2 – Испытательная машина Galdabini Quasar 50 [3]

Затем устанавливаем первый образец цепи Тульского завода - 9 звеньев в специальные замки, таким образом, чтобы фиксирующие пластины, крайних разъемных звеньев, своими не сомкнутыми частями были направлены в сторону действия растягивающей нагрузки.

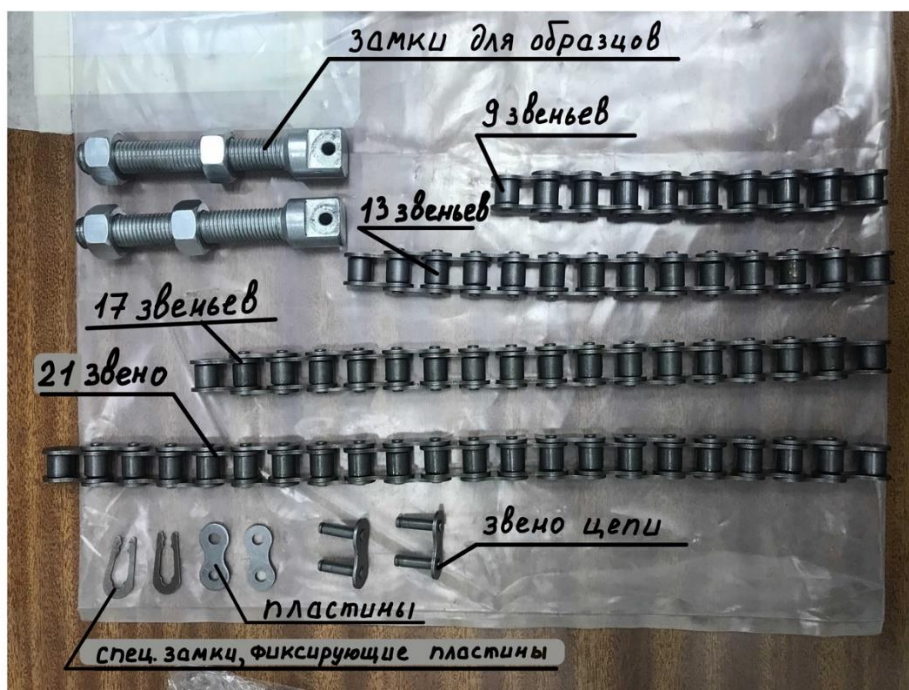


Рисунок 3 – Образцы исследования и их крепежи

Далее на резьбовую часть замков накручиваем гайки и насаживаем специальные шайбы, которые служат опорами в растягивающей установке. Шайбы фиксируются между двумя гайками. Образец готов к испытаниям.

Следующим шагом включаем растягивающую машину и запускаем программу, которая отслеживает деформацию цепи при постепенно изменяющейся нагрузке и строит соответствующие графики.

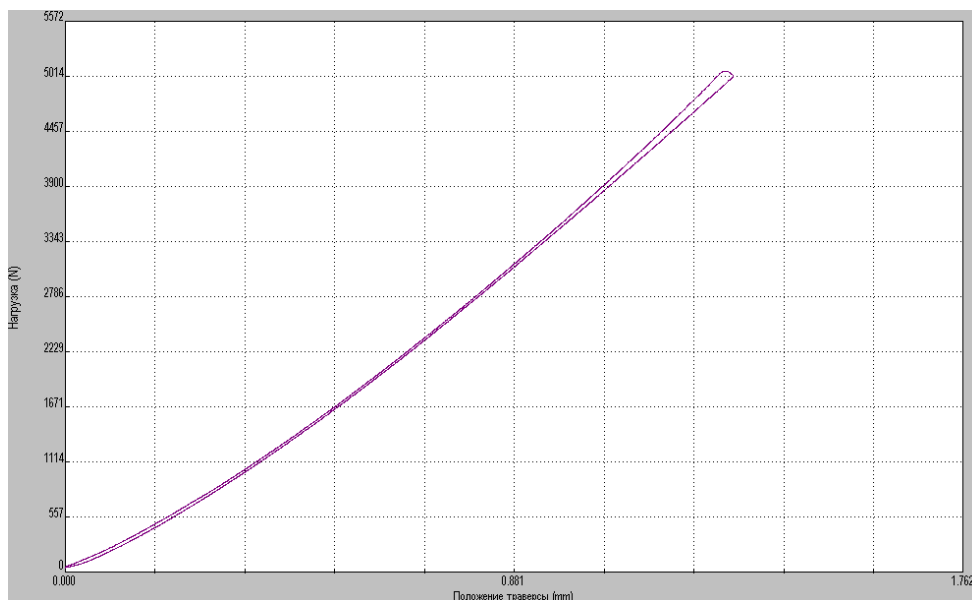


Рисунок 4 – Немецкая цепь, количество звеньев 17

Устанавливаем наш первый подготовленный образец, так, чтобы в момент начала растяжения, цепь немного провисала. Постепенно нагружаем цепь до рабочей силы в 500 кг

и также разгружаем до нуля. Вначале установка натягивает цепь до нулевой деформации, компенсируя оставленное провисание, в это время нагрузка не растёт.

После проведённого опыта и фиксирования данных снимаем образец с растягивающей установки, вынимаем цепь из замков, устанавливаем следующую и продельваем все перечисленные выше действия с последующими экспериментальными образцами.

В данном эксперименте было проведено 8 испытаний на растяжение цепи.

Определим значение каждого деления:

$$\frac{0.881}{5} = 1.1762 \text{ мм}$$

Из графика видно, что перемещение цепи равно: 1.3100 мм

Тогда жесткость:

$$k = \frac{F}{l} = \frac{5000 \text{ Н}}{1.3100 \text{ мм}} = 3817 \text{ Н/мм}$$

Таким образом были получены жесткости цепей во всех остальных испытаниях [4-5].

На основе полученных расчетных значений жесткости образцов, построим таблицу.

Таблица.1. Параметры испытываемых образцов.

Количество звеньев в цепи, шт.	Жесткость цепи, Н/мм		Длина цепи, мм
	Тульский завод	Немецкая компания «Rexnord»	
9	4354	5427	171.45
13	3739	4282	247.65
17	3063	3817	323.85
21	2735	3328	400.05

Используя значения таблицы построим зависимости жесткостей цепей от их длины.

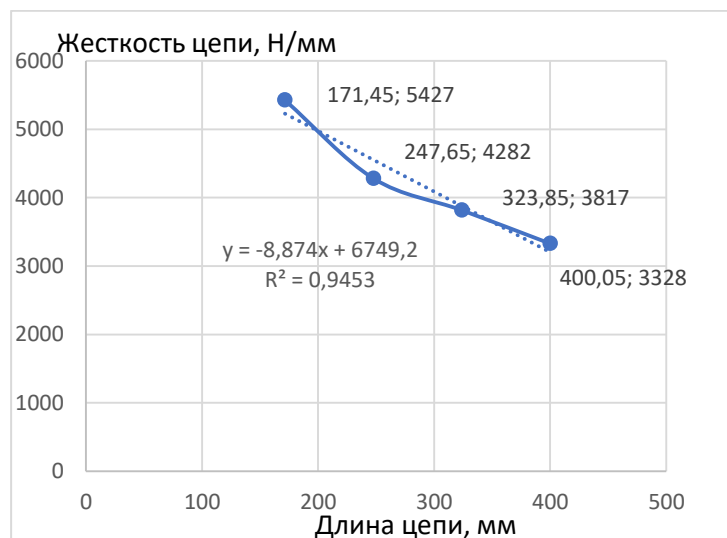


Рисунок 5 - Линейная зависимость длины цепи Немецкой компании «Rexnord» от жесткости.



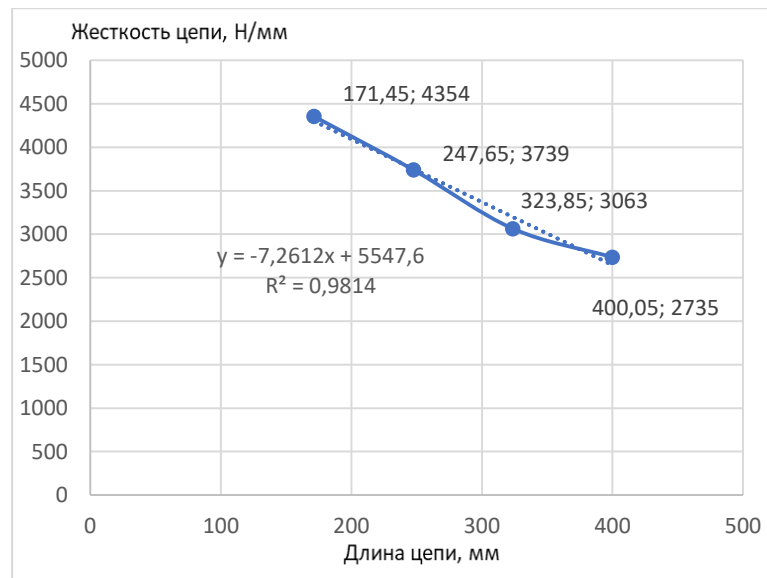


Рисунок 6 - Линейная зависимость длины цепи Тульского завода от жесткости.

На построенных графиках был выбран линейный вид аппроксимации. Так же на графике указан коэффициент достоверности  $R^2$ . Данный показатель может варьироваться от 0 до 1. Чем он выше, тем аппроксимация качественнее. Считается, что при величине данного показателя 0.85 и выше сглаживание можно считать достоверным, а если показатель ниже, то – нет. В нашем случае этот показатель равен:

Для зависимости на рис. 5:  $R^2 = 0.9453 > 0.85$

Для зависимости на рис. 6:  $R^2 = 0.9814 > 0.85$

Следовательно, мы можем использовать линейную аппроксимацию, находясь при этом в допустимой области достоверности результатов [4-5].

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что Немецкая цепь «Rexnord» жестче, по сравнению с цепью Тульского завода. Результаты, которые получены в работе можно использовать для дальнейших исследований, а также прикладных задач, связанные с жесткостью цепей.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Была показана методика проведения эксперимента по растяжению цепи, а также анализ полученных результатов.
- Была построена и проанализирована зависимость жесткости цепи от ее длины, двух разных производителей.
- Была показана допустимость аппроксимации реальной зависимости к линейной.

#### Список источников

1. (Хабаровская методичка)

[http://barshydraulic.ru/media/wysiwyg/techcatalog/REXNORD/Rexnord\\_Roller\\_Chains\\_Russian.pdf](http://barshydraulic.ru/media/wysiwyg/techcatalog/REXNORD/Rexnord_Roller_Chains_Russian.pdf)

2. (Сайт Тульского завода) [https://www.tzc.ru/catalog/cepi\\_privodnye/](https://www.tzc.ru/catalog/cepi_privodnye/)

3. Galdabini.eu (Сайт испытательных машин)

4. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.

5. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов, т.1. - 2-е изд. - М.: Наука, 1965. – 364 с.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Гнездилов С.Г., к. т. н., доцент кафедры ПТС (РК-4) МГТУ им. Н. Э. Баумана*

*"Теперь за них это делают... да-да, наши малые кибердрузья:  
собираешь исходные данные для учебной работы,  
жмёшь кнопку и занимаешься более валидной деятельностью."*

### **Аннотация**

Рассмотрены некоторые аспекты влияния активно развивающихся и ставших общедоступными технологий искусственного интеллекта, позволяющих в кратчайшие сроки генерировать запрашиваемую информацию по целому спектру различных вопросов, на образовательный процесс.

### **ВВЕДЕНИЕ**

При работе с информацией набирают популярность сервисы, основанные на генерировании новой информации с использованием искусственного интеллекта. Стремительно распространение этих технологий [1] вкупе с осознанием их весьма широких (а в перспективе ожидается, что и безграничных) возможностей вызывают много вопросов в том числе у участников образовательного процесса, которые склонны оценивать влияние данного вызова на перспективы трансформации высшего образования [2, 3].

С одной стороны, применение искусственного интеллекта в учебном процессе уже сейчас позволяет существенно упростить работу по разработке различных учебных материалов: преподавателям искусственный интеллект подготовит тесты для контроля знаний обучающихся, облегчит написание лекционных материалов, спланирует структуру научной публикации, научной работы, подскажет актуальные направления научных исследований по заданным тематикам и т.д., студентам – предоставляется возможность быстрее осваивать материалы дисциплин, ведь на многие вопросы, которые возникают в процессе обучения, искусственный интеллект оперативно даст емкие информативные ответы. С другой стороны, недобросовестное использование искусственного интеллекта может стать причиной возникновения конфликтных ситуаций между участниками учебного процесса [4].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Прежде всего, упомянутые трансформации касаются постоянных участников образовательного процесса – преподавателей, которые, как известно, стремятся построить учебный процесс так, чтобы он, с одной стороны, формировал высокую мотивацию у обучающихся к получению новых знаний и умений на высоком современном уровне, с другой стороны, обеспечивал их максимально объективный контроль.

В условиях, когда искусственный интеллект позволяет получать исчерпывающие ответы на контрольные вопросы, содержащиеся во многих учебных материалах, давать ответы на вопросы, представленных в экзаменационных билетах [3, 5], решать некоторые виды задач и т.д., требуется применение сохраняющих свою актуальность методов контроля знаний, в числе которых: тестирование, устная сдача контрольных мероприятий и т.д.

Нет ничего «криминального» в использовании искусственного интеллекта при выполнении различных работ. Мы регулярно пользуемся различными источниками информации: разнообразной литературой, прибегаем к помощи более опытных людей. И было бы странно, если бы мы одно использовали, а от другого отказывались.

В высшем образовании достаточно активно практикуются проверки оригинальности текстов работ на антиплагиат, позволяющие выявить нарушения авторского права и при необходимости привлечь студента к оптимизации объема таких нарушений. Возникает вопрос об актуальности подобных проверок в то время, когда искусственный интеллект

способен переработать любые подготовленные человеком тексты до неузнаваемости без использования услуг рерайтинга [6]. Сформированный таким образом текст покажет очень «хорошие» результаты при проверке на антиплагиат. В то же время полностью переработанные искусственным интеллектом тексты, подготовленные другими людьми, ничем не лучше плагиата, коим является не только очевидное для многих простое заимствование чужих текстов без указания авторства, но и выдача полученных другими людьми результатов работы (мыслей, идей и т.д.) за свои достижения. Даже тщательная переработка текста работы до неузнаваемости вряд ли способна скрыть содержащиеся в ней результаты при условии того, что эти результаты сохраняли свою значимость. В таких условиях соответствующим образом должны меняться подходы к оценке степени участия обучающихся в подготовке представляемых ими на защиту работ.

От преподавателей и членов аттестационных комиссий теперь требуется совершенствование методов контроля освоения обучающимися программы обучения [7]. При этом качественно подготовленный текст какой-либо работы не должен отвлекать их от объективной оценки квалификации будущего специалиста. Хотя применение искусственного интеллекта в работе студентов должно только поощряться, однако на первых этапах необходимо вести разъяснительную работу о границах добросовестного использования услуг искусственного интеллекта при решении тех или иных задач [8]. Выработка таких границ – необходимая мера для обеспечения устойчивого развития системы образования. С этой целью актуально проведение мер по повышению готовности системы образования к новым вызовам, в числе которых могут: специальные конференции для обмена мнениями и выработки новых подходов, введение соответствующих программ по повышению квалификации преподавателей и др.

Кстати о качестве. По словам самого искусственного интеллекта, определить его авторство в текстах можно по следующим критериям: для его текстов характерно отсутствие ошибок и неточностей в тексте, необычайно высокий уровень грамотности, отсутствие какой-либо личности, стиля или индивидуальности в тексте, отсутствие намеков на какие-либо эмоции или оценки со стороны автора, текст может быть слишком однородным и предсказуемым и т.д. Такая характеристика для сгенерированных текстов позволяет при желании достаточно просто выявить источник информации.

Отдельно отметим, что сгенерированная искусственным интеллектом информация в некоторых случаях может иметь весьма правдоподобный вид, однако при этом в ней может отсутствовать какая-либо связь с реальностью. Так, например, результатом простого тестового задания по созданию списка научной литературы по узкоспециализированной тематике стал грамотно оформленный список литературы, названия источников в котором в полной мере соответствуют заявленной теме, и даже указаны номера DOI, однако при этом на проверку оказывается, что все эти ссылки являются лишь созданием желаемого без какой-либо связи с действительностью. Очевидно, что использование таких источников в своих работах недопустимо.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключение отметим, что с появлением общедоступного искусственного интеллекта следует исходить из того, что многие учебные работы будут выполняться с использованием искусственного интеллекта. Преподавателям необходимо активно изучать возможности, который он предоставляет, и соответствующим образом вносить коррективы в учебные материалы и порядок взаимодействия со всеми участниками образовательного процесса. Необходимо также избавляться от стереотипов вида «умеет хорошо формулировать мысли – значит хороший студент» и готовиться к взрывному росту создаваемой с использованием искусственного интеллекта информации во всех сферах нашей жизни.

### **Список источников**

1. Michael R. King A Conversation on Artificial Intelligence, Chatbots, and Plagiarism in Higher Education // Cellular and Molecular Bioengineering. - 2023. – Vol. 16. No. 1 - pp. 1-2. <https://doi.org/10.1007/s12195-022-00754-8>
2. ChatGPT: Bullshit Spewer or the End of Traditional Assessments in Higher Education? // Journal of Applied Learning and Teaching, vol. 6, no. 1, Jan. 2023. Canadian Philosophy of Education Society, <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>.
3. Pericles ‘asher’ Rospigliosi (2023) Artificial intelligence in teaching and learning: what questions should we ask of ChatGPT?, Interactive Learning Environments, 31:1, 1-3, DOI: 10.1080/10494820.2023.2180191
4. Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M.A. et al. What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. Smart Learn. Environ. 10, 15 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>
5. Susnjak, Teo. “ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?” ArXiv abs/2212.09292 (2022): n. pag.
6. Citation: Halaweh, M. (2023). ChatGPT in education: Strategies for responsible implementation. Contemporary Educational Technology, 15(2), ep421. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13036>
7. Zhai, Xiaoming, ChatGPT User Experience: Implications for Education (December 27, 2022). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4312418>
8. Qadir, Junaid (2022): Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education. TechRxiv. Preprint. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.21789434.v1>

## **ПОТЕНЦИАЛ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 3D ПЕЧАТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Дворянкин А.О., аспирант 3 курса ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»*

*Научный руководитель – Баурова Н.И., декан факультета ДТМ, д.т.н., профессор*

### **Аннотация**

Применение технологий 3D печати позволило создать в машиностроении условия, позволяющие быстро решать задачи, связанные с разработкой и производством деталей дорожно-строительных и подъемно-транспортных машин. Но при этом, применение методов 3D печати обусловлено рядом особенностей, которые необходимо соблюдать, для получения моделей и деталей, отвечающих заложенным при проектировании свойствам.

Предметом исследования в данной работе являются потенциал и особенности технологии изготовления зубчатых колес опорно-поворотных устройств автокранов с применением 3D печати.

Цель данной работы заключается в отображении наиболее значимых особенностей 3D печати при производстве деталей машин методами литья. Задачи поставленные для достижения цели заключаются в анализе факторов влияющих на качество моделей, изготовленных методами 3D печати.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Развитие промышленного комплекса требует от предприятий по производству деталей дорожно-строительных и подъемно-транспортных машин внедрения на различных этапах производства новых методик, с целью увеличения доли изготавливаемой продукции, при этом снижая трудоёмкость выполняемых процессов и сохраняя заложенные показатели качества деталей [1].

На многих крупных предприятиях активно используются возможности трехмерного моделирования и 3D печати, это связано с рядом преимуществ и возможностей, которые открывает данная технология [2].

Среди основных преимуществ следует выделить: возможность разработки и изготовление моделей, различных форм и размеров, а также высокую точность получаемых изделий при соблюдении установленных режимов печати [3].

Так применения методов 3D печати актуально при производстве зубчатых колес опорно-поворотных устройств автокранов, процесс изготовления которых является весьма трудоёмким, и подразумевает под собой этапы литья и механической обработки, с последующими финишными и чистовыми операциями. Применение 3D печати позволит существенно сократить время каждого из этапов при этом сохранив качество и точность получаемых деталей.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Традиционно при получении заготовок зубчатых колес, предпочтение отдается методам литья в разрушаемые, постоянные и полупостоянные формы, при это вне зависимости от вида формы, оснастка подготавливается индивидуально под каждую отливку.

Применение 3D печати в частности технологии FDM (Fused Deposition Modeling) позволяет сократить время на подготовку литейной оснастки, путем изготовления первичной модели детали (мастер-модели) и изготовленных на ее основе копий.

Полученные копии после минимальной механической финишной обработки используются для изготовления силиконовых и литейных форм, что существенно сокращает трудоемкость процесса изготовления зубчатого колеса опорно-поворотного устройства.

Мастер-модели, изготовленные технологией FDM, обладают высокой надежностью и могут быть использованы в технологическом процессе от 30-40 раз [4].

При этом следует учитывать ряд факторов способных повлиять на качество мастер-моделей, к ним относятся: материал, температура и антиадгезионные свойства поверхностей первичной модели.

В технологии FDM в качестве основного материала применяется ABS-пластик, на сегодняшний день существуют различные марки ABS-пластика со своими индивидуальными характеристиками.

В зависимости от марки, меняется время перехода пластика из твердого состояния в эластичное, а также, при низкой температуре плавления усилия подающего механизма может не хватить для выдавливания пластика из сопла и привести к пропускам в наносимых слоях в следствии чего размеры мастер-модели могут существенно измениться, при этом при большой температуре выше 260°C пластик будет вытекать кипящим и растекаться бесформенной лужей. Несоблюдение температурных режимов, может привести к нарушению геометрии мастер-модели.

От антиадгезионных свойств поверхности первичной модели, зависит степень налипания материала из которого будут изготавливаться формы, а в дальнейшем и точность размеров производимых копий, в особенности, если в качестве материала для изготовления формы применяется силикон.

По результатам ранее проводимого экспериментального исследования, целью которого было определение зависимости антиадгезионных свойств поверхностей мастер-моделей от режимов 3D печати в ходе, которого при различных режимах были изготовлены образцы, на которые позже был нанесен и просушен в течении 72 часов, а позже удален силикон [5]. По окончанию экспериментальных исследования было выявлено, что особое внимание следует уделять параметру «процент заполнения», так как при значении ниже 60% у образцов наблюдалось ухудшение качества, изменение размеров, а также увеличение массы моделей за счет налипания частиц силикона [5].

Пример поверхности образца, изготовленной со значением процента заполнения 40% до и после нанесения силикона представлен на рисунке 1.

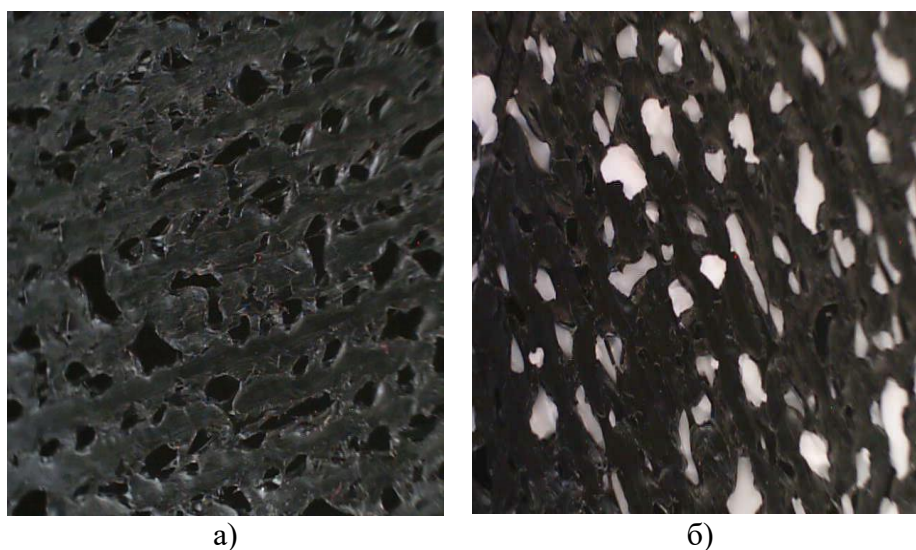


Рис. 1. Фото образца до (а) и после (б) удаления силикона

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что при учете факторов влияющих на качество производимых первичных моделей, внедрение 3D печати позволит изменить существующие, а также реализовать новые технологии литейного производства при изготовлении деталей машин. Применения технологий FDM печати в литейном производстве в настоящее время является одним из перспективных методов.

*Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту №FSFM-2020-0011, экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ.*

### **Список источников**

1. Дворянкин А.О, Баурова Н.И. Влияние технологических режимов 3D-печати на показатель ударной вязкости мастер-моделей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2022. № 4(71). С. 36-41.

2. Дубинский А. А. Преимущества использования технологии 3D разработки и печати в машиностроении // В сборнике: Новые технологии в учебном процессе и производстве: сборник статей участников XVIII Международной научно-технической конференции, 2020. с. 280-281.

3. Крашенинникова О.В. Актуальность 3D технологий в машиностроении // В сборнике: 3D технологии в решении научно-практических задач, сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции., 2022. с. 47-48.

4. Зорин В. А., Косенко Е.А., Дворянкин А.О. Перспективы применения аддитивных 3D-технологий при изготовлении деталей зубчатых передач дорожно-строительных машин // В сборнике: Интерстроймех–2018 сборник статей участников XXI Международной научно-технической конференции. 2018. с. 335-337.

5. Дворянкин А.О., Нефелов И.С., Баурова Н.И. Исследование влияния технологических режимов 3D-печати на антиадгезионные свойства поверхностей мастер-моделей // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021. № 9. С. 8-12.

## **ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОРТОВ**

*Клименко Н. Д., студент 2 курса группы АТС-241 Академии водного транспорта РУТ (МИИТ)*

*Жерновая А. А., студентка 2 курса группы АТС-241 Академии водного транспорта РУТ (МИИТ)*

*Моисеев Н. И., студент 2 курса группы АТС-241 Академии водного транспорта РУТ (МИИТ)*

*Научный руководитель – Ганишкевич А.Ю., доцент каф. Водные пути, порты и портовое оборудование, к.т.н.*

### **Аннотация**

Настоящее исследование посвящено проблемам безразборной диагностики механического оборудования перегрузочных машин с возможностью выявления дефектов на ранней стадии развития. Авторы рассматривают вибрационные и акустические методы контроля. Преимуществом данных методов в относительно невысокой стоимости оборудования, что позволит выполнять измерения силами и средствами владельцев перегрузочной техники. Использование цифрового представления результатов измерений позволят организовать дистанционный мониторинг состояния механического оборудования с привлечением к решению вопроса о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации экспертов в соответствующей области.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как показывает опыт эксплуатации морских и речных портов РФ, одной из основных причин простоев судов и других транспортных средств является внезапный отказ перегрузочного стационарно установленного перегрузочного оборудования. Предотвращение внезапных отказов перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов невозможно без использования средств диагностирования дефектов на ранней стадии их развития. Рассмотрим основные виды диагностики.

Виброакустическая диагностика – инструментальная диагностика различных сооружений, их конструкций, узлов агрегатов и другого оборудования, на предмет наличия звуковых или механических колебаний, вызванных дефектами исследуемого оборудования. Целью виброакустических исследований является оценка технического состояния узла или агрегата.

Позволяет выявлять повреждения подшипников скольжения и качения, зарождающиеся дефекты зубозацепления и ременных передач, электродвигателей, изгиба вала, ослабление механических связей, дефекты различных элементов оборудования [1]. Вибродиагностика широко применяется для оценки технического состояния различных вращающихся стационарно установленных машин. Однако работа крановых механизмов имеет ряд особенностей, делающих затруднительным применение большинства традиционных вибродиагностических методов [2, 3]:

1. Крановое оборудование работает в повторно-кратковременном режиме, когда время работы с установившейся скоростью составляет несколько десятков секунд.

2. Применяемое на кранах оборудование, как правило, является низкооборотным.

Применение вибродиагностики для кранового оборудования требует применения специфических подходов, которые разрабатываются на нашей кафедре [3, 4].

Ещё одним перспективным направлением является развитие акустической диагностики, потому что применение таких методов не требует доступности оборудования.

Существует несколько основных направлений вибродиагностики. Параметрическая – это контроль нормируемых параметров оборудования, обнаружение и идентификация их

опасных изменений. Используется для машин с частотой от 1000 до 2000 герц. Диагностика неисправностей – анализ причины отклонения данных. Для высокооборотистых машин с частотой более 3000 герц. Превентивная диагностика – выявление дефектов на ранней стадии развития с последующим наблюдением.

В настоящее время с целью вибродиагностики применяют высококласное спецоборудование, а также нанимают профессионалов данной области. Однако данный метод работы не всегда доступен компании из-за ее местоположения или финансовых возможностей. Для любого мониторинга важна общедоступность, чтобы любой сотрудник без специального образования смог воспользоваться устройствами. Решением этой проблемы является простое в использовании оборудование. Сотрудник сможет установить датчики в нужных местах и передать сведения профессионалам. Это даст возможность осуществлять диагностику на расстоянии.

Второе направление наших исследований - акустическая диагностика. Крановые механизмы являются низкооборотистым оборудованием. Проводить вибродиагностику затруднительно, так как кран обладает коротким циклом работы и данные будут неточными. Поэтому мы предлагаем использовать акустическую диагностику, перенося ее в цифровой формат для наглядности, а также упрощенного использования и для объективной оценки получаемых данных, нежели обычное определение на слух профессиональными рабочими. Принцип её работы основан на определенных функциях. Для определения скрытых повреждений система анализирует звуковые волны, обнаруживая в них аномалии и отклонения. Из сигнала можно получить информацию о дефекте и его параметрах. Можно получить информацию о таких дефектах как: трещины, раковины, сколы, износ шарнирных соединений.

Сейчас авторами планируется эксперимент по оценке технического состояния привода крана в контролируемых лабораторных условиях для оценки применимости разработанных методов. Эксперимент планируется проводить в условиях максимально приближенных к эксплуатационным: работа в повторно-кратковременных режимах, наличие шумовой составляющей.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Преимущества данных видов диагностики в возможности безразборного выявления дефектов в узлах и агрегатах механического оборудования. Кроме того, можно выделить относительно низкую стоимость оборудования и позволяет связываться с квалифицированными специалистами дистанционно, отправляя им данные замеров.

### **Список источников**

1. 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.
2. 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
3. A Yu Ganshkevich, O A Alexandrova and N M Stoyantsov Topical issues of vibration-based diagnostics of the mechanical equipment of portal slewing cranes IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 747 (2020) 012112 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/747/1/012112
4. A Yu Ganshkevich1, Ph O Fadeev Vibrodiagnostics of hoisting crane mechanisms using simulation modeling / International Scientific Conference Interstroyemeh (ISM 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1103 (2021) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1103/1/012006



# РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН НА АВТОМОБИЛЬНОМ ШАССИ

*Золотарев О.О., ассистент каф. АТСЭ ФГБОУ ВО «ДОННАСА» г. Макеевка  
Научный руководитель – Савенков Н.В., заведующий каф. АТСЭ, к.т.н., доцент*

## **Аннотация**

Предложена аналитическая методика построения рядов передаточных чисел ступенчатых многоблочных трансмиссий специальных и специализированных автомобилей категории  $N_3$ , выполняющих в условиях функционирования строительного комплекса подъемные, транспортные и дорожные работы. Предметом исследования является влияние законов распределения передаточных чисел многоступенчатой трансмиссии на тягово-скоростные и топливно-экономические эксплуатационные свойства. Цель данного исследования заключается в разработке аналитических выражений для определения передаточных чисел дополнительных коробок передач многоступенчатых трансмиссий специальных и специализированных автотранспортных средств, позволяющих улучшить показатели их эксплуатационных свойств в более приоритетных диапазонах режимов движения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автомобили категории  $N_3$ , выполняющие задачи строительного комплекса, являются специальными или специализированными (автокраны, самосвалы и т.д.) автотранспортными средствами, специфика рабочего процесса которых, в отличие от автомобилей, предназначенных для движения исключительно по дорогам общего пользования, содержит значительную долю времени, отведенного на: маневрирование в стесненных условиях строительной площадки; движение с малыми скоростями в относительно сложных дорожных условиях, характеризующихся малым коэффициентом сцепления шин с опорной поверхностью и относительно большим коэффициентом сопротивления движению, необходимостью преодоления затяжных подъемов по дорогам без твердого покрытия. Другую часть рабочего времени данные автотранспортные средства эксплуатируются в обычных условиях – по дорогам с твердым покрытием, в общем потоке автомобилей [1,2].

Соответственно, принимая во внимание рассмотренные факторы, имеющие непосредственное отношение к режимным условиям эксплуатации автомобилей категории  $N_3$ , предназначенных для выполнения задач строительного комплекса, является обоснованным и актуальным направление по рациональному выбору параметров силовой установки данных АТС с учетом специфики их эксплуатации [3,4].

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для выполнения основной части исследования, в качестве примера, выбраны четыре автомобиля, осуществляющих выполнение задач строительного комплекса: специализированные автомобили-самосвалы для перевозки сыпучих грузов Mercedes Actros, КамАЗ 65201 и DONGFENG DFH 3440, а также специальный автомобиль автокран на шасси Volvo FM [5]. На графике, приведенном на рис 1а, в относительных величинах показаны фактические ряды передаточных чисел (ПЧ) многоступенчатых коробок передач выбранных автомобилей. Зависимости позволяют сделать вывод, что независимо от количества передач, характеристик ДВС и прочих параметров автотранспортных средств, все они имеют ряд ПЧ в значительной степени приближенный к геометрическому (также показанному на графике).

Это обусловлено тем, что многоступенчатые коробки передач конструктивно представляют собой многоблочные конструкции, состоящие из размещенных последовательно нескольких коробок передач (КП). При этом результирующее ПЧ определяется перемножением передаточных чисел этих агрегатов – по аналогии с геометрической прогрессией (умножением на знаменатель этой прогрессии).

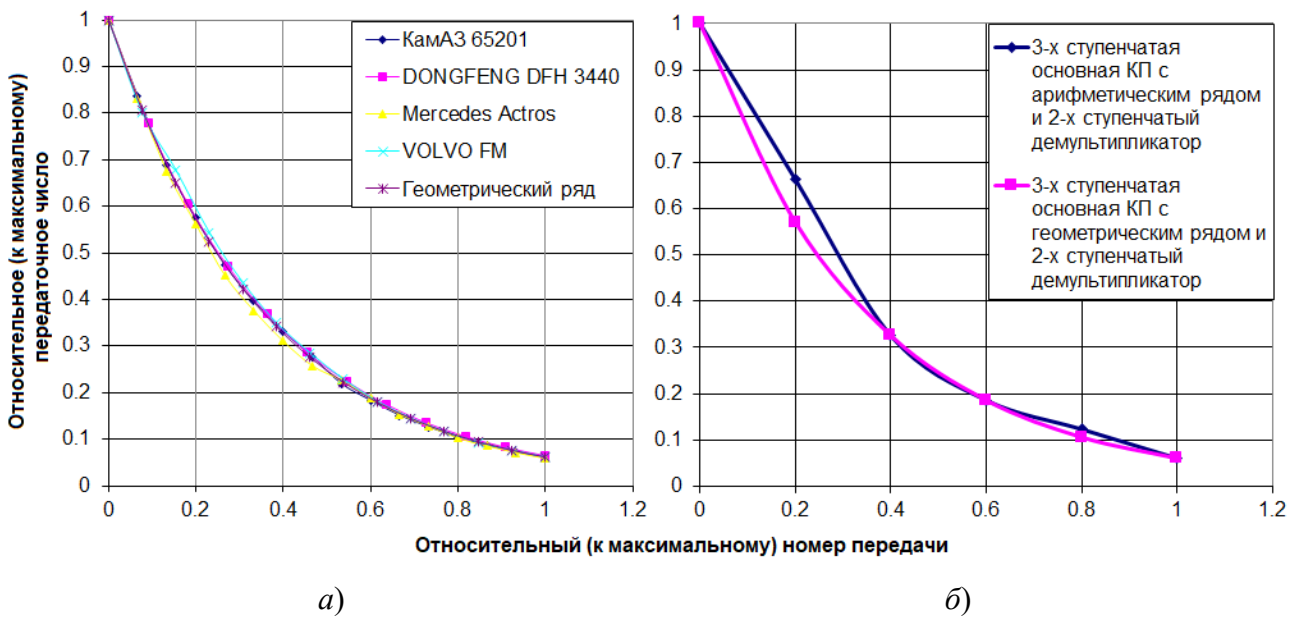


Рис. 1 Результирующие передаточные числа многоступенчатых коробок передач

Таким образом, геометрический ряд основной коробки передач, которая имеет наибольшее количество возможных передаточных соотношений, является «естественным» при конструировании многоступенчатой трансмиссии и поэтому его традиционно применяют.

Соответственно, основная цель настоящей работы – разработка и обоснование методики расчёта ПЧ многоступенчатой трансмиссии при условии применения в основной КП арифметического ряда. Это позволит улучшить тягово-скоростные свойства при небольших скоростях движения и обеспечить приемлемые эксплуатационные свойства автомобиля при его движении с более высокими скоростями – на уровне автотранспортных средств, оснащенных трансмиссией с геометрическим рядом передаточных чисел. С этой целью разработаны аналитические выражения (1) и (2) для расчёта:

- высшего передаточного числа делителя (при этом его низшая передача прямая:  $U_{ДЕЛ(Н)} = 1$ )

$$U_{ДЕЛ(В)} = D_T \wedge \left[ \frac{1 - \xi}{\xi + n_{ДЕМ} \cdot n_m - 2} \right], \quad (1)$$

где  $D_T$  – заданный диапазон ПЧ многоступенчатой трансмиссии;  $n_m$  – количество передач в основной КП;  $n_{дем}$  – количество передач в демультипликаторе;  $\xi$  – показатель распределения ПЧ многоступенчатой трансмиссии при включенном делителе (рекомендуемые значения:  $\xi = 1,3$  при  $n_m = 3,5$ ;  $\xi = 1,4$  при  $n_m = 6$ ;  $\xi = 1,5$  при  $n_m = 4$ ;  $\xi = 1$  при отсутствии делителя); при применении двухступенчатого понижающего делителя, по формуле (1) возможно определить низшее ПЧ путем умножения показателя степени на «-1»;

- низшего передаточного числа демультипликатора:

$$U_{ДЕМ(Н)} = U_{ДЕМ(В)} \cdot D_T \wedge \left[ \frac{n_m \cdot (n_{ДЕМ} \cdot n_m - 1)}{(2 \cdot n_m - 1) \cdot (\xi + n_m \cdot n_{ДЕМ} - 2)} \right], \quad (2)$$

где  $U_{ДЕМ(В)}$  - принятое высшее ПЧ в демультипликаторе.

После расчета ПЧ дополнительных КП, передаточные числа промежуточных передач основной КП определяются по известной зависимости [6]:

$$U_{КП(m)} = \frac{U_{КП(H)} \cdot (m - n_m) + \frac{U_{КП(H)}}{D_{КП}} (1 - m)}{1 - n_m}, \quad (3)$$

где  $U_{КП(H)}$  – низшее ПЧ основной КП ( $U_{КП(H)} = U_H / (U_{ДЕЛ(H)} \times U_{ДЕМ(H)})$ ), где  $U_H$  – низшее ПЧ многоступенчатой КП);  $m$  – порядковый номер передачи основной КП, для которой рассчитывается ПЧ.

Для проверки разработанной методики была выбрана конфигурация трансмиссии грузового автомобиля категории  $N_3$ , содержащая 3-х ступенчатую основную КП с высшей прямой передачей и 2-х ступенчатый демультипликатор также с высшей прямой передачей. При этом полученный ряд общих передаточных чисел 6-ти ступенчатой КП показан на графике, приведенном на рис. 1б (синяя кривая). Для сопоставления приведена функция геометрического ряда ПЧ. По результатам тягового расчёта, выполненного с целью оценки относительного влияния рассматриваемых законов построения передаточных чисел на тягово-скоростные и топливно-экономические эксплуатационные свойства автотранспортного средства, было отмечено следующее:

- на графике силового баланса в диапазоне скоростей движения от 2 до 7 м/с увеличение силы тяги на ведущих колесах составляет в среднем 6%;
- путевой расход топлива по топливно-экономической характеристике при движении на 5-й передаче в соответствующем диапазоне скоростей ухудшается в среднем на 1 %.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- разработанная методика позволяет в значительной степени расширить тягово-скоростной диапазон автомобилей категории  $N_3$  для низких скоростей движения, что соответствует особенностям эксплуатации специальных и специализированных автотранспортных средств, выполняющих обслуживание строительного комплекса;
- предлагаемые изменения передаточных чисел не оказывают существенного влияния на топливную экономичность на средних и высоких скоростях движения;
- разработаны и предложены для применения аналитические зависимости для прямого расчета передаточных чисел дополнительных КП при различной конфигурации многоступенчатой трансмиссии автотранспортных средств, которые работают в относительно тяжелых дорожных условиях при невысоких скоростях движения, а также предназначенных для длительных пробегов по дорогам общего пользования.

#### **Список источников**

1. Хусаинов, А.Ш. Динамические свойства автомобиля. Учебное пособие для студентов специальности 190109 – Автомобили и тракторы / А.Ш. Хусаинов – Ульяновск: УлГУ, 2012. – 32 с.
2. Bonnick Allan. A Practical Approach to Motor Vehicle Engineering and Maintenance. Third Edition / Allan Bonnick, Derek Newbold. – Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2011, - 505 p. - ISBN: 978-0-08-096998-
3. Савенков, Н.В. Метод выбора передаточных чисел силовой установки автомобиля категории  $N_1$  на основе ездового цикла: дис. ... канд. тех. наук : 05.05.03 : защищена 06.06.17 / Савенков Никита Владимирович. Моск. автомобил.-дорож. гос. техн. ун-т (МАДИ). – Москва, 2017. – 206 с.
4. Automotive engineering. Powertrain, chassis system and vehicle body / Edited by David A. Crolla. – Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2009, - 828 p.

5. Грузовики Вольво: официальный сайт [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/ATO3512F\\_Rus\\_01\\_306008984.pdf](https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet/ATO3512F_Rus_01_306008984.pdf) (Дата обращения: 10.04.2023).

6. Расчет тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобилей в современных эксплуатационных условиях: учебное пособие по дисциплине «Теория эксплуатационных свойств» для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» [Текст] / С.А. Горожанкин, А.Д. Бумага, Н.В. Савенков. – Донецк: «РАДОН», 2019. – 244 с.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН**

*Кардаманова А.А., аспирант 1 курса ФГБОУ ВО ТулГУ, г. Тула*

*Лебедева А.А., магистрант 1 курса ФГБОУ ВО ТулГУ, г. Тула*

*Научный руководитель – Селиверстов Г.В., доцент каф. ТТМиП, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

В статье рассмотрена возможность определения напряженно-деформированного состояния по величинам диссипаций в условиях упругих деформация при малоцикловом нагружении. При изменении температурных полей в нагруженной части металлоконструкции появляется возможность фиксации их значений с помощью тепловизионного оборудования. В свою очередь, это позволяет, не применяя методов тензометрирования, оценить значения действующих нагрузок в ответственных элементах машин

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современные состояния отечественной подъемно-транспортной области подразумевает использование большого количества грузоподъемных машин выработавших нормативный срок службы. Безопасность при эксплуатации требует обеспечения надежности всех основных элементов к которым относится и несущие металлоконструкции.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Как показывает накопленная статистика, несмотря на применение современных расчетных методов и конечно-элементного моделирования в ряде элементов несущих металлоконструкции могут возникать усталостные трещины, что не допускается нормативными документами.

При этом накопления и развития усталостной поврежденности, например в металлоконструкциях мостовых кранов, наблюдается в характерных местах: буксовые узлы, места соединения главных и концевых балок, места изменения геометрии в главных балках и так далее.

С точки зрения механики разрушения обязательным условием накопления и развития усталостной поврежденности будет являться воздействие во время рабочего цикла крана амплитуд напряжений больших, чем предел выносливости данного материала.

Отметим, что условно развитие усталости можно разделить на два периода: первый период – накопление и развитие микроповреждений типа экструзий, интрузий развитых полос скольжения и усталостных микротрещин. Окончание этого периода характеризуется объединением микротрещин в макротрещину (достижение линий Френча). С этого момента начинается второй период развития усталости, при котором происходит развитие макротрещины и разрушение элемента.

Таким образом, для понимания условий нагружения и возможного развития усталостной поврежденности нам необходимо знать: характеристики материала, напряженно-деформированное состояние в элементе конструкции, а также параметры

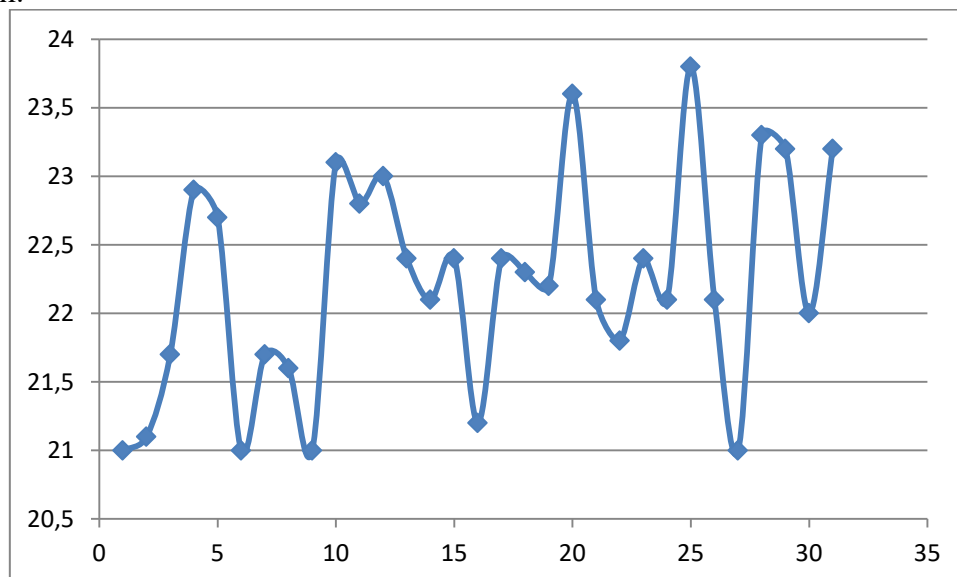
нагружения этого элемента. Параметры материала являются известными, в то время как напряженно-деформированное состояние необходимо рассчитывать с помощью моделирования на конечно-элементных моделях. При этом несмотря на применение САПР точность полученных результатов может не соответствовать реальным значениям действующих напряжений и деформаций и сильно зависеть от квалификации сотрудника, выполняющего расчет.

Существующие эмпирические методы оценки напряженно-деформированного состояния в основном сводятся к тензометрированию с использованием резистивных датчиков и методу делительных сеток. Отметим, что оба метода являются весьма трудоемкими и сложными при анализе полученных результатов.

Нами предлагается использовать в качестве критерия для оценки напряженно-деформированного состояния величины диссипации которые возникают при приложении внешней нагрузки за счет внутреннего трения материалом. Количественно оценить диссипацию можно с помощью тепловизионного метода контроля при однократном статическом нагружении или многократном циклическом.

С помощью разрывной машины Р20 было проведено статическое нагружение плоских лабораторных образцов из малоуглеродистой стали Ст3сп5 низколегированной 09Г2С. Испытания проводились на гладких образцах и образцах с концентратором напряжения. Эксперимент показал, что для малоуглеродистой стали существенное изменение температуры поверхности в результате диссипации происходит после начала пластической деформации. В то же время для низколегированной стали изменение температуры стало наблюдаться уже на стадии упругого деформирования. При этом рост температуры продолжался и на пластической стадии.

Продолжением этих экспериментов стала оценка диссипации фиксируемой при малоцикловом нагружении, что имитировало работу нижнего пояса мостового крана. Нагружался образец из малоуглеродистой стали Ст3сп5. Эксперимент показал, что наблюдался рост температуры до определенного значения и за время снятия нагрузки, образец успевал остыть. Таким образом происходила осцилляция температуры. На рис. 1 показан график изменения температуры поверхности образца в зоне наибольшей деформации.



**Рис. 1. Изменение температуры при нагружении образца**

На рис. 2-3 показаны теплограммы образца при нагружении.





Рис. 2 Теплограмма образца

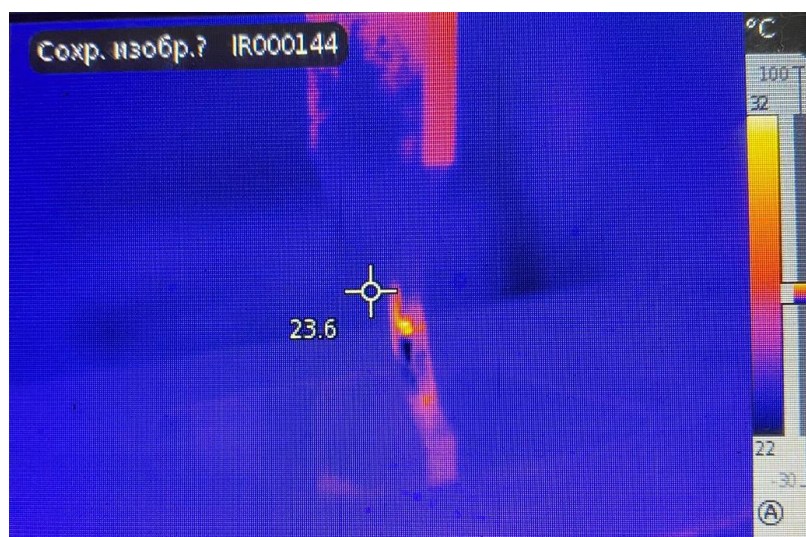


Рис. 3 Теплограмма образца

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проведенных экспериментов показал, что рост температуры наблюдается в течении первых четырех циклов нагружения. В дальнейшем рост температуры не происходит. Поэтому для оценки напряженно-деформированного состояния элементов несущих металлоконструкций грузоподъемных машин можно предложить следующую методику: проводится однократное нагружение грузоподъемной машины номинальной грузоподъемностью, с помощью тепловизора фиксируется изменение температуры в зоне наибольшего деформирования исследуемого элемента и по изменению температуры от начального значения до максимального оценивается величина напряжений.

Необходимо отметить, что для использования предложенной методики будет необходимо заранее полученная зависимость между изменением температуры и действующими напряжениями.

### Список источников

1. Диагностирование грузоподъемных машин / В.И. Сероштан, Ю.С. Огарь, А.И. Головин и др.: Под ред. В.И. Сероштана, Ю.С. Огаря. – М.: Машиностроение, 1992. – 192 с.
2. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. – М.: Машиностроение, 1990. – 623 с.

3. Расчёты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И. Мяченков, В.П. Мальцев, В.П. Майборода и др.; Под общ.ред. В.И. Мяченкова, – М.: Машиностроение, 1989 – 520с.
4. Шнейдерович Р.М. Прочность при статическом и повторно-статическом нагружениях. – М.: Машиностроение, 1968. – 340 с.
5. Вершинский А.В. Технологичность и несущая способность крановых металлоконструкций. – М.: Машиностроение, 1984. – 167 с.
6. Владимиров В.В. Физическая природа разрушения металлов. – М.: Metallurgia, 1984. – 280 с.
7. Вояченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с.
8. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. – М.: Metallurgia, 1975. – 456 с.
9. Серегина А.А. Метод определения пластических деформаций в зонах концепции напряжений металлоконструкции грузоподъемных машин // Наземные транспортные-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции / отв. ред. Ш. М. Мерданов. – Тюмень: ТИУ, 2020. С. 218-222.
10. Серегина А.А. Оценка напряженно-деформированного состояния элементов металлоконструкций по изменению тепловых полей // Молодёжный вестник Политехнического института: сб. статей в 2 ч. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. Ч.1. С. 233-237.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ГПМ**

**Кардаш Е.С.**, студент 3 курса АЭМ-311, Академии водного транспорта (РУТ (МИИТ)).

**Зубов В.С.**, студент 3 курса АЭМ-311, Академии водного транспорта (РУТ (МИИТ)).

Научный руководитель – **Никулин К.С.**, доцент, к.т.н.

### **Аннотация**

Предметом исследования в данной статье являются колебания элементов конструкции грузоподъемной машины, возникающие в старт-стопных режимах работы ее механизмов. В статье проведен анализ колебаний, полученных в результате экспериментальных исследований, составлена математическая модель системы и проведена проверка адекватности этой модели. Сделаны выводы по колебаниям механической системы и предложены пути дальнейших исследований.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, безопасность и качество машин и их конструкций неотъемлемо связано с совершенством расчетов на динамическую прочность. В рамках имеющихся расчетных моделей, можно выделить расчеты на динамические и тепловые нагрузки, статическую и динамическую устойчивость, расчеты напряженно-деформированного состояния элементов конструкции машин. Однако, при расчетах необходимо учесть и возможные неточности в изготовлении деталей машин, а также несовершенство конструкции машин, что затрудняет создание точной математической модели, которая должна учитывать все возможные состояния машины, являющиеся основным набором параметров, отражающих существенные свойства объекта рассмотрения.

В нашей статье рассматривается влияние динамических нагрузок, возникающих в грузоподъемных машинах, которые работают в старт-стопных режимах, вызывая при этом колебательные процессы в конструкции машины. Эти колебания способствуют возникновению трещин в металлоконструкции и узлах и агрегатах грузоподъемных машин, снижая при этом срок службы машины и повышая риски возникновения отказа в узлах и элементах конструкции ГПМ. Данная проблема является актуальной темой во всем мире и по

сей день. Для того, чтобы минимизировать влияние динамических нагрузок необходимо разобраться в их природе. Данные знания помогут найти пути снижения динамических нагрузок при разработке новых и эксплуатации существующих грузоподъемных машин.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для понимания природы возникновения механических колебаний нужно изучить динамические процессы, протекающие при эксплуатации реальной грузоподъемной машины и построить математическую модель, описывающую колебательный характер работы рассматриваемой системы с учетом, как было сказано выше, всех существенных свойств этой системы с целью дальнейшего воздействия на них для снижения динамики движения рассматриваемого объекта. Таким образом, для анализа были проведены ряд экспериментов на имеющейся ГПМ – электрической тали с получением осциллограмм работы этой машины и разработка уравнений для создания математической модели, учитывающей все весомые свойства системы.

Для проведения экспериментальной части исследования использовались:

- 1) Электрическая таль грузоподъемностью 0,5 тонны, установленная на двутавровой балке 22, имеющую длину - 5,7 м., ширину 0,12 м., высоту – 0,22 м.
- 2) Измерительная аппаратура: внешнее устройство аналогово-цифрового преобразования для IBMPC/AT-совместимых компьютеров ЛА-50USB (структурная схема показана на рис 1); тиристорный датчик ускорения ZETLabBC 201; ноутбук с приложениями - электронный осциллограф с режимом анализа спектра и утилита непрерывного сбора данных на жесткий диск компьютера.
- 3) Вставная пружина для изменения жесткости грузового каната и груз массой – 0,5 тонн.



Рис. 1. Структурная схема взаимодействия АЦП ЛА-50USB.

Электрическую таль устанавливаем ровно по середине балки, устанавливаем датчик на балку и подключаем к ноутбуку.

Было проведено несколько экспериментов, включающий разные режимы механической системы с разными упруго-гистерезисными параметрами, включающие подъем груза с подхватом, с веса с пружинной вставкой и без нее. Пружинная вставка обеспечивала изменения параметров механической системы и позволила оценивать влияние свойств системы на колебательные процессы в ней.

В процессе экспериментальных исследований получаемые с датчика данные отображались на электронном осциллографе и записывались в виде потока данных в файл. Для обработки полученных данных они были загружены в приложение Mathcad, в котором были построены соответствующие осциллограммы колебаний системы.

Для достижения достаточной точности измеряемых параметров, датчик был отпарирован и определен масштабный коэффициент для перевода полученных значений в (мВ) в значения ускорения (м/с<sup>2</sup>).



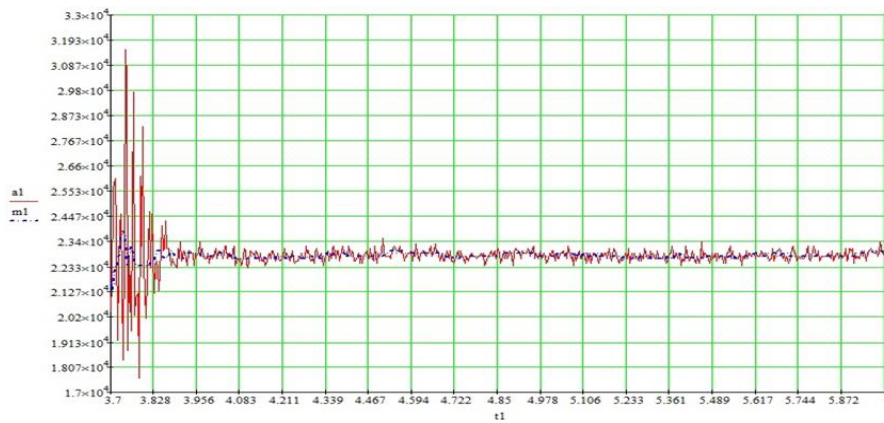


Рис. 2. График экспериментальных данных при подъеме груза с подхватом без пружины

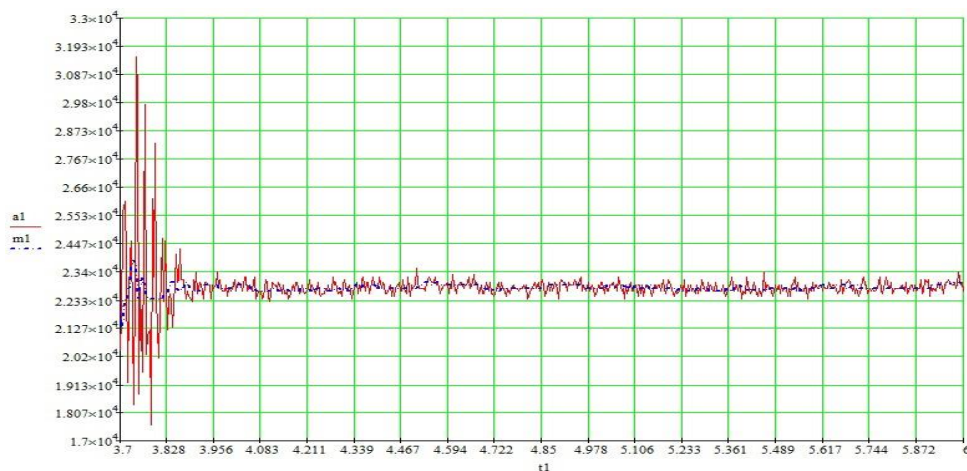


Рис. 3. График экспериментальных данных при подъеме груза с подхватом с пружиной

Как следует из осциллограммы начальный импульс от привода тали имеет ярко выраженный динамический вид, его максимальное значение временами значительно превышает средние значения. Можно полагать, что колебания формируются наложением колебаний привода и собственных колебаний системы. Для расчета собственной частоты колебаний был рассмотрен период затухающих колебаний системы после отключения привода (в условии отсутствия вынужденной силы), далее определялись упруго-вязкие параметры системы и создана математическая модель системы.

Для построения математической модели необходимо задаться исходными данными, такими как масса поднимаемого груза ( $m$ ), коэффициенты вязкости ( $n$ ) и жесткости ( $c$ ).

Для начала определяем коэффициент жесткости. Из справочной литературы [1] подбираем формулу для расчета системы. При балке на подвижных опорах выбираем формулу:

$$c = \frac{3 * E * J * (L1 + L2)}{L1^2 * L2^2}$$

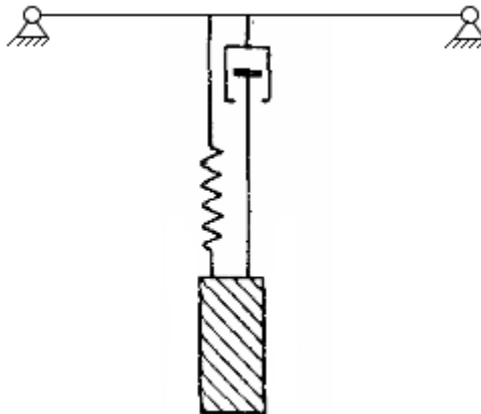
Рассчитываем коэффициент вязкости системы, пользуясь справочной литературой [1] с использованием коэффициента поглощения, характеризующий потери энергии за один цикл:

$$\psi = 2 * n * T$$

Выражаем из формулы коэффициент вязкости –  $n$ :

$$n = \frac{\psi}{2T}$$

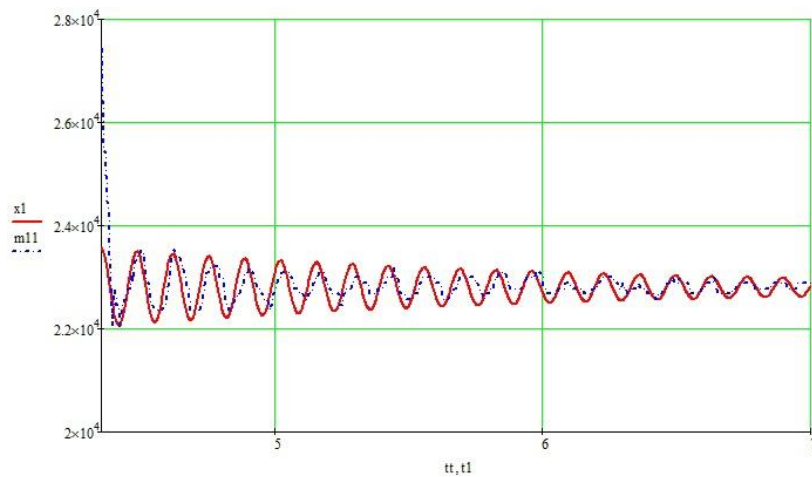
Таким образом можно переходить к построению математической модели, составляем дифференциальное уравнение с учетом сил вязкого сопротивления для динамической модели.



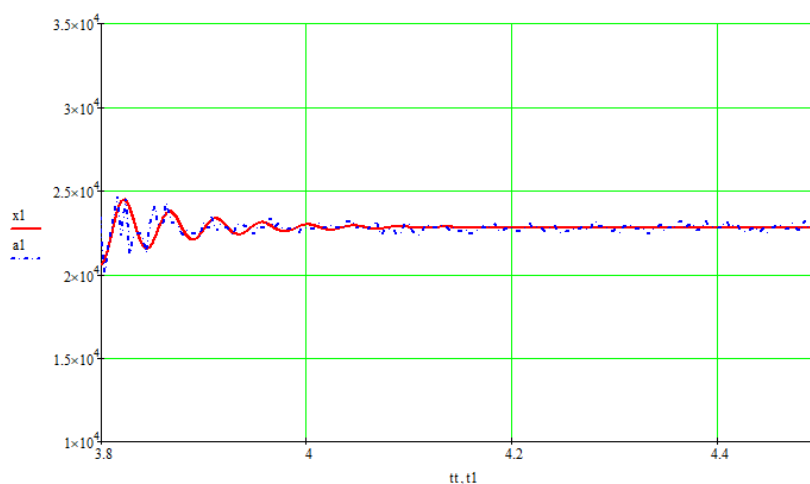
$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = 0$$

Здесь коэффициент  $n$  характеризует вязкость системы.

Подставляем в модель рассчитанные ранее коэффициенты и получаем графики математических моделей. Так как балка имеет сварные швы, то соответственно имеются отклонения из-за внутренних напряжений. Необходимо провести уточнение коэффициента жесткости и периода колебаний. Строим графики математических моделей и проводим сравнение с полученными осциллограммами.



**Рис. 5.** График зависимости усилий от времени  $x1$  для математической модели,  $m11$ -осциллограмма экспериментальных данных



**Рис. 6.** График зависимости усилий от времени  $x_1$  для математической модели,  $a_1$  - осциллограмма экспериментальных данных (с пружиной)

Проверка адекватности математической модели показывает, что применяемые параметры соответствуют действительности.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Элементы конструкции и механизмов электротали, в частности механизм передвижения тележки, испытывает заметные динамические нагрузки, что снижает ресурс деталей машины и может вызвать отказ системы в целом. В дальнейшем планируется разработать методы снижения динамической нагруженности механизма передвижения для повышения его эксплуатационной надежности и снижения рисков отказа.

#### **Список источников**

1. Вульфсон И.И., Динамика машин. Колебания: учеб. Пособие для академического бакалавриата. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 275с.
2. Баржанский Е.Е., Грузоподъемные машины и машины безрельсового транспорта. Учеб. методическое издание. Лабораторный практикум. Издательство: Альтаир - МГАВТ 2007г. – 133с.
3. Артемьев П.П., Брауде В.И., Гаранин Н.П.; под ред. Гаранина Н.П., Грузоподъемные машины на речном транспорте. Учебник для институтов водного транспорта. 1981. – 246с.
4. Лобов Н.А., Динамика грузоподъемных кранов. - М.: Издательство Машиностроение 1987. – 160с.
5. Пановко Я.Г., Основы прикладной теории колебаний и удара. – Изд. доп. и переработ. Л., «Машиностроение», 1976. – 320с.

### **РАЗРАБОТКА АМБУЛАТОРНОГО АВТОЛИФТА С БОКОВЫМ СЕКЦИОННЫМ ПОДЪЕМНИКОМ**

**Коновалов А. Д.**, 5 курс, группа АМ, студент МАДИ

Научный руководитель - **Павлов С. А.**, доцент, канд. техн. наук., доцент

#### **Аннотация**

В статье обоснована актуальность создания амбулаторного автолифта с секционным подъемником. Проведен анализ конструкции ножничного механизма и сделан вывод о зависимости габаритной длины автолифта от максимальной высоты подъема кузова. Представлена конструкция разрабатываемого амбулифта и приведены его преимущества по сравнению с амбулаторным автолифтом с ножничным механизмом. В результате внедрения

разработанной конструкции уменьшится время процедуры посадки и высадки пассажира с ограниченными возможностями, а также стыковки с ВС, более легкое управление для водителя-оператора и улучшенная маневренность. А также приведет к снижению общих технологических затрат.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Более половины населения планеты Земля используют для перемещения воздушный транспорт. Самолёты и вертолёты различных типов могут доставить людей на отдых или деловые встречи практически в любую точку земного шара. И люди с ограниченными физическими возможностями не хотят ощущать себя дискомфортно, путешествуя по свету.

Долгие годы развития авиации перелёты на самолетах для таких людей были малодоступны, подняться на борт было почти непреодолимым препятствием. И надо сказать, что создание амбулаторного автолифта позволило решить эту проблему.

Амбулаторный автолифт – это специализированный механический подъёмник с разным типом привода, предназначенный для посадки и высадки пассажиров с ограниченными физическими возможностями на борт самолёта. Благодаря инженерам, создавшим такую технику, не осталось тех пассажиров, которые бы не чувствовали себя неудобно. Теперь каждому путешественнику или бизнесмену доступна безопасная, комфортная и при этом быстрая доставка от здания аэропорта к самолёту и обратно.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В настоящее время конструкции амбулаторного автолифта имеют большое разнообразие. В России используют такой тип оборудования, в основу которого заложен ножничный механизм подъема кузова (рис. 1). Такое устройство не лишено ряда недостатков, влияющих на скорость процедуры обслуживания пассажиров, а, следовательно, и на время. Как известно, время в аэропорту – это самая дорогая вещь, любые отставания от графиков обслуживания приведут к многотысячным потерям для авиакомпаний и организаций, занимающихся наземным обслуживанием лайнеров [1].

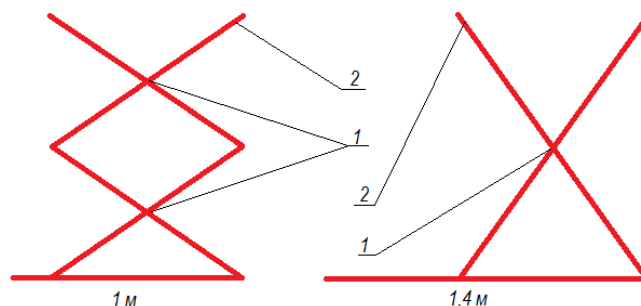


**Рис. 1.** Амбулифт ножничного типа: 1 – задняя подъемная платформа; 2 – кузов; 3 – передняя платформа; 4 – ножничный механизм; 5 – выносные опоры; 6 – кабина

Анализ конструкции ножничного механизма позволяет сделать вывод о зависимости габаритной длины автолифта от максимальной высоты подъема кузова (таблица 1). Если увеличить высоту подъема кузова, то количество совместных шарниров возрастает, иначе длина балок ножничного механизма будет выходить за пределы рамы шасси (рис. 2). Машину такой длины использовать на месте обслуживания самолета не представляется возможным в силу ограниченной площади на перроне.

**Табл. 1.** Габаритные параметры амбулифтов линейки HD-AT60

Проект	AT6A	AT6B	AT6C	AT6D
	Конфигурация 1	Конфигурация 2	Конфигурация 3	Конфигурация 4
Колесная база, мм	3815	5200	5200	5200
Максимальная высота, мм	5445	5700	5800	5800
Размер границ, длина, мм	6900	8990	8990	8990



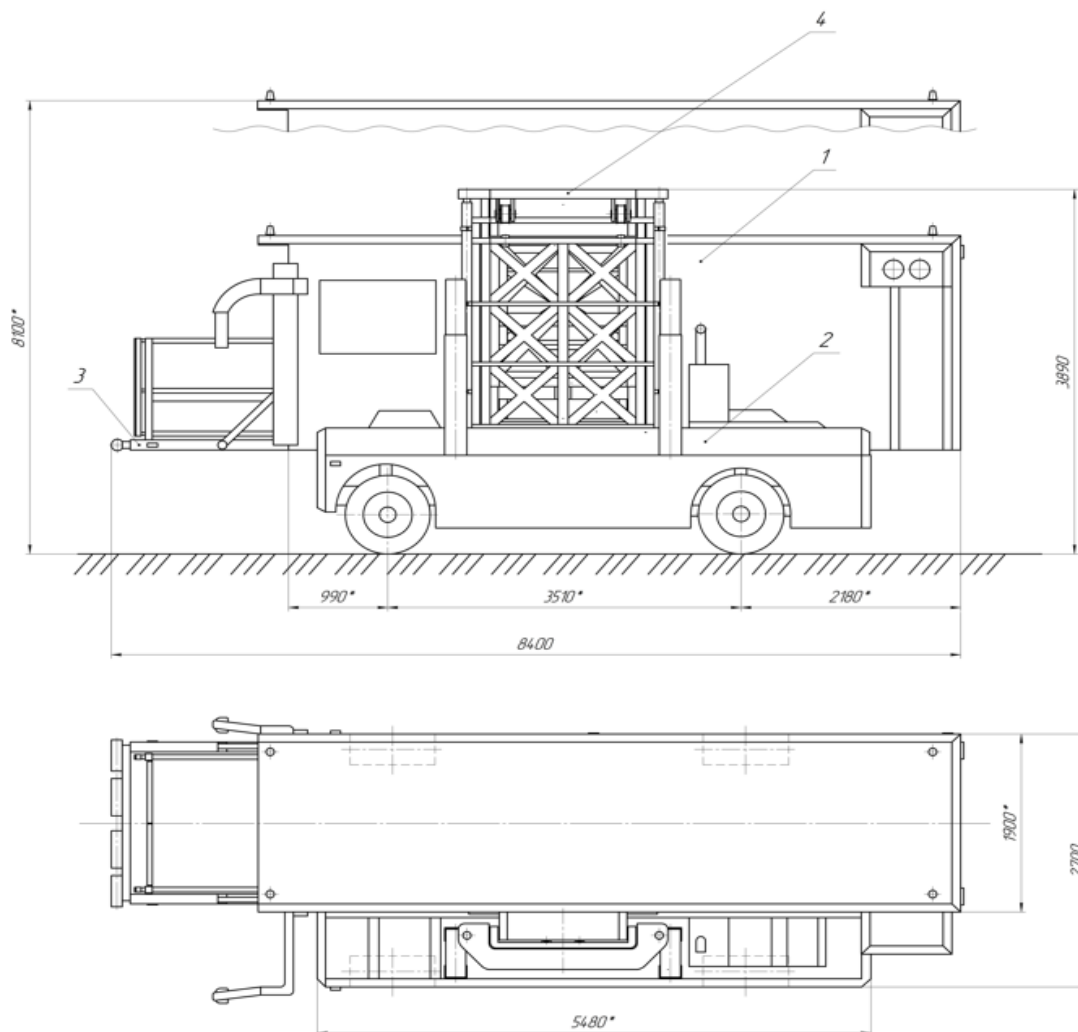
**Рис. 2.** Зависимость длины шасси автолифта от количества совместных шарниров ножничного механизма (при одинаковой высоте подъема и одном совместном шарнире длина шасси увеличивается в 1,4 раза): 1 – совместный шарнир; 2 – балка

Предлагаемый амбулаторный автолифт лишен ножничного механизма и его конструкция более компактна по длине. Снижение габаритов техники, располагаемой на месте стоянки воздушного судна, увеличивает расстояния между машинами, а, следовательно, снижает вероятность столкновений наземной механизации при обслуживании самолёта. Поднятие кузова осуществляется за счёт четырехсекционного подъемника, расположенного в центральной части шасси по левой стороне. Данная конструкция поднимает кузов машины на высоту до 8,1 метра, что несколько не уступает амбулифтам с ножничным механизмом (рис. 3). Эта высота необходима для поднятия пассажиров на верхнюю палубу самого большого в мире пассажирского самолёта Airbus A380 [2].

Подъёмник обладает меньшей податливостью к крутящему моменту, возникающему при сильном боковом ветре, поэтому необходимости в выносных опорах нет. Максимально допустимая расчётная нагрузка соответствует скорости ветра в 25 м/с, что позволяет выполнить сертификационные требования, предъявляемые к подъемным механизмам, работающим вблизи самолёта. Кузов может быть поднят заранее, до стыковки с воздушным судном, что облегчает управление машиной в режиме заднего хода, а отсутствие выносных опор значительно облегчает процедуру стыковки с планером и экономит время столь необходимое авиакомпаниям [3].

Амбулифт может обслуживать все широкофюзеляжные самолёты любой высоты. Он имеет вместительный крытый кузов, который рассчитан на транспортировку 15 пассажиров и максимально эффективно выполняет трансфер по территории аэропорта. Техника оборудована освещением и системами вентиляции и отопления кузова, последняя используется в зимний период. Внутри кузова имеются поручни и специальные фиксаторы для крепления инвалидных кресел и каталок. Для сопровождающих предусмотрен ряд из пяти откидных мест, благодаря этому полезный объём кузова практически постоянный. Для дополнительной безопасности пассажиров и сопровождающих пол кузова имеет противоскользящее покрытие. Кабина водителя-оператора и пассажирский салон совмещены, реализовано функциональное управление машиной одним человеком – водитель не переключается между местами управления, по сравнению с обычным автолифтом, где управление машиной реализовано из кабины, закрепленной на шасси, а управление кузовом

(подъем или опускание) из кузова. Одно место управления техникой также позволяет уменьшить габаритную длину амбулифта. Рулевое управление совместно с небольшими габаритами шасси обеспечивает угол поворота машины почти в 90 градусов, что значительно увеличивает маневренность в ограниченных условиях перрона.



**Рис. 3.** Амбулифт с секционным подъемником: 1 – кузов; 2 – шасси; 3 – платформа; 4 – подъемник

Секционный подъемник амбулаторного автолифта состоит из четырех выдвижных секций, подъем и опускание которых осуществляются с помощью гидроцилиндров и системы тяговых цепей. По сравнению с ножничным механизмом, усилие на гидроцилиндрах передается сразу в необходимой плоскости (вертикальной) и не затрачивается на преодоление угловой составляющей для разложения балок ножничного механизма. Совместно с бесшумностью и плавностью хода выполняются более быстрый подъем и опускание кузова.

Одним из главных преимуществ спроектированного автолифта для удобства посадки и высадки пассажиров с ограниченными возможностями является горизонтальное перемещение кузова, параллельное поверхности земли, и опусканием его на землю. И в этом главное отличие от существующих автолифтов, поскольку их кузова ниже уровня рамы шасси не опускаются. Для пассажиров предусмотрена дополнительная подъемная платформа в задней части кузова, опускаемая до уровня земли. Например, для пассажира в инвалидном кресле сначала потребуется заехать на подъемную платформу, выполнить фиксацию кресла. Затем подъемная платформа поднимает его до уровня кузова. Сняв фиксацию, пассажир



перемещается в кузов и снова фиксирует кресло уже внутри кузова. За это время подъемная платформа поднимается в транспортное положение. После происходит подъем кузова.

В предлагаемой конструкции автолифта пассажир сразу с уровня земли заезжает в кузов в инвалидном кресле и фиксирует его. Очевидно, что процесс погрузки и выгрузки пассажиров таким способом значительно сокращен во времени, повышается комфорт и безопасность перевозки [4, 5].

Следует отметить, что в проектируемой конструкции машины выполнена лишь одна входная дверь в салон кузова, а не две, как в случае автолифта с ножничным механизмом, с обеих сторон. Эта дверь расположена с передней стороны кузова, которая продолжается платформой для соединения с воздушным судном. Следовательно, оператор машины может наблюдать за процессом посадки и высадки пассажиров, не покидая рабочего места. В целях безопасности платформа оборудована перилами. В пол платформы встроена выдвижная площадка с резиновыми демпферами, которая сокращает расстояние между платформой и фюзеляжем воздушного судна при посадке или высадке пассажиров. Также эта площадка сконструирована таким образом, что может менять угол стыковки в пределах 15 градусов для компенсации перекосов, возникающих при недостаточно перпендикулярном позиционировании машины относительно продольной оси самолета.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Безопасность пассажира с ограниченными возможностями и его комфорт – это залог будущего сотрудничества с авиакомпанией. Если пассажиру понравится, то в следующий перелет путешественник не упустит шанс воспользоваться услугами этого же перевозчика. Быстрота процедуры посадки и высадки пассажира, соблюдение высоких стандартов качества выполнения процедур стыковки с самолетом, легкость управления машиной и улучшенная маневренность в совокупности со снижением технологических затрат, по сравнению с использованием обычных автолифтов, позволяют амбулаторному автолифту с вертикальным секционным подъемником стать весомым конкурентом на рынке наземной авиационной техники.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Жук, А. И.* Оценка влияния недооснащенности современных аэропортов на качество обслуживания инвалидов и меры по ее устранению / А. И. Жук, Р. Р. Саляхов. — Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы II Междунар. науч. конф. (г. Казань, июль 2019 г.). — Казань : Молодой ученый, 2019. — С. 10-14. — URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/340/15190/> (дата обращения: 10.03.2023).

2. *Павлов, С. А.* Влияние самолета Airbus A380 на инфраструктуру аэропортов / С.А. Павлов, Я. С. Садовникова, А. В. Базунов // Наука, техника и образование. – 2015. -№11(17). – С. 31-42.

3. *Техническое обслуживание аэропортов.* URL:<https://docs.yandex.ru/docs/view/> (дата обращения 05.03.2023). – Текст: электронный.

4. *Приказ* Министерства транспорта России № 24 «Порядок предоставления пассажирам из числа инвалидов и других лиц с ограничениями жизнедеятельности услуг в аэропортах и на воздушных судах» от 15.02.2016.

5. *Елисеев, Б. П.* Воздушные перевозки / Б. П. Елисеев – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко », 2014. – 235 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЫПУЧЕГО ГРУЗА НА ПРОЦЕСС ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В ТРУБЧАТОМ СКРЕБКОВОМ КОНВЕЙЕРЕ

*Кузлякин Е.С., студент 2 курса, группа ТНК-271, РУТ (МИИТ), г. Москва.  
Научный руководитель - Шепелина П.В., доцент каф. НТТС к.т.н., доцент*

## **Аннотация**

Конвейерный транспорт применяется в современном массовом и крупносерийном производстве с использованием автоматических линий, работа которых основана на конвейерной передаче изделий от одной технологической операции к другой. Конвейеры регулируют темп производства, обеспечивают его ритмичность, способствуют повышению производительности труда и увеличению выпуска продукции. Необходимость перемещения грузов под разными углами наклона конвейера, по сложным комбинированным трассам, а также перемещения слёживающихся, пылящихся и мелкодисперсных грузов обусловила разработку и создание трубчатых скребковых конвейеров со сплошными скребками. Для выбора рациональной конфигурации конвейера необходимо в первую очередь учитывать свойства транспортируемых грузов.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Трубчатый скребковый конвейер представляет собой герметичную трубчатую конструкцию, в которой расположен замкнутый тяговый орган с закрепленными на нем скребками. Особенностью такого конвейера является его возможность перемещения грузов с изгибами в разных плоскостях, а также изгиба трассы под углом в  $90^\circ$ . В узлах сопряжения таких участков устанавливаются поворотные станции. При этом, в случае использования сплошных скребков, форма поперечного сечения желоба должна быть трубчатой. Коробчатая конструкция желоба повышает опасность заклинивания груза, особенно на вертикальных участках трассы. При более экономичной круглой форме поперечного сечения желоба и меньшего максимального размера скребков при той же площади поперечного сечения груза, трубчатые скребковые конвейеры имеют меньшую металлоёмкость. Они более надёжны в эксплуатации в сравнении с ленточными трубчатыми конвейерами, но имеют ряд недостатков, связанных с энергоёмкостью транспортирования, надёжностью привода, прочностью и долговечностью конструктивных элементов [1].

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Специфическая проблема трубчатых конвейеров заключается в заклинивании частиц груза и дроблении их в зазорах между скребком и трубой. Это особенно проявляется на вертикальных участках и на выходе из загрузочной воронки. Характерно весьма высокое сопротивление движению (возможность «всплывания» скребков и их заклинивания) при прохождении загрузочной воронки в условиях высокого давления груза при загрузке из бункеров или вагонов.

Транспортировка абразивных и тяжёлых сыпучих грузов может быть очень проблематичной, если для поворота используется звёздочка. На звёздочках может скапливаться связанное вещество груза, что приводит к увеличению шага звёздочки до тех пор, пока цепь не сойдёт с неё. Несмотря на эти факты, звёздочки, являются единственной возможностью для поворота цепи при высоких тяговых усилиях из-за проблем, связанных с изгибами труб и ободными колёсами. Такие высокие тяговые усилия могут возникать при проектировании комбинированных трасс.

Для правильного выбора способа поворота необходимо учитывать, что заблокированную поворотную станцию очистить вручную гораздо проще, чем заблокированный изгиб трубы. В связи с вышеуказанными фактами разумно определить наилучшую методику поворота для каждого случая, в зависимости от перемещаемого груза и его свойств. Поэтому важны конкретные конструктивные детали, которые отличаются у разных производителей, например, более быстрая замена расходных компонентов конвейера.

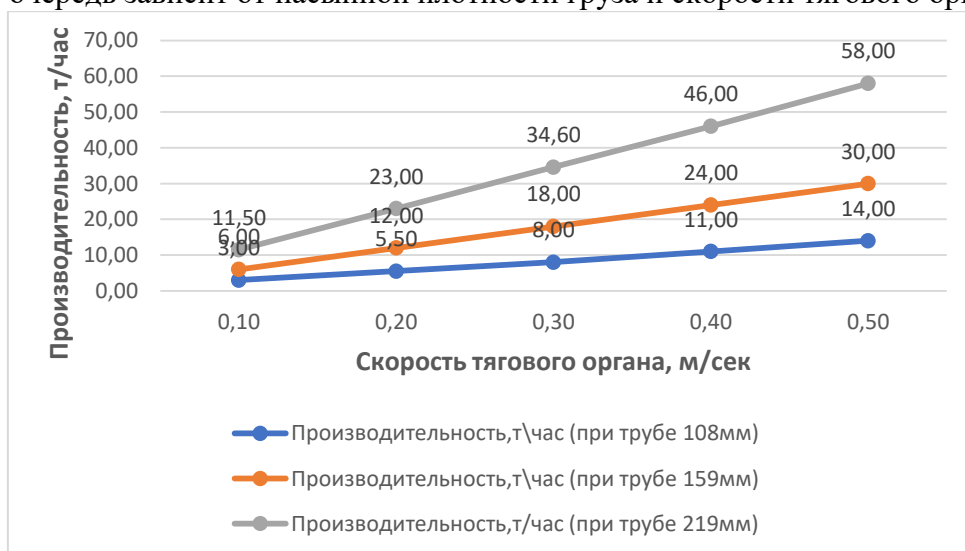


Общая рекомендация по наилучшему методу поворотов конвейера не может быть дана однозначно. Так как сопротивления движению, вызванные поворотом, часто неизвестны на практике. Впоследствии некоторые производители трубчатых скребковых конвейеров отказались от комбинированных многомерных трасс. Для проектирования комбинированной трассы используется несколько конвейеров вместо одного, что означает наиболее безопасный вариант проектирования полного маршрута.

Важно отметить, что затраты на дополнительные компоненты (привод, натяжная станция) могут быть в основном компенсированы за счёт снижения эксплуатационных расходов (увеличения срока службы изнашиваемых деталей цепи и скребков) и снижения среднего эксплуатационного риска.

Тяговый расчёт был рассмотрен на примере классической схемы с наклоном в вертикальной плоскости горизонтально замкнутого конвейера, с указанием точек контура и особенностей поворота наклонных участков (изгиб или поворотное устройство).

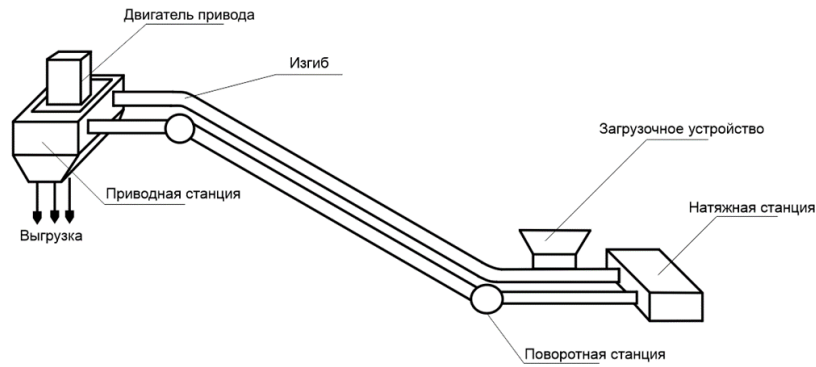
Для определения нужных параметров трубчатого скребкового конвейера сперва задаются необходимой для условий его работы производительностью. Производительность в свою очередь зависит от насыпной плотности груза и скорости тягового органа (рис. 1).



**Рис. 1.** Зависимость производительности конвейера от скорости тягового органа (при насыпной плотности груза  $1 \text{ т/м}^3$ ).

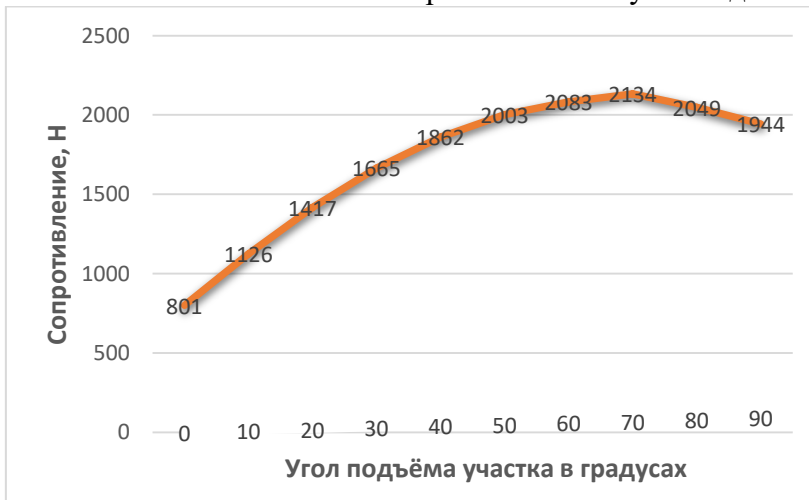
Как правило выбирают оптимальную скорость тягового органа и диаметр трубы исходя из условий дальнейшей эксплуатации конвейера. К примеру, необходима производительность  $10 \text{ т/час}$ . В этом случае мы можем взять трубу с наименьшим внутренним диаметром  $104 \text{ мм}$  и скоростью тягового органа  $0,37 \text{ м/сек}$  (при насыпной плотности груза  $1 \text{ т/м}^3$ ), или трубу  $154,5 \text{ мм}$  и скоростью тягового органа  $0,17 \text{ м/сек}$ .

В исследовании был принят конвейер изображённый на рис. 2, с заданной производительностью  $8 \text{ т/час}$  и скоростью тягового органа  $0,2 \text{ м/сек}$ . Его внутренний диаметр равен  $104 \text{ мм}$ , шаг цепи  $80 \text{ мм}$ , шаг скребка  $160 \text{ мм}$ , вес тягового органа  $8,7 \text{ кг}$ . (Меняться будет только перемещаемый груз). Груз – сухой песок (с насыпной плотностью  $1,6 \text{ т/м}^3$ , углом естественного откоса в движении –  $30^\circ$ ), его погонная масса равна  $11 \text{ кг}$ , а коэффициент сопротивления движению  $w_g = 0,5$ .



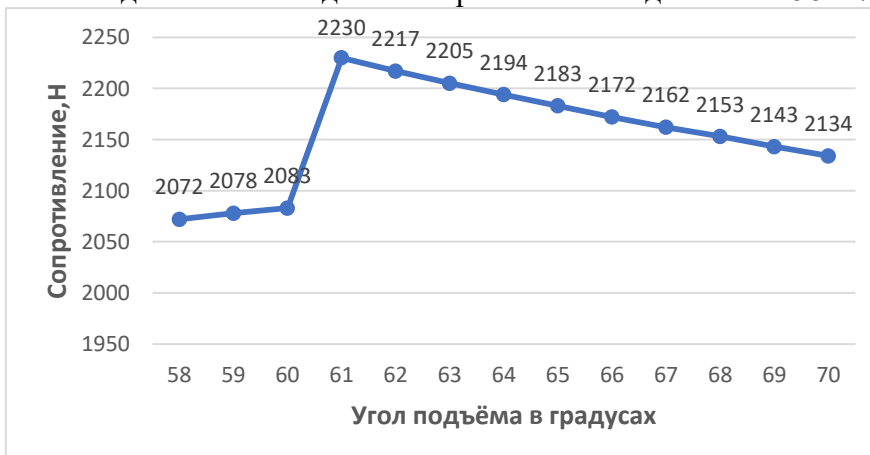
**Рис. 2.** Конфигурация конвейера

Самое большое сопротивление движению имеют грузёные участки на подъёмах. На рисунке 3 показана зависимость сопротивления от угла подъёма конвейера.



**Рис. 3.** Зависимость сопротивления движению тягового органа с грузом от угла подъёма участка (для сухого песка).

Для сухого песка угол критического подъёма начинается после  $60^\circ$  (когда меняется его тело волочения). В момент этого перехода сопротивление скачкообразно увеличивается и при дальнейшем увеличении угла подъёма, медленно уменьшается, достигая минимального значения для крутонаклонных участков при вертикальном положении. На рисунке 4 показан этот скачок и дальнейшее падение сопротивления в диапазоне  $58 - 70$  градусов.



**Рис. 4.** Скачок сопротивления при переходе на крутонаклонный подъём.

Для сухой золы (угол естественного откоса в движении  $40^\circ$ , насыпная плотность  $0.9 \text{ т/м}^3$ , коэффициент сопротивления движению  $w_g = 0.35$ ) критический угол подъема наступит после  $50^\circ$ .

На рисунке 5 показана аналогичная зависимость сопротивления от угла подъема участка для данного груза. Тут видно, как после скачка сопротивления, при переходе на крутонаклонный подъем, оно резко уменьшается и достигает минимума на вертикальном участке.



Рис. 5. Скачок сопротивления при переходе на крутонаклонный подъем

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмечено, что на конвейере с использованием поворотных устройств в месте изгибов значительно уменьшается натяжение цепи, а следовательно, и мощность двигателя. Так, на конвейере с пологонаклонным участком гружёной ветви, мощность двигателя конвейера с изгибами выше в три раза, а на конвейере с крутонаклонным участком она может увеличиваться в 20 раз.

Для рациональной конфигурации конвейера необходимо в первую очередь учитывать свойства транспортируемых грузов. Избегать, для конвейеров с изгибами, пиков сопротивления на крутонаклонных участках и при необходимости уменьшать шаг цепи и скребка. Так уменьшение шага цепи и скребка дает возможность уменьшения мощности двигателя для конвейера с изгибами и крутонаклонным участком более чем в два раза.

Для конвейеров с поворотными станциями большого натяжения цепи и большой мощности привода двигателя нет, но такие конструкции требуют особого контроля и технологического подхода.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пертен О.А. Крутонаклонные конвейеры. / О.А. Пертен. Л.: Машиностроение, 1977.
2. Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений / Н.Е. Ромакин. М Издательский центр «Академия», 2008. – 432с.
3. Шепелина П.В. Особенности снижения динамических нагрузок в скребковых конвейерах / П.В. Шепелина // Проблемы современной науки и образования. 2016. №35 (77). С. 16-20.

## Обоснование применения тензометрического оборудования для постоянного мониторинга безопасности конструкций и оборудования в портах.

*Кустова Юлия Сергеевна, студент 4 курса, группа АЭМ-411, Академия водного транспорта РУТ (МИИТ), E-mail: ulykus@mail.ru,*  
*Загртденов Равиль Раихович, к.т.н. доцент, Академия водного транспорта РУТ (МИИТ), E-mail: ravilzagr.1962@yandex.ru*

**Аннотация.** Обеспечение безопасной эксплуатации портов России приходится в

сложных климатических и гидрогеологических условиях. Необходимость постоянного мониторинга состояния конструкций и оборудования возрастает с каждым годом. Для более эффективного и точного измерения напряжений, химической и коррозионной стойкости конструкций применяются тензодатчики и их схемы различного характера. В результате этих измерений можно быстро получить изменения геометрических характеристик конструкций. Позволяет выявить различного рода и причин появления трещин, конструктивные деформационные процессы и определения их значений.

**Ключевые слова:** порт, конструкции, оборудование, тензометрические датчики, мост Уитстона, модель постоянного мониторинга.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель исследования — повысить безопасность эксплуатации портов, за счет создания независимых систем контроля конструкций и оборудования с применением современной тензометрической аппаратуры обслуживаемой современными компьютерными программами.

Перед проведением технической экспертизы различных видов конструкций и оборудования необходимо обеспечить себя программным продуктом под который будут настраиваться системы мониторинга[7].

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Современный тензометрический датчик [1], представляет собой элемент, который реагирует на изменение величины физического воздействия (усилия) и переводит его в электрический сигнал. Фактически это резистор, меняющий параметр омического сопротивления, по отношению к прилагаемой силе. В зависимости от сферы применения используют различные типы тензодатчиков [2,6,7]. Порты России находятся в сложных климатических и гидрогеологических условиях эксплуатации, что требует определенного подхода при определении качества приборов и месте (поля) их установки.

По существующим стандартам и рекомендациям тензодатчики конструктивно можно представить в виде тонкой упругой проволоки или пленки, распределенной по контролируемой поверхности. Работа тензодатчика основывается на законе Гука, что изменение по отношению к исходному положению элемента пропорционально удлинению или сжатию сенсора. Руководствуясь данным принципом определяется коэффициент пропорциональности:

$$K = \Delta L / L = \Delta R / R$$

где:

K - коэффициент пропорциональности;

$\Delta L$ - величина изменения длины в ходе деформации;

L - длина измеряемого элемента в состоянии покоя;

$\Delta R$ - изменение величины сопротивления при деформации;

R - значение сопротивления тензорезистора в нормальном положении.

То есть коэффициент позволяет установить константы для растяжения (увеличение омического сопротивления) и сжатия (уменьшение омического сопротивления) в тензодатчике. На этом принципе вычисляются резистивные сопротивления элемента тензодатчика.

В большинстве случаев тензодатчик функционирует не от одного тензорезистора, а включает в себя мостовую измерительную схему. Такой принцип получил название моста

Уитстона и реализуется следующим образом (рисунок 1):

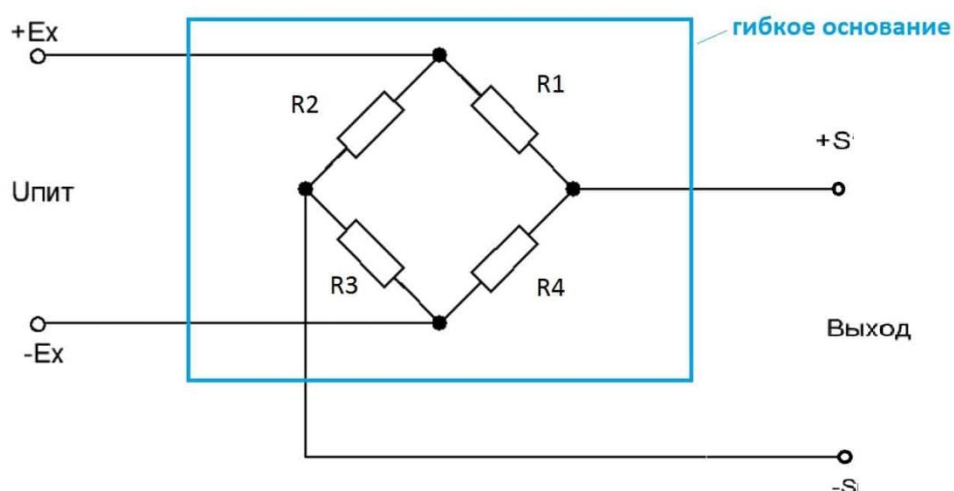


Рис. 1. Схема моста Уитстона.

Применяя данную архитектуру соединения тензодатчиков, можно абсолютно уверенно это делать при постоянном мониторинге любых видах конструкций зданий и различного грузоподъемного оборудования [3,4]. На рисунке 2 представлена схема работы цепи.

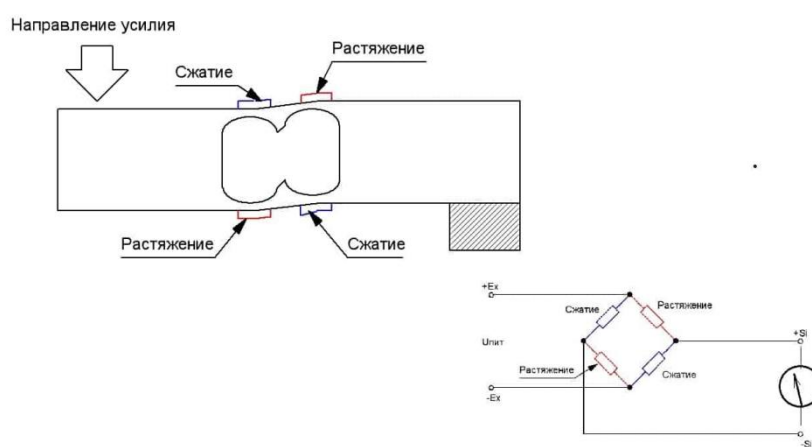


Рис. 2. Схема установки цепи тензодатчиков

Следующий этап – создание постоянно действующей системы мониторинга конструкций порта и оборудования. Главная цель в этой системе создание единого центра сбора и обработки информации.

Современные системы сбора информации от рядовых тензодатчиков до центра сбора работают дистанционно, что позволят устанавливать приборы во всех трудно доступных местах конструкции. Схема установки определяется расчетным путем с помощью программного обеспечения и добавлением отдельных точек установки тензодатчиков или целых цепей.



Рис. 3. Крепление тензодатчика на консольной балке

На рисунке 3 схематично показан пример установки тензодатчика или тензометрического моста. Если необходимо поставить весовые тензодатчики на различные дозирующие устройства их также необходимо включать в программу мониторинга системы и т.д.

Схема мониторинга системы проста в обращении, но зависит от правильно подобранных и консолидированных в единую схему датчиков и программного обеспечения.

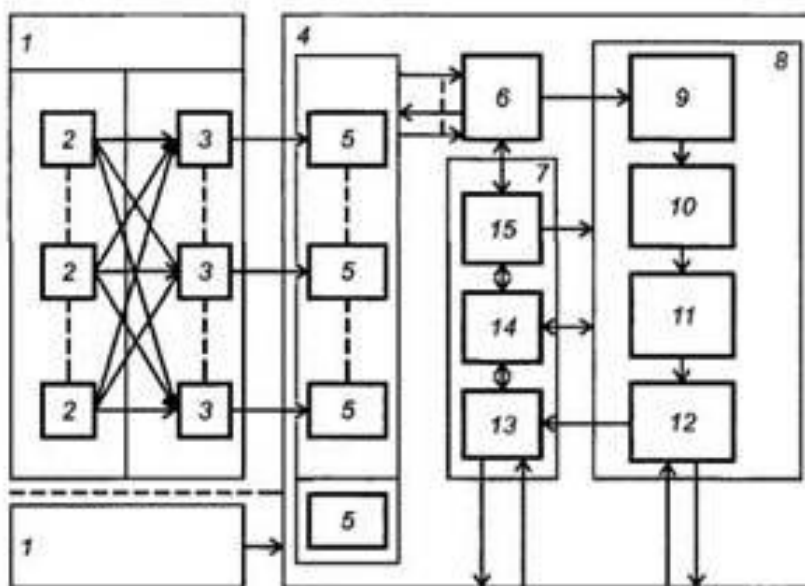


Рис. 4. Общая структурная схема системы мониторинга:

1 – агрегат; 2 - диагностируемый узел; 3 - канал распространения; 4 - система мониторинга; 5 — датчик; 6 - блок согласования; 7 - тракт управления; 8 - тракт распознавания; 9 — анализатор; 10 - блок формирования диагностических признаков; 11 – блок принятия решения; 12 – блок оповещения, отображения и регистрации; 13 – блок сетевых интерфейсов (Intranet/Internet); 14 - информационные базы данных и знаний; 15 - блок управления и синхронизации

Схема системы мониторинга на рисунке 4 дает общее представление о системе безопасности в порту.

Заключение: т.к. порт является объектом повышенной опасности можно сделать следующий вывод, что неразрушающие методы диагностирования дают возможность создавать системы обеспечивающие безопасное эксплуатирование всех видов конструкций и оборудования порта. Однако она не может существовать без постоянного обновления всех приборов и систем, повышения квалификации персонала обслуживания.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. ГОСТ 8.631-2013. Датчики весоизмерительные. МКС 17.020. ОКСТУ 0008. Дата введения 2015-07-01.
2. ГОСТ 21616-91. Тензорезисторы. ОКП42 7379. Дата введения 1992-01-01.
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. МКС 91.200. Дата введения 2014-01-01.
4. Рекомендации по обследованию стальных конструкций производственных зданий. «ЦНИИпроектстальконструкция» им. Мельникова. Москва 1988.
5. Ильинская Л.С., Подмарьков А.А. Полупроводниковые тензодатчики. Выпуск 189. М.Л. «Энергия», 1966-120 стр.
6. Пучков Б.И. Приклеиваемые тензодатчики сопротивления. Издательство «Энергия», 1966.
7. Обучающие программы для проектирования и обследования металлоконструкций. Интернет: <https://mycomp.su/obzory/programma-dlya-proektirovaniya-metallokonstrukcij.html>.

### **МЕХАНИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ МУСОРА НА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Д.П. Лопатин**, студент 1 курс магистратуры группы 640721/07, ТулГУ, каф. ТТМиП  
Научный руководитель – д.т.н., проф. **В.Ю. Анцев**

#### **Аннотация**

Переработка мусора – общемировая проблема. За год в нашей стране в среднем производится около 60 миллионов тонн отходов. Часть отправляется на полигоны и загрязняет окружающую среду, а часть обретает вторую жизнь и повторно служит людям. Последнее стало возможно благодаря мусороперерабатывающим заводам.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Мусороперерабатывающий завод (МПЗ) – высокорентабельный автоматизированный комбинат по сбору бытового и производственного мусора, транспортировке его к месту поэтапной сортировки и переработки, для дальнейшего производства из отходов новых изделий и материалов.

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

На данный момент свалки являются наиболее распространенным способом уничтожения твердых отходов. Однако этот метод сопряжен со следующими проблемами:

– быстрое, чрезмерное переполнение существующих свалок из-за большого объема и низкой плотности размещаемых отходов. Без предварительного уплотнения средняя плотность твердых отходов составляет 200-220 кг/м<sup>3</sup>, после уплотнения тяжелыми мусоровозами 450 – 500 кг/м<sup>3</sup>.

– отсутствие территорий, пригодных для свалок, на удобном расстоянии от крупных городов, расширение городов вытесняет свалки на все большие расстояния. Этот фактор в сочетании с ростом цен на землю увеличивает затраты на транспортировку твердых отходов на свалки [1].

– негативные факторы для окружающей среды: загрязнение подземных вод щелочными продуктами, выделение неприятного запаха, рассеивание отходов ветром, самовозгорание свалок, неконтролируемое образование метана и неэстетичный внешний вид – это лишь часть проблем, которые беспокоят экологов и вызывают серьезные возражения у местных жителей.

– невозможность ликвидировать свалки. Несмотря на использование самых современных технологий, нашему обществу всегда будет необходимо использовать свалки для уничтожения фракций, не являющихся утилем [3].

В России работают около 250 заводов по переработке мусора и 10 мусоросжигательных заводов (МСЗ), которые утилизируют промышленные и твердые коммунальные/бытовые отходы путем сжигания в печах или котлах. Попутно они вырабатывают электрическую и тепловую энергии, используя теплоту сгорания. В печах перерабатывается не более 70 % отходов.[1] Часть золы пригодна для производства бетонных изделий (тротуарной плитки, бордюрного камня, строительных плит), а неиспользованные остатки подлежат обезвреживанию и утилизации, так же, как и вредный дым, вырабатываемый при сжигании. Экологи всего мира выражают протест против строительства таких заводов в дальнейшем. Побочными последствиями деятельности МСЗ являются:

- нарушение экологии региона, в котором находится завод;
- увеличение числа онкологических заболеваний.

Поэтому планирование увеличения числа подобных предприятий нежелательно для России. Мусороперерабатывающие заводы, в отличие от МСЗ, являются экологически чистыми, безвредными предприятиями. Строить мусорные заводы для российской экономики и экологии гораздо предпочтительнее, чем мусоросжигательные [1].

Один из способов переработки мусора – сортировочная станция. Опыт переработки отходов демонстрирует отсутствие единственного эффективного способа, отвечающего всем научно-обоснованным нормам и требованиям экологического законодательства, а также запросам рынка и условиям современной экономики. Принцип комбинирования, применяемый при строительстве предприятий по переработке отходов, может значительно нивелировать недостатки каждого метода при их отдельном внедрении. Комплексный подход к способам сортировки отходов, их термообработке, ферментации и иных процессов с учетом особенности отходов и их морфологического состава минимизируют отходность переработки, повышают экологичность и увеличивают доходность производства [4].

Работа с отходами на мусороперерабатывающих комбинатах включает следующие этапы [1].

Сбор отходов и вторсырья. Доставка мусора на МПЗ из городских контейнеров осуществляется мусоровозами. Отходы от деятельности организаций и предприятий привозят спецтранспортом. Дополнительное сырье (макулатура, металлолом) завозится из пунктов по их сбору специальными автомобилями.

Сортировка. Добровольная сортировка выбрасываемых бытовых отходов стала привычным явлением для жителей всех крупных городов. В России также рядом с простыми мусорными контейнерами стоят и другие, для отдельного сбора макулатуры, стеклотары, пластмассы и пластиковых бутылок. Раздельный сбор мусора называется первичной сортировкой. Сортировка отходов, с выделением из них полезных фракций, осуществляется на МПЗ несколькими технологическими этапами: Разрывание мешков с мусором. Привезенный на сортировку мусор из мусоровоза попадает в открыватель пакетов – специальную машину, предназначенную для разрывания любого типа пластика. Отделение полиэтиленовой пленки. Воздушным сепаратором сильным потоком воздуха из массы тяжелых отходов выдувается полиэтиленовая пленка [1].

Переработка. На МПЗ переработка каждого вида сырья осуществляется по следующим технологиям.



Измельчение. С помощью промышленных shreddеров крупногабаритный мусор (мебель, крупная бытовая техника и прочие) измельчается до необходимого размера.

Грохочение – сортировка отходов на фракции барабанными или звездочными грохотами. Принцип работы прост. Аппараты грохота отделяют методом отсева органические компоненты: землю, песок, органические остатки пищи и прочее. Отделенные таким образом мелкие частицы попадают в отсев.

Сепарация. Отсортированный грохочением мусор далее сепарируют. Этот заключительный метод разделения мусора также бывает как ручным, так и автоматизированным. Для отделения ферромагнитных металлов (чугун, железо) применяют магнитный сепаратор, прикрепленный над конвейером. Для сбора немагнитных цветных металлов служит вихретоковый сепаратор. Бумагу, картон, стекло, резину и прочее отделяют вручную.

Прессование. Прессование или брикетирование – это завершающий этап сортировки. Пластмассовые бутылки перед этим проходят через прокальватель, с помощью которого выпускается из них воздух, для облегчения прессования. Картон и бумага, отсортированные вручную, также подвергаются этому способу складирования и перевозки.

Мойка (пленки, пластик, полимеры).

Сухая очистка (картон, дерево, текстиль). Эти функции могут осуществляться и на мусоросортировочных комплексах, они относятся как к сортировке, так и к переработке.

Грануляция. С помощью плавления-нагревательных агрегатов (грануляторов) пластику, полиэтилену и полимерам, после расплавления, придают вид гранул для дальнейшей перевозки к месту их вторичной обработки.

Размол и другие. Дробление специальными аппаратами больших кусков до нужного размера (кирпич, камни, строительные отходы).

К вариантам переработки отходов относятся: механобиологическая переработка отходов, энергетическая утилизация отходов, компостирование отходов. Механобиологическая переработка используется для максимального разложения органических веществ в отходах и отделения горючих составляющих в отходах. Плюсы такой технологии: значительно уменьшается объем; увеличивается длительность эксплуатации полигона; химические составляющие отходов стабилизируются; появляется возможность получения компоста; уменьшаются затраты на утилизацию.

Отходы с высокой теплотворной способностью используются как дополнительное твердое топливо и могут быть сожжены в различных энергетических установках. Преимуществами данного подхода является то, что уменьшается объем отходов, которые предназначены для захоронения, снижаются затраты на захоронение, сокращается время на переработку. В то же время этот процесс имеет и негативные по следствия в виде дополнительных атмосферных выбросов, которые проявляются в результате сжигания [4].

Одна из типовых схем мусороперерабатывающего предприятиям представлена на рис. 1 [2].

Состав мусоросортировочного комплекса и расположение его элементов, зависит от множества факторов: количество поступающих на сортировку отходов, планируемое число выбираемых пригодных фракций, желательный уровень автоматизации процессов, размеры площадки. Но ни один из комплексов не обходится без разного рода конвейеров.

Подающий конвейер нужен для подачи ТБО на сортировочную линию. Изложение работы: на индустриальную забетонированную площадку под навесом мусороперегрузочной станции твердые бытовые отходы поставляются мусоровозами. Отходы, которые поступают, разгружают на забетонированный пол площадки приема мусора (ТБО). Крупногабаритные предметы выбираются из ТБО и экскаватором – погрузчиком или бульдозером загружаются и доставляются на площадку сортировки КГМ. Позже выборки крупногабаритных предметов, отходы сдвигаются в приямок подающего конвейера.

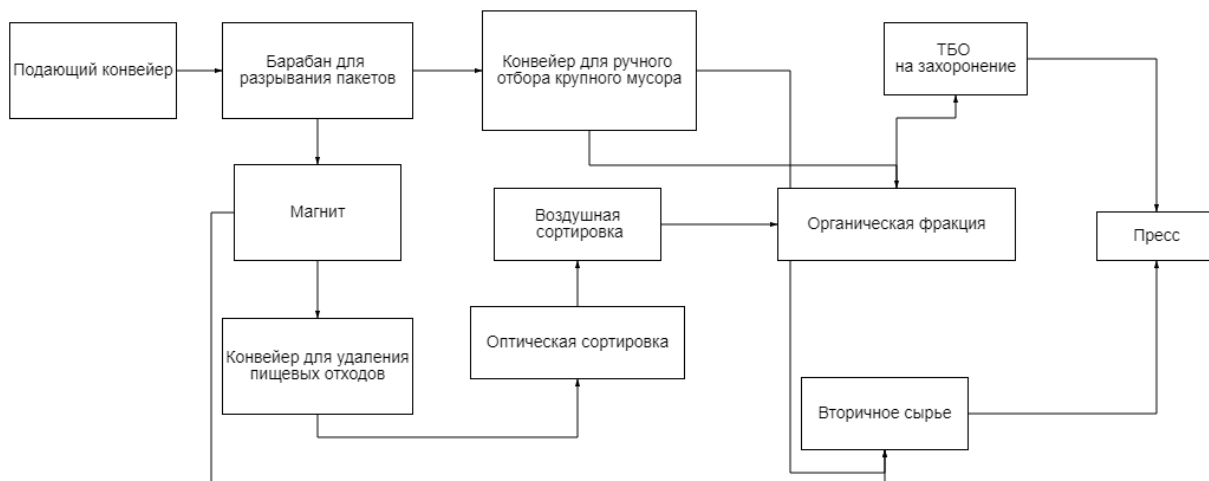


Рис.1. Схема мусоросортировочного комплекса

Троммель представляет собой установку барабанного типа для сортировки сыпучих веществ по различным фракциям (щебень, мусор, уголь, песок и т. д.). Троммель имеет высокую эффективность грохочения благодаря вращению барабана со специальными комплектующими для очищения сита. На различных линиях могут быть использованы два вида силовой установки: дизельные или электрические двигатели (их можно эксплуатировать отдельно). [5].

Сепараторы в основном используются баллистические и оптические сепараторы. Принцип работы баллистических приборов заключается в том, что на мусорную массу одновременно воздействует воздушный поток (его можно регулировать) и сила гравитации. Такая система удобна и проста в использовании. В оптических сепараторах система подает сигнал для выдувания конкретного типа мусора из общей массы. Главное преимущество такой техники в том, что она позволяет полностью автоматизировать рабочий процесс, чтобы ускорить утилизацию вредных отходов.

Сортировочная платформа – главный элемент сортировочного комплекса, нужный для больше результативной выборки (количественной и добротной) пригодных фракций из потока ТБО. На сортировочной плите расположены конвейер и места для операторов по выборке пригодных фракций из всеобщего потока ТБО.

Шредеры используются, когда требуется осуществить дробление твердых бытовых отходов. Также с помощью шредеров дробятся фракции, пригодные для вторичной переработки. Этот прибор включает в себя мощные ножи, валы, электродвигатели и редукторы. Все эти составляющие компоненты позволяют дробить даже самые мелкие фракции [5].

Сортировочный конвейер (рис. 2 [6]) нужен для работы операторов по сортировке ТБО. При выделении пригодной фракции, оператор сбрасывает её в бункер вниз. По обе стороны сортировочного конвейера расположены посты (рабочие места) с люками. С всей стороны конвейера – 3-20 постов. Часть выделенных компонентов (макулатура, ПЭТФ, пластмасса высокого и низкого давления и т.д.) через люки поступает в накопительные отделения, и попадают в передвижные контейнеры. Например, такие как конвейер ТКО производства отечественной фирмы «АгроСпецАнгар» (рис. 3 [6]).

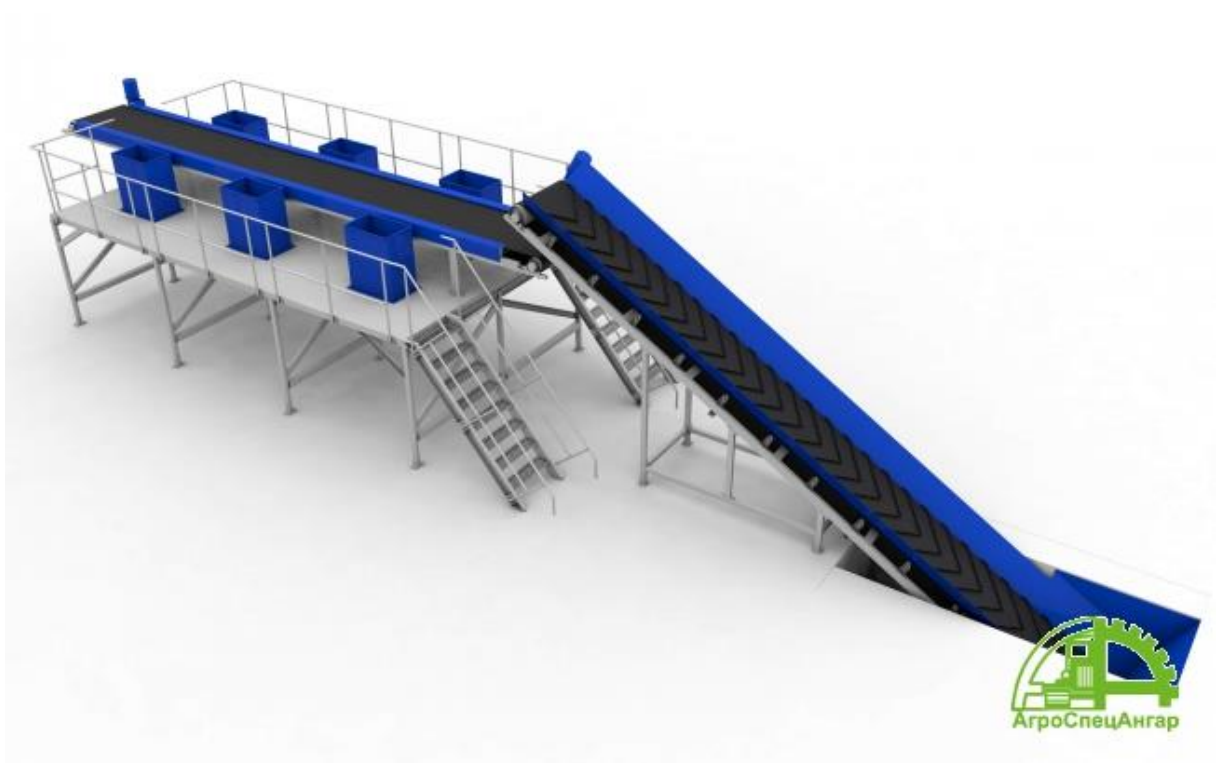


Рис. 2. Сортировочный конвейер ТКО

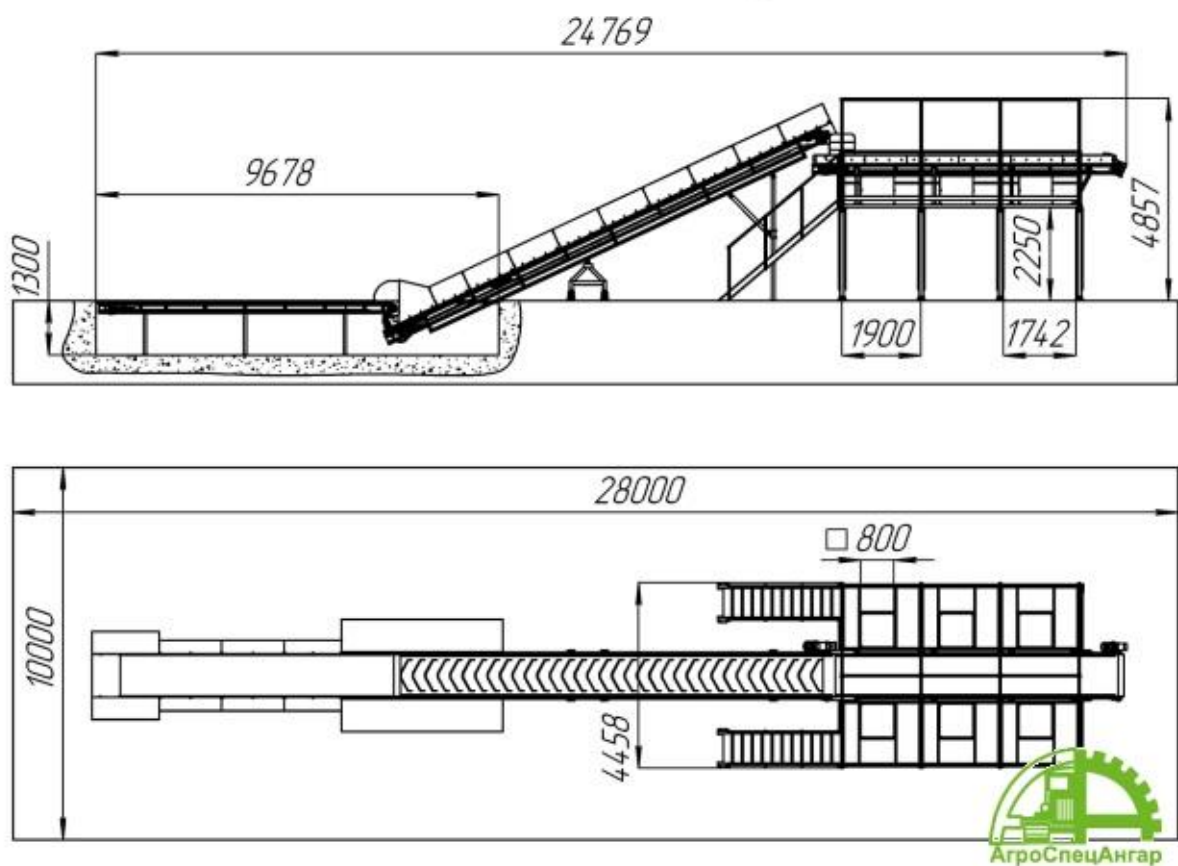


Рис. 3. Габаритная схема конвейера ТКО «АгроСпецАнгар»

Реверсивный ленточный конвейер. Оставшиеся после выбора ценных составляющих отходы методом перегрузки поступают на реверсированный конвейер, а потом в

открытый контейнер-мультилифт, который находится под конвейерной лентой с правой и с левой стороны реверсированного конвейера. Подача сырья производится в левую либо в правую сторону, что делает работу комплекса безостановочной [5].

Конвейер, подающий пригодные фракции в автоматический пресс. Отобранные пригодные фракции ТБО по мере накопления подвозятся к конвейерной ленте, после чего производится сброс пригодных фракций на конвейерную ленту с дальнейшей подачей их в пресс.

Автоматический пресс используется для прессования вторичного сырья, которое образуется непрерывно небольшими числами, т. е. требуется накопления отходов для прессовки его в тюк. Прессовка необходима для того, чтобы перевозить и продавать вторичное сырье [2].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Подводя итоги, необходимо сказать, что в современном мире количество производимого человеком мусора неизбежно растёт, но используя современное оборудование в мусороперерабатывающей промышленности можно значительно снизить количество закопанного на полигонах мусора.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Мусороперерабатывающий завод: принципы работы предприятий по переработке отходов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://promusor.info/pererabotka/funkczii-musoropererabatyvayushhego-zavoda/>
2. Мусоросортировочные комплексы – Компания «ПАСТЕР-ХОЛДИНГ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://phold.ru/stations>
3. Алтеева, Н.К. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТБО / Н.К. Алтеева // Central Asian Economic Review. – 2010. – № 6. – С. 127-130. – ISSN 2224-5561. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/306434> (дата обращения: 27.03.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 1.
4. Павленков, М.Н. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СФЕРЫ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ / М.Н. Павленков, П.М. Воронин // Вестник КемГУ. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 130-139. – ISSN 2500-3372. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/309137> (дата обращения: 27.03.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 6.
5. Мусоросортировочный комплекс на 400000 тонн отходов в год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://netmus.ru/katalog-tipovyh-resheniy/musorosortirovochnye-kompleksy/msk-400000/>
6. ООО АгроСпецГрупп производитель картофелеуборочной техники. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroangar.ru/>

### **Исследование факторов, которые влияют на качество фотограмметрии при техническом диагностировании грузоподъемных машин**

*Мазурин П.А., студент 3 курса, группы АЭМ-311 ФГАОУ ВО РУТ(МИИТ) АВТ  
Натальин М.А., студент 3 курса, группы АЭМ-311 ФГАОУ ВО РУТ(МИИТ) АВТ  
Ширшина Е.А., студентка 2 курса, группы АТС-241 ФГАОУ ВО РУТ(МИИТ) АВТ  
Научный руководитель - Ганишкевич А.Ю., доцент кафедры «Водные пути, порты и портовое оборудование», кандидат технических наук, доцент*

## **АННОТАЦИЯ**

Приведенная статья посвящена вопросом применения фотограмметрии при оценке технического состояния металлоконструкции перегрузочного оборудования портов и грузовых терминалов. Одним из ключевых вопросов при проведении измерений является точность оценки значений геометрических параметров. На эту точность может оказывать влияние большое количество факторов, начиная от индивидуальных особенностей оператора и заканчивая состоянием поверхности исследуемого объекта. В статье приведено описание программы эксперимента по выявлению влияния на точность измерения различных факторов.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время активно развиваются методы построения 3D-моделей по фотографиям, одна из таких называется технология фотограмметрия, которая активно используется не только в индустрии кино и разработки компьютерных игр, а также в строительной отрасли. На нашей кафедре разрабатываются методы контроля технического состояния различной грузоподъемной техники [1]. По результатам использования фотограмметрии уже можно сказать о возможности контроля, не только визуального, но и измерительного, отдельных элементов конструкции грузоподъемных машин[2]. Но на точность построения модели, может повлиять множество факторов: освещение, различные технические характеристики фотокамеры и др. Для определения точности построения объектов необходимо провести комплекс исследований, о влиянии различных факторов на точность измерения с помощью фотограмметрии.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В качестве факторов, которые могут повлиять на результат фотограмметрии были выбраны: 1) технические характеристики фотокамеры; 2) влияние освещения; 3) состояние поверхности объекта; 4) цвет объекта; 5) человеческий фактор; 6) расстояние между объектом и фотокамерой; 7) фон; 8) Режим обработки в предварительных настройках ПО программы.

Испытание будет проводиться на простейшем объекте-прямоугольном параллелепипеде.

В настоящий момент разработана программа испытаний:

1. Произвести фотосъемку одного и того же объекта на разные устройства, но с одинаковыми внешними условиями. Сравнение результата. Таким образом анализируем, могут ли аппаратные факторы повлиять на финальный результат.

2. Произвести фотосъемку одного и того же объекта на одно устройства, с одинаковыми внешними условиями, но съемка должна производиться разными людьми. Сравнение результата. Таким образом анализируем, может ли человеческий фактор повлиять на финальный результат.

3. Произвести фотосъемку одного и того же объекта на устройства с разной ОС, но с одинаковыми внешними условиями. Сравнение результата. Таким образом анализируем, могут ли обработка фото встроенная в ОС повлиять на финальный результат.

4. Произвести фотосъемку одного и того же объекта на различные устройства, внутри помещения, но съемка должна производиться разными людьми. Сравнение результата. Таким образом анализируем, может ли освещение повлиять на финальный результат.

5. Произвести фотосъемку одного и того же объекта на различные устройства, на различном расстоянии, но съемка должна производиться одним и тем же человеком. Сравнение результата. Таким образом анализируем, может ли освещение повлиять на финальный результат.

6. Перекрасить объект в белый, и черный цвета (глянец или матовый) и произвести фотосъемку на одно устройство и сравнить финальный результат

Оцифровка результатов измерений, построение пространственных сетей и их экспорт

для дальнейшей обработки проводился с применением программы 3DF Zephyr.

Алгоритм оценки точности измерений:

- 1) Произвести оцифровку фотографий в модель в программе 3DF Zephyr;
- 2) Произвести измерение длины объекта;
- 3) Произвести расчет масштаба по сравнению с реальным объектом (рис.1) и перестроить модель с полученным масштабом;
- 4) Произвести измерения ширины объекта с двух сторон, высоты объекта по 4-ем ребрам объекта. (рис.2)
- 5) Вычислить погрешность по формуле:  $\Delta L = \frac{|L_{\text{факт}} - L_{\text{пол}}|}{L_{\text{факт}}} \cdot 100\%$
- 6) Проанализировать и сравнить полученные результаты.



Рис 1. Размеры реального объекта ( $L_{\text{факт}}=47,5$  см)

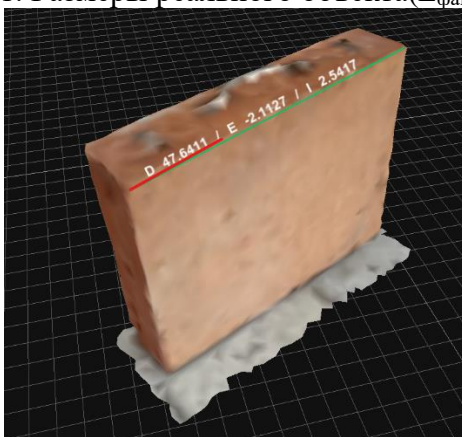


Рис. 2 Размеры полученного объекта ( $L_{\text{пол}}=47,6411$  см)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный эксперимент позволит более полно сформулировать требования к средствам фото- видеофиксации, условиям проведения измерений и к выбору и настройкам программного обеспечения для проведения фотограмметрии.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ганишкевич А.Ю., Туркин А.Г Перспективы использования портативных летательных аппаратов при техническом диагностировании грузоподъемных кранов. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции «Интерстроймех-2018»
2. A Yu Ganshkevich, N S Shikhov and N M Stoyantsov Estimation of deformations of metal structures of cranes based on photogrammetry // Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021) Journal of Physics: Conference Series 1926 (2021) 012061 IOP Publishing doi: 10.1088/1742-6596/1926/1/012061

## ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**Макин С.Г.** начальник цикла- старший преподаватель Военного учебного центра, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», Россия. email: serge.makin@yandex.ru

**Дудоров А.С.** преподаватель Военного учебного центра, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», Россия, email: [dudorowas@gmail.com](mailto:dudorowas@gmail.com)

## **Аннотация**

В настоящей статье автором выявлена специфика, для которой с целью эксплуатации складов применяют разнообразные виды подъёмно-транспортных аппаратов и конструкций. Выбор их находится в прямой зависимости от характеристик самого технического средства, а также единой ориентированности технологического оснащения базы. При этом высшую степень механизирования и автоматизирования пакгаузных работ, а следовательно, применение высокоэффективных механических средств рационально на больших складах со значительной складской площадью и стойким постоянным материальным потоком. Целью этой работы представляется исследование систематизации подъёмно-транспортного оснащения, его типов, а также порядка его эксплуатации, а кроме того осуществление анализа рынка подъёмно-транспортного оснащения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Большая часть грузов протекают посредством хранилища розничного продавца, прежде чем попасть на него. Продукты в базе регулярно возобновляются, поступившие товары получают, хранят и отправляют. Уже после складской процедуры продукты идут дальше по цепочке поставок. Складская работа разделяется на: перевозку продуктов из зоны погрузки транспорта в область погрузки; расстановку товаров на полках и стеллажах в месте погрузки; сортировку и транспортировку товаров к месту сбора; перевозку из места накопления в место доставки. Для этого используется подъёмно-транспортные и перегрузочные механизмы, которые различаются по своему назначению.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **1. Перегрузочные механизмы**

Перегрузочные механизмы предназначены для передвижения, поднятия и опускания тяжестей в различных плоскостях. К перегрузочным механизмам относят тали и подъёмники. К машинным подъёмным механизмам ручные тали и тельферы. Их различают по количеству перемещений. Одно перемещение (отвесное) – ручные тали, два перемещения (отвесное и прямолинейное) – тельферы. Тали используются как подъёмные навесные лебедки. Если они имеют устройство перемещения, то будут называться переносные тали, работающие на подвесных путях. Они имеют ручной, либо электропривод. Ручные тали выдерживают вес до 10 тонн [2].

### **2. Лифты и подъёмники**

Лифты применяются для подъёмно-транспортных операций в зданиях, имеющих множество этажей (ярусов) (склады, торговые центры, гостиницы и т. д.). Кабинка лифта перемещается жёстко в вертикальном направлении по стальным направляющим, которые находятся в шахте. Для безопасности перемещения лифта существуют несколько типов дверей: автоматические, полуавтоматические, ручные и комбинированные. Кабинка устроена таким образом, что она не может двигаться, если дверь не закрыта. Потому что имеются специальные замки. Лифты ограничены в скорости, также в них не допускается перевес. В этом случае лифт не поедет. Специальные ловители не позволят лифту упасть, если произойдет обрыв или ослабление канатов.

Подъёмники это, прежде всего, машины, которые предназначены для перемещения грузов в различных плоскостях (вертикальное и наклонное) на нужную высоту. Подъёмники, в отличие от лифтов, примитивны и просты в использовании. Есть несколько видов подъёмников, включая такие виды как наклонные виды с погрузочной площадкой, наклонные виды с саморазгружающимися ковшами, вертикальные непрерывного действия для погрузки сыпучих материалов и другие.

Наклонные или спиральные спуски используются в целях перемещения штучных грузов под собственным весом. Для рабочей плоскости и бортов используется металл, а также для изготовления спусков используется дерево. Мобильные подъёмные столы с ручным регулированием (рисунок 1) используются для загрузки и разгрузки различных грузов из грузовых автомобилей и товарных вагонов. Тактико-технические характеристики



подъемных столов различные, на данном рисунке представлен стол с грузоподъемностью - 320 кг, высота подъема груза до 1,4 м.



Рис. 1. Мобильный переносной стол

Подъемные столы просты и безопасны в использовании, экономичны, поэтому используются в самых различных отраслях для решения многих задач, в т. ч. с целью загрузки и разгрузки грузовых автомобилей, штабелирования различных материалов, а также как машинный подъемник или грузовой лифт.

При помощи подъемных столов можно существенно убыстрить и облегчить труд в различных отраслях. Подъемные столы в основном применяются в промышленности, складском хозяйстве и производстве. Тут они имеют все шансы прийти на смену множеству единиц оборудования, предназначенного для различных типов машинного подъема. Подъемные столы имеют возможность применяться как рабочие места для различных конвейеров, сборок, сварочных работ и так далее. – В тех местах, где есть необходимость корректировать высоту продуктов или товаров по отношению к сотрудникам. Подъемные столы применяются в тех моментах, когда сложно или неэкономично применять башенные краны, автоштабелеры, лифты или другой инвентарь.

В быту подъемные столы отыскали своё использование, поэтому они имеют спрос не только в промышленности. Как вариант применяют подъемные столы в свойстве лифта в гараже. Подъемные столы очень безобидны благодаря пневмогидроприводу, крепкой установке, створкам и подпоркам. Наличие рамы защищенности обеспечивает мгновенную приостановку подъемного стола при надобности. Также эти рамы исключают травматизацию людей. При обрыве гидрошлангов за работу берутся клапаны, которые не дают стремительно спуститься столу. При сервисе аппаратов нужны откидные упоры. Использование такого оснащения долговечно и надёжно. Подъемные столы экономны в применении, так как мощность электропривода очень мала. Столы склонны к работе в ту же минуту, не требуя долгой сборки и установки. Можно забыть про рампы и эстакады, регистрацию в Ростехнадзоре. Также доступны дополнительные устройства для стола (пандусы и другие) Это обеспечивает удобное применение при всевозможных загрузках и разгрузках. Фрахтовая площадка, подъемный механизм в виде рычага, гидроцилиндр, гидронасосы: всё это имеют подъемные гидравлические столы ножничного типа. Также они имеют системы управления и безопасности. Подъемный механизм имеет от 1 до 5 ножек.

Гидростанция может располагаться изнутри стола (компактная) или быть выносной (крупноразмерная). Электрический двигатель переменного тока 220 В или 380 В, именно его используют в гидростанции. Также можно применять электрический двигатель постоянного тока 24 В с питанием от батареи. В настоящее время применяются практически бесшумные гидронасосы. Подъемный стол управляется с помощью пульта. Для перемещения столы используется несложное ножничное управление. Управляется электрогидравлический



механизм с помощью педали. Работа производится одной ногой. Этот механизм прост и надёжен.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

К механизмам циклических операций относят различные подъёмно-транспортные и перегрузочные механизмы, в т. ч. грузоподъёмные краны, тали, тельферы, подъёмные платформы, лифты и др. Подъём и перемещение грузов – главная функция подъёмно-транспортных и перегрузочных механизмов [1].

Прогресс во многих отраслях индустрии привел к усовершенствованию различного машинного оборудования. Работа многих предприятий нуждается в автоматизировании процедур подъёма и перемещения грузов. В данный период времени автоматизирование работы на различных производствах облегчает труд людей. Грузоподъёмные машины, лифты, такелажные средства и многие другие машины используются в различных направлениях, имеют очень яркий спектр использования и работы. Главная задача таких машин – облегчение переноса, погрузки, выгрузки грузов. Прорыв в техническом обслуживании на производстве во многих случаях определяет уровень его развития [3].

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Подъёмно-транспортное оборудование [Электронный ресурс] : портал. – Электронные данные. – М., 2023. – Режим доступа: <https://obzone.su/referat/gruzyi-transportnoeoborudovanie/>
2. Подъёмно-транспортные машины [Электронный ресурс] : портал. – Электронные данные. – М., 2012. – Режим доступа: <https://www.freepapers.ru/104/podemno-transportnyemashiny/213223.1374113.list3.html>.
3. Конкин, М. Ю., Лапаев А.В., Гущин С.Н., Фомин А.Ю. Основы автоматизации интеллектуальных транспортных системы [Текст]: учебное пособие / М. Ю. Конкин, А. В. Лапаев, С. Н. Гущин, А. Ю. Фомин. – Вологда: ООО «Издательство «Инфра-Инженерия»», 2023. – 112 с.
4. Грузоподъёмные машины. Краны на автомобильном ходу [Электронный ресурс] : портал. – Электронные данные. – М., 2023. – Режим доступа: <http://bukvasha.com/referat/317061>.
5. Фомин, А. Ю. Выбор и обоснование методик обработки, оценка надёжности результатов экспериментов / А. Ю. Фомин, А. В. Лапаев, Э. Н. Халилов// Материалы международной научно-практической конференции «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития», посвященной 70-летию ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. – 2022, – Часть 2. С. 131-134.

## **ПЕРСПЕКТИВА ЗАМЕНЫ ГИДРОПРИВОДА В КОМПАКТНЫХ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**

*Макухин Д. С., студент 6 курса группы РК4 – 122 МГТУ имени Н. Э. Баумана  
Научный руководитель – Ромашко А. М., доцент каф. РК4, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

В самоходных стреловых кранах в качестве силового агрегата используется гидропривод. Однако, негативные свойства таких приводов не позволяют эксплуатировать краны на территории АЭС. Цель данной работы – практическое исследование возможной замены гидропривода механизма развешивания выносных опор в компактных самоходных стреловых кранах на электропривод.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Согласно ГОСТ 33709.1-2015 [1], кран самоходный стреловой – кран стрелового типа поворотный, у которого стрела или башенно–стреловое оборудование закреплены на поворотной платформе и который может перемещаться с грузом или без груза, не требуя специальных путей. Данным термином определяется «большая группа стреловых кранов, характеризующихся высокой транспортной маневренностью, независимым энергоснабжением и разнообразным рабочим оборудованием больших размеров» [2].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Компактные стреловые самоходные краны («мини-краны», «кран-пауки») выпускаются грузоподъемностью до 10 т, и отличаются, с одной стороны, малыми габаритными размерами в транспортном положении, с другой стороны, большим опорным контуром, который достигается путем разворачивания выносных опор. Такие опоры обеспечивают устойчивость крана в рабочем состоянии и могут разгружать раму шасси [3]. Для разворачивания и удержания крана на опорах обычно применяются гидравлические цилиндры, которые выступают не только как приводы механизма выдвижения опор, но и как элемент жесткой треугольной конструкции, воспринимающий большие нагрузки. Примеры таких кранов и их характеристики приведены в таблице 1.

Табл. 1. Примеры компактных самоходных кранов с указанием производителей

Производитель (страна)	Технические характеристики			
	Грузоподъемность (в тоннах)	Высота подъема (в метрах)	Габаритные размеры (транспортное положение) (в мм)	Размеры опорного контура (в мм)
MAEDA (Япония)	0.995÷8.0	5.5÷25.5	2160x600x1305÷5900x1670x2400	3400x3300÷6770x6520
THE JEKCO GROUP (Италия)	2.8÷8.0	10.4÷19.7	2950x730x1610÷5850x2050x2040	3861x3822÷4610x4610
HENAN SPT (КНР)	2.0÷10.0	6.6÷20.2	2500x650x1460÷6380x1780x2550	4220x3700÷7100x6850
HOEFLON (Нидерланды)	0.72÷9.0	5.7÷14.5	1718x1100x1360÷4120x1870x2000	отсутствует÷5080x5080
FURUKAWA UNIC (Япония)	0.995÷10.0	8.8÷21.9	2690x600x1375÷6060x2000x2460	3935x3885÷7065x6660

За счет малых транспортных габаритных размеров компактных стреловых самоходных кранов возможно реализовать их работу в закрытых помещениях и обеспечить проходимость в ограниченном пространстве. К примеру, кран HOEFLON C1e с базой площадью 1.87 м<sup>2</sup> может поместиться в грузовой лифт площадью 2.4 м<sup>2</sup> (рис. 1).

Область применения компактных стреловых самоходных кранов достаточно обширна. Они используются в строительном–монтажных работах (рис. 2). Такие краны выпускаются с дистанционным управлением для удобного размещения оператора.



Рис. 1. Кран HOEFLON C1e в лифте [4]



Рис. 2. Работа на строительной площадке [5]

Однако существуют потенциальные области применения кранов, в которых использование гидропривода не представляется возможным, к примеру, на АЭС. В процессе эксплуатации гидропривода вследствие износа трущихся поверхностей возможны утечки рабочей жидкости, что в условиях работы на АЭС является недопустимым. Кроме того, существует риск загрязнения рабочей жидкости гидропривода радиацией, что приводит к необходимости очистки/замены рабочей жидкости и росту эксплуатационных издержек. В работе исследована возможность замены гидропривода на электропривод.

Так как задача имеет практический характер, рассмотрены следующие пути замены:

1. Спроектировать совершенно новые крановые механизмы с электроприводом;
2. В существующем кране с минимальными изменениями заменить гидроцилиндры на линейные актуаторы с электродвигателем;
3. Промежуточный вариант: заменить гидродвигатель на электродвигатель и, при необходимости, сделать изменения.

Исследование проводилось на примере крана SPX1280 от компании THE JEKCO GROUP. Данный кран оснащен выносными опорами. На каждой опоре имеется два гидроцилиндра, горизонтальный и вертикальный. Анализ затруднялся тем, что доступная информация представлена в ограниченном количестве (отсутствует техническая документация, имеется только рекламная брошюра [6]), поэтому, необходимо провести теоретические расчеты для определения технических характеристик применяемых гидроцилиндров.

В частности, были определены усилия на гидроцилиндры. Далее, необходимо определить геометрические и скоростные параметры применяемого оборудования. Результаты приведены в таблице 2.

Ориентируясь на пару основных параметров (ход штока и толкающее усилие), подбираем соответствующие актуаторы. Поскольку размеры гидродвигателя поступательного перемещения, как правило, меньше размеров актуаторов соответствующей мощности, для сохранения основных размеров крана было принято решение уменьшить скорости работы тех механизмов, работу которых заменяют актуаторы. В таблице 2 представлены характеристики подобранных актуаторов.

Табл. 2. Технические характеристики гидроцилиндров

Параметр	Единица измерения	Горизонтальный гидроцилиндр	Вертикальный гидроцилиндр
Диаметр поршня	мм	100	40
Диаметр штока	мм	80	25
Ход штока	мм	500	100
Толкающее усилие	кН	157	25
Тянущее усилие	кН	57	15
Максимальное давление	МПа	20	20
Номинальное давление	МПа	16	16
Скорость рабочего хода	м/с	0.5	0.5

Табл. 3. Технические характеристики актуаторов [7]

Параметр	Единица измерения	Горизонтальный актуатор	Вертикальный актуатор
Ход штока (диапазон)	мм	200÷2000	100÷800
Толкающее усилие	кН	165	25
Скорость рабочего хода	мм/с	13	11
Мощность	кВт	7.5	0.75
Входное напряжение	В	380	380
Частота напряжения	Гц	50	50

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей работы проведены исследования путей возможной замены гидропривода механизма развешивания выносных опор в компактных самоходных стреловых кранах на линейный электропривод типа актуатор. По результатам проведенного исследования удалось подобрать актуатор со схожими геометрическими и силовыми характеристиками, что позволяет осуществить замену гидропривода на электропривод с минимальными изменениями в существующем кране. Однако, время разворачивания опор увеличилось, что незначительно сказывается на производительности работы крана, так как разворачивание опор составляет малую часть времени работы крана.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 33709.1-2015 Краны грузоподъемные. Словарь. Часть 1. Общие положения
2. *Вайнсон А. А.* Подъемно–транспортные машины: учебник. 4-е изд., испр. и доп., М.: Машиностроение, 1989. С. 258-259.
3. *Беккер Р.* Большая книга о самоходных кранах, Ридштадт, KM Verlags GmbH, 2009.
4. Рекламная брошюра HOEFLON C1e: сайт компании HOEFLON. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hoeflon.com/en/mini-cranes/hoeflon-c1> (дата обращения: 31.03.2023).
5. Презентация о компании ARLIFT: сайт компании ARLIFT. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arlift.ru/dokumenty/prezentatsii/> (дата обращения: 31.03.2023).
6. Рекламная брошюра THE JEKKO GROUP SPX1280CDH: сайт компании THE JEKKO GROUP. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jekko-cranes.com/en/products/mini-crane-spx1280/> (дата обращения: 31.03.2023).
7. Каталог актуаторов LIM – TEC: сайт компании ООО «Вексон» [WEXON]. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.wexon.ru/brands/lim\\_tec/](https://www.wexon.ru/brands/lim_tec/) (дата обращения: 31.03.2023).

## РАЗРАБОТКА ПЛАСТИНЧАТОГО КОНВЕЙЕРА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ РАЗГРУЗКИ

*Маркевич В.Н., студентка 5-го курса 40 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель - Шаранов Р.Р., профессор, д-р техн. наук*

### Аннотация

Представленная работа связана с разработкой пластинчатого конвейера с возможностью промежуточной разгрузки, что особенно актуально для транспортирующих систем со сложной логистической системой управления, а также в системах, где установка нескольких транспортирующих систем невозможна. Проведён анализ существующих и предлагаемых конструкций пластинчатых конвейеров, показаны их достоинства и недостатки. Предложена оригинальная конструкция пластинчатого конвейера с промежуточной разгрузкой и показана ее эффективность при применении в цеху дробления горных пород.

### ВВЕДЕНИЕ

Основным транспортным устройством в технологиях производства строительных материалах является пластинчатый конвейер. Он позволяет транспортировать крупнокусковые, острокромочные и горячие материалы. Они широко используются при подаче таких материалов в дробилки, мельницы и т.д. [1-3]. Однако они обладают существенным недостатком, таким как невозможность промежуточной разгрузки.

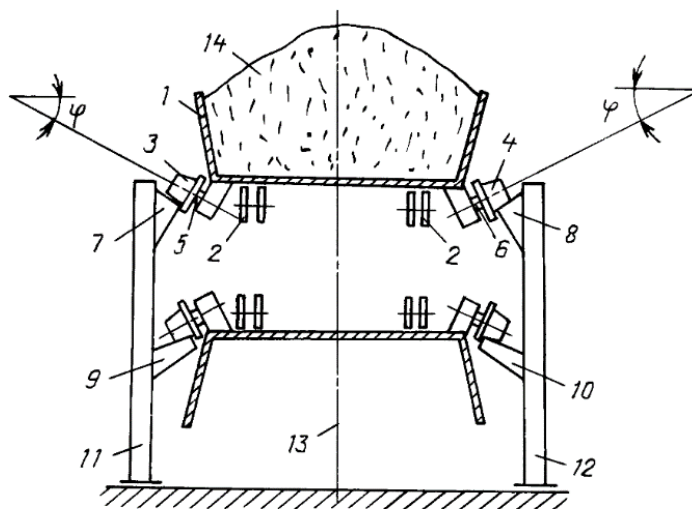
Таким образом, задача совершенствования конструкции пластинчатых питателей весьма актуальна.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для определения путей совершенствования пластинчатых конвейеров. Нами был произведен патентный поиск. Основные разработки принадлежат Тарасову Д.Ю. [3-6]/

Пластинчатый конвейер [4] (рис. 1.) имеет сложную конструкцию, увеличенную высоту става, большое число оснащенных подшипников вращающихся элементов и повышенную удельную металлоемкость. Ось каждого ходового катка и опорные поверхности направляющих для ходовых катков на грузонесущей ветви пластинчатой ленты расположены с подъемом в сторону от продольной оси конвейера, а опорные поверхности направляющих для ходовых катков на холостой ветви установлены с наклоном в противоположную сторону под таким же углом.

Недостатками является сложность конструкции, приводящая к снижению надежности особенно в условиях тяжелой эксплуатации и высоких нагрузках.



**Рис. 1.** Пластинчатый конвейер для криволинейных трасс

1 – настил; 2 - одноцепного или двухцепного тягового органа; 3,4 – ходовые катки; 5,6 – оси; 7,8 – направляющие грузонесущей ветви ленты; 9,10 - направляющие холостой ветви ленты; 11,12 – стойки; 13 – продольная ось конвейера; 14 – груз

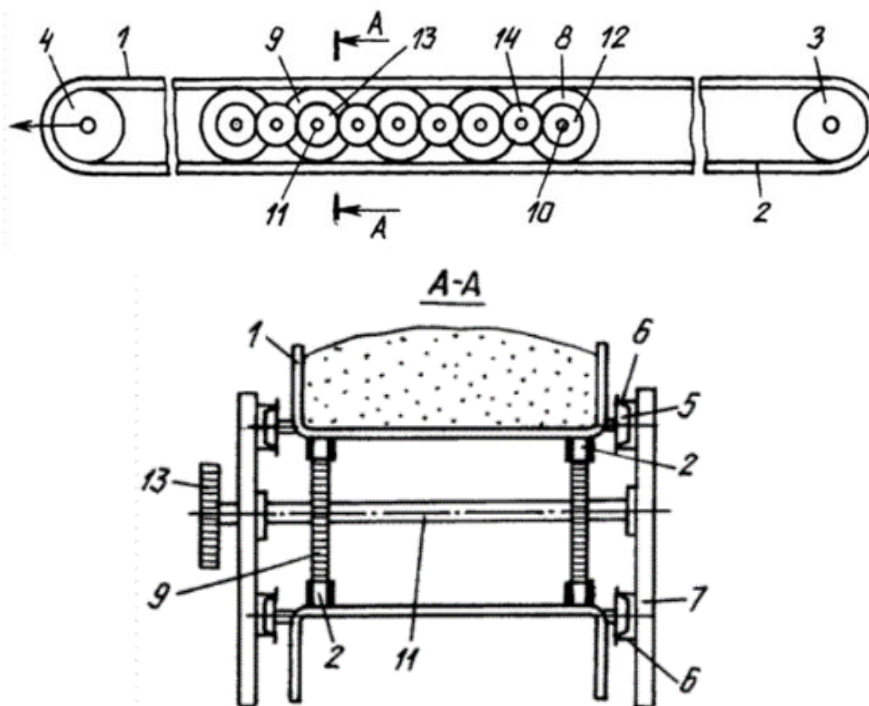
Во второй конструкция [5] решение достигается выполнением промежуточного привода в виде сдвоенной или одинарной приводной звездочки, кинематически связанной с размещенными вдоль продольной оси конвейера звездочками одинакового с приводной звездочкой диаметра с возможностью постоянного контакта зубьев приводной звездочки и кинематически связанных с ней звездочек с двумя или одной тяговой цепью пластинчатой ленты. Его недостатки заключаются в сложности конструкции, а также в необходимости синхронизации привода звездочек головного и промежуточных приводов.

Недостатки заключаются в сложности конструкции, удорожающая ее, а также большая масса. Все это не способствует повышению надежности конструкции.

В третьем предложенном варианте результат достигается за счет того, что в крутонаклонном пластинчатом конвейере на стойках закреплены поперечные преграды, в виде нормально направленных к основанию пластинчатой ленты плоских перегородок. Недостатками пластинчатого конвейера являются ограниченный угол наклона конвейера по причине расположенных наклонно стенок коробов, по этой же проблеме ограничена производительность конвейера из-за ограниченного использования объема несущего рабочего органа по его длине для распределения в нем транспортируемого материала.



Недостаток: представленная модернизация не решает проблему промежуточной разгрузки [7].



**Рис. 2.**Пластинчатый конвейер.

- 1 – пластинчатая лента; 2 – тяговая цепь; 3 – приводная звездочка; 4 – натяжная звездочка; 5 – ходовые катки; 6 – направляющие; 7 – стойки; 8 – приводные звездочки; 9 – зубчатое колесо; 10,11 – вал; 12,13 – зубчатые колеса; 14 – промежуточные зубчатые колеса

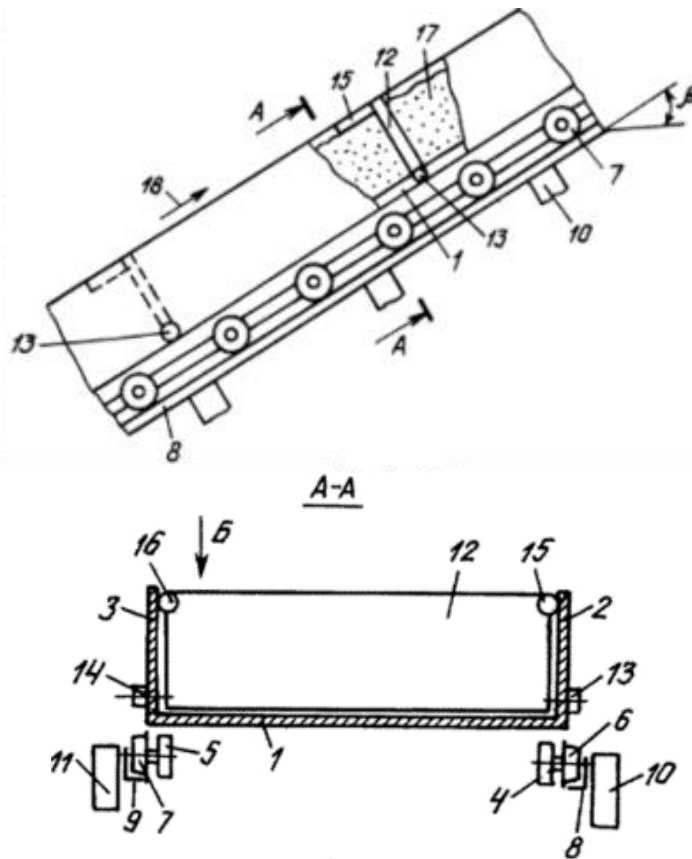
В третьем предложенном варианте результат достигается за счет того, что в крутонаклонном пластинчатом конвейере на стойках закреплены поперечные преграды, в виде нормально направленных к основанию пластинчатой ленты плоских перегородок. Недостатками пластинчатого конвейера являются ограниченный угол наклона конвейера по причине расположенных наклонно стенок коробов, по этой же проблеме ограничена производительность конвейера из-за ограниченного использования объема несущего рабочего органа по его длине для распределения в нем транспортируемого материала.

Недостаток: представленная модернизация не решает проблему промежуточной разгрузки [7].

Представленные выше варианты не решают озвученную проблему, поэтому нами предложена конструкция пластинчатого конвейера, позволяющая осуществлять частичную промежуточную разгрузку транспортируемого материала по разным точкам или объектам.

Суть предлагаемой разработки заключается в следующем:

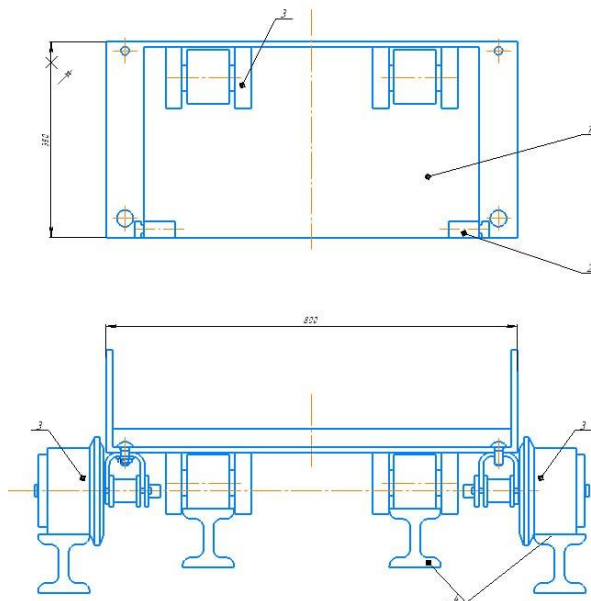
Исходный материал после дробилки первой стадии для дальнейшего измельчения направляется в дробилку второй стадии измельчения. Учитывая ее меньшие размеры, то и производительность ее меньше (производительность щековой дробилки ЩДП 12×15 равна 310 т/ч, а производительность конусной дробилки КСД 1750Т равна 100-190 т/ч). Чтобы материал попадал в одну дробилку у нас ящики выполнены чередующимися с откидным днищем 1 и без (рис. 4). Соответственно в одну дробилку попадает материал с открывающегося днища, а в другую с конца конвейера. Таким образом мы делим поток на две части. Открывается пластина за счет петель 2, соединяющих открывающееся днище с ящиком. Ходовые катки 3 цепей и днища перемещаются по своим направляющим 4.



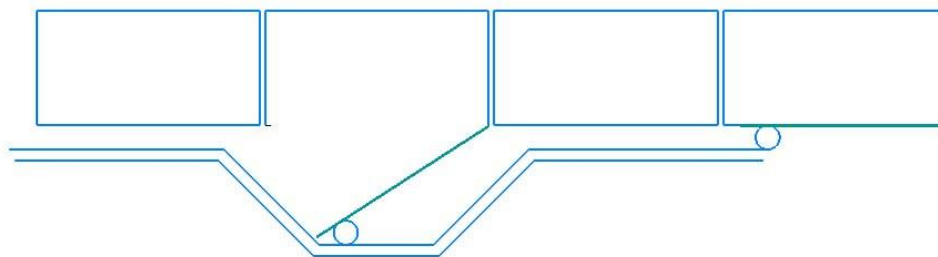
**Рис. 3.** Крутонаклонный пластинчатый конвейер

1 – настил; 2,3 – борта; 4,5 – тяговые цепи; 6,7 – ходовые катки; 8,9 – направляющие; 10,11 – стойки; 12 – плоские перегородки; 13,14 – шарниры; 15,16 – упоры; 17 – транспортируемый груз; 18 – направление транспортирования грузонесущей ветви конвейера

При этом направляющие катков днища вместе с разгрузкой имеют криволинейную траекторию для разгрузки материала (рис. 5). Таким образом можно обслуживать две дробилки одним типом конвейера. Благодаря такой форме направляющих, днище отклоняется на 45 градусов и ходовые катки перемещаются по направляющим. Из-за горизонтального участка днище не ударяется и перемещается плавно.



**Рис. 4.** Ящик с откидным днищем



**Рис. 5.** Направляющие для разгрузки.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приложенная конструкция пластинчатого питателя значительно упростила схему транспортных потоков в цеху дробления горных пород.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Богданов В.С., Семикопенко И.А., Шарапов Р.Р., Масловская А.Н.* Дезинтегратор. Патент на изобретение RU 2291745 С1, 20.01.2007. Заявка № 2006107482/03 от 10.03.2006.
2. *Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Азарков А.М.* К вопросу об разрушении материалов. *Механизация строительства*. 2017. Т. 78. № 11. С. 5-8.
3. *Шарапов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н.* Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие. Белгород, 2014.
4. *Тарасов Д.Ю.* Пластинчатый конвейер для криволинейных трасс. Патент на изобретение RU 2 488 540 С1, 27.07.2013. Заявка: 2012107122/11, 27.02.2012.
5. *Тарасов Д.Ю.* Пластинчатый конвейер. Патент на изобретение RU 2 494 030 С1, 27.09.2013. Заявка: 2012132343/11 от 27.07.2012
6. *Тарасов Д.Ю.* Крутонаклонный пластинчатый конвейер. Патент на изобретение RU 2 494 029 С1, 27.09.2013. Заявка: 2012123035/11, 04.06.2012.
7. *Харламов Е.В., Шарапов Р.Р., Степанов М.А.* Метод разделения железосодержащего минерального сырья. *Научное обозрение*. 2013. № 12. С. 99-101.

## **СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАЧИ**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ГРУЗА КРАНОВЫМИ ВЕСАМИ**

*Михалев А. В., студент 6 курса, группы РК4-122 МГТУ им. Н. Э. Баумана*  
*Научный руководитель – Иванов С.Д., доцент каф. РК4, к.т.н., доцент*

#### **Аннотация**

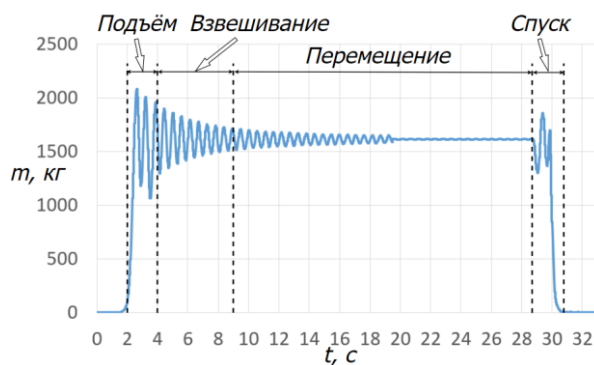
Исследование направлено на сравнение алгоритмов для весоизмерения на грузоподъемных кранах. Специфика задачи - длительный динамический процесс с одной главной гармоникой. На основе анализа литературы выбран скользящий фильтр для решения задачи. Сравнение алгоритмов, использующих фильтр скользящего среднего и непосредственное осреднение показало, что первый алгоритм позволяет снизить время весоизмерения в 4...9 раз. При этом повторяемость не зависит от алгоритма. Зависимость времени измерения от точности вычисления длины буфера определяет требование к аналого-цифровому преобразователю. Вывод: алгоритм с фильтром скользящего среднего подходит для весоизмерения груза в статических условиях (при выключенных механизмах).

#### **ВВЕДЕНИЕ**



Весы крановые (подвесные) предназначены для измерения массы груза при работе в технологическом цикле совместно с грузоподъемным краном общего назначения.

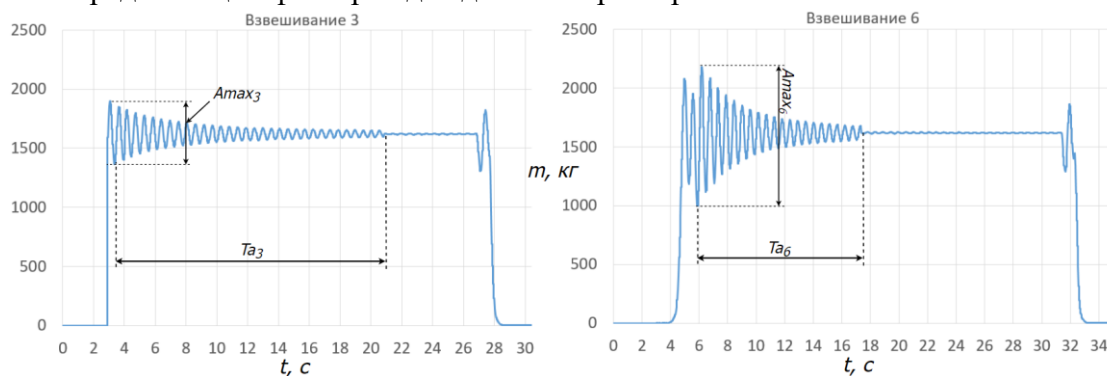
Крановые весы являются весами статического взвешивания. При применении статического взвешивания в технологический процесс крана должна быть встроена операция: остановка всех механизмов крана после отрыва груза на время, необходимое для взвешивания. Таким образом, время, в течение которого весы отобразят реальную массу груза в пределах класса точности, обработав и исключив влияние динамического процесса, является одной из ключевых эксплуатационных характеристик крановых весов, хотя это время нигде не нормировано.



**Рис. 2.** Цикл работы грузоподъемной машины, оснащенной крановыми весами, и вид динамического процесса при статическом взвешивании (по горизонтальной оси – время, с; по вертикальной – нагрузка, кг)

Производители крановых весов утверждают, что время определения массы груза не более 5 секунд [1 – 5]. Таким образом, как видно из рисунка 2, чтобы соответствовать уровню продукции, уже имеющейся на рынке, взвешивание необходимо проводить, пока динамический процесс еще не закончился.

Второй, но не менее важной характеристикой крановых весов является повторяемость – способность весов показывать близкие друг к другу результаты для одной и той же нагрузки, прикладываемой к грузоприемному устройству несколько раз практически одним и тем же способом при достаточно постоянных условиях испытаний. Динамический процесс отличается от взвешивания к взвешиванию даже при одинаковой массе груза и одинаковом расположении тележки и крана, что показали эксперименты, проведенные в данной работе (см. рис 2). Из этого следует, что алгоритм обработки выходного сигнала может являться одним из определяющих факторов для данной характеристики.



**Рис. 2.** Различия динамических процессов при взвешивании одного и того же груза массой 2 тонны при достаточно постоянных условиях испытаний.  $A_{max_i}$  – максимальная амплитуда динамического процесса в  $i$ -м подъеме;  $T_{5\%i}$  – время снижения амплитуда колебаний до порогового значения (5% от среднего) в  $i$ -м подъеме.

Таким образом, выбор и реализация алгоритма для обработки выходного сигнала с датчика нагрузки является одной из важнейших задач при разработке крановых весов.

В работах [6, 7] приведены положительные и отрицательные стороны применения различных фильтров для задачи взвешивания. В работах [8, 9] рассмотрена применимость различных алгоритмов для весоизмерительной системы грузоподъемного крана. Наилучшим оказался алгоритм осреднения с фильтром скользящего среднего.

Целью исследования является разработка алгоритма весоизмерения с использованием фильтра скользящего среднего и оценка его влияния на эксплуатационные характеристики крановых весов в сравнении с методом непосредственного осреднения.

Задачи исследования:

1. Провести натурные эксперименты взвешивания груза массой 2 тонны, с записью динамического процесса в механизме подъёма;
2. Провести обработку осциллограмм динамического процесса:
  - а. методом непосредственного осреднения;
  - б. алгоритмом осреднения с фильтром скользящего среднего.
3. Сравнить результаты алгоритмов обработки по времени сходимости и повторяемости;
4. Сделать выводы о выборе рационального алгоритма обработки сигнала крановых весов и разработать программу выбранного алгоритма.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В качестве экспериментальной установки использовали двухбалочный мостовой кран КМГ-201 (г/п 2т, пролет 16 м). Использован наборный груз общей массой 2000 кг. В исследовании используется только механическая часть крановых весов: омегаобразная скоба, тензометрический датчик – тензоось и крюк. Выходной аналоговый сигнал принимался платой сбора данных, включающей блок питания, усилитель сигнала с датчика, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), микроконтроллер, а также микросхемы, преобразующие выходной сигнал микроконтроллера в стандарт физического уровня RS-232. Для приёма и сохранения полученных данных на компьютере использовалось специализированное программное обеспечение. Методика проведения эксперимента заключалась в проведении 10 измерений. Запись начиналась до отрыва груза от основания, что позволяло записать динамический процесс при подъёме груза. По истечении 35 секунд после отрыва груза запись останавливалась.

Обработка входного сигнала алгоритмом скользящего среднего разделяется на несколько этапов:

1. определение начала подъёма груза;
2. определение длины буфера исходя из первых значений максимума и минимума;
3. определение средних значений буферов;
4. расчет среднеквадратичного отклонения среди средних значений буферов за последние два периода и его сравнение с заданной точностью;
5. когда среднеквадратичное отклонение входит в пределы точности, начинается счетчик, если следующее среднеквадратичное отклонение входит в точность, то счетчик прибавляется, если нет – обнуляется;
6. когда счетчик достигает 50, рассчитывается среднее значение массы за эти 50 измерений и оно принимается соответствующим действительной массе груза.

Алгоритм непосредственного осреднения не включает в себя пункты 2-4. Вместо них считается среднеквадратичное отклонение за два периода.

В таблице 1 приведены результаты определения массы груза с применением описанных алгоритмов скользящего среднего и непосредственного осреднения в серии из 10 подъемов груза массой 2 т. Для каждого измерения представлено время, за которое среднеквадратичное отклонение сошло до значения допустимой ошибки.

**Табл. 1.** Результаты обработки экспериментальных данных. Масса<sup>1</sup> – масса, определённая скользящим средним; Масса<sup>2</sup> – масса, определённая обычным осреднением.

№ взвешивания	Масса <sup>1</sup> , кг	Время определения массы груза, с	Масса <sup>2</sup> , кг	Время определения массы груза, с
1	2005	5,08	2004	27,4
2	1997	6,04	1998	29,7
3	2002	5,36	2002	26,9
4	2003	0,98	2002	9,3
5	1998	0,98	1999	7,8
6	2001	12,7	–	более 35
7	1993	0,98	1993	11,2
8	2003	0,98	2001	8,5
9	1999	6,06	1999	23,8
10	2002	0,98	2003	9,4

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведено сравнение алгоритмов весоизмерения: непосредственного осреднения и скользящего среднего. Установлено, что вне зависимости от алгоритма обработки измерения сходятся к одинаковым значениям с погрешностью 2 кг (удовлетворяет 3 классу точности). Эти же результаты определяют вывод о том, что разброс измерений в пределах серии подъемов определяется механической частью весов, а не электронной или алгоритмической.

Наибольшее отличие сравниваемых алгоритмов показано для эксплуатационной характеристики, не нормируемой существующими стандартами, но имеющей большое значение при использовании – времени измерения. За счет предварительного сглаживания гармоника колебаний наибольшей частоты, соответствующей продольным колебаниям каната, удалось снизить время измерения в 4...9 раз. Время измерения при использовании алгоритма скользящего среднего составило от 1,0 до 6,1 с. Такой разброс времени измерения объясняется различными условиями при отрыве груза от основания и фазы отключения двигателя, что определяет различную начальную амплитуду колебаний.

Таким образом, удалось показать пригодность алгоритма скользящего среднего для задачи вычисления массы груза в условиях статического взвешивания, а также его преимущество над алгоритмом непосредственного осреднения.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крановые весы ВЭК/8-5000. URL: [www.smartves.ru/catalog/kranovye-vesy-5-tonn/promyshlennye-kranovye-vesy-vek-3-5000-udaroprochnye-do-5-tonn/](http://www.smartves.ru/catalog/kranovye-vesy-5-tonn/promyshlennye-kranovye-vesy-vek-3-5000-udaroprochnye-do-5-tonn/) (Дата обращения 10.01.2023).

2. Крановые весы ВЭК/3-5000 с дублированием. URL: <https://www.smartves.ru/catalog/kranovye-vesy-5-tonn/promyshlennye-kranovye-vesy-vek-7-5000-s-dublirovaniem-do-5-tonn/> (Дата обращения 10.01.2023).

3. Крановые весы КВ-И (S) с функцией отображения данных на смартфоне. URL: <https://uralves.ru/catalog/crane-weighter/crane-scales-c%20bluetooth> (Дата обращения 10.01.2023).

4. Крановые весы ВЭК/5-5000. URL: <https://www.smartves.ru/catalog/kranovye-vesy-5-tonn/promyshlennye-kranovye-vesy-vek-5-5000-do-5-tonn/> (Дата обращения 10.01.2023).
5. Crane Scale PCE-DDM 5WI-ICA Incl. ISO Calibration. URL: <https://www.pce-instruments.com/english/weighing-equipment/scales-and-balances/> (Дата обращения 10.01.2023).
6. Fang Liang, Ou Qingli, “Design of Weighing System Based on Improved Moving Average Filter Algorithm,” Journal of Artificial Intelligence Practice (2021) Vol. 4: 74-77 Clausius Scientific Press, Canada.
7. Kweon SJ, Shin SH, YooHJ. High-Order Temporal Moving-Average Filter Using a Multi-Transconductance Amplifier. Electronics Letters, 2012, 48(15):961-962.
8. Ivanov, S. D. Selection of a rational algorithm for data processing of the weight measuring system of a hoisting crane / S. D. D. Ivanov, A. N. Nazarov, N. L. Mikhalchik // Journal of Physics: Conference Series, Belgorod, March 09-10, 2021. Vol. 1926. - Belgorod: IOP Publishing Ltd. - P. 012047. - DOI 10.1088/1742-6596/1926/1/012047. - EDN JIUUGG.
9. Михалев А.В., Назаров А.Н. Применение алгоритма скользящего среднего для задачи определения массы груза. Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. 2023;(2):44 - 57.

## **РАЗРАБОТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ МОДУЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ДИРИЖАБЕЛЬНОГО**

*Михаль М.С., 5 курс, ИИЭСМ5-40*

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

### **Аннотация**

В данной статье был рассмотрен вопрос выбора конструкции модуля строительного дирижабельного (МСД), который был произведён из ряда вариантов конструкций, выявленных в процессе дипломного проектирования. Выбор осуществлялся по позитивным и негативным признакам, соответствующих каждому рассмотренному варианту. Перечисленные виды конструкций были призваны решить одну из главных задач МСД – уравновесить опрокидывающий момент, возникающий от стрелы и перемещаемого груза. Выбор оптимальной конструкции МСД позволит конкретизировать его принципиальное строение и приступить к расчётам его основных узлов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Развитие строительной техники влияет на развитие всей строительной отрасли. Создание новых строительных машин способно расширить область строительства до пределов, где ранее человек не мог осуществлять свою деятельность. Одной из таких новых строительных машин может стать управляемый летательный аппарат (ЛА) легче воздуха, с прикрепленным специальным модулем [1], способным осуществлять перемещение грузов в пределах строительной площадки. Модуль строительный дирижабельный (МСД) должен обеспечить выполнение строительно-монтажных работ (СМР) так, чтобы на ЛА не действовало никаких опрокидывающих моментов, связанных с этими работами.

В этой связи представляется целесообразным рассмотреть и систематизировать возможные конструкционные решения МСД, выявить их сильные и слабые стороны, и выбрать из них оптимальный вариант.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Принципиальная конструкция МСД состоит из следующих элементов: башни (рис. 1, 1), контргрузной консоли, стрелы (рис.1, 2) и якоря (рис. 1, 5). Башня служит для крепления МСД к дирижаблю сверху, и крепления контргрузной консоли и стрелы – снизу. Якорь необходим для создания избыточной подъёмной силы при перемещении груза по стреле. Функции контргрузной консоли и стрелы аналогичны их функциям на башенных кранах. Различные варианты конструкции МСД представлены на рис. 1.

Вариант №1 – МСД с контргрузным канатом (рис. 1, а) включает в себя трос (рис. 1, 3), располагающийся между контргрузной консолью (рис. 1, 4) и якорем. Выявленные недостатки:

- в процессе перемещения груза по стреле начинается смещение всего дирижабля от начального состояния в сторону движения груза. Трос, располагающийся по центру, отклоняется от исходного состояния на угол к горизонту. Это возникает из-за изменения грузового момента, соответствующего ему изменения момента силы натяжения контргрузного троса, и, как следствие этого – изменения горизонтальной проекции этой силы. При повороте стрелы трос, располагающийся по центру, описывает конус;
- из-за наличия троса между контргрузной консолью и якорем, возникает область крана в виде перевернутого конуса или (при рабочем секторе стрелы менее  $360^\circ$ ) его части, которая исключена из строительства.

Преимуществами такой конструкции являются менее длинная контргрузная консоль и отсутствие контргруза и его привода.

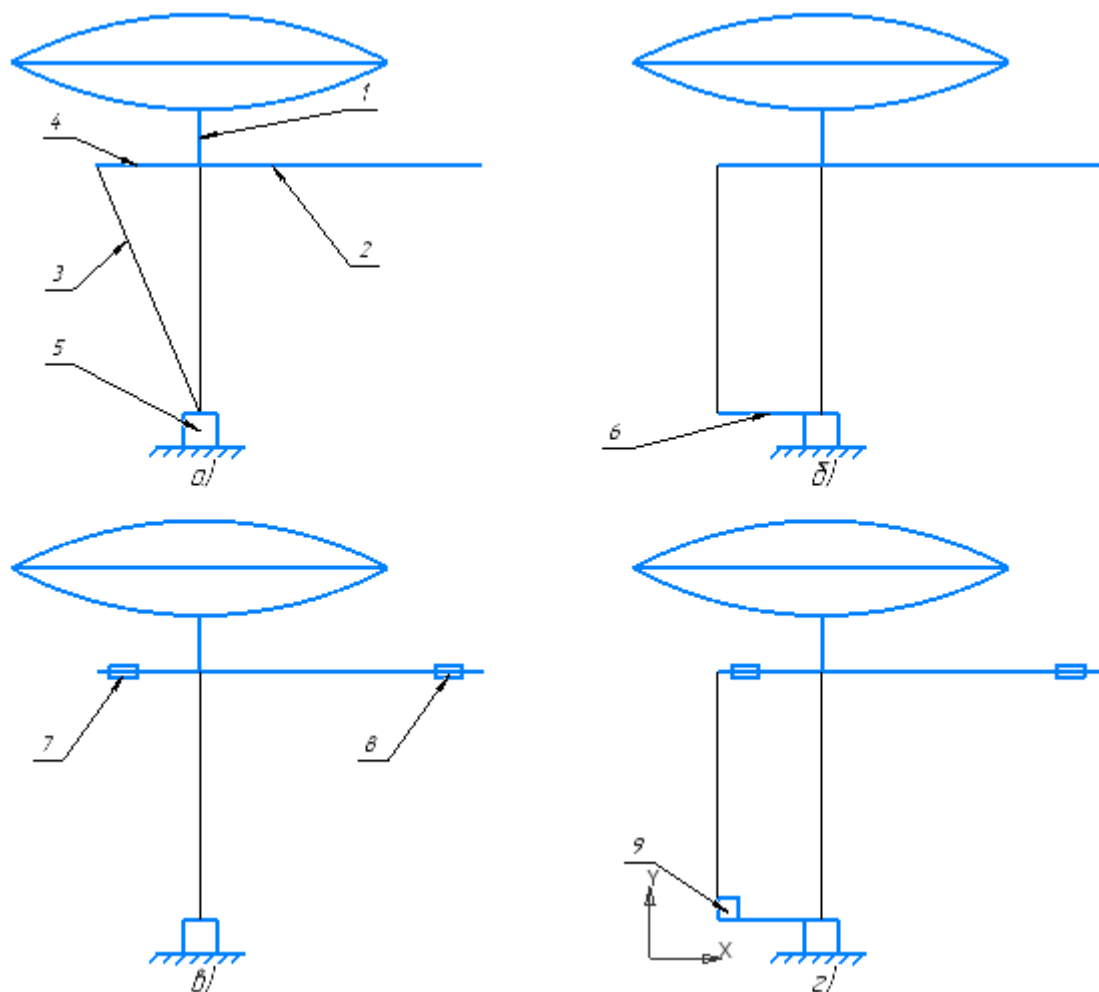


Рис. 1. Различные варианты конструкции МСД

- а – вариант №1; б – вариант №2; в – вариант №3; г – вариант №4  
 (1 – башня; 2 – стрела; 3 – контргрузный канат; 4 – контргрузная консоль; 5 – якорь;  
 6 – бушприт; 7 – контргрузная тележка; 8 – перемещаемый груз; 9 – балласт)

Вариант №2 – МСД с бушпритом (рис. 1, б) состоит из бушприта (рис. 1, 6), соединённого с якорем шарнирно, от которого вертикально вверх идёт трос до контргрузной консоли. Выявленные недостатки:

- бушприт подвергается воздействию стремящегося опрокинуть его момента, ликвидировать которое можно только жёстко закрепив якорь к грунту (например, сваями). Однако эти действия усложнят установку якоря на грунте;

- для транспортирования МСД бушприт понадобится поворачивать относительно шарнирной точки крепления вверх, из-за чего для этого потребуется специальный привод;

- из-за наличия троса между контргрузной консолью и бушпритом, возникает область крана в виде цилиндра или (при рабочем секторе стрелы менее  $360^\circ$ ) его части, которая исключена из строительства.

Преимуществом данной конструкции МСД является отсутствие движения дирижабля при перемещении груза.

Вариант №3 – МСД с подвижным контргрузом (рис. 1, в) состоит из тележки (рис. 1, 7), автоматически перемещающей контргруз вдоль контргрузной консоли так, чтобы полностью ликвидировать воздействие момента, возникающего из-за груза (рис. 1, 8) и стремящегося опрокинуть ЛА. Контргрузная тележка получает сигнал на начало движения от датчика типа «уровень». Выявленные недостатки:

- после завершения перемещения груза вдоль стрелы конструкция приходит в состояние покоя методом затухающих колебаний.

Преимущества этой конструкции являются отсутствие контргрузного каната и бушприта, а также их приводов.

Вариант №4 – МСД с подвижным контргрузом, бушпритом и балластом (рис. 1, г) состоит из способного перемещаться вдоль контргрузной консоли или бушприта контргруза и балласта (рис. 1, 9), располагающегося на бушприте. Такая конфигурация балласта и контргруза позволяет уравнивать стрелу – балластом, и груз – подвижным контргрузом. Выявленные недостатки:

- из-за наличия троса между контргрузной консолью и бушпритом, возникает область крана в виде цилиндра или (при рабочем секторе стрелы менее  $360^\circ$ ) его части, которая исключена из строительства;

- для транспортирования МСД бушприт понадобится поворачивать относительно шарнирной точки крепления вверх, из-за чего для этого потребуется специальный привод.

Преимуществом конструкции варианта №4 является возможность использования менее мощных свай.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проанализировав преимущества и недостатки всех вариантов, было принято решение избрать для дальнейшего расчёта вариант конструкции №3. Отсутствие контргрузного троса, бушприта и их приводов позволяет уменьшить общую нагрузку на дирижабль, тем самым сократив требуемый объём рабочего газа. Так как в строительной отрасли уже существуют системы, способные осуществить перемещение контргруза по контргрузной консоли [2], вопрос использования конструкции варианта №3 упирается в проектирование системы, которая позволила бы точно посылать сигналы на начало или конец движения контргрузной тележки.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Михаль М.С. Использование дирижаблей в качестве грузоподъёмной машины / Дни студенческой науки [Электронный ресурс]: сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации (г. Москва, 28 февраля – 4 марта 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт инженерно-экологического строительства и механизации. – Электрон. дан. и прогр. (13 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. – URL: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskayadeyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>.

2. Противовес и балласт башенных кранов. URL: <https://www.glavarendakran.com/stati/protivoves-i-ballast+-bashennykh-kranov/> (дата обращения 08.04.2023)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАМЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

*Морозов М.А., студент 5 курса 40 группы НИУ МГСУ*

*Научный руководитель – Густов Д.Ю., зав. каф. МиАС, к.т.н., доцент*

### Аннотация

В нынешних условиях быстрого изменения исходных данных, проектировщикам все труднее к ним адаптироваться. Для этого они используют методы информационного моделирования, которые позволяют быстро менять конструкцию, материалы и исходные данные для расчета. Одной из таких программ является «Компас» производства российской компании «Аскон», который позволяет проводить прочностные расчеты деталей. Для проектирования рамы и статического расчета фронтального погрузчика на колесах Илона, позволяющих машине перемещаться во всех направлениях, не поворачивая колесами, воспользуемся данной программой.

### ВВЕДЕНИЕ

Проектирование с помощью современных методов проектирования является рабочим методом среди всех проектировщиков – от проектировщиков ручного механизированного инструмента до конструкторов новых лифтов, а также строительных машин и оборудования. В том числе фронтальных погрузчиков. Благодаря таким методам, расчеты, проведенные одним проектировщиком, могут моментально быть переданы другим людям, для оценки и улучшения конструкции.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходными данными для проектирования является существующий фронтальный погрузчик Кировец К702 [1]. С помощью САПР «Компас» была спроектирована рама, а также приложены необходимые нагрузки: вес машины, вес от мотор-редукторов каждого колеса, вес от аккумуляторных батарей. Расчет

Для нахождения двигателя нужно преодолеть силу  $F_{\Sigma}/4$  [2], приходящееся на одно колесо:

$$F_{\text{оном}} = \frac{F_{\Sigma}}{4} = \frac{51}{4} = 12,75 \text{ кН}, \quad (1)$$

где  $F_{\Sigma}$  – суммарная сила сопротивления движению.

Соответственно, момент необходимый для достижения этой силы:

$$T = F_{\text{оном}} * r * \cos\beta = 12,75 * 0,8 * \cos 45 = 7,2 \text{ кНм}, \quad (2)$$

где  $r$  – радиус колеса,  $\beta$  – угол между осью и роликом колеса.

Машина при движении под нагрузкой будет двигаться со скоростью  $V_p = 8$  км/ч. Частота вращения колеса в таком случае будет равна:

$$n = \frac{1000 * V_p}{60 * \pi * 2 * r} = \frac{1000 * 8}{60 * \pi * 2 * 0,8} = 26,5 \text{ об/мин}, \quad (3)$$

Из этого необходимая мощность двигателя:

$$N = T * \frac{\pi * n}{30} = 7,2 * \frac{\pi * 26,5}{30} = 20 \text{ кВт}. \quad (4)$$

Под эту мощность и частоту вращения подбираем двухступенчатый планетарный мотор-редуктор SPN11 L2 PZ [3], с номинальным моментом вращения на выходном валу

$T=19700$  Нм, и частотой вращения  $n=1500$  об/мин, с передаточным числом  $i=38,8$ , массой 500 кг.

Масса двух батарейных отсеков в задней и средней части машины 5 и 4 тонны соответственно. Масса на переднюю часть рамы от навесного рабочего оборудования соответствует номинальной грузоподъемности машины, она составляет 6 тонн.

Табл. 1. Компоненты рамы в первом расчетном случае

Название	Параметры	Материал
Профиль ГОСТ 30245-2003	260x130x12	C275 ГОСТ 27772
Швеллер ГОСТ 8240-97	26Ca	C275 ГОСТ 27772

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по пределу прочности	SVM	8.142944	10

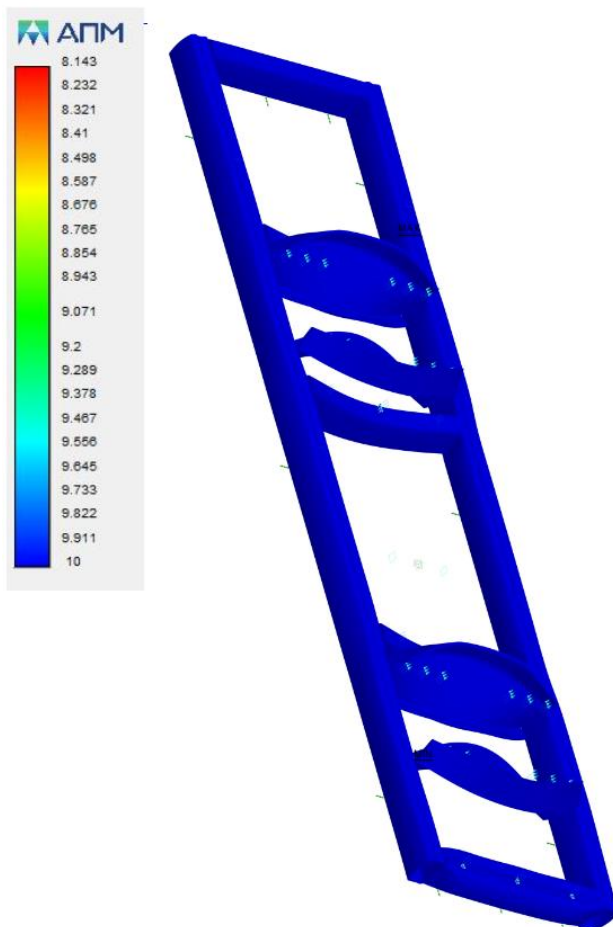


Рис. 1 Результаты компьютерного моделирования рамы фронтального погрузчика

Как видно по результатам расчета, толщину листов металлоконструкции можно уменьшить. Мы уменьшим толщину профиля с 12 мм до 7 мм.

Табл. 2. Компоненты рамы во втором расчетном случае

Название	Параметры	Материал
Профиль ГОСТ 30245-2003	260x130x7	C275 ГОСТ 27772
Швеллер ГОСТ 8240-97	26Ca	C275 ГОСТ 27772



Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по пределу прочности	SVM	8.396668	10

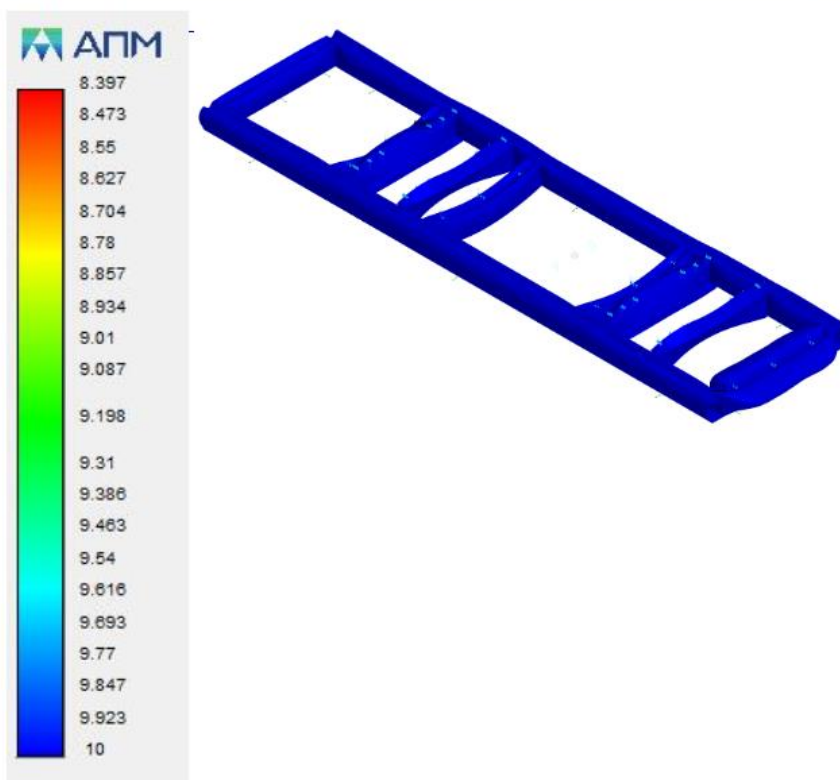


Рис. 2 Результаты компьютерного моделирования рамы фронтального погрузчика

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного проектирования можно сделать вывод, что конструкция оптимальна при толщине профиля в 7 мм, она легче и способна выдерживать те же нагрузки, что и при толщине профиля 12 мм.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт петербургского тракторного завода [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kirovets-ptz.com/catalog/stroitel'naya-tekhnika/snyaty-s-proizvodstva/kirovets-k-702mba-udm2/> свободный.
2. Строительные машины; Учебник / Волков Д.П., Крикун В. Я. Издание второе, перераб. И доп. 376 стр. с илл.
3. Сайт Техпривода [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://tehprivod.su/katalog/motor-reduktory/planetarnye-motor-reduktory/spn/spn11.html> свободный.

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОРТУ

*Нефедова А.С., студент 1 курса группы ТНК-171*

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

## Аннотация

В статье содержатся основные подходы к оценке риска перегрузочного процесса в порту, приведены основные влияющие на риск факторы, в том числе отступление от типовых технологических процессов, неверный выбор карт технологии перегрузки, состояние перегрузочного оборудования (неисправное, неработоспособное состояние); вид перегружаемого груза (специфический, опасный), состояние окружающей среды (а именно, направление и сила ветра, температура воздуха, осадки), а также приведено дерево отказов привода механизма подъема порталного крана, позволяющие оценить вероятность его безотказной работы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Риск аварии – это мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте.

Анализ риска или риск – анализ – это процесс идентификации опасностей и процесс оценки риска для отдельных лиц, групп населения, окружающей среды и других объектов рассмотрения. [4]

Учитывая разнообразные причины возникновения опасностей, выделяют риски: техногенные, экологические, экономические, социальные, профессиональные и другие.

В настоящее время для оценки риска введено понятие «приемлемого» (допустимого риска), основанного на следующей концепции. Конструкция считается безотказной, если её риск эксплуатации не превышает значений приемлемого риска.

Вопрос о том, какой риск считать приемлемым, носит технический и социальный характер.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В данном сообщении приводятся положение об анализе техногенного риска эксплуатации порта. Рассмотрение основано на изучении технического и экологического риска при выполнении перегрузочного процесса в порту. Риск аварии может возникнуть вследствие отказа перегрузочного оборудования при перегрузке насыпных и тарно-штучных грузов, вследствие нарушения перегрузочного процесса, при перегрузке опасных грузов, а также грузов с окисляющими, горючими, взрывоопасными, токсичными веществами. На величину техногенного риска порта влияет также состояние крановых путей и экологические факторы. [1]

Риск аварий может возникнуть вследствие отказа перегрузочного оборудования, вида перегружаемого груза, состояния крановых путей, воздействия окружающей среды, перегрузочного процесса и человека (рис.1).

В целом на величину риска аварии влияют такие факторы, как:

- виды, частота аварийных событий;
- площади зон воздействия негативных факторов опасных явлений;
- разрушение силовых элементов и узлов перегрузочной техники;
- нарушение правил эксплуатации;
- расположение людей относительно объектов опасностей;
- эффективность систем безотказности отказов. [1]

Количественно риск характеризуется совокупностью двух свойств:

- возможностью применения вреда;
- неопределённостью наступления опасного события.

Возможность аварийной ситуации определяется вероятностью безотказной работы или вероятностью отказа, т.е. риска наступления опасного события.

На рис.2 дано графическое представление влияния отказов на завершающие событие дерева отказов порталного крана, влияющих на техногенный риск при перегрузочных процессах в порту, вследствие нарушения работоспособности основных элементов привода порталного крана.

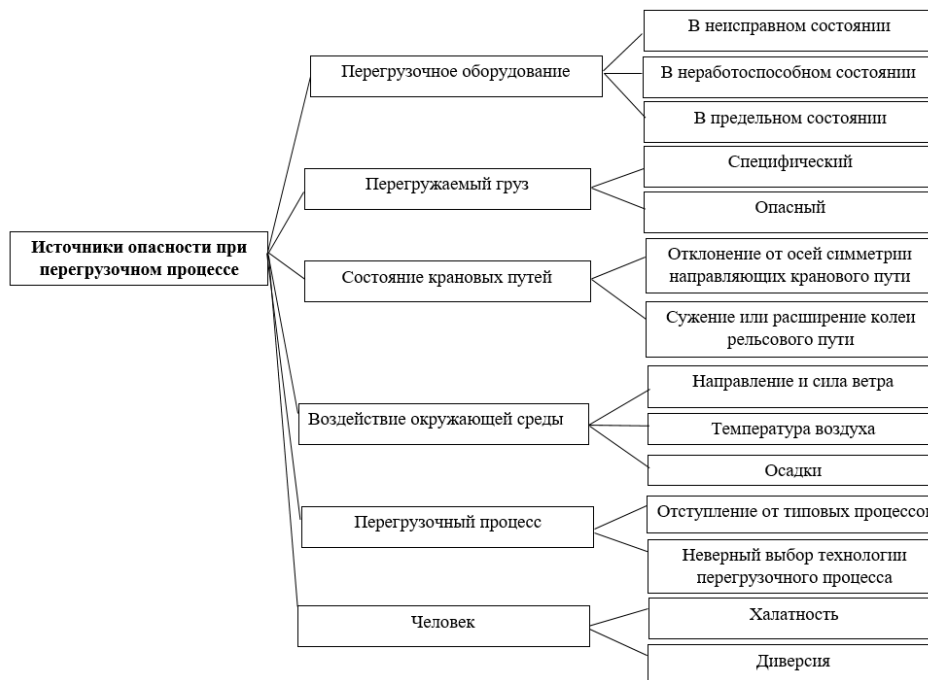


Рис.1. Структурная схема источников и факторов, влияющих на безопасность перегрузочного процесса

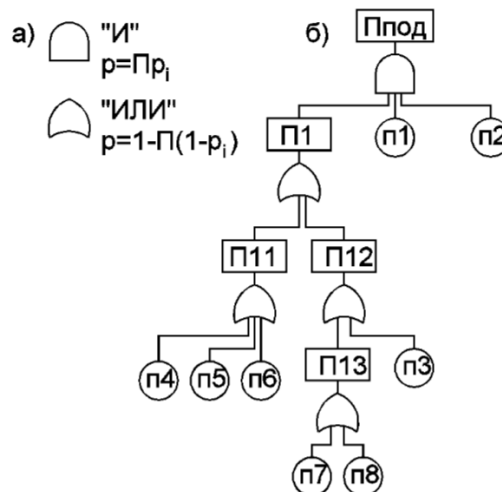


Рис.2. Дерево отказов привода механизма подъема:  
а – символы клапанов; б – дерево отказов

В качестве завершающего события принято падение грузозахватного устройства в зоне нахождения рабочих и транспортных средств, вследствие неконтролируемого опускания грузозахватного устройства.

Аварийная ситуация может произойти при одновременном возникновении событий по нахождению гружёного грузозахватного устройства над рабочей зоной (п1) и при отказе привода механизма (П1). Оба события соединены логическим оператором «И».

В свою очередь, отказ привода механизма (П1) может произойти, вследствие или отказа (обрыва) каната (п2), или отказа редуктора (П11), или отказа двигателя с тормозом (П12). Эти события соединены логическим оператором «ИЛИ». [3]

Отказ редуктора (П11) может быть вызван или отказом зубчатой передачи (п4), или вала (п5), или подшипника (п6). Отказ двигателя с тормозом (П12) произойдёт при или отказе муфты с тормозным шкивом (П13), или двигателя (п3). Отказ муфты (П13) может произойти при отказе или шпонки (п7), или пальца (п8). [3]

Очевидно, что для оценки риска эксплуатации объекта необходимо иметь значения риска по всем вышеуказанным событиям.

Величина риска каждого события рассчитывается на основании анализа статистических данных по отказам или расчётным путем на основании анализа распределений действующих на силовые элементы крана нагрузок и их предельных значений.

Риск, возникающий при перегрузочных процессах, связан не только с нарушением работоспособности перегрузочного оборудования, но и происходит вследствие несоблюдения технологии перегрузочного процесса особенно при перегрузке пожароопасных и взрывоопасных, токсичных, радиационных грузов. [2]

На рис.3 и рис.4 показаны результаты анализа аварийности при перегрузочных работах в зависимости от классификации источников происшествий по категориям сотрудников и в зависимости от вида операций перегрузочных процессов.



Рис.3. Классификация операций перегрузочного процесса по величине травматизма



Рис.4. Классификация источников происшествий по категориям сотрудников

К факторам, влияющим на промышленную безопасность порта относятся также, состояние крановых путей и причальных стенок, обуславливающие возрастание действующих нагрузок на силовые элементы металлоконструкции крана. [2]

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, в данной статье даны основные подходы к оценке техногенного риска перегрузочного процесса в порту, реализация которых предполагается в продолжение данной работы для повышения надёжности работы порта.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. ГОСТ 27.002-2015 «Надёжность в технике. Термины и определения»
2. *Новиков В.К.* Основы теории анализа опасностей и оценки риска аварий при перегрузочных процессах в порту: учебное пособие / Новиков В.К., Чепкасова Е.А. - Москва: РУТ (МИИТ), 2017г. - 172 с.
3. *Леонова О.В.* Надёжность механических систем: учебное пособие/ О.В. Леонова. – Москва: Альтаир-МГАВТ, 2015г.-180с.

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

*Петров И.Д., аспирант 2 курса 17 группы НИУ МГСУ АСП  
Научный руководитель – Степанов М.А., профессор каф. МС, к.т.н.*

### **Аннотация**

Подъемные машины повторно-кратковременного режима работы в различных конструктивных исполнениях находят широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. К числу наиболее распространенных разновидностей механизмов вертикального транспорта следует отнести лифты, применение которых в народном хозяйстве и на промышленных предприятиях приобретает все большее значение. Лифты предназначены для транспортировки пассажиров и грузов в производственных и административных зданиях. Современный лифт - это сложное электрическое устройство, работающее в полуавтоматическом режиме по установленной программе. В данной статье проблемы безопасности, связанные с программным обеспечением рассматриваться не будут.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время участились несчастные случаи в лифтах, связанные с недостаточно качественными проверками и обслуживанием лифтового оборудования. Безопасность эксплуатации лифтов является актуальной проблемой, о чем свидетельствуют данные об авариях и несчастных случаях, связанных с лифтами [1]. На данный момент установка лифтового оборудования на территории Российской Федерации регламентируется Решением комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 №824 «О принятии технического регламента Таможенного союза "Безопасность лифтов"». Так, при изготовлении они должны проходить испытания и обязательную сертификацию по ГОСТ 33984.2-2016 (EN 81-20:2014) [2], только после этого должен осуществляться их монтаж. Перед вводом лифта в эксплуатацию аккредитованная испытательная лаборатория обязана оценить соответствие смонтированного лифта требованиям ТР ТС 011/2011 [3] и ГОСТ Р 53782-2010 [4]. В дальнейшем в течение всего срока службы лифта, не реже одного раза в год, аккредитованная организация должна проводить оценку соответствия лифта в форме технического освидетельствования по ГОСТ Р 53783-2010 [5].

Периодическое техническое освидетельствование лифтового оборудования проводится в соответствии с руководством по эксплуатации лифта и нормативными документами [6], которые предусматривают проверку всех устройств безопасности, а именно: ловителей, буферов кабины и противовеса, ограничителя скорости и замков дверей шахты. Также проверяются все электрические контакты безопасности и многое другое.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Рассмотрим некоторые причины отказов узлов лифта.

Известно, что в большинстве случаев отказ электродвигателя лифтовой лебедки происходит по причине нарушения целостности изоляции его обмоток. Нарушение целостности изоляции, в свою очередь, вызывают естественное старение материала, а также повышенные температуры в узлах трения электродвигателя и на обмотках.

Интенсивно выделяют температуру изношенные узлы трения. Износ подшипников качения выражается сколами, трещинами, выкрашиванием рабочих поверхностей, а также разрушением сепаратора, биением, шумом, вибрацией и повышенными зазорами.

В редукторной лифтовой лебедке, наиболее ответственные детали – червяк и червячное колесо, выход из строя которых представляет собой наибольшую опасность для пассажиров. При чрезмерном износе существует вероятность разрушения зацепления с последующим неконтролируемым движением кабины по шахте.

При эксплуатации лифтов часто возникает неравномерность износа ручьев канатоведущего шкива, вызванного неисправностью подвески. Эта неравномерность возникает вследствие разности натяжения тяговых элементов, что так же влияет на износ самих тяговых элементов. При полном износе ручьев КВШ, в случае единичной неисправности привода лифта, может произойти подтягивание кабины лифта или противовеса под перекрытие шахты, что является опасностью для пассажиров.

Основным критерием, определяющим работоспособность тормоза лебедки лифта, является величина его тормозного момента. Если тормозной момент лифта в процессе эксплуатации становится недостаточным, то нарушается точность остановки кабины, что приводит к проходу ею крайних нормативных положений. Чрезмерный тормозной момент приводит к более резкому торможению кабины и ухудшению комфортности работы лифта. [7] В связи с этим, возникает ряд проблем:

- не во всех организациях, проводящих периодическое техническое освидетельствование, специалисты имеют щупы для измерения зазора между накладками и барабаном;
- некоторые владельцы лифтов не обращаются в аккредитованные лаборатории для проведения периодического технического освидетельствования, рассчитывая на обслуживающую организацию;
- на современных лебедках, установленных на лифтах без машинного помещения (в шахте), отсутствует доступ для проверки тормозных накладок.

Таким образом, вследствие вышеперечисленных факторов, на лифтах происходят аварии.

Предположительно, такие аварии происходят по причине того, что продукты износа тормозных накладок налипают на защитные кожухи, накапливаются, попадают под тормозные накладки, тем самым вызывая перекос тормозных накладок. Их перекос влечет за собой изменение пятна контакта накладки и барабана, вследствие чего тормозное усилие значительно уменьшается, и лебедка не может удержать кабину неподвижно на этаже. Также аварию может спровоцировать неисправность электромагнита тормозного устройства. Вследствие выхода его из строя, лифтовая лебедка перемещает кабину по шахте с наложенным тормозом, тем самым интенсивно изнашивая тормозные накладки и нагревая тормозной барабан. После истирания тормозных накладок лебедка не в состоянии удерживать кабину в неподвижном состоянии в зоне точной остановки для посадки/высадки пассажиров, что влечет за собой угрозу неконтролируемого движения кабины вверх при нахождении в проеме дверей пассажиров.

Новейшие безредукторные лебедки способны останавливать и удерживать кабину лифта в зоне точной остановки с помощью частотного регулирования главного привода. В связи с этим износ тормозных накладок сведен к минимуму, и срок их службы достигает срока службы лифта в 25 лет. Тем не менее, при выходе из строя электромагнита тормоза и истирания тормозных накладок, может произойти и отключение основного источника электропитания лифта. В таком случае кабина лифта окажется не зафиксированной и начнет неконтролируемое движение вверх.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Кроме того, в жилом фонде все еще значительную часть лифтового парка составляют лифты без частотного регулирования главного привода, с более интенсивным износом тормозных накладок. Поэтому введение в конструкцию лифта устройства контроля положения тормозных накладок значительно повысит безопасность пассажиров, т.к. такая мера позволит исключить риск аварии по причине некачественного обслуживания и проверки тормозного узла или выхода из строя электромагнита тормоза.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. tk-servis.ru news/161328211/ Анализ аварий на лифтах за 2020 год РОСТЕХНАДЗОРА

- 2.ГОСТ 33984.2-2016 (EN 81-20:2014). Лифты. Правила и методы исследований (испытаний) и измерений при сертификации. Правила отбора образцов [Текст]. – Введ. с 01.11.2018. – Москва: Изд-во стандартов, 2016.
- 3.ТР ТС 011/2011. Безопасность лифтов. [Текст]. – Изм. 19.11.2019. – Москва: Изд-во стандартов, 2011.
- 4.ГОСТ Р 53782-2010. Лифты. Правила и методы оценки соответствия лифтов при вводе в эксплуатацию [Текст]. – Введ. с 31.03.2010. – Москва: Изд-во стандартов, 2010.
- 5.ГОСТ Р 53783-2010. Лифты. Правила и методы оценки соответствия лифтов в период эксплуатации [Текст]. – Введ. с 14.10.2010. – Москва: Изд-во стандартов, 2010.
6. Постановление Правительства РФ № 743
- 7.Волков Д.П., Чутчиков П.И., Прокофьев А.К. Диагностирование узлов и подсистем лифтов. Стройиздат, 1981. 131с.

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН**

**Простаков Д.А.**, студент 2 курса, группы АМС – 271, ФГБОУ РУТ АВТ  
Научный руководитель – **Ганшкевич А.Ю.**, доцент кафедры «Водные пути, порты и портовое оборудование», к.т.н., доцент

### **Аннотация**

Данная статья посвящена описанию использования метода фотограмметрии в сочетании с программами для фильтрации и сглаживания(3DF ZYPER, AutoCAD и MathCAD) и программами позволяющими выполнить моделирование дефекта(Autodesk Inventor Professional) и расчеты, используя полученную модель(Autodesk Inventor Nastran). После чего, на основании сравнения результатов расчётов с допустимыми значениями принимается решение об условиях, сроках и возможности дальнейшей эксплуатации подъемного оборудования с дефектом механизма изменения вылета.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Фотограмметрия – это наука, изучающая способы определения пространственного положения, формы и размеров объектов по их фотографическим изображениям.

Фотограмметрия в данной статье рассматривается как один из элементов системы дистанционного контроля. С помощью фотограмметрии мы имеем возможность заниматься контролем различных труднодоступных элементов.

### **Современное состояние системы контроля**

Систему контроля условно можно поделить на две составляющие: производственный контроль порта и контроль со стороны экспертных организаций. К недостаткам производственного контроля со стороны порта можно отнести: недостаточную квалификацию сотрудников для работы с диагностическим оборудованием, отсутствие специального диагностического оборудования, отсутствие ПО для анализа результатов диагностики и расчетов и недостаточную квалификацию для выполнения сложных расчетов.

Главным недостатком контроля со стороны экспертных организаций является их нерегулярность.

### **Использование ДПЛА фотограмметрии и КЭ-анализа для устранения недостатков контроля**

Совмещение этих элементов позволяет проводить осмотр и осуществлять бесконтактное измерение деформации, выполнять подробное картирование замеров, производить расчёт напряжений с учетом фактических размеров дефектов.

Проблемой использования этих методов является отсутствие необходимого методического обеспечения.

Разработана методика съёмки и обработки результатов, методики аппроксимации сетей гладкими поверхностями и построения 3D – моделей. План данной методики приведен ниже:

- 1) фиксация дефектов;
- 2) обработка изображения и получение 3D модели;
- 3) подготовка 3D модели для расчета;
- 4) выполнение необходимых расчетов;
- 5) формирование вывода о сроках и условиях дальнейшей эксплуатации.

Оценка деформации рейки механизма изменения вылета крана “Albrecht” выполнялась на основе аппроксимации поверхности её верхнего пояса плоской кривой, расположенной в срединной продольной плоскости рейки. Рейка, показанная, на рисунке 1, имеет видимый изгиб в вертикальной плоскости, задачей исследования было определение его величины.



Рис. 1. Рейка механизма изменения портального крана “Albrecht”

Была выполнена видеосъёмка рейки с применением квадрокоптера Xiaomi Mi Drone 4K на улице при естественном освещении. Создание облака точек выполнялось в программе 3DF Zephyr Lite на основе видео.

На основе фотоматериалов получаем облаков точек в программе 3DF ZYPHYR.

После получения облака точек проводим первичную обработку результатов измерений путем фильтрации и сглаживания элементов пространственной сети. Результат показан на рисунке 2.

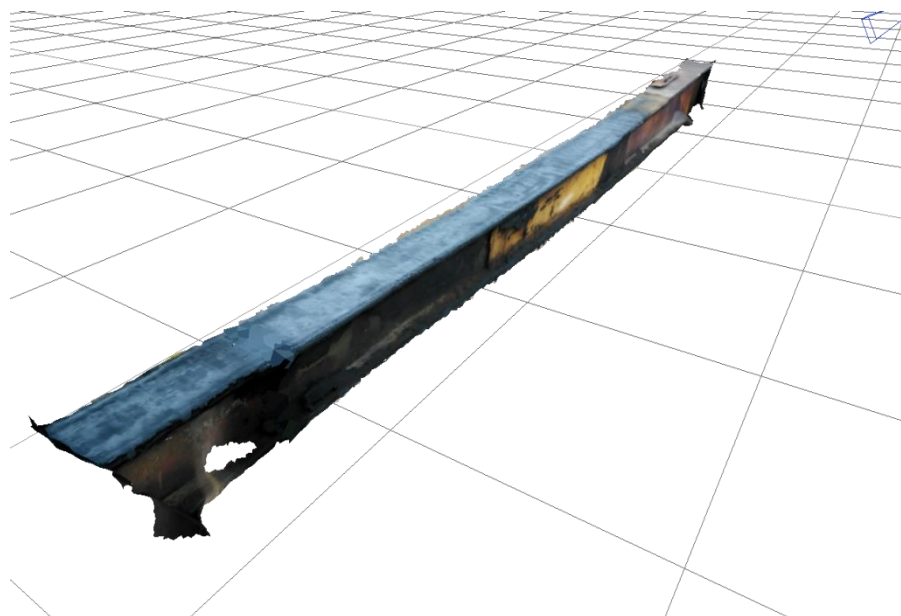


Рис. 2. Облако точек, после сглаживания

Далее полученное облако точек экспортируется в программу AutoCAD, где отчищается от элементов, которые не нужны для построения модели. Отчистка проводится на основе визуального контроля. Очищенное облако точек показано на рисунке 3.



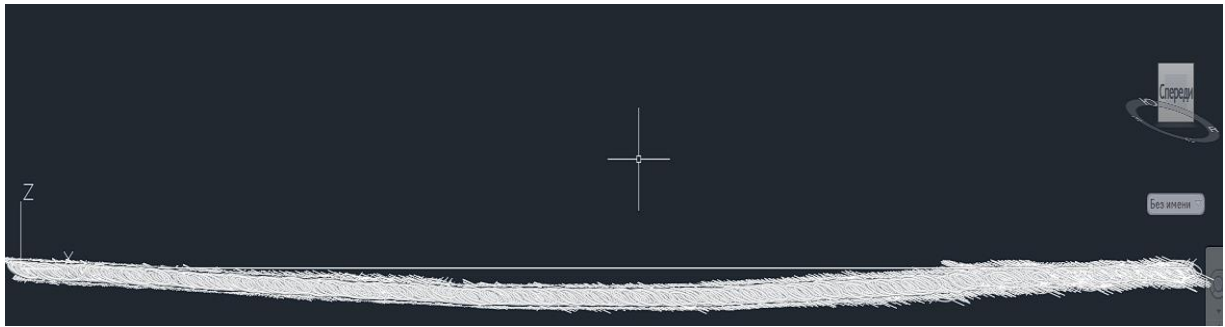


Рис.3 Очищенное облако точек

После обработки каждая поверхность элемента экспортируется в MathCAD, где проводится более точная фильтрация. Методом наименьших квадратов находим плоскость, описывающую идеальную поверхность элемента. На основе полученной идеальной поверхности ищем закон распределения точек от этой поверхности. Благодаря нахождению данного закона мы отфильтровываем ошибочные точки.

В результате итераций была достигнута максимальная точность при погрешности измерения  $\delta = 6,0\%$ . Аппроксимация деформированной оси рейки показана на рисунке 4 [1].

Среднеквадратическое отклонение составило  $\sigma = 4,5 \text{ мт}$ , а коэффициент асимметрии  $\gamma = 0,37$ . Повышенное значение коэффициента асимметрии объясняется наличием ошибочных точек, соответствующих пластине ограничителя минимального вылета (выпадающие точки видны на рисунке 4 в правой верхней части, а сама пластина на рисунке 1). Проверка точности измерения непосредственными замерами с использованием струны и линейки показала погрешность  $\Delta = 5,5\%$  [1].

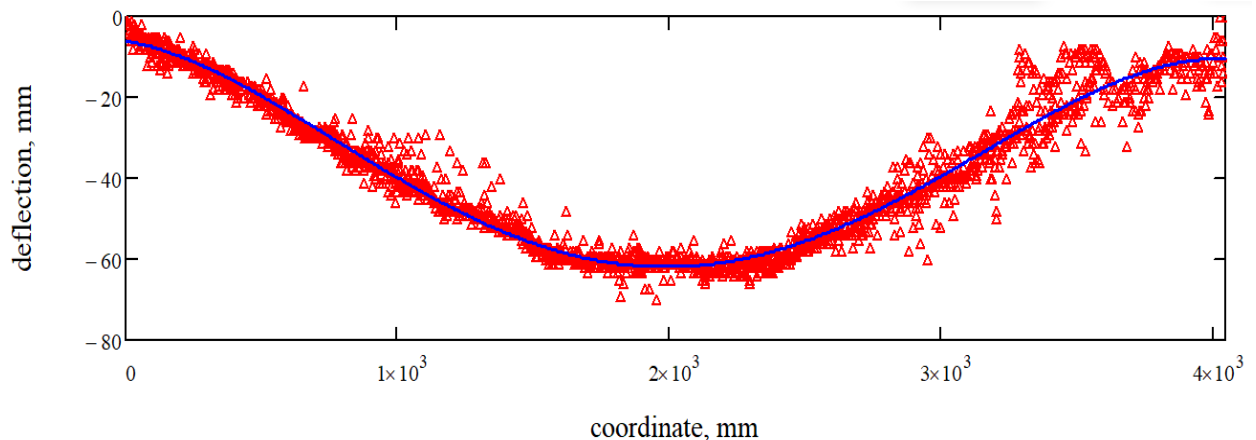


Рис.4 График прогиба рейки изменения вылета

Моделирование дефекта было выполнено в программе Autodesk Inventor Professional.

В программе был построен эскиз рейки изменения вылета, с использованием результатов замера прогиба, после чего с помощью выдавливания отдельных элементов была выполнена сборка 3D модели изображенная на рисунке 5.

Расчёт напряженно - деформационного состояния рейки изменения вылета был выполнен в программе Autodesk Inventor Nastran с использованием построенной 3D модели.

Максимальное усилие действует на рейку при вылете стрелы в 32м, значит, рассмотрим именно этот случай.

Действующее усилие было приложено вместо крепления рейки к шарниру, а точки опоры находятся в местах зубчатого зацепления и точках касания с кремальерами.

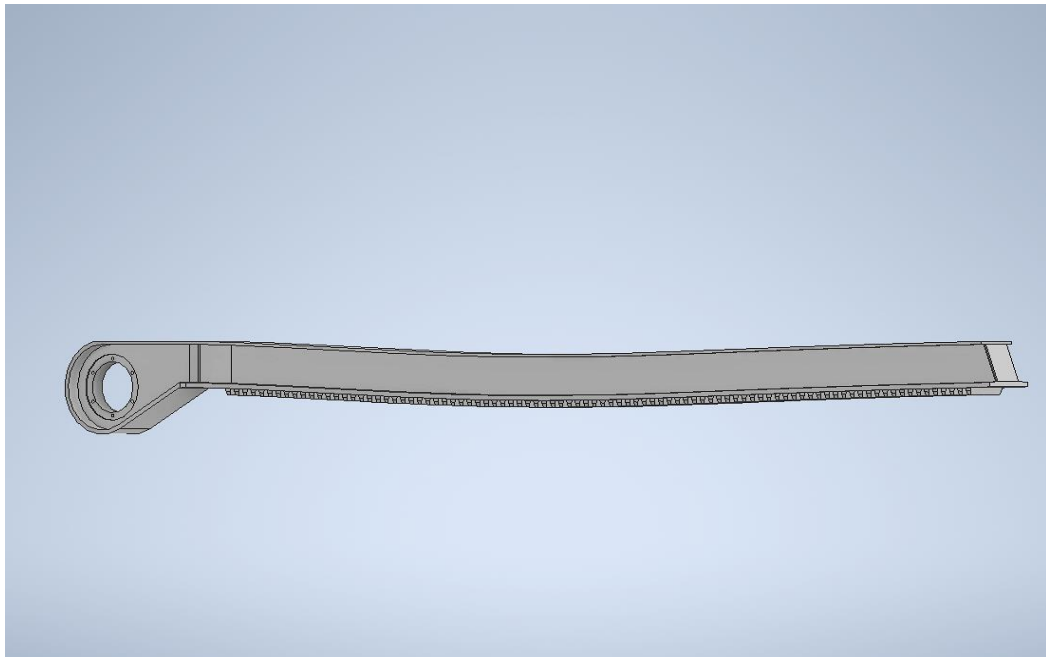


Рис.5 3D модель деформированной рейки

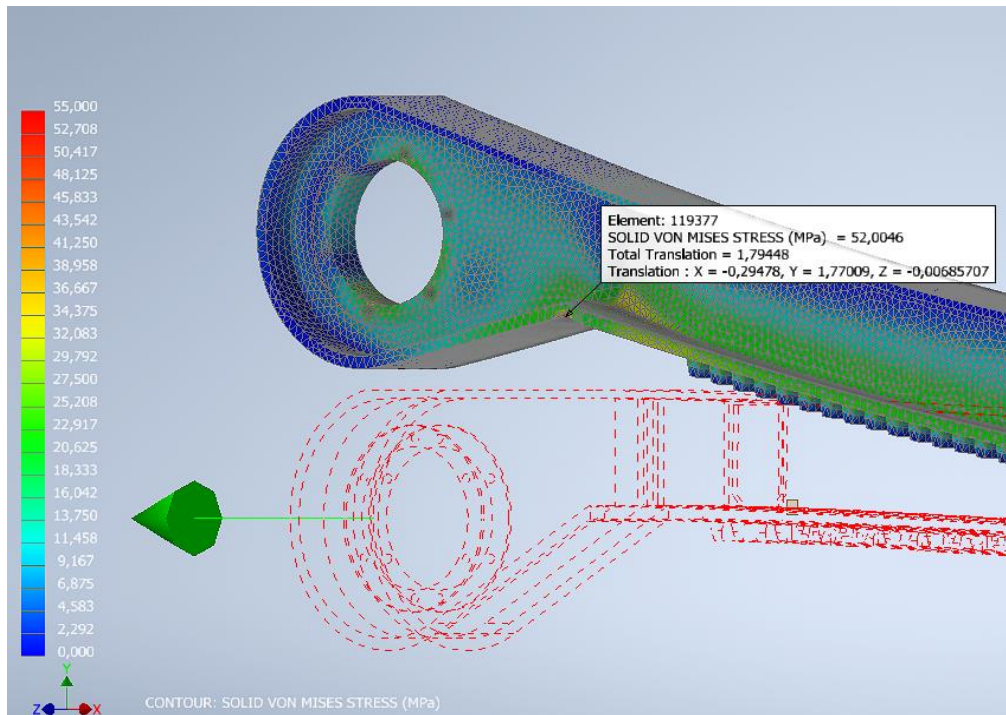


Рис.11 Рейка изменения вылета с дефектом, под нагрузкой

В результате расчёта в программе Autodesk Inventor Nastran было выявлено, что максимальное напряжение будет в месте сварки нижних поясов и оно будет равно  $\sigma_{\max} = 52$  МПа.

Если отношение толщины листов сварного стыкового соединения:  $\frac{t1}{t} \leq 1,2$ , то по классификации сопротивлению усталости узел относится к 7 группе[2].

$$\frac{t1}{t} = \frac{20\text{мм}}{18\text{мм}} = 1,1$$

Узел относится к 7 группе сопротивлению усталости и предел выносливости для этого узла равен  $\sigma_B = 43\text{МПа}$

$$\sigma_{\max} > \sigma_B$$

Так как максимальное напряжение больше, чем предел выносливости, то представляется целесообразным провести полнокомплектный ремонт.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Во время использования данного метода были показаны хорошие результаты точности замеров дефектов и небольшие результаты отклонений. Применение новых методов позволяет удаленно заниматься контролем различных, в том числе труднодоступных элементов и позволяет делать выводы о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации подъемно-транспортных машин в максимально сжатые сроки и с высокой точностью.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *A Yu Ganshkevich, N S Shikhov and N M Stoyantsov* Estimation of deformations of metal structures of cranes based on photogrammetry Innovations and Technologies in Construction (BUILDINTECH BIT 2021) Journal of Physics: Conference Series 1926 (2021) 012061, IOP publishing doi: 10.1088/1742-6592/1962/012061

2. *Ганишкевич, А. Ю.* Металлоконструкции грузоподъемных машин: методические рекомендации. - М: Альтаир-МГАВТ, 2015. - 36 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК САМОХОДНОГО МОДУЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА (СМТС) И КРАНОВО-МАНИПУЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ (КМУ)**

*Пузров М.А., аспирант 1 курса, группа РК4-21А, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. Научный руководитель – Троиц С.Л., зав. каф. РК4 МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н.*

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается устройство и принцип работы грузоподъемных элементов СМТС в сравнении с элементами КМУ. Информация, представленная в статье, позволяет ознакомиться с конструкцией зарубежных СМТС и КМУ, может использоваться при создании отечественных аналогов данных транспортно-технологических машин. Во введении представлены внешний вид и элементы конструкции СМТС и крана-манипулятора и описаны их области применения и функционал. В основной части представлены основные элементы СМТС и КМУ для подъема и опускания грузов; описан принцип работы гидроцилиндров; проведено сравнение элементов и характеристик КМУ и СМТС.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Мобильные транспортно-технологические машины, такие как СМТС и краны-манипуляторы, оснащённые гидравлическими установками, в настоящее время являются одними из широко распространенных и наиболее востребованных технических устройств, которые используются с целью выполнения основных и вспомогательных технологических операций, включая перегрузочно-разгрузочные работы, подъемно-транспортные и складские операции [1].

СМТС представляет собой транспортное средство (ТС), которое состоит из отдельных модулей. Модули имеют возможность продольной и поперечной стыковки между собой для формирования ТС необходимой конфигурации. Пример СМТС представлен на рисунке 1.

СМТС обычно оснащены гидравлической подвеской с достаточно большим вертикальным ходом (обычно до 700 мм), что позволяет выполнять погрузку и разгрузку тяжеловесных и крупногабаритных грузов без применения других подъемно-транспортных систем, например, кранов [2].

КМУ – это спецтехника, которая представляет собой грузоподъемный механизм, устанавливаемый на транспортное средство, что позволяет осуществлять погрузку,

перемещение и выгрузку различных грузов. КМУ могут устанавливаться на различные виды транспорта, но чаще всего их устанавливают на автомобильное шасси. Пример такого крана-манипулятора приведен на рисунке 2.

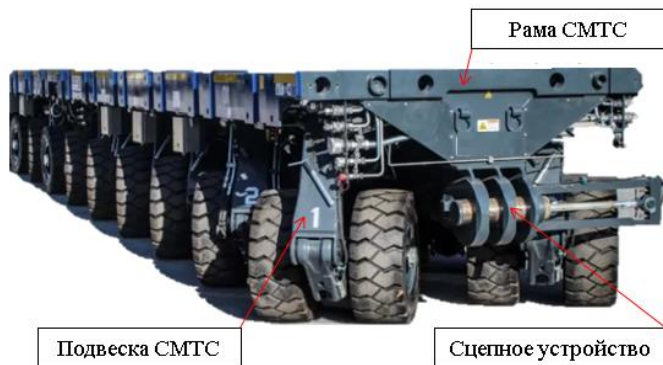


Рис. 1. Внешний вид рассматриваемого СМТС



Рис. 2. Пример КМУ, установленного на автомобильное шасси

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 3 представлены основные элементы СМТС для подъема и опускания грузов: 1 – стойка подвески; 2 – верхний рычаг подвески; 3 – гидроцилиндр; 4 – нижний рычаг подвески; 5 – система трубопроводов.

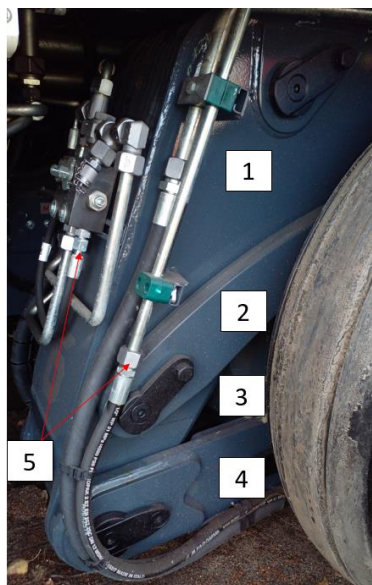


Рис. 3. Основные элементы СМТС для подъема и опускания грузов

Шарнирный рычаг E-образной формы является основой опоры СМТС. Опорно-поворотное устройство, расположенное в верхней части стойки подвески, соединяет ее с рамой СМТС.

Гидроцилиндр является и упругим элементом подвески для преодоления неровностей опорной поверхности, и гидроподъемником. У моделей СМТС с разной грузоподъемностью могут использоваться разные типы гидроцилиндров (одностороннего и двустороннего действия). Когда гидравлическая жидкость поступает в поршневую полость гидроцилиндра, то шток начинает выдвигаться, поднимая раму СМТС. Если жидкость подается в штоковую полость, то шток гидроцилиндра двустороннего действия втягивается, обеспечивая опускание СМТС. Обратный ход поршня гидроцилиндра одностороннего действия осуществляется снижением объема гидравлической жидкости в поршневой полости, и платформа опускается за счет собственной массы и веса груза.

Общее устройство и составные части КМУ приведены на рисунке 4, где: 1 – стрела; 2 – поворотная колонна; 3 – основание (рама) КМУ; 4 – грузовая лебедка; 5 – опорно-поворотное устройство; 6 – гидроцилиндр подъема; 7 – гидроцилиндр телескопирования; 8 – выносные опоры (аутригеры); 9 – рычаг управления наклоном стрелы; 10 – рычаг управления грузовой лебедкой; 11 – рычаг управления телескопированием стрелы; 12 – рычаг управления поворотом колонны; 13 и 14 – рычаги управления выносными опорами; 15 – крюк для крепления груза; 16 – рычаг акселератора; 17 – кнопка предупредительного сигнала; 18 – грузовой канат для понятия грузов; 19 – индикатор, показывающий вес поднимаемого груза.

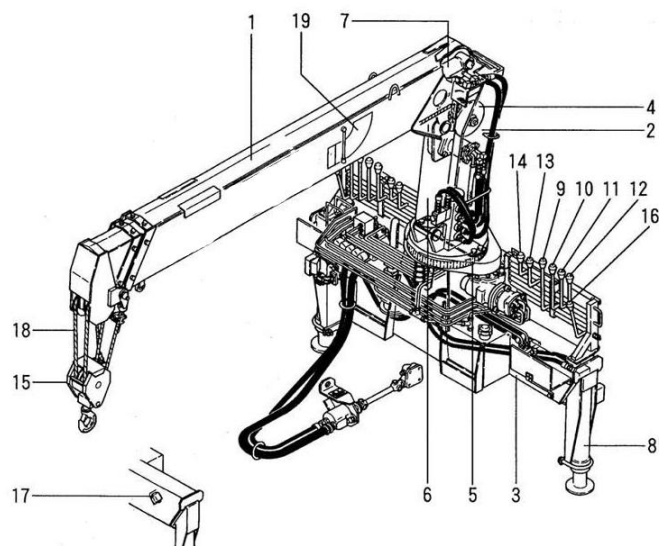


Рис. 4. Общее устройство и составные части КМУ [3]

Сравнительный анализ назначения, общих и отличающихся составных частей, характеристик СМТС и КМУ приведен в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительный анализ СМТС и КМУ

Показатель	СМТС	КМУ
Назначение	Погрузка, перемещение и выгрузка грузов	
Области применения	Энергетика; металлургия; строительство; нефтяная, газовая, химическая промышленность и др.	
Гидравлический подъемный элемент	Гидроцилиндр двустороннего действия	
Элемент, с помощью которого происходит поворот	Опорно-поворотное устройство (ОПУ)	
Элемент, к которому крепится ОПУ	Стальная рама транспортного средства (ТС)	
Конструктивное исполнение	Сварная металлоконструкция	

Максимальная высота подъема груза, м	До 0,7 м	До 55 м [4]
Масса устройства, тонн	От 12 т (для модуля из 3-х осей) до 30 тонн (для модуля из 6 осей) [2]	От 0,2 т до 21 т [5-6]
Грузоподъемность (г/п), тонн	От 107 т (для модуля из 3-х осей) до 392 тонн (для модуля из 6 осей) [2]	Малые КМУ с г/п до 1 т. Средние КМУ с г/п до 10 т. Тяжелые КМУ с г/п от 10 т до 40 т [6-7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам сравнительного анализа можно видеть, что СМТС и КМУ имеют общие области применения и предназначены для погрузки, перемещения и выгрузки грузов.

Конструкции данных устройств имеют как внешнее сходство, так и различия. У данных устройств гидравлический тип привода механизмов; в составе имеются одинаковые конструктивные элементы, например, гидроцилиндр – для подъема и опускания груза; ОПУ – для осуществления поворота; ОПУ обоих устройств прикрепляется к стальной раме ТС, выполненной из высокопрочных сталей с минимальным пределом текучести 350 МПа и минимальным пределом прочности 600 МПа.

При этом видна и разница этих устройств, например, в максимальной высоте подъема груза, где КМУ имеет существенное преимущество за счет наличия стрелы. Так некоторые КМУ имеют максимальный вылет стрелы до 55 метров, грузоподъемность при таком вылете составляет около 300 кг, что позволяет при строительстве высотных зданий подавать на значительную высоту не слишком тяжелые предметы (например, оконные рамы, материалы для внешней отделки и т.д.).

Если масса одного модуля СМТС и одной КМУ может быть сопоставима, то разница в грузоподъемности данных устройств существенна. Максимальная грузоподъемность для КМУ с минимальным вылетом стрелы составляет 40 тонн. Для СМТС данная нагрузка может приходиться только на одну ось, поэтому у модуля из 6 осей максимальная грузоподъемность намного выше, чем у КМУ, и может составлять 392 тонны.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Лагерева И.А.* Сравнительный анализ гидравлических кранов-манипуляторов транспортно-технологических машин и гидравлических манипуляторов промышленных роботов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2016.

2. *Варламов Л.А., Пузров М.А.* Анализ существующих схем подвесок самоходных модульных транспортных средств с электронным управлением поворотом осей (серии «MSPE») компании «Cometto». Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. 2023; 1(1): 53 - 64.

3. *Кран-манипулятор*, общее устройство и принципы работы механизмов. [Электронный ресурс]: сайт «Рабочий ход». URL: <https://r-hod.ru/> (дата обращения: 14.02.2023).

4. *Ремонт КМУ*, узлы крана-манипулятора. [Электронный ресурс]: сайт «Кран-сервис». URL: <https://kranservice18.ru> (дата обращения: 17.02.2023).

5. *Манипуляторы-рекордсмены* в мировой истории. [Электронный ресурс]: сайт компании «Навигатор». URL: <https://truck-kmu.ru/> (дата обращения: 20.02.2023).

6. *Протасов Н.* КМУ высокой грузоподъемности на российском рынке // Основные средства. - 2015. - №2.

7. *Классификация КМУ* [Электронный ресурс]: сайт компании «Манипуляторы». URL: <https://manipulyator-v-arendu.com> (дата обращения: 20.02.2023).



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БАРАБАННОГО ТИПА МИКРО-ЭКСКАВАТОРА

*Сай В.А., студент 5 курса 40 группы НИУ МГСУ*

*Научный руководитель – Кудрявцев Е.М., профессор каф. МиАС, д.т.н., профессор*

### **Аннотация**

Данная статья описывает исследование, направленное на поиск оптимальной конструкции рабочего органа микро-экскаватора с двойным рабочим оборудованием барабанного типа, основываясь на цели увеличения объёма извлекаемого грунта и его удержания в ковшом барабане. Результаты исследования, полученные при помощи компьютерного моделирования, демонстрируют повышение производительности системы и возможность использования дополнительного приспособления для работы машины в условиях слабой гравитации.

### **ВВЕДЕНИЕ**

За последние десять лет НАСА Соединенных Штатов Америки активно занимается разработкой землеройной техники для подготовки к миссиям по возвращению человека на Луну в 2024 году и создания устойчивой обитаемой исследовательской базы к 2028 году [1]. В долгосрочной перспективе лунная база станет промежуточной испытательной платформой для новых технологий и подходов, необходимых для подготовки к более сложным и опасным миссиям на Марсе [2].

По имеющимся данным тема процесса копания на других планетах и их спутниках изучена недостаточно, что оставляет ряд вопросов без ответа и ограничивает возможность точно предсказывать поведение рабочего оборудования при взаимодействии с грунтом после его заглубления в лунную породу.

В данном исследовании была предпринята попытка найти конструктивные решения по увеличению полезного внутреннего объёма рабочего органа микро-экскаватора, который влияет на время выполнения рабочего цикла, расход энергии и производительность проектируемой землеройной машины. С целью выбора оптимального решения, был произведен анализ конструкции ковшового барабана, спроектированного в САПР на основе оригинального прототипа рабочего органа «РАССОР».

Актуальность и научная новизна исследования заключается в анализе практических возможностей применения землеройной техники в труднодоступных и экстремальных условиях эксплуатации, в том числе для неземной добычи полезных ископаемых, а также в определении условий эффективного применения и внедрения инновационных технологий в условиях развития технического прогресса и космической отрасли.

Это исследование является необходимым шагом на пути к повышению производительности телеуправляемого роботизированного микро-экскаватора, который может использоваться для работы с несвязным грунтом первой категории в труднодоступных и удаленных регионах, а также экстремальных и опасных условиях эксплуатации, где нахождение человека может быть невозможным, включая эксплуатацию на других планетах.

Разработка и усовершенствование строительной техники для космических миссий на других планетах может способствовать научным открытиям в космонавтике, астрономии, планетологии, архитектуре и других междисциплинарных отраслях науки. Луна представляет собой перспективный объект для воплощения различных инженерных задач, которые можно реализовывать намного эффективнее, экономически выгоднее и быстрее, чем на Земле, включая надежную стартовую площадку для ракет, строительство научной обитаемой базы и атомной электростанции для её стабильного функционирования, развёртывание испытательного комплекса космической техники, которая в дальнейшем будет направлена к более далеким планетам (Марсу, Венере и к спутникам планет-гигантов) и многое другое.

Использование роботизированной землеройной техники способствует:

- освобождению операторов техники от экстремальных и опасных для биологической формы жизни факторов, действующих в удаленных регионах при добыче полезных ископаемых на Земле и других планетах;
- эффективному использованию технических ресурсов;
- ускорению процесса космической экспансии и освоения ближайших небесных объектов;
- автоматизации строительного процесса и подготовке территории к строительству различной инфраструктуры и конструкций на Земле и за её пределами.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе была проведена аналитическая оценка конструкции многоковшового барабана «РАССОР» [3], а также была изучена его модернизированная версия, изображенная на рисунке 1 [4]. Основной целью модернизации являлось увеличение внутреннего полезного объема барабана и усовершенствование системы по удержанию грунта внутри рабочего органа. Конструкция была успешно оптимизирована, учитывая ограничения по массе, габаритам и коэффициенту наполнения барабана, установленные разработчиками [5], а именно:

- максимальная ширина ковша, задействованного в любой момент времени – 175 мм;
- максимальная масса ковшового барабана – 5 кг;
- максимальный диаметр ковшового барабана – 450 мм;
- максимальная длина ковшового барабана – 360 мм;
- минимальный коэффициент наполнения – 50 %;
- минимальный объем захваченного грунта/реголита – 17,6 л.



Рис. 1. Визуализация рабочего оборудования при помощи компьютерного моделирования

Основной принцип конструкции не изменён, и зубчатая коническая передача и расположение ковшей на барабане сохранились в соответствии с исходным изобретением [2]. Однако был добавлен дополнительный подвижный барабан, который приводится в движения серводвигателем с одной из сторон каждого рабочего органа, рисунок 2.

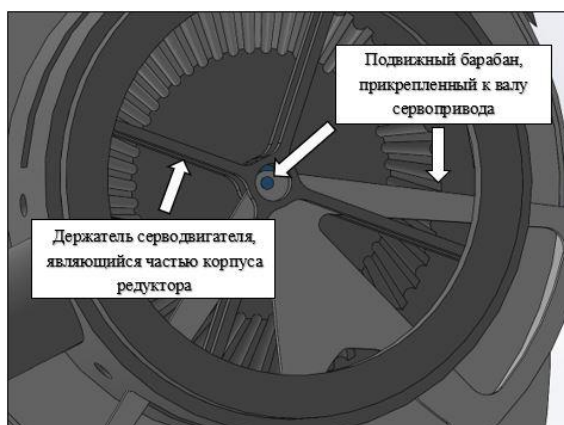


Рис. 2. Зубчатая передача с сервоприводом (синего цвета) и подвижным барабаном



Рабочее оборудование включает в себя серводвигатель, встроенный в коническое колесо и удерживаемый корпусом редуктора, чтобы исключить вращение вместе с колесом передачи, рисунок 3.

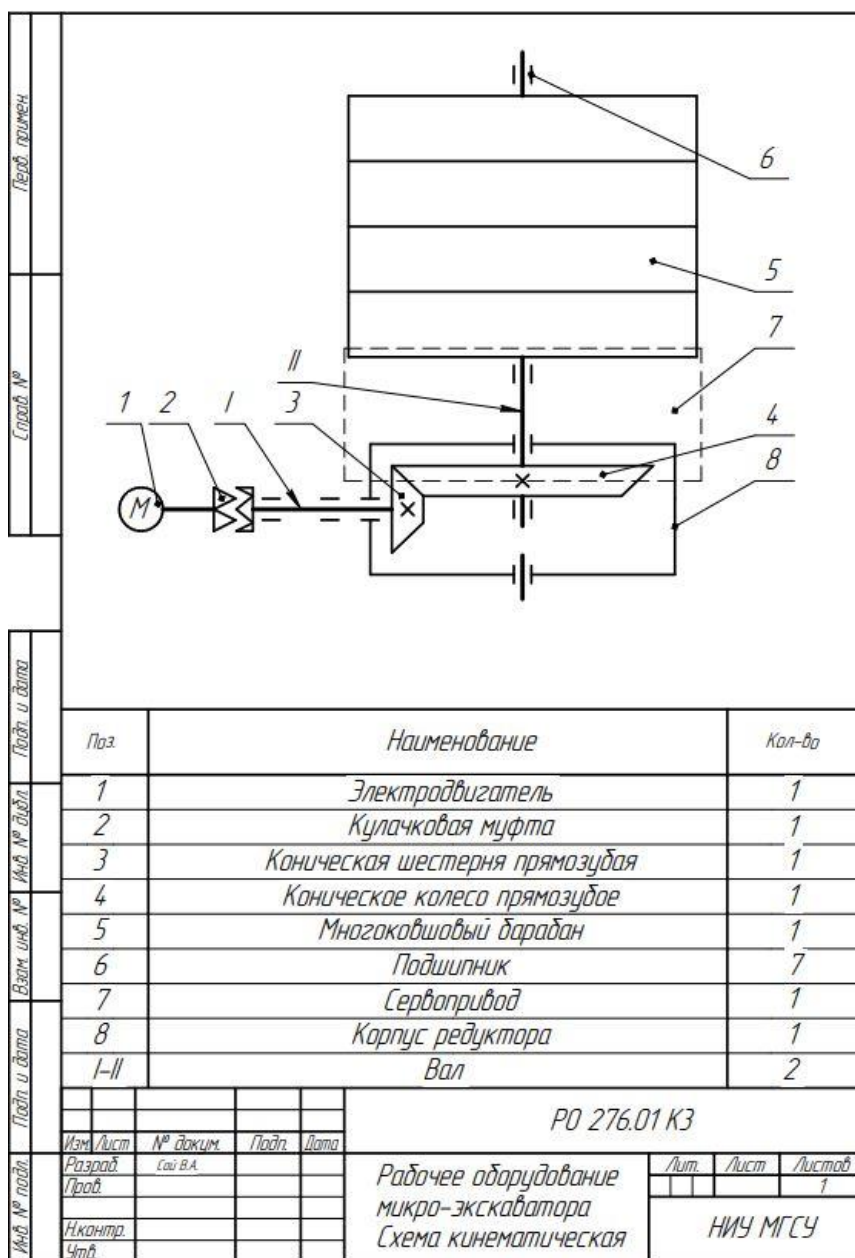


Рис. 3. Кинематическая схема рабочего оборудования микро-экскаватора

Подвижный барабан, установленный на валу серводвигателя, может поворачиваться на 180 градусов в режим разгрузки. Барабан имеет цилиндрическую форму и один проем размером, приблизительно равный продольному размеру одного ковша. Серводвигатель обеспечивает контроль вращения барабана и позволяет регулировать его работу, используя коррекцию схемы обратной связи при каких-либо отклонениях от нормальной работы. Загрузка барабана грунтом происходит, когда ковши проходят через верхнюю часть барабана, а разгрузка – в момент прохождения ковшей в нижней части (при условии нахождения подвижного барабана в режиме разгрузка).

В условиях слабой гравитации на Луне или Марсе, конструкцию можно оборудовать пружинной заслонкой для обеспечения принудительного перемещения реголита из загруженных ковшей в барабан. Заслонка должна быть установлена на подвижный барабан

таким образом, чтобы предотвратить нежелательное просыпание грунта за пределы внутреннего объёма резервуара барабана, рисунок 4. Такое приспособление обеспечит ускоренную загрузку реголита, но увеличит время, необходимое на разгрузку.

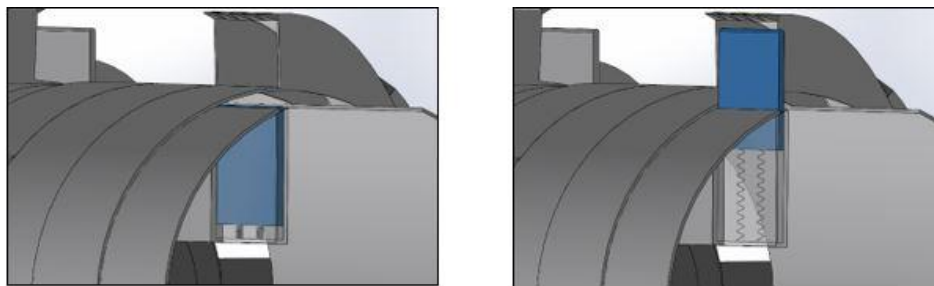


Рис. 4. Принцип работы подпружиненной заслонки

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования было обнаружено, что разработанная конструкция соответствует входным условиям на проектирование, предъявляемым к роботизированной землеройной машине «РАССОР». Описано применение данного конструктивного решения для работы с рассмотренным рабочим оборудованием в нормальных условиях и в условиях слабой гравитации.

Соответствие входным условиям на проектирование было обеспечено следующими параметрами:

- ширина ковша, задействованного в любой момент времени – 80 мм;
- масса ковшового барабана – 4,65 кг;
- диаметр ковшового барабана – 395 мм;
- длина ковшового барабана – 322 мм;
- коэффициент наполнения – 98,7%;
- объём захваченного грунта/реголита – 19,61 литра (в нормальных условиях) и 19,35 литра (в условиях слабой гравитации).

Простота конструкции повышает вероятность её реализации в качестве будущего прототипа. Барабан с ковшами функционирует по принципу действия исходной конструкции, что позволяет уравновесить силы реакции за счет вращения рабочих органов в противоположные направления относительно друг друга.

В дальнейшем представляется необходимым провести сопоставительное исследование мониторинга развития новых проектировочных решений и их возможностей для достижения более высокой эффективности по извлечению и удержанию грунта/реголита в рабочем органе.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. NASA. NASA's Plan for Sustained Lunar Exploration and Development / 2020, 13 с.
2. Gerald B., William E. Larson Progress made in Lunar In Situ Resource Utilization under NASA's Exploration Technology and Development Program. Journal of Aerospace Engineering 1 / 2012, 157 с.
3. ROBERT P. Mueller ZERO HORIZONTAL REACTION FORCE EXCAVATOR / 2015, 14 с.
4. Shawn Dmello RASSOR 2 with Moveable Bucket Attachment, 2020. / URL: <https://grabcad.com/library/rassor-2-with-movable-bucket-attachment-1> (дата обращения: 10.04.2023)

5. NASA RASSOR BUCKET DRUM DESIGN CHALLENGE, 2020. / URL: <https://grabcad.com/challenges/nasa-regolith-advanced-surface-systems-operations-robot-rassor-bucket-drum-design-challenge> (дата обращения: 10.04.2023).

## **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВОГО КРАНА С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМА ПОЛНОКОМПЛЕКТНОГО РЕМОНТА**

**Соловьева М.В.**, студентка 4 курса группы АЭМ-411 Академии Водного Транспорта РУТ (МИИТ), г. Москва

**Андреев М.С.**, студент 4 курса группы АЭМ-411 Академии Водного Транспорта РУТ (МИИТ) г. Москва

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

### **Аннотация**

В данной статье рассматривается подход к определению объема полнокомплектного ремонта мостового крана с расчетом вероятности его безотказной работы после восстановления. Исходными данными для оценки безопасности эксплуатации являются величины напряжений, действующих на различных участках основных силовых элементов металлоконструкций и напряжения предела выносливости основных силовых элементов. Расчет проводится с учетом рассеяния вышеназванных напряжений. Для получения действующих напряжений авторами построены 3D МКЭ модель главной и концевой балок крана. Расчет проводился для двух положений тележки на главной балке.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Краны относятся к числу восстанавливаемых объектов, по истечении назначенного ресурса которых проводится два вида ремонта:

- полнокомплектный,
- капитально-восстановительный.

Полнокомплектный ремонт – это ремонт крана с истекшим сроком службы, выполняемый на кране, находящимся в рабочем (смонтированном) состоянии, с целью устранения дефектов, выявленных в результате обследования для восстановления исправности их ресурса с продлением срока службы до следующего обследования [1].

Капитально-восстановительный ремонт – это ремонт крана с истекшим сроком службы, выполняемый с целью устранения дефектов, выявленных в результате обследования крана для восстановления его ресурса [1].

Полнокомплектный ремонт включает в себя:

- экспертное обследование и техническое диагностирование;
- дополнительное техническое диагностирование владельцем крана;
- проведение экспертизы промышленной безопасности [1].

В процессе технического диагностирования выявляются дефекты силовых элементов крана, основным элементом которых являются главная и концевая балки. Наличие в них участков с накопленными усталостными повреждениями и оценка степени их опасности (образование усталостных трещин) дает основание для обоснования объема полнокомплектного ремонта металлоконструкции. Включение в перечень ремонтируемых узлов дается на основании расчета вероятности их безотказной работы по выражению (1), исходными данными для которой являются средние значения действующих  $\bar{Q}$  и предельных  $\bar{R}$  нагрузок (или действующих и предельных напряжений) и их коэффициенты вариации ( $v_Q$  и  $v_R$ ).

$$U_p = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{S_R^2 + S_Q^2}} = \frac{\frac{\bar{R}}{\bar{Q}} - 1}{\sqrt{\frac{\bar{R}^2}{R^2} * \frac{S_R^2}{Q^2} + \frac{S_Q^2}{Q^2}}} = \frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{\bar{n}^2 * v_R^2 + v_Q^2}} \quad (1)$$

где  $\bar{n} = \frac{\bar{R}}{\bar{Q}}$  - запас прочности, определенный по средним значениям характеристик прочности и нагрузки (действующей силы)

Полученные значения квантиля  $U_p$  по соответствующим таблицам переводится в значение вероятности, которое сравнивается с принятым для соответствующей отрасли с допустимой для нее вероятностью безотказной работы.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для проведения анализа напряжений, действующих на металлоконструкцию мостового крана с целью оценки степени ее повреждения в процессе отработки назначенного ресурса, была построена 3D МКЭ модель с основными характеристиками, указанными в табл.1.

Модель строилась в программе AutodeskInventor, которая позволяет исследовать напряжения и деформации деталей и изделий при статических нагрузках для определения максимальных и минимальных напряжений и прогибов без тензометрических исследований, что существенно упрощает процесс анализа и оценки надежности металлоконструкции крана [2].

Таблица 2 -Основные исходные характеристики мостового крана

Грузоподъемность, т	20
Диапазон подъема, м	17,5
Пролет крана, м	11,5
База крана, м	4,4
База тележки грузовой, м	1,6
Высота крана от уровня головки рельса, м	2,4
Масса грузовой тележки, т	4,125

Построение модели мостового крана проводилось в несколько этапов.

На первом этапе был построен каркас крана с учетом исходных размеров.

На втором этапе проводилось подетальное построение главной балки.

Поочередно, исходя из построенного каркаса, производилось построение 3D моделей следующих элементов:

- верхнего и нижнего поясов;
- стенок;
- скосов;
- диафрагм;
- планок.

Далее по созданным 3D моделям всех деталей проходила сборка главной балки. Для передвижения тележки поверх главной балки ставилась модель рельса.

На третьем этапе строилась концевая балка. По аналогии построения главной балки, создавались 3D модели всех деталей по исходному каркасу, таких как

- верхний и нижние пояса;
- ребра;
- стенки;
- заглушки;
- буксовые узлы;
- дуги;
- диафрагмы.

Далее происходила поддетальная сборка концевой балки.

На четвертом этапе концевые и главные балки собирались в модель мостового крана.

С целью более полного анализа напряжений, действующих на металлоконструкцию крана, было рассмотрено два случая расположения тележки на мосту крана:

- по центру
- в крайнем правом положении

Далее, в местах давления колес тележки на рельс в соответствии с ее расположением, были приложены нагрузки.

В процессе построения модели, были использованы некоторые допущения: нагрузки на рельсы были распределены равномерно между колесами в соответствии с зависимостью 2 [3].

$$P = \frac{(Q+q)*g}{4} = \frac{(20+4.125)*9.81}{4} = 60 \text{ кН} \quad (2)$$

где  $Q$  – грузоподъемность кран; 20т

$q$  – масса грузовой тележки; 4,125 т

$g$  – ускорение свободного падения; 9,81 м/с<sup>2</sup>

Для построения модели анализа напряжений в главной и концевой балках:

- были поставлены жесткие заделки в пальцах буксового узла для имитации колес крана;
- нагрузки от массы тележки и максимальной массы груза приложены в местах контакта колес тележки и рельсов для двух случаев:
  - а) тележка расположена по центру крана;
  - б) тележка расположена в боковой части;
- материал для главной и концевой балок - сталь 09Г2С.

Построенные 3D МКЭ модели представлены на рис.1 и рис.2.

Результаты анализа действующих напряжений на главную балку сведены в табл.2

Таблица 3- Действующие напряжения на главную балку

Наименование позиций на рис. 1 и 2	Участки определения действующих напряжений	Положение тележки	
		а) по центру крана	б) в боковой части
1	На планках в районе сварного шва	100.9 МПа	46.9 МПа
2	В местах приложения нагрузки на верхнем поясе	105.9 МПа	58.1 МПа
3	В местах приложения нагрузки на нижнем поясе	42.5 МПа	18.7 МПа

Анализ напряженно-деформированного состояния главной балки, проведенный на основании 3D МКЭ модели показал, что наиболее нагруженными участками являются:

- планки в районе сварного шва;
- верхний пояс в местах приложения нагрузки .

Результаты анализа действующих напряжений на концевую балку сведены в табл. 3.

Анализ напряженно-деформированного состояния концевой балки, проведенный на основании 3D МКЭ модели показал, что наиболее нагруженными участками являются:

- дуга в месте крепления буксового узла;
- нижний пояс около буксового узла.

Таблица 4- Действующие напряжения на концевую балку

Наименование позиций на рис. 1 и 2	Участки определения действующих напряжений	Положение тележки	
		а) по центру крана	б) в боковой части
4	Дуга в месте крепления буксового узла	81.3 МПа	63.7 МПа
5	На нижнем поясе около буксового узла	86 МПа	55.7 МПа
6	На внутренних ребрах около буксового узла	74.5 МПа	46.9 МПа

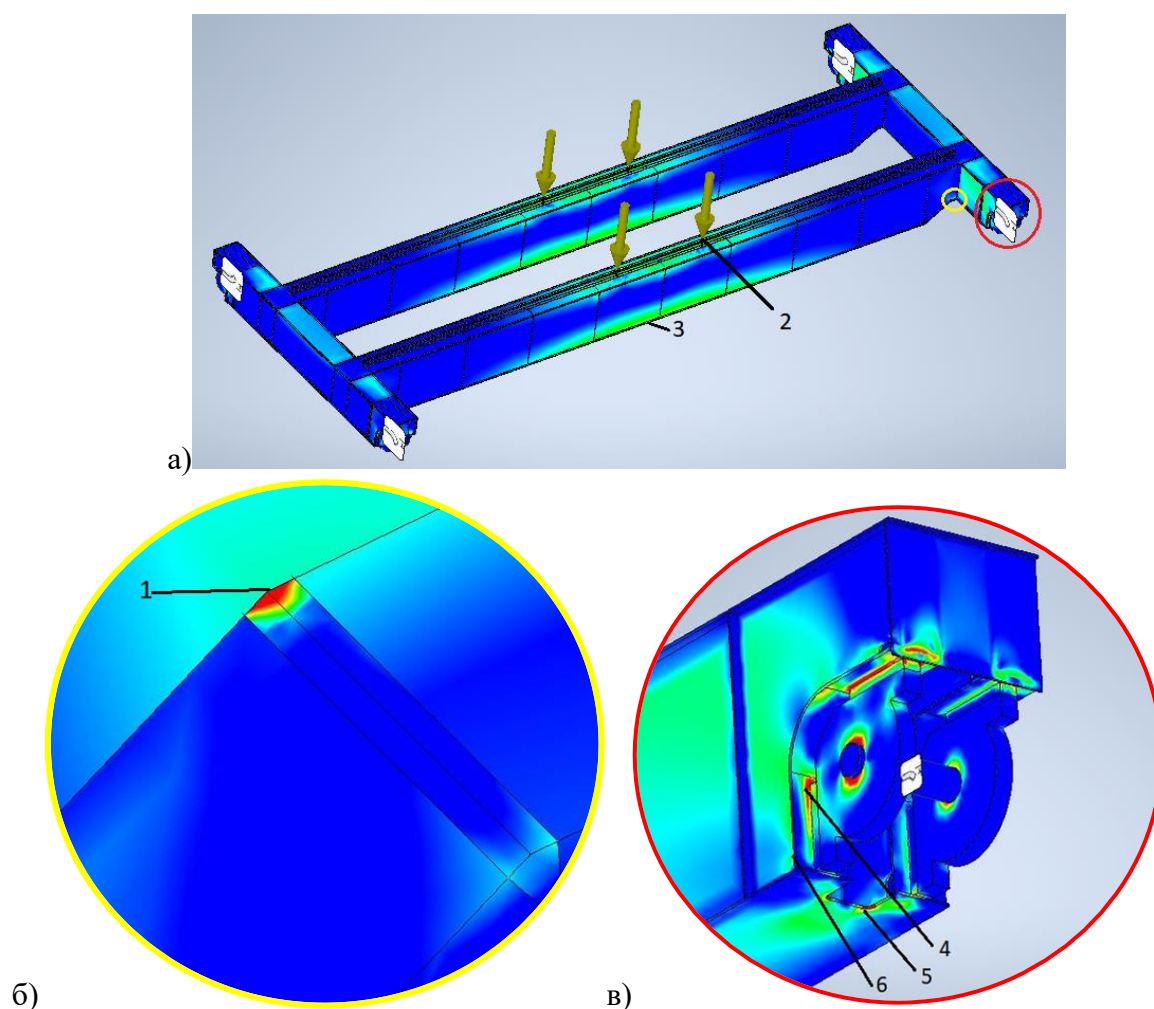


Рис. 3. а) Вид напряженно-деформированного состояния главной и концевой балок мостового крана. Тележка расположена по центру крана. Номера выделены особо опасные зоны.

б) Вид напряженно- деформированного состояния особо опасных зон главной балки

в) Вид напряженно- деформированного состояния особо опасных зон концевой балки

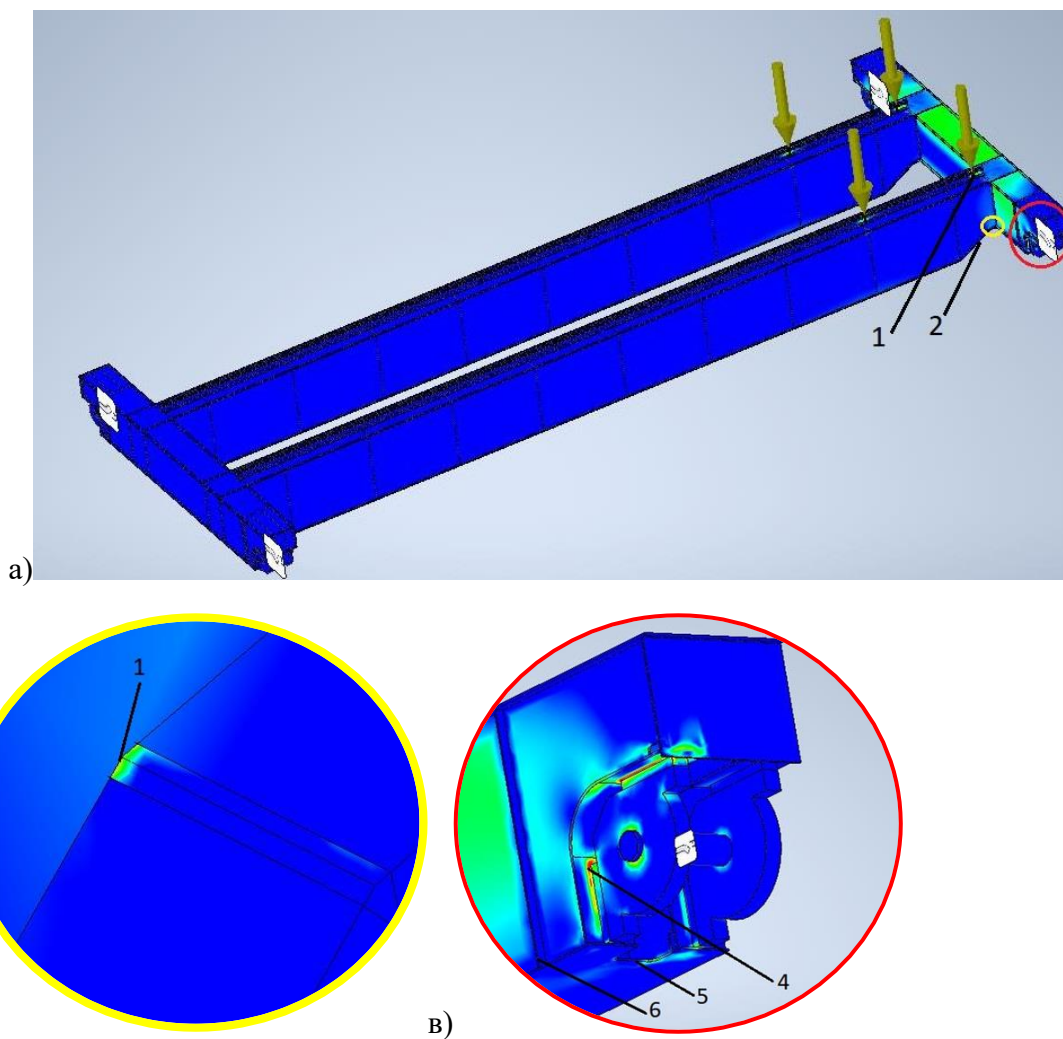


Рис. 4. а) Вид напряженно-деформированного состояния главной и концевой балок мостового крана. Тележка расположена в боковой части. Номерами выделены особо опасные зоны.

- б) Вид напряженно- деформированного состояния особо опасных зон главной балки
- в) Вид напряженно- деформированного состояния особо опасных зон концевой балки

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы:

- построены 3D МКЭ модели главной и концевой балок мостового крана;
- получены значения действующих напряжений на различных участках главной и концевой балок;
- выявлены наиболее нагруженные участки металлоконструкции главной и концевой балок

Анализ полученных результатов позволит определить необходимость ремонта участков металлоконструкции, разработать технологию их ремонта и проверить целесообразность разработанных рекомендаций с помощью уточнения разработанной модели.

### Список источников

1. СТО 318.02.27-2007 Капитальный, полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты портовых порталных кранов. Методические рекомендации.



2. Гузненков В. Н., Журбенко П. А., Винцулина Е. В. Autodesk Inventor. Трёхмерное моделирование деталей и выполнение электронных чертежей: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2017 – 124 с.

3. Ганшкевич, А. Ю. Металлоконструкции грузоподъёмных машин : методические рекомендации / А. Ю. Ганшкевич. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 36 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОУПЛОТНЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА МИНИПОГРУЗЧИКАХ**

*Полина Сергеевна Суворова, магистрантка 1 курса МАДИ, в г. Москва*

*Научный руководитель - Наталья Константиновна Тагиева, доцент каф. ДМ, к.т.н.*

### **Аннотация**

В статье рассматриваются виды работ, которые выполняются специальной техникой, требующие проведения уплотнения поверхности, что имеет важное значение при строительстве дорог, зданий и сооружений. Затрагиваются вопросы сравнения видов уплотнения, эффективности виброплит и их конструкция в качестве навесного оборудования на минипогрузчик. Особое внимание уделяется созданию конструкции крепежной плиты для обеспечения работы виброплит на шасси минипогрузчика. Проработка конструкции рабочего оборудования для минипогрузчика позволит внедрить в производство крепежную плиту, что способствует развитию реализации процесса импортозамещения. Выявлены особенности применения виброплит на специальном шасси и их преимущества.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время погрузчики являются наиболее универсальной техникой, что позволяет их использовать в разных отраслях. Эта универсальность достигается наличием большого количества сменного навесного оборудования [6]. Минипогрузчики имеют аналогичное преимущество, а благодаря небольшим габаритам применяются в труднодоступных местах, на таких территориях как: дворовые, частные, садово-парковые, подземные парковки, тротуары [2]. Их универсальность обусловлена возможностью механизации значительного количества ручного труда.

### **Значение уплотнения при выполнении ремонтных работ**

При выполнении ремонтных работ важное значение имеет уплотнение материалов. Оно используется при строительстве зданий, дорог и сооружений абсолютно различного назначения [1]. Это связано с обеспечением заданной плотности грунта для снижения показателей неравномерности и осадки оснований сооружений. В процессе уплотнения грунта, уменьшается их фильтрационная способность и сжимаемость, а прочность значительно возрастает, что помогает обеспечить надёжную устойчивость любого воздвигаемого строительного объекта. В процессе строительства дорог, благодаря уплотнению грунтов можно избежать провалов и сильной деформации дорожного полотна.

При строительстве и содержании дорог одним из важных видов работ является их расширение за счет создания и укрепления обочин. Обочина – боковая часть дороги с каждой её стороны, предназначенная для защиты края дорожного полотна от разрушения [4]. Различают обочины: необработанные (грунтовые) и укрепленные (асфальтобетонные, цементобетонные). Схожие задачи возникают при ямочном ремонте дорожного покрытия.

### **Навесные виброплиты**

Виброплиты могут быть адаптированы для решения любого количества сложных задач уплотнения: ремонтные работы покрытий (ямочный ремонт), формирование профиля обочин.

Навесные виброплиты не имеют собственного направленного перемещения при работе, они либо тянутся, либо толкаются базовыми машинами, на которых они установлены. Это означает, что усилие, создаваемое двумя противодействующими эксцентриковыми валами



агрегата, на 100 % сосредоточено по вертикали и полностью направлено на уплотнение, в отличие от катков, где вибрация дополнительно распространяется в стороны. Сосредоточенное по вертикали уплотнение, в свою очередь, приводит к увеличению производительности работы в целом, по сравнению с катками [5].

Существует множество конструкций навесных виброплит, которые классифицируют:

- по степени подвижности:
- по установке оборудования:
- по количеству модулей:

#### **Конструкция навесных виброплит**

Конструкция виброплит, установленных на погрузчик, включает в себя основные компоненты:

- крепежная плита;
- сварная рама;
- модуль виброплиты.

Модулем является виброплита по конструкции схожая с конструкцией ручных виброплит. Разницей в конструкции является то, что в конструкции ручной присутствует дополнительный (нечетный) дебаланс, который служит для самостоятельного передвижения, что облегчает труд оператора.

Возможность установки за базовой машиной позволяет не разбивать уже уплотненную полосу и не оставлять следов протектора на уже обработанном участке.

На *Рис. 2. Варианты* установки уплотняющего навесного оборудования на минипогрузчик. А) Навесная виброплита состоящая из двух передвижных модулей, установленная после трактора представлена конструкция навесной виброплиты состоящей из двух передвижных модулей. Рабочее оборудование установлено за базовой машиной (трактором) [3]. Передвижение виброплиты относительно базы машины происходит сдвигом вправо, за счет перемещения штока гидроцилиндра.

На **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлена навесная виброплита Stehr SBV 240-2, состоящая из одного модуля с возможностью сдвига вправо, благодаря чему у погрузчика есть возможность производить уплотнение обочин, что также удобно при проведении ямочного ремонта.

На **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлено уплотнение песка навесной стационарной виброплитой, состоящей из трех модулей, установленной перед минипогрузчиком на гусеничном ходу.

На **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлена навесная виброплита состоящая из двух стационарных модулей, установленная перед минипогрузчиком.

Крепежная плита навешивается на минипогрузчик, к ней через раму крепятся от одной до шести виброплит, в зависимости от модели.

Виброплиты имеют гидропривод, вибрация осуществляется за счет передачи крутящего момента с гидромотора на дебаланс. За счет гидроцилиндров происходит смещение ряда виброплит в сторону относительно оси базового шасси.

Высокая эффективность формирования обочин достигается за счет обеспечения поворота виброплит. Это используется при уплотнении наклонных обочин и позволяет укреплять уклоны дорог (*рисунок 2 (Д)*).

Для установки виброплиты на минипогрузчик с обеспечением её работы как перед, так и со смещением относительно оси базовой машины необходимо разработать конструкцию крепежной плиты (*рисунок 3*).

Положение навесного оборудования на базовой машине устанавливается в рабочее положение двумя гидроцилиндрами подъема-опускания и одним гидроцилиндром управления, обеспечивающим смещение виброплиты относительно оси машины. Виброплиты приводят в работу гидромоторы, по одному на каждый модуль, которые в свою очередь приводят во вращения приводные валы с дебалансами.

Конструкция крепежной плиты (рисунк 3) включает в себя две балки прямоугольного профиля по которым осуществляется перемещение сварной рамы. Перемещение осуществляется за счет гидроцилиндра, закрепленного в соответствующих проушинах пальцами.

Сварная рама в свою очередь состоит из четырех поперечных и трех продольных полых прямоугольных балок. Применение в конструкции полого сечения обеспечивает снижение веса оборудования, что облегчает перемещение модулей виброплит относительно оси минипогрузчика. К поперечным балкам приварены проушины с отверстием для крепления модуле виброплит.



А)



Б)



В)



Г)



Д)

Рис. 2. Варианты установки уплотняющего навесного оборудования на минипогрузчик. А) Навесная виброплита состоящая из двух передвижных модулей, установленная после трактора. Б) Уплотнение обочины навесной виброплитой, со сдвигом вправо, установленной перед погрузчиком. В) Уплотнение песка навесной стационарной виброплитой, состоящей из трех модулей установленной перед минипогрузчиком на гусеничном ходу. Г) Навесная

виброплита состоящая из двух стационарных модулей, установленная перед погрузчиком.

Д) Навесное оборудование виброплиты

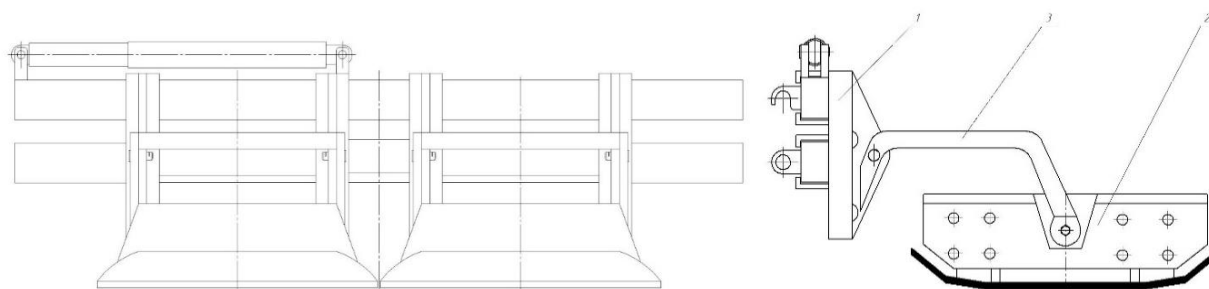


Рис. 3. Навесная виброплита

1 – крепёжная плита; 2 – сварная рама; 3 – модуль виброплиты

Для перемещения сварной рамы к ней привариваются направляющие, с внутренней стороны, которые обрабатываются сухой смазкой.

Благодаря гидроцилиндру смещения виброплит есть возможность уплотнения поверхности в стороне от базовой машины, что позволяет эффективно производить уплотнение обочин при передвижении минипогрузчика по твердому покрытию.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уплотнение является значимым видом подготовительных работ. При уплотнении сыпучих материалов катками происходит сдвиг уплотняемых материалов по поверхности под воздействием вальца и выталкивание уже уплотненного материала наружу, в следствии чего происходит недостаточное уплотнение и ведет к увеличению числа проходов и затрат на уплотнение, что обуславливает применение виброплит на минипогрузчиках. Так же применение виброуплотняющего оборудования снижает количество проходов, а также расходов за счёт эффективности уплотнения. Представленная конструкция навесной плиты представляет возможность выдвигания виброплит, за счет этого модули подстраиваются под заранее подготовленную поверхность с заданными характеристиками и углами.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Информационный портал о спецтехнике. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://exkavator.ru/> (дата обращения 03.02.2023 г.).
2. Доценко, А.И. Строительные машины: учебник / А.И. Доценко, В.Г. Дронов – М.: ИНФРА-М, 2019. – 533 с.
3. Кошелева, А.А. Обзор российского рынка погрузчиков / А.А. Кошелева, Н.К. Тагиева // Экономические отношения. – 2015. – Том 5. – № 4. – С. 63-73.
4. Шестопалов, К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учеб. пособие / К.К. Шестопалов // – М.: Издательский центр «Академия». – 2005. – 2-е изд., испр., – 320 с.
5. Кузьмичев, В.А. Исследование рабочих параметров самоходных виброплит, применяемых при уплотнении грунтов / В. А. Кузьмичев, В. Д. Кузьмичев // Вестник гражданских инженеров. – 2011. – № 3(28). – С. 66-71. – EDN OPHUNZ.
6. Горелов, А. Ю. Обзор навесного оборудования на минипогрузчик и его применение в различных сферах / А. Ю. Горелов, П. С. Суворова, Н. К. Тагиева // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2022. – № 4(34). – EDN XFSUNW.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА НА ГУСЕНИЧЕОМ ХОДУ С ГРУЗОПОДЪЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Филиппов В.В., студент 5 курса 40 группы НИУ МГСУ в г. Москва  
Научный руководитель - Плавельский Е.П., д.т.н., профессор

## **АННОТАЦИЯ**

В промышленном и гражданском строительстве зачастую возникает необходимость совмещения землеройных и подъемно-транспортных операций, т.е. операций одноковшового экскаватора и подъемно-транспортного устройства. При проведении строительных и ремонтных работ часто требуется и экскаватор, и кран. В некоторых случаях участие крана весьма кратковременное, и большую часть грузоподъемной операции составляет транспортировка крана к месту работ и обратно. В нарушение всех правил проведения строительно-монтажных работ, на таких объектах иногда используют в качестве грузоподъемного механизма (ГПМ) - экскаватор, зацепляя стропы с грузом за зуб ковша или за специально приваренный к ковшу крюк или серьгу. Такие подъемы являются грубейшим нарушением правил техники безопасности и приводят к несчастным случаям.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Многофункциональные строительные машины в современном мире являются очень перспективными. Помимо того, что они позволяют сократить экономические затраты, они так же повышают производительность. На примере экскаватора ЭО-3223 показана модернизация путем установки сменного грузоподъемного оборудования. После совершенствования экскаватор будет иметь ряд преимуществ: в отличие от обычного автокрана экскаватор-кран может передвигаться с грузом по площадке; снижение расходов на подъём (не нужно брать в аренду автокран); обслуживание системы существенно дешевле обслуживания крана; предотвращение опрокидывания машины с грузом; повышение безопасности на объекте; увеличение скорости работ и производительности на объекте.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Экскаватор ЭО-3223 – это многофункциональная полноповоротная строительная машина, оснащенная гидроприводом. Она используется при устройстве новых и очистке существующих каналов мелиоративных и ирригационных систем, при производстве погрузочно-разгрузочных работ с различными категориями материалов. К достоинствам машины относится мощность, выносливость несущей части, качественное управление, простота проведения сервисных работ, комфортные условия в кабине. Производителями экскаватора ЭО-3223 являются Кохановский экскаваторный завод и Амкадор. Техника последнего завода пользуется большей популярностью. Часто экскаватор применяется в торфодобывающих предприятиях. Это обусловлено установкой более широких гусеничных лент, что снижает нагрузку на основание. К областям применения относится и строительство, где машина легко оперирует с грунтами всех категорий.

Тщательная проработка всех компонентов конструкции позволила создать технику, способную работать в сложных условиях. Плохая погода и неустойчивый грунт не являются препятствием для выполнения поставленных задач. Система управления позволяет управлять экскаватором ЭО-3223 операторам без опыта, т.к. она понятна на интуитивном уровне. Для повышения продуктивности и осуществления планировки территории предусмотрена конструкция «плавающей» стрелы. При очистке каналов максимальная эффективность достигается во время активации режима «микрпередвижения», при котором скорость движения составляет 200 м/ч. Основная часть мощности в данном случае передается на навесное оборудование.

После модернизации экскаватор фактически превращается в «экскаватор-кран». Термин «кран-экскаватор» в старых нормативных документах Ростехнадзора состоит из названий двух различных машин как по назначению, так и по конструктивным особенностям. В настоящее время этот термин в документах Ростехнадзора применен к гидравлическому экскаватору, относящемуся к семейству землеройных машин (ГОСТ Р ИСО 6165-2010 «Машины землеройные. Классификация. Термины и определения»), который оборудован крюковой подвеской, ограничителем грузоподъемности и некоторыми приборами, в связи с чем эта машина идентифицируется как гидравлический экскаватор с

дополнительным сменным оборудованием. При этом показатели безопасности, т.е. отсутствие недопустимого риска причинения вреда являются определяющими показателями качества вышеуказанной продукции [1]. А основным нормативным документом при этом является технический регламент «О безопасности машин и оборудования» ТР ТС 010/2011, принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 18.10. 2011 г. № 823. В вышеуказанный регламент вошли основные требования к безопасности подъемно-транспортных, строительных, дорожных, землеройных и других машин [2] (приложение 1), дополнительные требования безопасности для определенных категорий машин и оборудования (приложение 2), перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимых для применения и исполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011) и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции и перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011). Вышеуказанным Решением также утверждены перечни машин и оборудования, подлежащих обязательной сертификации для подтверждения соответствия требованиям технического регламентов «О безопасности машин и оборудования» и «О безопасности колесных транспортных средств», а также подлежащих декларированию соответствия требованиям вышеуказанных технических регламентов [3]. В статье 7 ФЗ №116 «Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте», декларируется, что требования к техническим устройствам, применяемым на опасных производственных объектах, формы их оценки соответствия указанным требованиям устанавливаются в соответствии с законодательством РФ о техническом регулировании, структуру которого см. на рис. 1. Так как грузоподъемные операции в общем рабочем потоке составляют значительно меньшую часть, то и относятся они к экскаваторам.



Рис. 1. Структурная схема системы технического регулирования продукции машиностроения

Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзору) утверждены Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов (ОПО), на которых используются подъемные сооружения (ПС)», где в качестве грузоподъемных механизмов используются устройства для работы с использованием

крюковой подвески [4]. С 2015 г. развитие вышеуказанных машин в РФ происходит в рамках требований системы технического регулирования Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Это технические регламенты «О безопасности машин и оборудования», «О безопасности колесных транспортных средств» и др. Гидрофицированный одноковшовый экскаватор со сменным грузоподъемным оборудованием с крюком является модификацией землеройной машины циклического действия «Экскаватор одноковшовый на колесном, гусеничном или шагающем ходу». Грузоподъемное оборудование с крюком используется на экскаваторе в качестве дополнительной опции для выполнения вспомогательных работ. В качестве основного рабочего оборудования преимущественно используется экскаватор «обратная лопата». Попытки использовать чалки, закрепленные за зуб ковша или другую металлоконструкцию жестко преследуется инспекцией Ростехнадзора с наложением больших штрафов [5].

Модернизируемый экскаватор с дополнительным грузоподъемным устройством должен быть оборудован ограничителем грузоподъемности, который предназначен для установки на экскаваторы, оборудованные грузовым крюком, с целью исключения перегрузки при работе в крановом режиме, а также для предупреждения машиниста о перегрузке путем включения предварительной или запрещающей сигнализации. Ограничитель грузоподъемности осуществляет преобразование сигналов, поступающих с различных датчиков, установленных на экскаваторе, в запрещающий сигнал при превышении заданных порогов нагрузки для соответствующего вылета. Ограничитель грузоподъемности оснащен встроенным регистратором параметров. Процессорный прибор ограничителя должен обеспечивать возможность адаптации его к любому типоразмеру экскаватора, а также хранение идентификационной информации, накопление и обработку информации долговременного хранения, встроенный регистратор. Крюковая подвеска с тензодатчиком устанавливается на трапецию экскаватора. Крюк грузоподъемностью 5 т переводится в нерабочее положение и фиксируется с помощью пальца и стопорного пружинного шплинта (рис. 2).

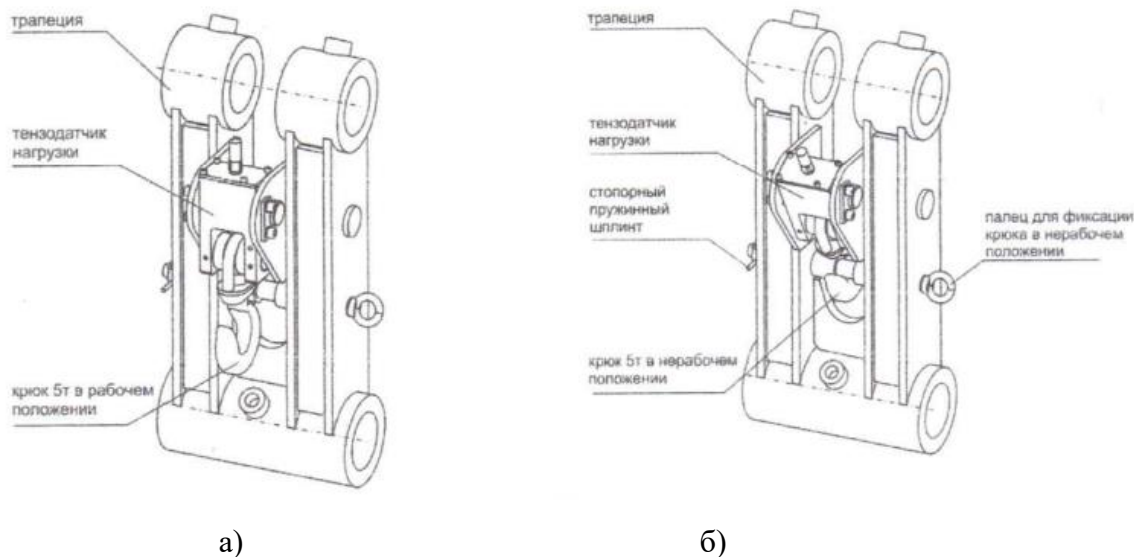


Рис. 2. Крюковая подвеска, размещенная на трапеции в рабочем (а) и транспортном (б) положениях

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что техника такого рода позволяет сократить затраты, увеличить производительность и сделать процесс строительства более технологичным. Проведенный анализ спроса на описанную

модернизацию гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием типа «обратная лопата» показал его высокий уровень.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Техническое регулирование: Учебник / Под ред. *В.Г. Версана, Г.И. Элькина.* – М.: Изд-во «Экономика», 2008. – 678 с.
2. *Кудрявцев Е.М.* Строительные машины и оборудование. Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2012. – 328 с.
3. *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.
4. *Котельников В.С., Шишков Н.А.* Комментарии к правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. 2-е изд. – М.: МЦФЭР, 2007. – 720 с.
5. *Плавельский Е.П.* Путь становления и дальнейшего развития технического регулирования как составной части системы управления качеством продукции машиностроения на примере подъемно-транспортных, строительных, дорожных, горных машин и спецавтотранспортных средств // Строительные и дорожные машины. – 2019. - №3. – С. 3-14.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСТЕЧЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ В НАКОПИТЕЛЬНОМ БУНКЕРЕ-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕ**

*Ширнин С.А., студент 1 курса, группы 1 мДМ МАДИ в г. Москва*  
*Научный руководитель – Ушков А.В., доцент каф. ДМ, к.т.н.*  
*Научный руководитель – Тагиева Н.К., доцент каф. ДМ, к.т.н.*

#### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены экспериментальные аспекты первого приближения модульной технологии укладки асфальтобетонных покрытий с применением перегружателя асфальтобетонной смеси. Объектом исследования является изучение самоистечения смеси из накопительного бункера, применяемого в конструкции бункера модуля перегружателя асфальтобетонной смеси. Целью данной работы является получение экспериментальных значений, для увеличения эффективности работы перегружателей в дорожном строительстве. Изучение процесса самоистечения асфальтобетонной смеси из бункера позволит произвести подбор оптимальных конструктивных параметров машины, оптимального материала контактной поверхности, оптимальной формы, оценить воздействие различных факторов на самоистечение.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день предусматривается последовательное осуществление перехода от создания и внедрения отдельных машин и технологических процессов, к разработке единых высокоэффективных комплексов модульных систем техники, оборудования и технологических процессов[3]. Эффективность работы модуля бункера перегружателя заключается в совокупности нескольких решений, позволяющий снизить сегрегацию асфальтобетонной смеси за счет ее нагрева и перемешивания в накопительном бункере[1]. Антисегрегационный разнозаходный шнек, которым оснащен накопительный бункер, перемешивает смесь непосредственно во время хранения. Также накопительный бункер оснащен функцией подогрева. Имеющиеся функции способны повысить качество асфальтобетонной смеси. В статье представлены экспериментальные значения, которые были получены в ходе моделирования процесса истечения смеси.



## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Накопительные бункеры являются промежуточным резервуаром для хранения сыпучих материалов и обеспечивают стабильность транспортной системы при нерегулярной работе отдельного звена. В настоящей исследовательской работе для материала стенок бункера, взаимодействующего с асфальтобетонной смесью, сравнивается применение различных материалов. Наиболее значимыми факторами являются: соотношение компонентов, размеров и формы частиц асфальтобетонной смеси, форма выпускного отверстия накопительного бункера, площадь отверстия выпуска, коэффициент внешнего трения, триботехнические свойства материала контактной части[2].

Испытания проводились на установке с возможностью изменения угла наклона стенки накопительного бункера, реализована возможность смены образцов контактной поверхности, которая является модельным прототипом стенки накопительного бункера. Внешний вид изделия экспериментальной установки представлен на (рисунке 1).

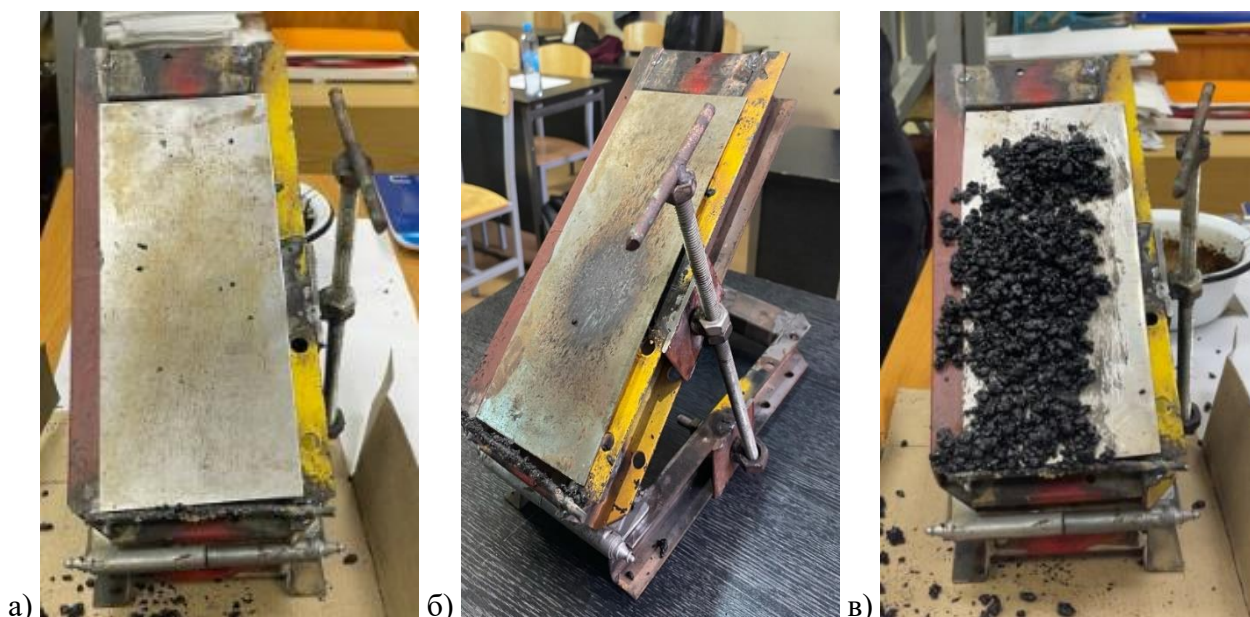


Рис. 1. Экспериментальная установка для изучения процессов самоистечения асфальтобетонной смеси по контактной поверхности:

- а – пластина из нержавеющей стали; б – алюминиевая пластина;  
в – пластина с налипшей асфальтобетонной смеси

Пластина устанавливается под определенным углом, который моделирует наклон стенки загрузочного конуса по отношению к горизонтали. В существующих конструкциях стационарных бункеров стенка возле выпускного отверстия имеет наклон  $45-55^\circ$  к горизонтали. Конструктивные параметры накопительного бункера перегружателя зависят от габаритных параметров разрабатываемого модуля, поэтому эксперимент проводился для углов наклона от  $35^\circ$  до  $50^\circ$  [4]. Разогретый материал подается на пластину порционно, каждая следующая партия материала загружается на пластину не дожидаясь полного истечения предыдущей по контактной поверхности. В процессе эксперимента контролю подлежали следующие параметры: температура материала, среднее время истечения, температура пластины и остатки смеси на пластине[6]. Реализована повторяемость эксперимента по три раза с сохранением входных параметров, для достижения наибольшего значения доверительной вероятности. Результаты эксперимента показали, что при угле стенки  $35^\circ$  самоистечение смеси не наблюдается вне зависимости от материала контактной поверхности. При непродолжительном подогреве стенки происходило самоистечение всего объема смеси, используемого в эксперименте[5]. Данные результаты доказывают



необходимость обеспечения подогрева контактной поверхности, взаимодействующей с асфальтобетонной смесью. В бункерных устройствах без системы принудительной разгрузки нагрев необходим для повышения эффективности работы.

В ходе испытания было отмечено, что нержавеющая сталь не входит во взаимодействие с вяжущим компонентом асфальтобетонной смеси, что не наблюдается на экспериментальном образце из алюминия[3]. Отсутствие адгезии позволяет увеличить скорость истечения, минимизировать налипания, что положительно скажется на эффективности работы разрабатываемой конструкции и снизит время его обслуживания при эксплуатации. Сравнительный анализ результатов эксперимента рассмотренных образцов материала для бункера представлен на (рисунках 2 и 3).

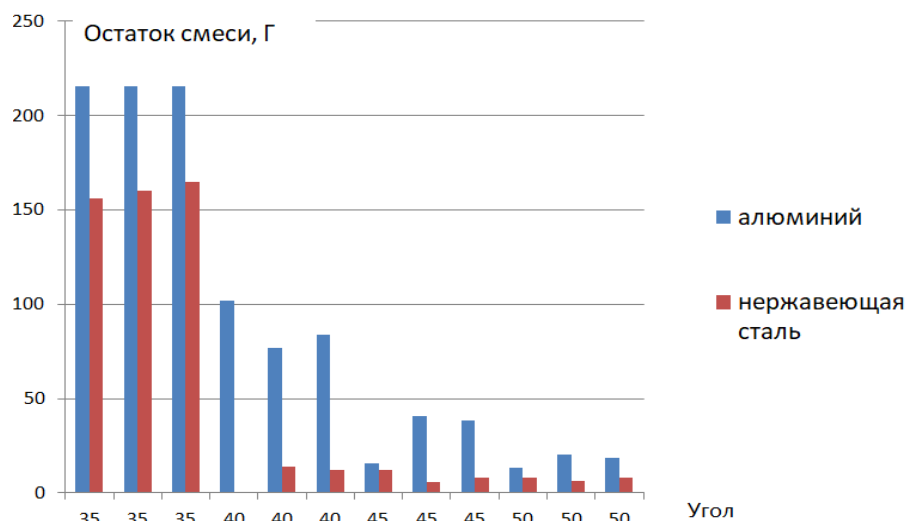


Рис. 2. Результаты исследования остатков асфальтобетонной смеси на пластинах

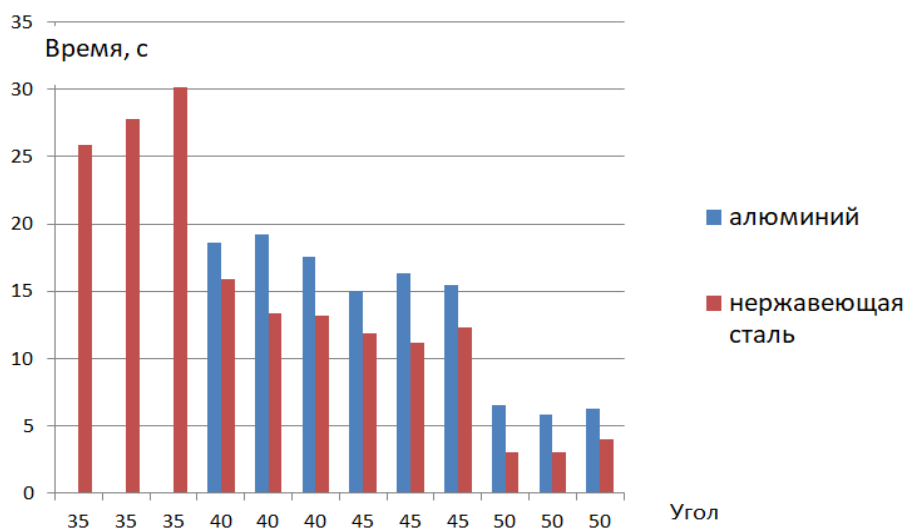


Рис. 3. Результаты исследования времени истечения асфальтобетонной смеси по пластинам

Выводы проведенного исследования нержавеющая сталь обеспечивает наиболее эффективное истечение, для более эффективной работы требуется подогрев. Материал контактной поверхности не вступает во взаимодействие с вяжущим компонентом асфальтобетонной смеси, тем самым реализуется высокая скорость истечения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промежуточный резервуар в бункере перегружателя с функцией перемешивания и нагрева, предлагаемый для реализации в модульной технологии укладки асфальтобетонной

смеси, способен повысить качество укладываемого дорожного полотна. Выполненные экспериментальные исследования по моделированию угла наклона стенки накопительного бункера при самоистечении показали, что материал контактной поверхности существенно влияет на взаимодействие с асфальтобетонном, не менее значащим фактором является наклон стенки накопительного бункера. Подбор материала стенок бункера с высокими эксплуатационными качествами такими как: низкая адгезионная способность и высокие триботехнические показатели – могут существенно увеличить производительность бункерных устройств. Эксперименты показали, что ключевым фактором для эффективной работы с асфальтобетонной смесью является подогрев контактных поверхностей накопительного бункера.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Антонова, В. В. Влияние температурного режима на показатели качества укладки асфальтобетонной смеси / В. В. Антонова, А. В. Ушков // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2019. – № 2(20). – С. 5. – EDN RVTOOQ.
2. Определение показателей эффективности при укладке асфальтобетонной смеси комплексом "прицепной перегружатель-асфальтоукладчик" / Г. В. Кустарев, С. А. Павлов, Н. Д. Селиверстов, А. В. Ушков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 1. – С. 41-44. – EDN YLWZAA.
3. Кустарев, Г. В. Скоростное строительство дорожных покрытий / Г. В. Кустарев, А. В. Ушков, С. А. Павлов // . – 2017. – № 102. – С. 101-102. – EDN YWTLNN.
4. Ушков, А. В. Комплекс машин для инновационной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий / А. В. Ушков, Е. В. Собченко, Г. В. Кустарев // Транспортное дело России. – 2014. – № 1. – С. 188-190. – EDN SDVTDP.
5. Определение показателей эффективности при укладке асфальтобетонной смеси комплексом "прицепной перегружатель-асфальтоукладчик" / Г. В. Кустарев, С. А. Павлов, Н. Д. Селиверстов, А. В. Ушков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2018. – № 1. – С. 41-44. – EDN YLWZAA.

**СЕКЦИЯ 2.  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, ПУТЕВЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ  
МАШИНЫ»**

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ И ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН В ПРИДНЕСТРОВЬЕ**

*Артёмко А.И., старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание автомобилей» ПГУ им. Т.Г. Шевченко*

*Научный руководитель – Котомчин А.Н., доцент кафедры «Инженерные науки, промышленность и транспорт» ПГУ им. Т.Г. Шевченко, к.т.н.*

### **Аннотация**

В процессе эксплуатации автомобилей и дорожно-строительных машин в условиях Приднестровья, имеющих предельные пробеги и наработку, приводит к увеличению количества отказов, приводящих к потере работоспособности и увеличению себестоимости эксплуатации в целом. Проведенные исследования по поиску способов повышения надёжности техники привело, что одним из направлений является выбор рационального способа восстановления, который должен отвечать экономическим и техническим критериям и не снижать или даже повышать надёжность техники. Сделаны выводы, которые обосновывают использование восстановления ресурсопределяющих деталей автомобилей и дорожно-строительных машин, которые эксплуатируют в Приднестровье.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Из-за сложившейся экономической ситуации в Приднестровье, состояние парка автомобилей и дорожно-строительных машин имеет предельные пробеги или превышающие их, что приводит к увеличению количества отказов и к снижению межремонтного ресурса и др. показатели их надёжности во время эксплуатации. Использование предельно-изношенной техники также связано с отсутствием необходимой ремонтно-обслуживающей базы, что приводит к большим затратам на содержание новой техники, особенно импортной. Так, например, при устранении отказов, затраты на запасные части составляют до 45...70% суммарных расходов на устранение неисправностей при ТО и ремонте, что связано с покупкой новых запасных частей. Очень часто запасные части оказываются не надлежащего качества, что приводит к снижению ресурса агрегата и общей работоспособности машины в целом [1, 2].

### **ТЕОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

От начала эксплуатации и до списания автомобиля и дорожно-строительные машины (ДСМ) выполняют большой объем полезной работы при непрерывном воздействии на них неблагоприятных внешних и внутренних факторов приводящих к ухудшению его технического состояния.

Основными причинами изменения технического состояния агрегатов машин является изнашивание, усталостные, тепловые и коррозионные разрушения [3], которые приводят к интенсивным изменениям начальных размеров, геометрической формы деталей и их взаимного расположения.

Изнашивание происходит под влиянием трех факторов: конструктивных, производственных и эксплуатационных.

Конструкционные особенности изделия – взаимного расположения деталей, допусков и посадок, вида материала и способа упрочнения.

Производственные – от соблюдения технологии производства, технических требований и технических условий при изготовлении и сборки в узлы, агрегаты и машину в целом.

Эксплуатационные – качества применяемых топлив и масел, условий эксплуатации, организации и технологии выполнения ТО и ремонта [4].

Зная долю износов, вызванных различными условиями эксплуатации в общем износе, можно определить факторы, оказывающие основное влияние на износ деталей. Это позволяет выявить наиболее эффективные пути повышения долговечности машин при минимальных затратах времени и средств, а также прогнозировать ресурс узлов, агрегатов и

машины в целом до капитального ремонта в зависимости от условий эксплуатации. Поэтому работа по восстановлению и повышению износостойкости может обеспечить максимальный технико-экономический эффект в том случае, если конструктивные разработки будут в первую очередь направлены на устранение факторов, вызывающих максимальный износ.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

При проведении исследований надежности автомобилей и дорожно-строительных машин, было выявлено, что на их работоспособность оказывают в основном следующие системы и оборудование: гидросистема, электрооборудование, топливная система [4, 5]. В свою очередь данные системы и оборудование определяются техническим состоянием таких ресурсопределяющих элементов, как золотники гидрораспределителей, плунжера масляных и топливных насосов и др., на которые приходится до 40% отказов и 70% затрат на ремонт [6, 7].

Межремонтный ресурс отремонтированного изделия также ограничивается ресурсом наименее долговечной замененной или восстановленной детали. Ресурс отремонтированных агрегатов или узлов, даже если при ремонте были установлены новые или восстановленные, до первоначального размера детали, будет всегда меньше, чем на новых машинах или агрегатах, вследствие увеличения скорости их изнашивания, исчерпывается ресурсом наименее долговечной детали или другого элемента [8].

Поэтому, для решения проблемы, прогнозирования показателей надёжности автомобилей и дорожно-строительных машин, эксплуатируемых в условиях Приднестровья, актуальным и объективно необходимым проводимым являются исследования по определению ресурсопределяющих деталей машин и выбора рационального способа их восстановления [9].

Следовательно, для повышения после ремонтного ресурса машин необходимо применять при восстановлении деталей упрочняющие технологии.

Известно, что существуют наиболее перспективные способы (нанесение полимерных композиционных материалов, электроискровое напыление и др.). Однако при выборе способа восстановления необходимо учесть – условия работы детали, и взаимодействие с сопрягаемой деталью. Поэтому выбор способа восстановления должен отвечать техническим требованиям эксплуатации агрегата или автомобиля в целом.

Обоснование выбора способа восстановления основывается на основе проработке конструктивного элемента (основной элементарной поверхности) который описывали с помощью конечного числа признаков, из которых один признак – самый главный, второй – тоже главный, но немного уступающий первому, третий – уступающий второму и т.д. [9]

Ранговое распределение позволило выделить главный признак «конструкции» - основная поверхность, а в качестве технологического признака «способ восстановления». Созданная альтернативная пара, в виде модели представлена на Рис. 1.

Из Рис. 1 видно, что существуют различные подходы к обоснованию выбора способа для восстановления деталей. Однако все методы сводятся к тому, что в основе выбора способа заложены вопросы экономики восстановления деталей, а также обеспечения необходимого качества отремонтированных сборочных единиц, агрегатов и машин [9].

Наличие в Приднестровье большой номенклатуры используемых автомобилей и дорожно-строительных машин обуславливает необходимость при выборе способа восстанавливаемых деталей определить машины-представители. Определяя их, необходимо учитывать следующее:

1. Наибольший показатель степени унификации деталей и сборочных единиц.
2. Удельный вес в народном хозяйстве отдельных марок машин.
3. Перспективность машины-представителя.



**Рис. 1** Система «Основная восстанавливаемая поверхность-способ восстановления»

Анализируя номенклатуру запасных частей, определяют ремонтпригодность деталей с учетом их конструктивных особенностей и опыта восстановления. Каждая восстанавливаемая деталь должна отвечать предъявляемым к ней техническим и экономическим требованиям. Основное техническое требование — технический ресурс восстановленной детали, а экономическое себестоимость восстановления детали [10].

Для обеспечения этих требований возникает необходимость установления минимально и максимально допустимых значений технического ресурса, а также максимально допустимой стоимости восстановления детали. Кроме того очень важно учитывать влияния качества восстановления на ресурс работы агрегата или сборочной единицы.

При обезличенном ремонте машин восстановленная деталь может быть установлена, практически, на любую ремонтируемую машину. При достаточно высоком техническом ресурсе, восстановленная деталь может работать весь срок службы машины данной марки, до конца ресурса машины этой марки. В этом случае восстановленная деталь за свой срок службы может быть установлена и работать на нескольких машинах окончания эксплуатации данной марки машин. Из этих условий и определяют максимально допустимый ресурс восстановленной детали, который может быть равен сроку службы машины или даже парку машин.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований обеспечения надёжности автомобилей и дорожно-строительных машин было установлено наличие определенной зависимости между условной экономией, получаемой при восстановлении деталей, и ценой новой детали. Чем выше цена новой детали, тем больше значение условной экономии при восстановлении деталей. Вместе с тем восстанавливаемые детали не равноценны по получаемому экономическому эффекту. Например, группа деталей гидропривода эксплуатирующихся специализированными автомобилями и дорожно-строительными машинами, включает 6 наименований, в том числе корпус гидрораспределителя и насоса, золотники и клапана гидрораспределителей, плунжера масляных насосов, штоки гидроцилиндров, при восстановлении которых годовой экономический эффект составляет 80% всей условной экономии, получаемой при восстановлении деталей гидроприводов. На остальные детали приходится лишь 20% получаемой условной экономии.

Поэтому при выборе способа восстановления деталей машин, необходимо чтобы технические (ресурс не менее 80% от новой) и экономические (себестоимость не более 50%

от стоимости новой) критерии отвечали требованиям по обеспечению надёжности машин в целом.

#### **Список источников**

1. *Чеботарев М.И., Кадыров М.Р.* Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали : учеб. пособие. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 91 с.
2. *Мерданов Ш.М.* Ремонт строительных, дорожных и коммунальных машин: учебник / 2-е издание, испр. и доп. – Тюмень 2014. – 314 с.
3. *Котомчин А.Н., Зорин В.А.* Анализ отказов узлов и агрегатов специализированного автотранспорта, возникающих в процессе эксплуатации / Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2021 : Материалы VII международной научно-практической конференции, в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие», Горловка, 25 мая 2021 года. – Горловка: Автомобильно-дорожный институт донецкого национального технического университета, 2021. – С. 72-75.
4. *Ткаченко А.П., Павлов А.П.* Оценка технического состояния автотранспортных средств и производственно-технической базы автотранспортных предприятий Приднестровья / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2022. – № 4(71). – С. 56-62.
5. *Котомчин А.Н., Артёменко А.И.* Определение предельного износа деталей при эксплуатации автомобилей в Приднестровье / Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2021. – № 3(69). – С. 107-113.
6. *Котомчин А.Н., Ляхов Ю.Г.* Анализ отказов узлов и агрегатов строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин и специализированного автотранспорта на примере МУП "КоммуналДорСервис" г. Бендеры / Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2019. – № 3(63). – С. 174-178.
7. *Котомчин А.Н., Корнейчук Н.И.* Влияние условий эксплуатации дорожно-строительных машин и специализированного автотранспорта на ресурс их узлов и агрегатов / Технический сервис машин. – 2019. – № 2(135). – С. 135-142
8. *Котомчин А.Н., Синельников А.Ф., Корнейчук Н.И.* К вопросу выбора способа восстановления деталей машин / Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17, № 1(71). – С. 84-97.
9. *Котомчин А.Н., Ляхов Ю.Г., Ткаченко А.П.* Обоснование выбора номенклатуры деталей машин, восстанавливаемых электролитическими способами в условиях Приднестровья / Colloquium-Journal. – 2019. – № 19-1(43). – С. 39-41.
10. *Котомчин А.Н., Ляхов Е.Ю.* Восстановление деталей узлов и агрегатов техники, работающих при гидроабразивном изнашивании / Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 5. – С. 8-12.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Архипов А.В., магистрант 2 курса, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
Научный руководитель – Севрюгина Н.С., доцент кафедры ТСМиО, д.т.н., доцент*

#### **Аннотация**

Дано обоснование замены металлических элементов на элементы изготовленные при 3D- печати из композиционных материалов при дефиците комплектующих запасных частей.

Предложен алгоритм выбора технологического процесса при ремонтных работах в условиях сервисного предприятия.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Эксплуатация технологических машин проходит в очень тяжелых условиях не только по уровню нагрузок на рабочие органы и основные агрегаты, но и внешних воздействий, таких как влажность и запыленность [1-3].

Негативное воздействие внешних факторов на конструктивных элементах технологических машин вызывает изменение в металлах, в виде коррозии пластических деформаций, провоцирующих образование трещин и сколов, нарушение соединения и пр. [4]

В современном машиностроении все большее применение находят композиционные материалы, по физическим характеристикам не уступающим базовым материалам, а зачастую и имеющих большие запас прочности и срок службы [5].

Учитывая, что отрасль машиностроения сталкивается с дефицитом комплектующих и запасных частей, обеспечивающих поддержания технологических машин в работоспособном состоянии актуальным является задача расширения спектра применения композиционных материалов не только при конструировании, но также и в ремонтном производстве на специализированных центрах [6].

*Цель работы* заключается в обосновании замены материалов комплектующих рабочее оборудование на композиционные, обеспечив снижение нагрузок в парах трения и продлив срок службы сопряжения, на примере экскаватора CATERPILLAR 330/

При достижении поставленной цели решались следующие задачи: оценка конструктивного совершенства узлов трения, сопряжений рабочего оборудования технологической машины; разработка модели и изготовление прототипа регулировочной шайбы в соединении рама – стрела; обоснование применения узлов из композитных материалов.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Оценка имеющихся научно-практических разработок показывает широкий спектр использования композиционных материалов в элементах технологических машин. Из композитов изготавливают валы, тяги, шестерни, втулки, подшипники скольжения, шайбы и даже корпуса. На основе планов, чертежей и другой информации, можно изготовить большое количество прототипов для различных механизмов, тем самым удешевить стоимость конструкции и продлить срок службы узлов и агрегатов обезопасив их от коррозии [7].

В качестве примера проведен анализ конструктивного совершенства рабочего оборудования технологической машины, на примере экскаватора CATERPILLAR 330. Особое внимание уделено ремонтпригодности элементов, элементов наиболее интенсивно подверженных абразивному и коррозионному износу, это шарнирно-пальцевые соединения рабочего оборудования (рис.1).

Компоненты, восстановление которых позволит продлить срок службы узла/агрегата в целом выделены по признаку восстанавливаемости и ремонтпригодности (рис.1).

Проведенный статистический анализ позволил установить, что изменение в узлах трения одного из сопряжений усиливая нагрузки в других и начинает провоцировать повышенный износ, вызывая цепочку износных изменений, поэтому в периоды выполнения ремонтных воздействий крайне важным становится своевременная замена изношенного элемента [8].

В процессе эксплуатации поддержание работоспособности машин проводится путем выполнения регламентных работ обслуживания и ремонтно-восстановительных операций.

Следует отметить, что имеются конструктивные решения, позволяющие путем несложных модернизаций обеспечить длительную работоспособность узлов трения. Оценивая конструктивное совершенство базовых элементов выделены компоненты, восстановление которых позволит продлить срок службы узла/агрегата в целом, результаты сведены в табл. 1.



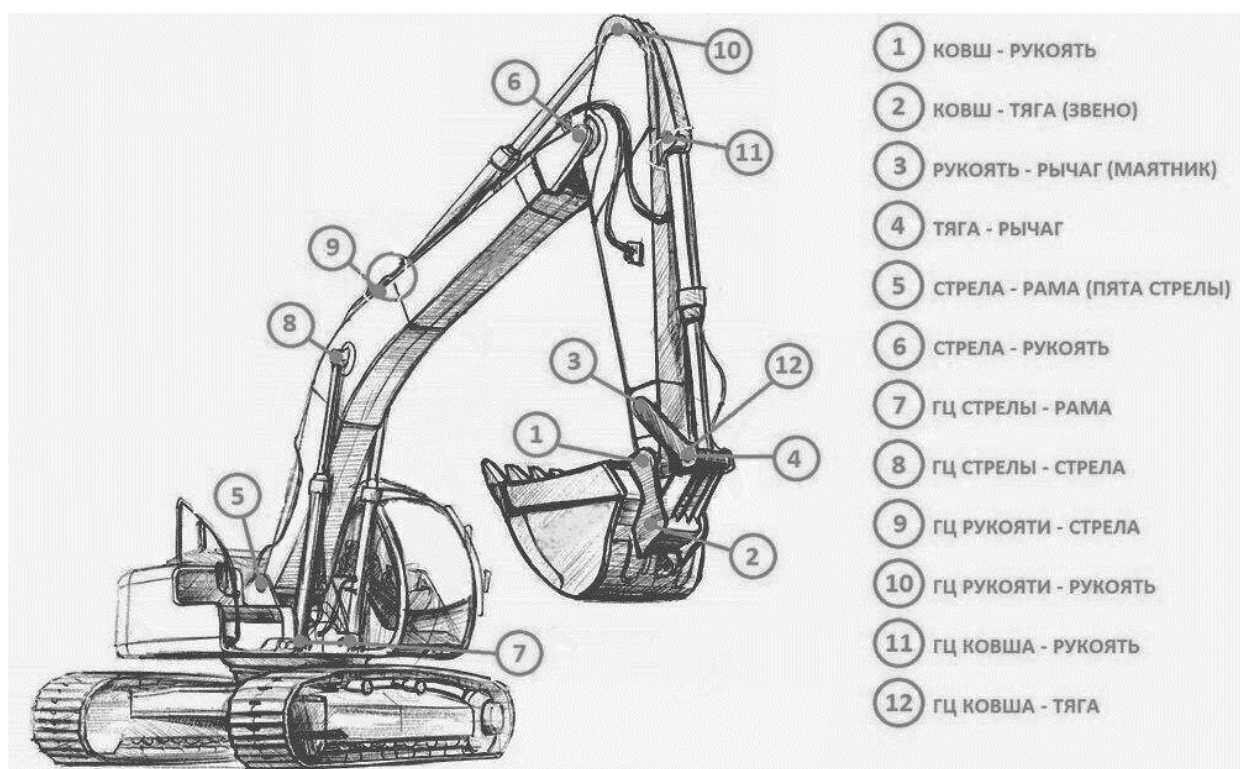


Рис. 1 Конструктивные элементы рабочего оборудования технологической машины

Табл. 1. Восстанавливаемые элементы узлов/агрегатов технологических машин

Наименование узла/агрегата	Наименование элемента	Способ восстановления	Период продления срока службы
1 Ковш-Рукоять	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
2 Ковш-Тяга	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
3 Рукоять-Рычаг	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
4 Тяга-Рычаг	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
5 Стрела-Рама	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
6 Стрела-Рукоять	Регулировочная шайба и втулка	3D печать	3000м.ч.
7 ГЦ Стрелы-Рама	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.
8 ГЦ Стрелы- Стрела	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.
9 ГЦ Рукояти-Стрела	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.
10 ГЦ Рукояти-Рукоять	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.
11 ГЦ Ковша-Рукоять	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.
12 ГЦ Ковша-Тяга	Регулировочная шайба	3D печать	2000м.ч.

Представленные в таблице сопряжения элементов рабочего оборудования, конструктивно имеют втулку, являющуюся элементом узла трения и регулировочные шайбы, предназначенные для компенсации зазоров и контроля уровня нагрузок в узле трения. Применение данного вида шайб уменьшает износ трущихся между собой механизмов в различных соединениях, представленных выше. Это позволяет увеличить ресурс узла без больших затрат на работы по восстановлению поверхности или замене изношенных частей проушин рамы, стрелы, рукояти или ковша, которые в специализированных ремонтных мастерских требуют высокую трудоемкость и квалификацию исполнителей.

Установлено, что в рассмотренных компонентах, имеется возможность выполнить из композиционного материала применяя технологии 3D – печати регулировочную шайбу (рис. 2).



Рис. 2 Применение регулировочных шайб из композиционных материалов в сопряжениях рабочего органа

Технология изготовления шайб достаточно проста для начала внедрения в ремонтный процесс мастерских данных операций, алгоритм представлен на рис.3.



Рис. 3 Алгоритм выбора технологического процесса при ремонтных работах в условиях сервисного предприятия

После освоения технологических операций замены базовых деталей на 3D – печать из композиционных материалов на сервисных предприятиях предлагается перейти на изготовление более сложных по форме запасных элементов, сократив тем самым простой технологических машин из-за нехватки запасных частей [9, 10].

## ВЫВОД

Дано обоснование замены металлических элементов на элементы изготовленные при 3D- печати из композиционных материалов при дефиците комплектующих запасных частей.

Расчеты показывают, что при замене деталей на композиционные есть возможность продления их срока службы на 2000 – 3000 мото часов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Фоменко Ю.В., Севрюгина Н.С., Веретнов А.Л.* Транспортная логистика как эффективно функционирование и развитие деятельности предприятия строительной отрасли // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов : сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 263-265.
2. *Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С.* Анализ износа деталей транспортных и технологических машин: Методическое пособие; РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2020. – 37 с.
3. *Апатенко А.С.* Совершенствование системы технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 74-77.
4. *Sevryugina N., Kapyrin P.* Technological machines, construction resources, efficiency and safety // MATEC Web of Conferences, Chisinau, 31 мая – 02 2018 года. Vol. 178. – Chisinau: EDP Sciences, 2018. – P. 06017. – DOI 10.1051/mateconf/201817806017.
5. *Валуева М.И., Евдокимов А.А., Начаркина А.В., Губин А.М.* Полимерные композиционные материалы и технологии в автомобилестроении (обзор) // Труды ВИАМ. – 2022. – № 1(107). – С. 53-65. – DOI 10.18577/2307-6046-2022-0-1-53-65. – EDN VDGLFT.
6. *Гриб В. В., Зорин В. А., Баурова Н. И.* Определение ресурса деталей машин, изготовленных из полимерных композиционных материалов, по совокупности показателей // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2018. – № 4. – С. 13-19. – EDN YWRMBQ.
7. *Жетесова Г.С., Чернышеюс О., Никонова Т.Ю.* [и др.] Анализ дефектов штоков карьерной техники и методов их устранения // Технология металлов. – 2021. – № 12. – С. 47-51. – DOI 10.31044/1684-2499-2021-0-12-47-51. – EDN PDKNWG.
8. *Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В.* Оценка параметров совместимости унифицированных элементов дорожных машин // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов : сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 201-208.
9. *Kapyrin P., Sevryugina N.* The procedural approach to reliability of objects of the raised level of responsibility / P. Kapyrin, // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365. – Moscow, 2018. – P. 042018. – DOI 10.1088/1757-899X/365/4/042018. – EDN YBUYPR.
10. *Севрюгина, Н.С.* Интегрирование теории вероятности случайных процессов в информационно-аналитическом комплексе мониторинга работоспособности дорожных машин // Интерстроймех - 2015: материалы МНПК, Казань, 09–11 сентября 2015 года / Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань: КГАСУ, 2015. – С. 188-192.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ИХ УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

*Болотников И.С., младший научный сотрудник ФГБОУ ВО МАДИ, г. Москва*

### Аннотация

В статье представлены результаты испытаний по оценке усталостной прочности углепластиков при положительной температуре и после выдержки при  $-50^{\circ}\text{C}$  в течение 60 и 120 часов. Применяемые при испытаниях образцы были получены фрезерованием с

использованием режимов резания, отличающихся частотой вращения фрезы. Испытания проводились методом циклического изгибающего трехточечного нагружения на заданную величину прогиба с регистрацией изменения напряжения каждые  $5 \cdot 10^3$  циклов. Суммарное количество циклов –  $10^5$ , частота циклического нагружения – 5 Гц. По результатам испытаний установлено, что наилучшими характеристиками усталостной прочности обладают углепластики, полученные фрезерованием с наименьшей частотой вращения фрезы. После выдержки в условиях отрицательной температуры разрушение всех серий образцов происходит при меньшем усилии, при этом наблюдается увеличение максимального прогиба. Влияние отрицательной температуры приводит к повышению интенсивности снижения прочности с увеличением числа циклов нагружения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из путей инновационного развития отечественного машиностроения является замещение металлических деталей машин на детали, изготовленные из полимерных композиционных материалов (ПКМ) [1, 2]. Однако отсутствие достоверной информации об изменении характеристик ПКМ в течение длительного времени, в том числе в критических условиях эксплуатации, препятствует внедрению композитов в отечественное производство [3].

Несмотря на небольшие объемы механической обработки деталей, изготовленных из ПКМ, от качества ее выполнения в значительной степени зависит долговечность изделий. В процессе механической обработки ПКМ подвергаются действию различных технологических факторов (силам резания, высокой температуре в зоне резания и пр.), которые могут привести к образованию таких дефектов как расслоение, выкрашивание связующего, термическая деструкция матрицы и пр. Наличие на поверхности реза микрповреждений в условиях циклического нагружения приводят к интенсивному накоплению поврежденности, образованию и росту макротрещины [4, 5], а влияние отрицательных температур способствует деструкции материала по свойствам и строению [6, 7]. Поэтому важной технологической задачей по обеспечению высокой долговечности композитных деталей является правильный выбор режущего инструмента и режимов механической обработки [8-10].

Цель работы заключается в определении режимов фрезерования углепластиков, обеспечивающих высокую усталостную прочность в условиях циклического изгибающего нагружения, в том числе после влияния отрицательной температуры.

## **МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ**

Образцы для выполнения испытаний были получены фрезерованием из отформованной плиты углепластика. Формование углепластика осуществлялось методом вакуумной инфузии из 4-х слоев углеродной ткани марки GG-240T (нить 3К) саржевого плетения, в качестве связующего использовалась эпоксидная смола марки EPR 320 с отвердителем марки EPH 943. Отверждение осуществлялось в вакуумной мешке при комнатной температуре в течение 24 часов с постотверждением в термошкафу при температуре  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 6 часов.

Фрезерование выполнялось рашпильной фрезой из твердосплавного материала марки AST417 ( $\varnothing 4\text{мм}$ ) при одинаковой подаче ( $s=150$  мм/мин) и частоте вращения:  $n_1 = 20 \cdot 10^3$  об/мин,  $n_2 = 15 \cdot 10^3$  об/мин,  $n_3 = 10 \cdot 10^3$  об/мин. Таким образом, были получены три серии образцов с габаритными размерами  $100 \times 15 \times 1,2$  мм. Образцы каждой серии изготавливались в трех комплектах. Первый комплект до выполнения испытаний хранился при комнатной температуре, второй и третий выдерживались в климатической камере KMN-64S при температуре  $-50^\circ\text{C}$  в течение 60 часов и 120 часов соответственно.

## **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Методика выполнения испытаний заключалась в циклическом трехточечном изгибающем нагружении образцов с частотой 5 Гц и амплитудой равной 80% от средней

величины максимального прогиба всех серий образцов, количество циклов нагружения принималось равным  $10^5$ , расстояние между опорами равно 80 мм. Циклическое нагружение осуществлялось с помощью разработанной и изготовленной установки (Патент на изобретение РФ № 2788917 от 25.01.2023).

С периодичностью  $5 \cdot 10^3$  циклов с помощью универсальной испытательной машины УТС 110 М-50 выполнялось измерение напряжения при заданной величине прогиба со скоростью равной 10 мм/мин. По полученным данным строились кривые зависимости изменения прочности образцов от числа циклов нагружения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Снижение частоты вращения фрезы приводит к увеличению сил резания и повышению температуры в зоне резания, при этом наблюдается повышение качества поверхности реза, характеризующееся отсутствием поврежденности, в частности, выкрашиванием связующего.

Результаты испытаний прочности изготовленных серий образцов при статическом трехточечном изгибе показали, что частота вращения фрезы не оказывает существенного влияния на прочность образцов при изгибе, однако ее уменьшение приводит к увеличению максимального прогиба, при котором происходит разрушение углепластиков (табл. 1), что является косвенным свидетельством снижения межслойной прочности. После выдержки при  $-50^\circ\text{C}$  в течение 60 часов разрушение образцов происходит при меньших напряжениях с увеличением величины максимального прогиба (на 5,5...7,5% для разных серий образцов), что указывает на существенное влияние отрицательной температуры на уменьшение межслойной прочности углепластиков.

Табл. 1. Максимальный прогиб углепластиков при разрушении до циклического нагружения

Номер серии образцов	Температура выдержки перед испытаниями	
	$+23 \pm 2^\circ\text{C}$	$50^\circ\text{C}$ (60 часов)
Серия 1	16,5	17,7
Серия 2	17	18
Серия 3	18,5	20

Средняя величина максимального прогиба всех серий образцов при хранении в условиях положительной температуры составляет 17,3 мм.

Для выполнения сравнительной оценки изменения прочности углепластиков, обработанных с различной частотой вращения фрезы, амплитуду циклического нагружения выбирали одинаковой для всех серий образцов - 14 мм (что составляет 80% от среднего значения максимального прогиба).

В результате выполненных испытаний были получены кривые зависимости прочности при заданном изгибе от количества циклов для сравниваемых серий образцов, в том числе после выдержки при  $-50^\circ\text{C}$  в течение 60 и 120 часов (рис. 1).

Разрушение образцов серии №1, хранившихся при положительной температуре, происходит после 35...55 тыс. циклов с потерей 10% прочности. После выдержки при  $-50^\circ\text{C}$  в течение 60 часов разрушение произошло при 65 тыс. циклов с потерей 9% прочности. На основании полученных результатов был сделан вывод, что исследование характеристик усталостной прочности для данной серии образцов при увеличенном времени выдержки в условиях отрицательной температуры является нецелесообразным.

У образцов серии №2 и №3 до достижения  $30 \cdot 10^3$  циклов наблюдается одинаковый характер изменения прочности с увеличением числа циклов (рис. 1а), после чего интенсивность потери прочности образцом серии №2 увеличивается и до полного числа циклов достигает ~26%, в то время как у образцов серии №3 падение составило всего 7,2%. Общая потеря прочности у образцов серии №2 составило ~32%.

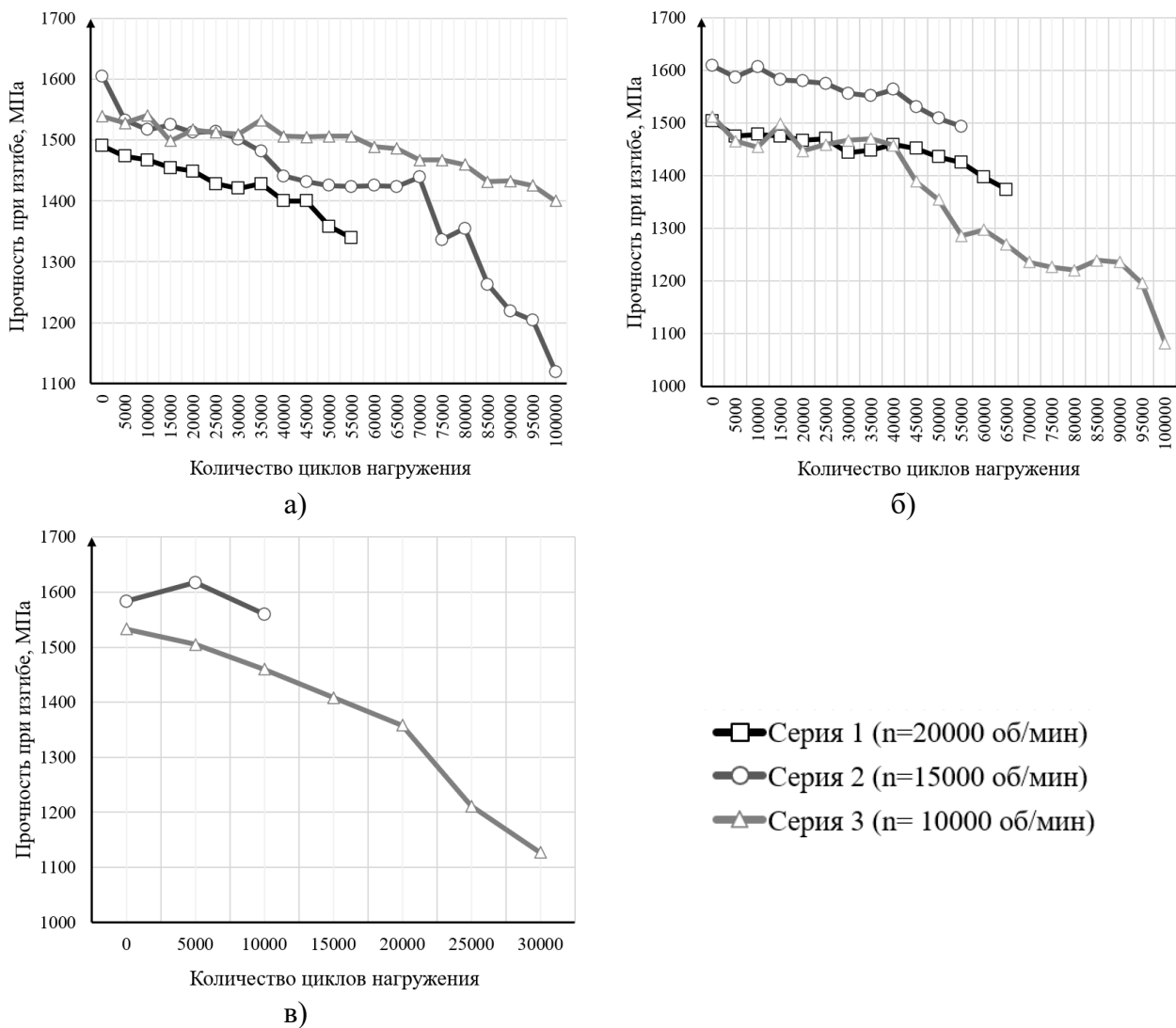


Рис. 1 Динамика изменения прочности образцов углепластиков после выдержки при положительной температуре +23±2°C (а), при -50°C в течение 60 часов (б) и 120 часов (в)

После выдержки в условиях отрицательной температуры образцы серии №2 разрушились в процессе испытаний, не выдержав полного числа циклов (рис. 1б), разрушение произошло после  $55 \cdot 10^3$  циклов с потерей 7% прочности. При увеличении времени выдержки в 2 раза (120 часов) разрушение образцов данной серии произошло после  $10 \cdot 10^3$  циклов с потерей 1% прочности (рис. 1в).

Наилучшими результатами при оценке усталостной прочности обладают образцы серии №3. После хранения при положительной температуре у образцов данной серии потеря прочности составила 9%. После выдержки при -50°C в течение 60 часов потеря прочности составила ~28%, при этом ~26% потери прочности приходится на период нагружения с  $35 \cdot 10^3$  циклов до полного числа циклов (рис. 1б). При увеличении времени выдержки при отрицательной температуре до 120 часов, разрушение образцов данной серии происходит при достижении  $30 \cdot 10^3$  циклов с потерей ~26% прочности (рис. 1в).

Полученные результаты указывают на существенное влияние сил резания и микродефектов на поверхности реза на интенсивность накопления поврежденности, зарождение и рост трещин в процессе циклического нагружения образцов, в том числе после влияния отрицательной температуры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных испытаний можно сделать заключение, что снижение в определенных пределах частоты вращения фрезы при механической обработке кромок углепластика позволяет получить более высокое качество поверхности реза, снизить излишнюю жесткость композита, достигая оптимальной межслойной прочности, обеспечивающей высокие показатели усталостной прочности при циклическом изгибающем нагружении, в том числе после влияния отрицательных температур.

*«Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту №FSFM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ»*

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Каблов Е.Н.* Композиты: сегодня и завтра // *Металлы Евразии*. 2015. №1. С. 36-39
2. *Дориомедов М.С.* Российский и мировой рынок полимерных композитов // *Труды ВИАМ*. 2020. №6-7 (89). С. 29-37.
3. *Дасковский, М.И., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю.* Систематизация базисных факторов, препятствующих внедрению полимерных композиционных материалов в России (обзор) // *Труды ВИАМ*. 2016. №5. С. 44-52.
4. *Арутюнян А.Р.* Критерии усталостной прочности композиционных материалов // *Доклады академии наук*. 2019. №5. С. 488-492.
5. *Берлин А.А.* Об усталостной прочности природных материалов // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2019. №7. С. 2–3.
6. *Бабенко Ф.И., Герасимов А.А., Родионов А.К., Сухов А.А., Федоров С.П., Федоров Ю.Ю.* Оценка эксплуатационных характеристик полимерных материалов и изделий в условиях холодного климата // *Вестник ЯГУ*. 2006. №1. С. 48-53.
7. *Бузник В.М., Каблов Е.Н.* Состояние и перспективы арктического материаловедения // *Вестник Российской академии наук*. 2017. №9. С. 827-839.
8. *Болотников И.С., Косенко Е.А.* Способы механической обработки деталей машин, изготовленных из волокнистых полимерных композиционных материалов (обзор) // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. 2021. №6. С. 35-38.
9. *Болотников И.С., Косенко Е.А., Демин П.Е.* Выбор режимов резания базальтопластиков // *Технология металлов*. 2022. №5. С. 33-41.
10. *Болотников И.С., Косенко Е.А., Баурова Н.И., Зорин В.А.* Обоснование выбора режущего инструмента при механической обработке кромок изделий из углепластиков // *СТИН*. 2022. №9. С.13-16.

#### **РАЗРАБОТКА НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДОРОЖНЫХ ТРОСОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ**

*Быханов Н.Д., студент 4 курса группы АМ МАДИ, Тезякова М.А., студентка 4 курса группы АМ МАДИ, Баньковская Е.В., студентка 4 курса группы АМ МАДИ.  
Научный руководитель – Погонина А.М., к.т.н., доцент каф. ДСМ.*

#### **Аннотация**

Статья посвящена актуальной проблеме –разработке навесного оборудования для очистки тросовых ограждений дорог. Проектируемое навесное рабочее оборудование позволяет сократить использование ручного труда и ускорить процесса очистки тросовых ограждений. Предметом исследований являются параметры процесса взаимодействия материала щетки с загрязнениями. Цель данной работы заключается в проектировании конструкции навесного рабочего оборудования. Для проведения экспериментальных исследований разработана установка, моделирующая процесс удаления загрязнений. Также

были поставлены задачи: анализ существующих конструкций, определение эффективности удаления загрязнений. Для решения которых был создан макет центробежной щетки, установленный на стойке. Макет воспроизводит один из элементов конструкции, это позволяет определить процент очистки и актуальность разработки. Авторами разработан графический материал, который наглядно иллюстрирует результаты исследования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ограждения, расположенные вдоль проезжей части дороги и относящиеся к техническим средствам организации дорожного движения, используются для безопасности водителей. Эти ограждения нуждаются в очистке от снега, грязи и пыли в разное время года. Сегодня эти ограждения очищают вручную с помощью специальных служб. Это занимает много времени и производительность такого процесса низкая. Поэтому становится актуальной разработка нового оборудования, которое сможет автоматизировать процесс очистки тросовых ограждений и увеличить производительность эксплуатации.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В работе был проведен анализ существующих конструкций, в котором были рассмотрены конструкции щеточного оборудования, а также материалы, используемые для удаления загрязнений [4,5,6]. В качестве цели для дальнейших лабораторных исследований было определено следующее: для оценки качества очистки необходимо определить процент очистки и разработать методику расчета эффективности очистки.

Разработанная для экспериментальных исследований модель щеточного оборудования представляет собой вал, закрепленный на стойке. На стойку устанавливается щетка из специального материала. Щетка приводится в движение электродвигателем, который закреплен на стойке. Для обеспечения лучшей очистки используется веерная форсунка, закрепленная на защитных щитках. Также на стойке закреплен бак с насосом, от которого идет трубка к форсунке [2,3]. Установка в сборе представлена на рисунке 1.

Для определения процента очистки тросовых ограждений была проведена серия лабораторных экспериментов на модели рабочего щеточного оборудования. Она включает в себя определение площади очистки загрязненной поверхности от пыли, грязи, земли. После проведенного эксперимента для оценки площади загрязнения до и после очистки был использован Компас-3D. Для вычисления параметров был использован Excel, все полученные данные сведены в таблицы для того, чтобы отобразить результаты в виде графиков. С помощью графических результатов сделан вывод о качестве очистки разработанной установкой.



Рис. 1. Экспериментальная установка навесного оборудования

После включения насоса и электродвигателя щетка начинает вращение, центробежная сила заставляет ее раскрываться и прижиматься к очищаемой поверхности. Для обеспечения



большей прижимной силы требуется увеличить обороты двигателя. Форсунка распределяет жидкость до щетки и направлена под углом 10 градусов к очищаемой поверхности.

В ходе исследований было проведено пять серий эксперимента, включающие в себя 10 повторений. В качестве результатов занесен средний результат повторений. Примеры результатов очистки загрязнений представлены на развертках до (рис.2) и после (рис.3)



Рис. 2. Загрязненная поверхность до очистки

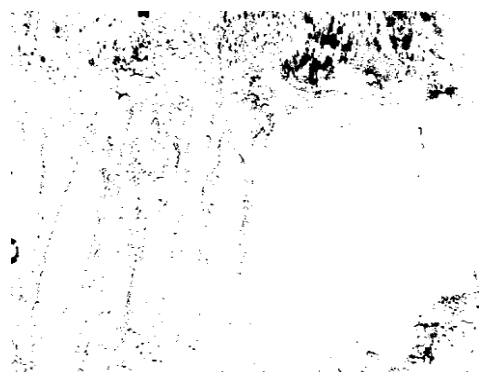


Рис.3. Загрязненная поверхность после очистки

Чтобы провести оценку площади загрязнения изображения были разбиты на элементарные площади с помощью Компаса 3D и рассчитаны автоматически.

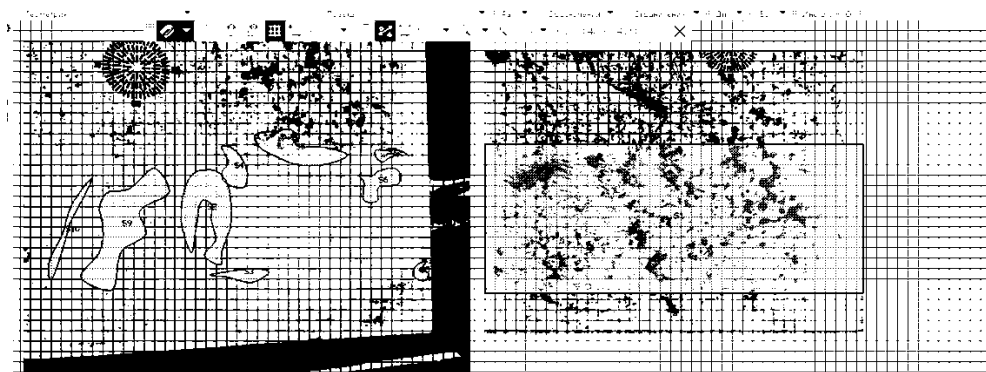


Рис.4. Анализ результатов очистки поверхности в программе Компас 3D

После оценки площадей, их значения заносятся в таблицу 1. Коэффициент очистки поверхности вычисляется как отношение площади очищенной поверхности к площади неочищенной поверхности:

$$K = \frac{S_o}{S_z}; \quad (1)$$

Табл.1. Результаты расчетов

Номер эксперимента	Коэффициент очистки, К.	Площадь загрязненной поверхности, $S_z$ , мм <sup>2</sup>	Площадь очищенной поверхности, $S_o$ , мм <sup>2</sup>
1	0,828	145786	120743
2	0,796	148956	117924
3	0,787	158731	124892
4	0,813	153120	124558
5	0,8002	147325	117891

Средний коэффициент очистки:  $K_{ср} = \frac{0,828+0,796+0,787+0,813+0,8002}{5} = 0,805$

После расчета среднего коэффициента очистки центробежной ленточной щётки, сравним эффективность её очистки с другими типами и материалом щёток, результаты исследований сведены с помощью Excel:

Тип щётки	Материал	Средний коэффициент очистки
Центробежная ленточная	смесь хлопка с полиэстером	0,805
Лотковая	полипропиленовый ворс	0,767
Капроновая	смесь хлопка с полиэстером	0,75
Цилиндрическая	полипропиленовый ворс	0,767



Рис.5. Результаты оценки эффективности очистки

Как видно из таблицы 1 наилучший результат показала предлагаемая конструкция. Она дает увеличение площади очистки в 1,5 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам исследования использования центробежной щетки, используемой в разрабатываемой конструкции, установлено, что максимальный коэффициент очистки загрязнённой поверхности составил 0,805. Что говорит об эффективности установки. Это позволит увеличить производительность очистки от загрязнений. Актуальность разработки подтверждает и новый материал, используемый для очистки. Он позволяет удалять загрязнение целиком, не размазывая его по поверхности. Целью дальнейших разработок ставится проектирование конструкции навесного оборудования и его установка на базовую машину.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте: учеб. для учреждений среднего проф. образования / А. Б. Николаев, С. В. Алексахин, И. А. Кузнецов и др. ; под ред. А. Б. Николаева .— 2-е изд., стер. — М. : Академия, 2012 .— 287 с. : ил., табл. — (Среднее профессиональное образование) .— с. 284
2. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для вузов / Т. В. Артемьева [и др.]; под ред. С. П. Стесина. – М.: «Академия», 2008.
3. Гидравлические и пневматические системы. Учебник для ВУЗов /А.В. Лепешкин, М.А. Михайлин; «Академия», М.,2008.
4. Зимнее содержание автомобильных: методические указания / Е.В. Жустарёва, В.И. Бочкарев, В.В. Ушаков, Д.Ю. Мишина, А.А. Фотиади. – М.: МАДИ, 2021. – 72 с.
5. Строительные и дорожные машины: учеб. для вузов по направлению "Подземно - транспорт. строит., дорож. машины и оборудование" Шестопапов, К.К.— М. : Академия, 2015 .— [383] с. : ил., табл., схемы .— (Высшее образование. Бакалавриат) - с. 379.
6. Основы строительной механики: Учебник / В.А. Игнатъев, В.В. Галишников; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т.— Волгоград : ВолгГАСУ, 2009 .— 637 с. : ил. — Библиогр.: с. 626-628.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО РЕЗИНОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА УДАРНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Вертий А.Е., магистрантка 2 курса, ФГБОУ ВО МАДИ, г. Москва  
Научный руководитель – Косенко Е.А., к.т.н.*

### Аннотация

В процессе эксплуатации детали машин находятся под воздействием различных нагрузок: сжатия, растяжения, двухосного растяжения/сжатия, а также локальных ударных воздействий от внешних источников. Поэтому применяемые при ремонте деталей машин эпоксидные составы должны удовлетворять комплексу технологических и эксплуатационных требований.

Цель данной работы заключается в повышении ударной прочности ремонтного эпоксидного состава за счёт использования мелкодисперсной резиновой крошки в качестве наполнителя.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по оценке изменения ударной прочности отвержденной эпоксидной смолы марки ЭД-20 при использовании в качестве ее наполнителя мелкодисперсной резиновой крошкой в количестве 5 мас. ч.

### ВВЕДЕНИЕ

Полимерные технологии получили широкое распространение в области ремонтного производства. С их помощью можно устранить небольшие трещины, раковины, прогары, пробоины и коррозионные повреждения [1]. Использование полимерных материалов позволяют обеспечить герметичность соединения, высокую долговечность отремонтированных деталей, а также снизить трудоемкость ремонта и технического обслуживания машин на 20-30% [2].

В области ремонта машин технологии с использованием полимерных материалов составляют серьезную конкуренцию традиционным методам, таким как сварка, пайка, наплавка, механическая обработка и пластическое деформирование [3]. Это связано с тем, что традиционные методы ремонта зачастую являются технологически сложными и трудоемкими, а также требуют наличия сварочного или паяльного оборудования [4]. Кроме этого, после заварки повреждения могут оставаться термические остаточные напряжения [5],

приводящие к быстрому зарождению трещин в зоне ремонта и преждевременному разрушению детали. Реализация традиционных методов ремонта при ненадлежащем соблюдении установленных правил также сопряжена с опасностями возгорания и взрыва [6].

В настоящее время полимерные технологии применяются при восстановлении корпусных элементов машин, блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания, элементов трансмиссии, систем охлаждения и выпуска отработавших газов двигателя, фланцевых и шпилечных соединений машин [3], а также топливных баков. Для устранения повреждений разработано большое количество различных ремонтных составов [7], в частности, металлонаполненных композиций [8, 9], которые обеспечивают высокие прочностные свойства и хорошую адгезию к металлическому субстрату, однако обладают высокой жесткостью, что негативно влияет на долговечность отремонтированных деталей в условиях вибрационных и локальных ударных нагрузок.

Для снижения излишней жёсткости и повышения ударной прочности отвержденных полимерных ремонтных составов в работе предлагается использовать в качестве наполнителя эпоксидной смолы мелкодисперсную резиновую крошку, обеспечивающую диссипацию энергии удара.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Испытания по определению ударной прочности проводились на полимерных образцах двух серий:

- 1) эпоксидная смола ЭД-20 без наполнителя;
- 2) эпоксидная смола ЭД-20 + мелкодисперсная резиновая крошка.

Для отверждения эпоксидной смолы использовался отвердитель ПЭПА в соотношении 10:1. Отверждение осуществлялось при комнатной температуре в течение 24 часов. В качестве наполнителя использовалась мелкодисперсная резиновая крошка в количестве 5 мас. ч. фракцией 0,1...1 мм (ГОСТ 8407-89 Сырье вторичное резиновое. Покрышки и камеры шин. Технические условия) Габаритные размеры образцов составили 15×10×55 мм

Испытания на ударную прочность проводились по методу Шарпи с помощью копра маятникового Testsystems ТСКМ – 300 при направлении удара маятника копра плашмя и в ребро с энергией удара 150 Дж.

Полученные результаты испытаний представлены на диаграмме (рис. 1).

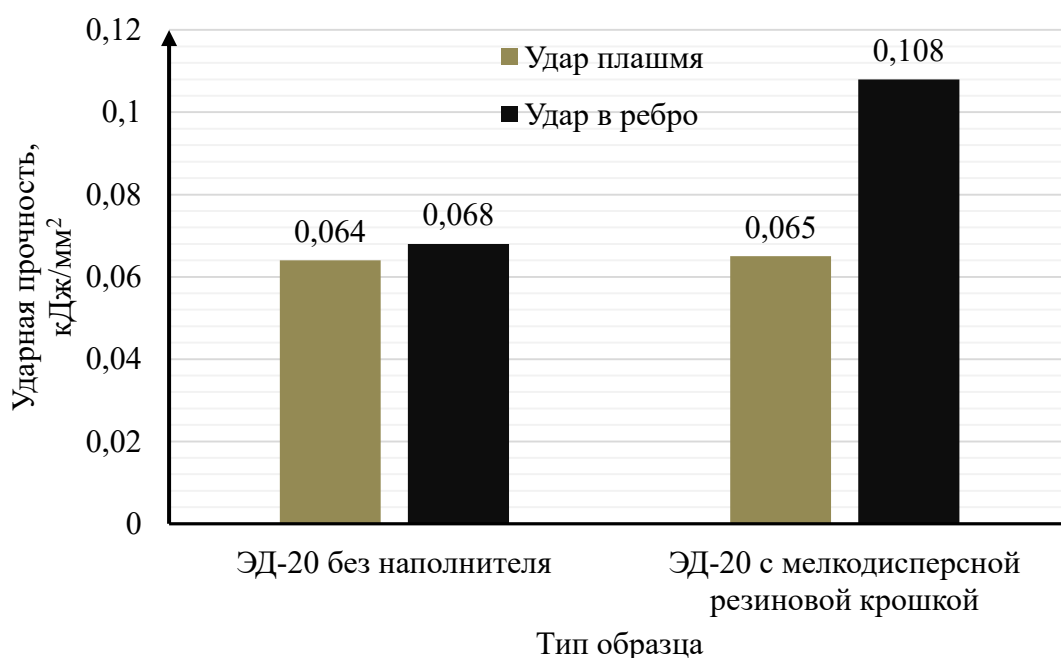


Рис. 1 Диаграмма результатов ударной прочности образцов

При ударе маятника копра плашмя у наполненных мелкодисперсной резиновой крошкой образцов наблюдается незначительное увеличение ударной прочности (на ~1,5%), однако, при ударе в ребро ударная прочность наполненной отвержденной эпоксидной смолы увеличилась на ~37%, что свидетельствует о положительном влиянии мелкодисперсной резиновой крошки на ударную прочность при увеличении «глубины» удара.

Результаты статистического анализа (табл.1) показали, что добавление мелкодисперсной резиновой крошки в состав эпоксидной смолы приводит к некоторому увеличению среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации, однако полученные статистические характеристики находятся в допустимых пределах.

Табл. 1. Статистические характеристики образцов при ударе в ребро

Тип образца	Среднее квадратическое отклонение, кДж/мм <sup>2</sup>		Коэффициент вариации, %	
	Удар в ребро	Удар плашмя	Удар в ребро	Удар плашмя
Ненаполненная эпоксидная смола	0,0016	0,0014	2,4	2,2
Эпоксидная смола с резиновой крошкой	0,0073	0,0017	6,8	2,6

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, мелкодисперсная резиновая крошка в составе эпоксидной смолы в количестве 5 мас. ч. позволяет обеспечить диссипацию энергии удара и повысить ударную прочность ремонтного состава.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баурова Н. И. Полимерные материалы для ремонта машин. Методические указания / Н.И. Баурова – М.: МАДИ, 2009. – 46 с.
2. Баурова Н.И. Диагностирование и ремонт машин с применением полимерных материалов: монография / Н.И. Баурова. – М.: ТехПолиграфЦентр, 2008. – 280 с.
3. Баурова Н. И. Зорин В. А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.
4. Синельников А. Ф. Организация технического обслуживания и ремонта подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в различных условиях эксплуатации: учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 336 с.
5. Мещеряков В.М., Косенко Е.Е., Косенко В.В., Крымский В. С. Обзор способов сварки элементов кузовов автомобилей // Инженерный вестник Дона, 2018. №1. с. 11-19.
6. Егунова Т.Н. Перспективы применения полимерных композиционных материалов при ремонте топливных баков машин // Новые материалы и технологии в машиностроении, 2020. №32. с. 64-67.
7. Петрова А.П. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги / А.П. Петрова, Г.В. Малышева; под ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2017. – 472 с.
8. Косенко Е.А., Кострыкин В.В. Применение металлонаполненных клеящих композиций при ремонте деталей машин // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. № 1(56). С. 70-75.

9. Косенко Е.А., Нигметзянов Р.И., Кострыкин В.В. Обоснование выбора способа механической обработки поверхностей деталей машин, подлежащих склеиванию металлонаполненными клеящими композициями // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 7. С. 30-35.

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПУТЕВЫХ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Головачева М.Р., 1 курс аспирантуры, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта»  
 Научный руководитель – Чалова М.Ю., доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические средства», к.т.н., доцент

### Аннотация

В настоящее время с ростом пассажирских и грузовых железнодорожных перевозок в области путевого хозяйства актуальным является улучшение качества и увеличение скорости процесса очистки снега в зимнее время года. В связи с этим необходимо обеспечить бесперебойную и безотказную работу снегоуборочных машин. Для снижения вероятности возникновения отказов и неисправностей узлов в процессе очистки снега необходимо при проектировании новых снегоочистительных машин и эксплуатации существующих с максимальной точностью оценивать ожидаемый ресурс работы машины до проведения ремонта, а также до окончания срока службы и последующей утилизации.

### ВВЕДЕНИЕ

Ежеквартально на основании наряд-заказа Проектно-конструкторским бюро по инфраструктуре - филиал ОАО «РЖД» - производится анализ отказов технических средств и механизированных комплексов, зарегистрированных в Комплексной автоматизированной системе учета, контроля устранения отказов (КАСАНТ). Из результатов анализа за период 2021-2022 гг., представленного на рис. 1, наибольшее количество отказов среди снегоуборочных и снегоочистительных машин – у СМ-2 (88%).

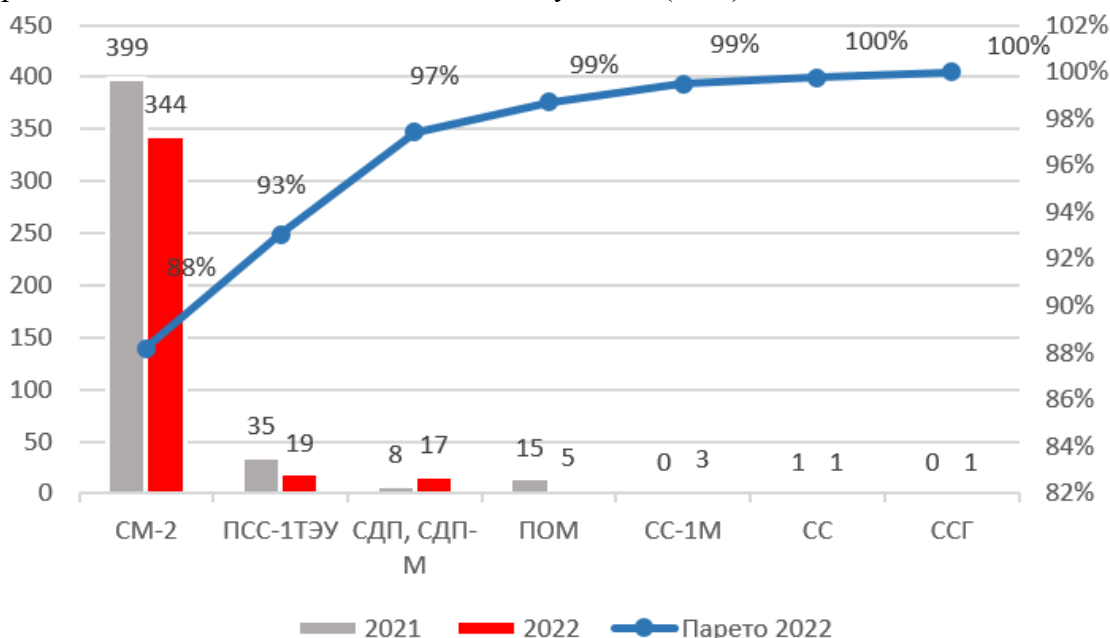


Рис.1 Анализ отказов по машинизированным комплексам (анализ Парето)

На рис. 2 представлено распределение отказов по узлам и механизмам. Среди наиболее часто возникающих отказов – неисправность транспортера вагона снегоуборочного

комплекса СМ-2 (51,7%), неисправность электрооборудования (21,3%), механизмов управления (10,6%), передач и колесных пар (3,7%).

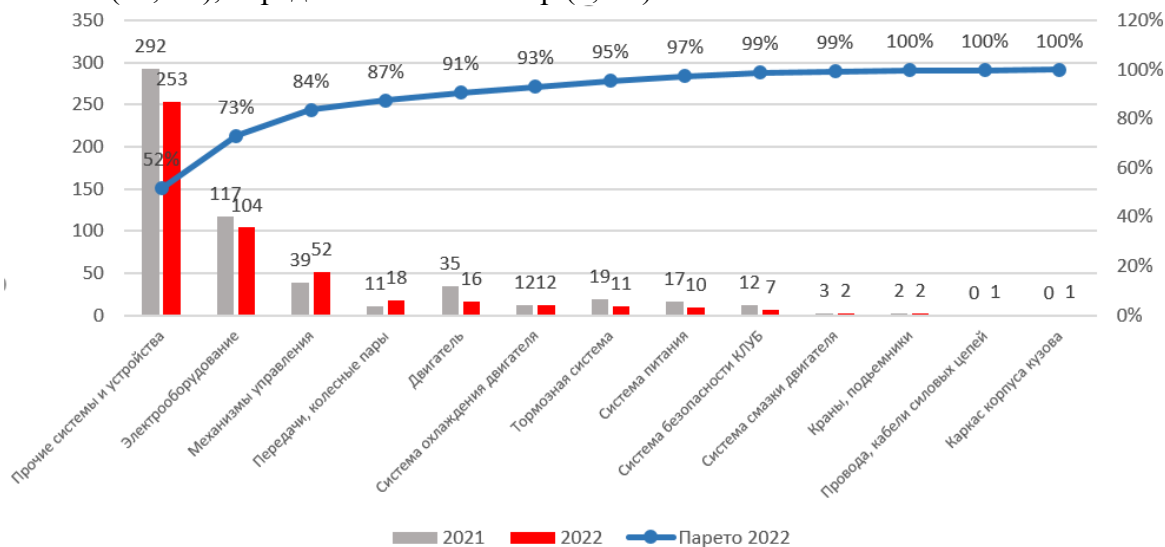


Рис.2 Анализ отказов по узлам снегоуборочного поезда (анализ Парето)

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Создаваемые конструкции (путевые машины) должны обеспечивать необходимую несущую способность и технический ресурс всех элементов, предназначенных для восприятия эксплуатационных нагрузок, в течение назначенного срока службы. Несущую способность элементов конструкции оценивают по допускаемым значениям: напряжений; коэффициентов запаса сопротивления усталости; коэффициентов запаса долговечности. На стадии проектирования специального подвижного состава узлы экипажной части (главная рама, кузов, кабина, рама ходовых тележек, шкворневой узел, оси колесных пар, буксы), а также несущие конструкции рабочих органов должны быть рассчитаны на прочность под действием сочетаний нагрузок: А - постоянно действующие статические нагрузки от сил тяжести брутто конструкции и установленного на ней оборудования и агрегатов, экипировочных материалов (воды, смазки и т.п.); Б - нагрузки, обусловленные технологией ремонта: выкатка колесной пары, установка кузова на домкраты, подъем краном при погрузке для транспортирования, а также подъем груза при неработающих выдвижных опорах (у железнодорожных кранов) и аварийный подъем одной стороны СПС вместе с тележкой за лобовый брус; В - нагрузки, возникающие при выполнении функций по назначению (рабочих операций); Г - продольные нагрузки, действующие вдоль оси и через автосцепки; Д - динамические нагрузки, возникающие при движении СПС в транспортном и рабочем режимах [1].

Надежность вагонов снегоуборочных машин рассчитывается как надежность любого специального подвижного состава. При расчете нагрузка на рабочий орган – конвейер – представляет собой равномерно распределенную силу по всей длине [1, 2]. В действительности давление снега представляет собой сосредоточенную нагрузку, так как снег попадает и перемещается по конвейеру неравномерно. На перемещение по конвейеру влияют распределение объемов снежной массы на железнодорожном пути, скорость движения снегоуборочной машины, изменение погодных условий в процессе снегоочистки [3]. Соответственно, нагрузка в различных частях конвейера не эквивалентна (снежные массы схематично указаны серым цветом на рис. 3). Этот фактор может оказать существенное влияние на расчет надежности рамы машины, ходовых тележек и буксовых узлов, так как при их расчете на прочность учитывается вес рабочего органа с грузом.

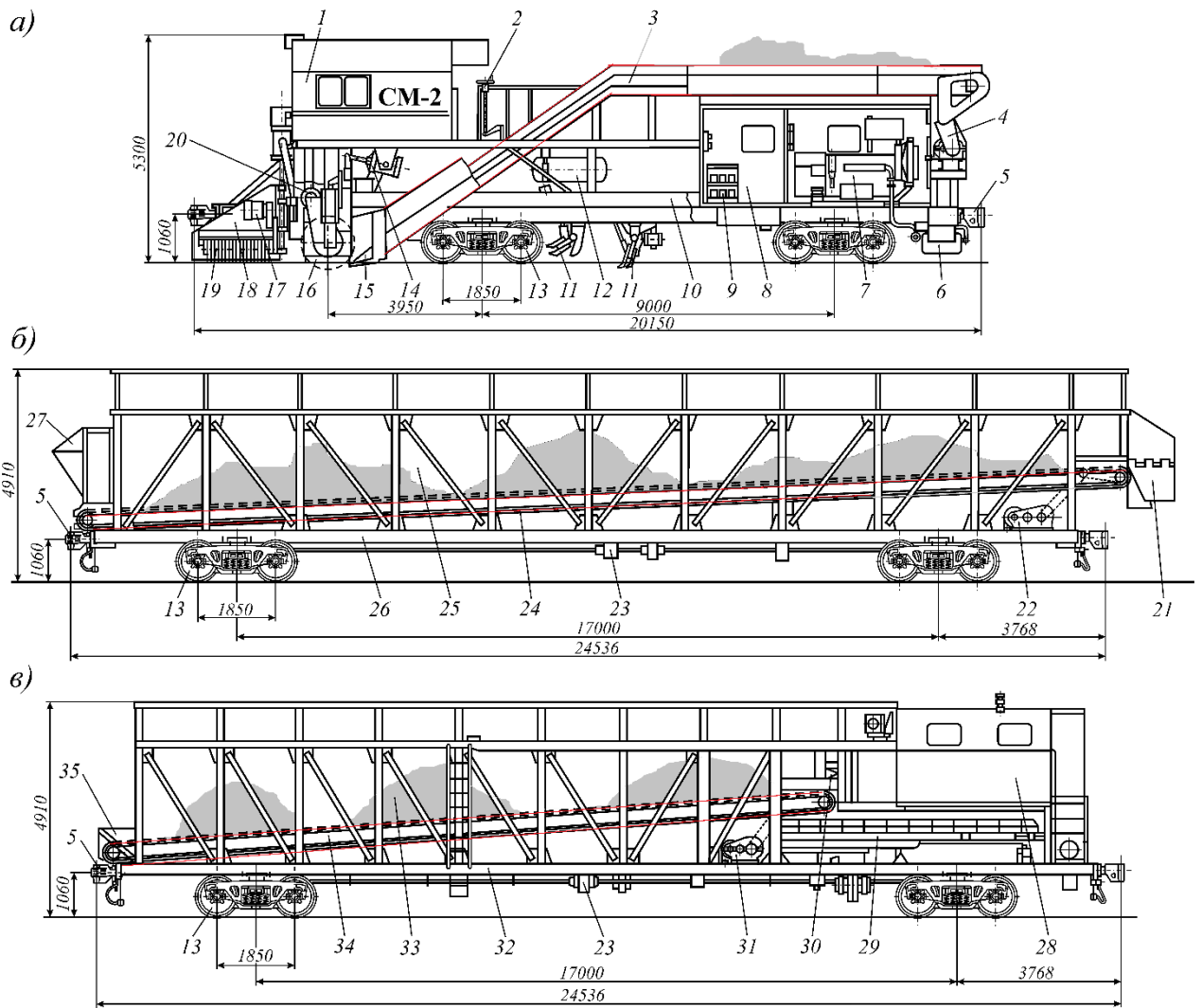


Рис. 3 Снегоуборочный поезд: а – головная машина СМ-2 (модификаций А, Б, М, МС (самоходная) и МГМ); б и в – промежуточный и концевой (разгрузочный) полувагоны: 1 и 28 – кабины управления; 2 – ручной стояночный тормоз; 3 – ленточный питающий конвейер; 4, 22 и 31 – приводы питающего и напольных конвейеров; 5 – автосцепки; 6 – топливный бак; 7 – дизель-электрический агрегат переменного тока; 8 – дизельная кабина; 9 – аккумуляторная батарея; 10, 26 и 32 – рамы головной машины, промежуточного и концевого полувагонов; 11 – льдоскалывающие устройства; 12 и 23 – тормозная и рабочая пневмосистемы; 13 – ходовые тележки; 14 – привод подъема и опускания щеточного ротора; 15 – подрезной нож; 16 – щеточный ротор-питатель; 17 – привод боковых щеток; 18 – боковые крылья; 19 – боковые щетки; 20 – привод щеточного ротора питателя; 21 – перегрузочные устройство; 24 и 34 – напольные пластинчатые конвейеры-накопители; 25 и 33 – емкости для снега и засорителей; 27 и 35 – загрузочные бункеры; 29 – выбросной поворотный ленточный конвейер; 30 – лопастной рыхлитель [2]

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что при расчете надежности, определения наработки до постановки в ремонт, а также срока службы вагонов снегоуборочного комплекса, необходимо учитывать влияние неравномерного распределения нагрузки от снега. При корректном расчете надежности комплекса можно уменьшить процент отказов и неплановых ремонтов снегоуборочных машин.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 31846-2012 «Специальный подвижной состав. Требования к прочности несущих конструкций и динамическим качествам»
2. Путьевые машины: полный курс: учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта / М. В. Попович и др.; под ред. М. В. Поповича и В. М. Бугаенко. - Москва: Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. трансп., 2019. – 960 с.
3. 0154.00.000 ТО. Техническое описание и руководство по эксплуатации СМ-2.

## ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ И МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН

*Гонсалес Сантос Рафаэль Хосе, магистрант 2 курса группы ТНК-271, Российский университет транспорта, г. Москва*

*Научный руководитель – Сладкова Л.А., профессор каф. НТТС, д.т.н., профессор*

### Аннотация

Статистический анализ, проведенный учеными различных стран мира, а также автором, свидетельствует о том, что доля отказов машин основного технологического назначения остается высокой. Это требует пересмотра нормативных документов, по которым проводятся техническое обслуживание машин, капитальный ремонт, формирование запаса запасных частей ко всем видам техники. Создание методики формирования комплектов запасных частей для наземных транспортно-технологических машин является актуальной проблемой для повышения долговечности строительной и дорожной техники.

### ВВЕДЕНИЕ

Выполняемые объемы земляных работ во всех отраслях народного хозяйства исчисляются миллионами кубических метров в год. Для этих целей задействованы машины основного технологического назначения из числа наземных транспортно-технологических комплексов. Они используются в различных климатических зонах России и заняты при строительстве зданий и сооружений, при создании, ремонте, содержании и восстановлении сети автомобильных дорог, возведении ирригационных и фортификационных сооружений, а также при расчистке завалов в условиях чрезвычайных ситуаций.

Исследования взаимосвязанной работы систем машины усложняются из-за влияния на них взаимосвязанных факторов, возникающих при их эксплуатации. Это обусловило разночтения в источниках нормативной литературы сроков проведения эксплуатационного обслуживания машин.

При внедрении формы агрегатного метода ремонта необходимо рациональное формирование ремонтных комплектов сборочных единиц, заменяемых при различных видах ремонта строительных машин и дорожных машин [1, 2]. Предлагаемая методика основана на обработке реальных статистических данных работы сборочных единиц (узлов) до предельного состояния.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По результатам наблюдений вычисляют оценки математических ожиданий  $\bar{t}_i$  и дисперсий  $S_i^2$  по наработкам исследуемых сборочных единиц (узлов) до их предельного состояния. Соответствующие ремонтные комплекты формируют, объединяя узлы с равными (однородными) средними наработками при заданном уровне значимости  $\alpha$ . Для этой цели используют критерий Стьюдента  $t$ , применяемый для независимых случайных выборок большого и малого объема [3] информации. В случае однородных оценок используют дисперсии  $S_i^2$  генеральных совокупностей, предварительно сравниваемых с помощью критерия Бартлетта М. при малых выборках. При больших выборках равного объема применяют критерий Кохрена –  $G$ .

Ниже приведем алгоритм обработки статистических данных при формировании ремонтных комплектов.

1. Проверяют однородность оценок дисперсий всех сборочных единиц (узлов) машины по вышерассмотренным критериям, расположив вычисленные дисперсии  $S_i^2$  в порядке возрастания:

- если дисперсии  $S_i^2$  однородны, то переходят к п. 2;

- если гипотеза об однородности дисперсий  $S_i^2$  отвергается, то резко выделяющиеся значения наработок исключают из рассмотрения и повторяют проверку по п. 1 для меньшего (оставшегося) числа узлов.

2. Проверяют гипотезу о равенстве двух средних значений  $\bar{t}_{min}$  и  $\bar{t}_{max}$ . При этом:

- если гипотеза о равенстве средних значений не отвергается, то узлы с наработкой  $\bar{t}_{min} < \bar{t}_i < \bar{t}_{max}$  образуют ремонтный комплект;

- если  $\bar{t}_{min}$  и  $\bar{t}_{max}$  неоднородны, то исключают из рассмотрения резко выделяющиеся значения  $\bar{t}$  и повторяют вычисления по п. 2 для меньшего числа узлов.

3. Для всех исключенных из рассмотрения узлов повторяют вычислительные операции, начиная с п. 1.

Приведем *пример* формирования ремонтных комплектов по результатам исследования наработок до предельного состояния узлов гидропривода экскаваторов ЭО-4121 (см. табл. 1). Представленные статистические характеристики распределений произведены по выборкам равного объема  $N_i = 60$  наработок узлов гидропривода. Требуется сформировать ремонтные комплекты при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Табл. 1 – Статистические характеристики наработок узлов гидропривода экскаватора ЭО-4121

№ п/п	Наименование узла	Среднее значение наработки, $\bar{t}_i$ , тыс. час.	Оценка дисперсии наработки, $S_i^2$ , (тыс. час) <sup>2</sup>
1.	Насос	2,62	0,58
2.	Гидроцилиндр рукояти	2,77	0,59
3.	Гидроцилиндр стрелы	2,74	0,76
4.	Гидроцилиндр ковша	2,84	0,81
5.	Гидроцилиндр поворота	2,68	1,10
6.	Гидрораспределитель трехсекционный	2,24	1,20
7.	Гидрораспределитель четырехсекционный	2,27	1,91
8.	Гидромоторы механизма передвижения	2,59	6,60
	<b>Накопленные суммы</b>		<b>13,56</b>

На основании полученных статистических данных таблицы, приведенной выше, проверяют нулевую гипотезу о равенстве восьми дисперсий  $D_1 = D_2 = \dots = D_8$  генеральных совокупностей  $H_0$ . Поскольку все выборки одинаковы и достаточно велики (60 наработок), то для оценки их однородности используем критерий Кохрена. Для этого вычислим значение критерия  $G$ -статистики как отношение максимальной оценки дисперсии к сумме всех сравниваемых дисперсий  $S_i^2$ :

$$G = \frac{S_{i\max}^2}{\sum_{i=1}^8 S_i^2} = \frac{6,6}{13,56} = 0,4867.$$

Так как при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , числе степеней свободы  $f = 60 - 1 = 59$  и количестве выборок  $i = 8$  критическое значение  $G$ , выбираемое по таблице [4] равно:

$$G_{(\alpha=0,05; f=59; i=8)} = 0,1929 < 0,4867.$$

Это свидетельствует о том, что нулевую гипотезу отвергают.

Далее повторяют вычисления по п. 1, рассматривают первые семь оценок дисперсий, сумма которых равна 6,95. Они также оказываются неоднородными. Затем рассматривают первые шесть дисперсий, относящихся к узлам с первой позиции 1 по шестую, вычисляя G-критерий Кохрена. В этом случае сумма оценок дисперсий равна 5,04:

$$G = \frac{1,2}{5,04} = 0,2381.$$

Критическое значение  $G$ , выбранное по таблице [4] равно:

$$G_{(\alpha=0,05; f=59; i=6)} = 0,2499 > 0,2381.$$

Это свидетельствует об однородности выборки и поэтому гипотезу о равенстве дисперсий не отвергают и переходят к п. 2.

В таблице видно, что из шести первых узлов минимальную среднюю наработку имеет трехсекционный гидрораспределитель (2,24 тыс. час), а максимальную – гидроцилиндр ковша (2,84 тыс. час). Значение  $t$ -статистики при равном числе наблюдений будет равно:

$$t = \frac{(\bar{t}_4 - \bar{t}_6)\sqrt{N}}{\sqrt{S_4^2 + S_6^2}} = \frac{(2,84 - 2,24)\sqrt{60}}{\sqrt{0,81 + 1,2}} = 3,279.$$

Для двухсторонней критической области при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и числе степеней свободы  $k = 2N - 2 = 2 \cdot 60 - 2 = 118$  имеет место, что  $t_{(\alpha=0,05; k=118)} = 1,98 < 3,279$ .

Поскольку условие превышения табличного значения критерия Стьюдента не выполняется, то конкурирующая гипотеза  $H_1$  имеет вид:

$$M(t_4) = M(t_6).$$

В этом случае гипотеза о равенстве средних отвергается.

Исключив из рассмотрения резко выделяющееся среднее значение наработки трехсекционного гидрораспределителя, оценивают однородность максимального и минимального средних значений наработок для пяти оставшихся узлов, проверяя нулевую гипотезу  $H_0$ :

$$M(t_1) = M(t_4).$$

Тогда:

$$t = \frac{(\bar{t}_4 - \bar{t}_6)\sqrt{N}}{\sqrt{S_4^2 + S_6^2}} = \frac{(2,84 - 2/62)\sqrt{60}}{\sqrt{0,81 + 0,58}} = 1,446.$$

Так как  $t_{(\alpha=0,05; k=118)} = 1,98 < 1,446$ , то гипотезу о равенстве средних наработок не отвергают и объединяют в один комплект первые пять узлов, приняв их общую среднюю наработку и среднюю оценку дисперсии в качестве числовых характеристик наработки этого комплекта до предельного состояния.

Другими словами:

$$\bar{t}_{ik} = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{t}_i}{k} = \frac{13,65}{5} = 2,73 \text{ тыс. час};$$

$$S_{ik}^2 = \frac{\sum_{i=1}^5 S_i^2}{k} = \frac{4,4}{5} = 0,88 \text{ (тыс. час)}^2.$$

Анализируя показатели оставшихся трех узлов, определяют, что во второй ремонтный комплект следует объединить гидрораспределители, т.е.:

$$\bar{t}_{2k} = (\bar{t}_6 + \bar{t}_7) / 2 = (2,24 + 2,27) / 2 = 2,26 \text{ тыс. час};$$

$$S_{2k}^2 = \frac{(S_6^2 + S_7^2)}{2} = \frac{(1,20 + 1,91)}{2} = 1,56 \text{ (тыс. час)}^2.$$

Третий ремонтный комплект составляют гидромоторы механизма передвижения экскаватора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, найденные параметры наработок ремонтных комплектов используют для определения и обоснования периодичности замены (межконтрольной наработки) ремонтных комплектов, а также при решении задач управления обменным фондом.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования. – М.: Высш. шк., 1979. – 400 с.
2. Рекомендации по организации ремонта строительных машин агрегатным методом. – М.: Стройиздат, 1987. – 104 с.
3. Большев, Л.Н., Смирнов, Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983. – 416 с.

## КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗРУШЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Григорьев П.А., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент, РУТ (МИИТ), г. Москва*

*Сладкова Л.А., профессор каф. НТТС, д.т.н., профессор, РУТ (МИИТ), г. Москва*

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы использования строительной и дорожной техники при ликвидации разрушений в результате чрезвычайных ситуаций. В результате анализа установлено, что при оценке объема разрушений необходимо также учитывать дефекты, допущенные при строительстве зданий и сооружений. На основании проведенных исследований предлагается концепция, связанная с применением строительной и дорожной техники при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций с учетом объемов разрушений и износом самой техники.

### ВВЕДЕНИЕ

На основании исследований отечественных ученых по вопросам аварий промышленных зданий и сооружений в СССР и России создавались и корректировались современные СНиПы и требования к ведению строительных работ. Разрушения зданий и сооружений, как правило, являются результатом воздействия на них либо природных факторов (землетрясения, ураганы, паводки), либо техногенных (взрывы бытового газа, террористические акты, военные действия). Интенсивность разрушений зависит от показателей надежности и долговечности строительных объектов, которые, в настоящее время в силу определенных причин, связанных с привлечением к строительным работам неквалифицированных специалистов, оставляет желать лучшего.

Руководители 76% строительных предприятий считают имеющиеся производственные мощности достаточными, 2% – более чем достаточными и только 22% – недостаточными. При оценке рисков участия строительной и дорожной техники не был учтен факт наличия в эксплуатирующих организациях строительных и дорожных машин с истекшим сроком службы. По оценке специалистов, число машин с истекшим сроком службы достигает 55-69 % [1].

Снижение качества работ ведет к тому, что возникшие вероятные дефекты ухудшают не только условия эксплуатации строительных объектов, а в первую очередь снижают их несущую способность. Для оценки разрушений конструкций необходимо знать их возможные повреждения, несоответствия технологии возведения строительным нормам и правилам, имеющим место при ведении строительных работ.

В связи с тем, что кризис, связанный с коронавирусной инфекцией, еще в большей степени, обострил указанные проблемы в строительных площадках очевидна перспектива разработки концепции, связанной с использованием строительной и дорожной техники при устранении последствий ЧС. Очевидно, что при ликвидации последствий ЧС рациональным решением будет привлечение сил и ресурсов Министерства Обороны РФ.

Вопросу исследования аварий промышленных зданий и сооружений в СССР и России посвящены труды Б.И. Беляева, В.С. Корниенко, М.Н. Лащенко, Б.Н. Мизернюка,

В.А. Клевцова, И.А. Физделя, А.Н. Добромыслова и др., а за рубежом – Митцела, Мак-Кейга, Хэмонда, Агустина, Рибицки и др. На основании этих исследований корректировались современные СНиПы и различные требования к ведению строительных работ [2].

Учет дефектов при строительстве впервые был предпринят 1895 г. [3] М.Н. Герсевановым. В связи с участвовавшими авариями вновь возводимых строительных объектов, в 1937 г. всем проектным организациям по решению Главстройпрома НК ТП СССР было приказано организовать учет дефектов и аварий строительных комплексов. Так как все проведенные исследования проходили под грифом «Секретно», но практически ни один из результатов исследований не нашел практического применения. Только в период хрущевской оттепели в 1953г. обобщенные сведения о крупных авариях были опубликованы Ф.Д. Федоровым [3]. К сожалению, эти сведения касались аварий только за рубежом. Для исследования проблемы аварий строительных объектов, в США создан международный центр по их прогнозированию и предупреждению (центр по авариям), который выдает рекомендации по их предотвращению после тщательного изучения и анализа предыдущих аварий.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследуем разрушения зданий от воздействия обычных средств поражения. Площадь поражения снарядами Мк-4 (рис. 1) составляет 31400 м<sup>2</sup>. Его действия проявляются в виде механической энергии удара и давления взрыва заряда взрывчатого вещества. Под действием волны происходит выгибание стен наружу (рис. 2), происходят дополнительные виды разрушения от направленной волны внутри помещений здания (рис. 3) [4].

При проведении восстановительных работ на объектах, пострадавших в результате воздействия противника, чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного и природного характеров, должны оперативно разворачивать (организовывать) строительное (восстановительное) производство, объемы которых, состав сил и средств должны определяться в зависимости от степени разрушений. Существующие в этом направлении разработки, в своем большинстве содержат общие положения по организации и ведению восстановительных работ в укрупненных показателях. Предлагаемые методики имеют ограниченное применение, рассчитанное на воинские формирования в целом, что не всегда позволяет применять их к объектам специального назначения.



Рис.1. Снаряд МК-4

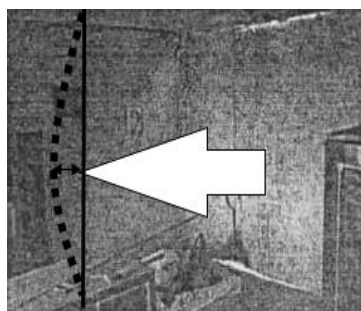


Рис. 2. Величина прогиба  $h$  в результате воздействия ударной волны

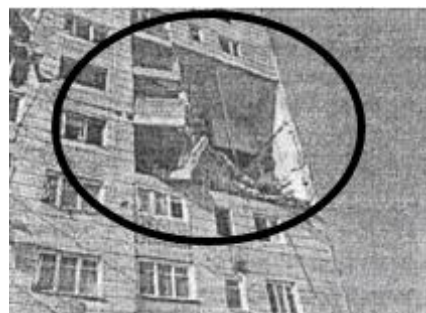


Рис. 3. Разрушения

Известно, что все виды восстановительных работ характеризуются ограниченностью по срокам проведения и неопределенностью ситуации.

Ниже приведен алгоритм определения объемов разрушений, характера и вида восстановительных работ на объектах специального строительства:

1. оценка параметров объектов специального строительства, подверженных разрушению;
2. определение объемов разрушений;

3. оценка результатов разрушений;
4. выводы по результатам расчетов.

Анализ объектов специального назначения в соответствии с классификационной характеристикой свидетельствует о том, что большинство из них относится к промышленным зданиям, запасы прочности и живучести которых во многом определяются выбранной методикой расчета с учетом дефектов строительства.

Проведем исследования наиболее часто встречающихся эксплуатационных повреждений элементов строительных сооружений, например, влияния трещинообразования на несущую способность конструкций. Известно, что трещины с определенной шириной раскрытия образуются в результате действия на элементы железобетонных конструкций нагрузки.

К числу других дефектов железобетонных конструкций относятся [5]:

- дефекты бетонирования;
- раковины;
- каверны;
- места с недостаточной толщиной защитного слоя бетона;
- высолы;
- ржавые пятна.

Очевиден тот факт, что оценка объемов разрушений при применении оружия обычного поражения должна проводиться с учетом поправки на такие факторы, как:

- износ зданий и сооружений;
- возможные дефекты, появляющиеся в процессе строительства.

Основным параметром при этом является опасность разрушения конструкции от разрушения других конструкций и сооружения в целом, образуя, тем самым, прогрессирующее разрушение. Это влияние можно оценивать коэффициентом значимости отдельных элементов конструкций [5].

Нарушения в процессе строительства являются, к сожалению, «типовыми», которые можно классифицировать [7]. Разрушение строительных конструкций может произойти из-за одного случайного дефекта или одновременного совпадения нескольких незначительных дефектов, т.е. в данном случае мы имеем дело с совмещенными событиями.

В настоящее время не существует надежных и хорошо проверенных качественных моделей, позволяющих связать конкретную ситуацию и результат, ввиду наличия неопределенности в надежности конструкций, непостоянстве нагрузок, воздействий, грунтов оснований, допускаемых ошибок при проектировании, строительстве и эксплуатации [5].

Показатели на этапе строительства и эксплуатации приняты по результатам практических наблюдений. Используя данные [7] примем нормативные данные обеспечения качества строительного объекта (вероятность безотказной работы  $p$ ) на этапах:

- проектирования – 0,99.
- строительства – 0,95;
- эксплуатации – 0,90;
- вероятность неразрушения строительной конструкции от применения оружия – 0,80.

Вероятность разрушения  $Q$  от дефекта, допущенного в процессе проектирования, строительства, эксплуатации и действия оружия равна [5]:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-2} + 10 \cdot 10^{-2} + 20 \cdot 10^{-2} = 36 \cdot 10^{-2}.$$

Эта цифра указывает на большую вероятность разрушения при наличии дефектов в сооружениях на 80%. Если бы учитывалось только действие оружие обычного поражения, то, например, вероятность разрушения составляла бы 20 зданий из 100. С учетом дефектов зданий объем разрушений возрастет до 36 зданий из 100, что в нашем примере на 80% больше запланированного при действии оружия.

Вероятность разрушения  $Q$  от совместного действия вышеуказанных факторов равна [5]:

$$Q = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 = 1 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10^{-2} = 36 \cdot 10^{-2},$$

что значительно меньше, чем в первом случае.

Наряду с прогнозированием сил и средств, необходимых для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с разрушением зданий и сооружений, является оценка рисков, связанная с готовностью и наличием этих средств в машинных парках. Необходимо учитывать, что в условиях ЧС работа должна проводиться круглосуточно в режиме ограниченного времени на ликвидацию. Расчеты сил и средств должны проводиться на основе сложившейся обстановки, а оценка рисков должна проводиться заблаговременно.

Работы по ликвидации последствий ЧС с привлечением техники – разнообразные:

- прокладка путей в зонах завалов зданий и сооружений;
- локализация и ликвидация аварий на коммунально-энергетических сетях (КЭС).

Большой объем работ в зоне аварии невозможно провести в короткие сроки без применения различной техники. Одной из основных задач при ликвидации последствий ЧС является формирование состава механизированных групп (техники), позволяющих осуществлять разбор завалов, извлечение пострадавших из-под завалов сооружений. Для механизации работ могут применяться имеющиеся на объекте различные типы и марки строительных машин и механизмов, а также техника, расположенная в ведении смежных предприятий.

При выборе оптимального варианта комплексной механизации, основным показателем является продолжительность производства работ, также учитывается оснащенность формирований ликвидаторов ЧС, объемы и характер необходимых работ.

Расчет техники проводится из условий:

- структуры разрушения  $K_3$ ;
- погодных условий  $K_{п}$ .

За исходные данные для расчета принимаются:

- средняя производительность механизированной группы  $P$ ;
- трудоемкость разбора завала –  $P_3$ ;
- снижение производительности при выполнении работ в средствах индивидуальной защиты  $K_{сиз}$ ;
- работа в темное время суток  $K_c$ .

Проведение расчетов техники позволяет оценить необходимое её количество при ведении работ в случае ЧС.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Для определения необходимого количества строительной-дорожной техники, которая задействуется при ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимо учитывать:

- очередность устранения последствий ЧС (степень важности объекта);
- комплексность технических средств;
- внешние условия (природные катаклизмы, погодные явления, социально-политические проблемы и т.д.).

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Сладкова Л.А. Анализ вероятности надежности наземных транспортно-технологических комплексов при ликвидации последствий ЧС // Строительные и дорожные машины. 2021. № 11. С. 10-18.
2. Некрестьянов, В.Н. Методика принятия решения при восстановлении разрушенных объектов / В. Н. Некрестьянов // Вестник МГСУ. 2014. № 8. С. 192-198.
3. Добромислов А.Н. Ошибки проектирования строительных конструкций / А.Н. Добромислов. М.: Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2008. 208 с.
4. Алборова Л.А. Исследования разрушений зданий в городе Цхинвал (Южная Осетия) от воздействия обычных средств поражения // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2009. № 1. С. 77-80.

5. Некрестьянов В.А. Оценки разрушений зданий и сооружений при воздействии оружия обычного поражения с учетом дефектов строительства / В.А. Некрестьянов, Л.А. Сладкова // Гуманитарный вестник. 2013. № 2(25). С. 340-348.

6. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций. – М.: Госстрой России, 2003. – 23 с.

7. Добросмыслов А.Н. Оценка необходимой точности расчета железобетонных конструкций. // Строительство и архитектура. Известия высших учебн. заведений. 1976. № 7. С. 3-8.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШАССИ «ГЕКСАПОД» ДЛЯ ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА

*Зейн Алдин А. (Сирия), аспирант 3 курса МАДИ*

*Научный руководитель – Мандровский К.П., доцент каф. ДМ МАДИ, к.т.н., доцент*

### Аннотация

В эксплуатации шагающих экскаваторов [1-3] существуют трудности при перемещении по труднопроходимым или узким участкам, в связи с чем предлагается к использованию шасси «гексапод», представляющее собой опорно-ходовое устройство с шестью манипуляторами-опорами.

### ВВЕДЕНИЕ

Процесс проектирования направлен на создание шестиопорного шагающего экскаватора с хорошими функциональными характеристиками и обеспечение точности выполнения функций этой установки при одновременном рассмотрении вопроса о сокращении производственных затрат.

Конструкция шагового экскаватора hexapod была создана с помощью SolidWorks, поскольку это хорошее программное обеспечение для создания механических конструкций и анализа конструкции.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Предлагаемая конструкция придает опорам (ногам) гексапода большую гибкость в передвижении по сравнению с предыдущими конструкциями [4,5].

Размеры ноги были выбраны так, чтобы они были примерно в три раза больше, чем у робота Boston dynamics spot robot [6-8], а в качестве конструктивных элементов выбраны сталь и алюминий.

На рисунке 1 показана предлагаемая конструкция ноги гексапода, состоящая из трех гидравлических цилиндров для управления его движением.

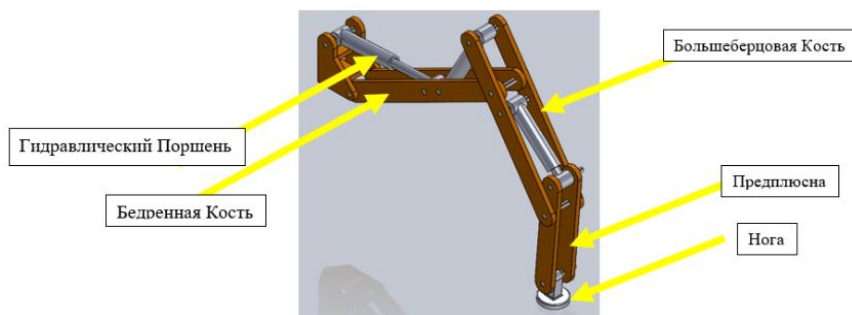


Рис. 1. Опорная конструкция гексапода

Опоры соединяются с корпусом гексапода с помощью вращательного соединения, управляемого гидравлическим цилиндром или гидравлическим вращательным двигателем на рис.2.



Оставшиеся три гидроцилиндра заставляют части ног (бедренную кость, большеберцовую кость и предплюсну) вращаться вокруг трех шарнирных соединений, как показано на рис. 3.

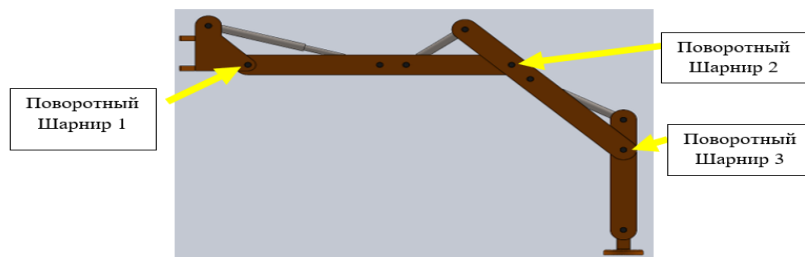


Рис. 2. Соединенные с корпусом гексапода

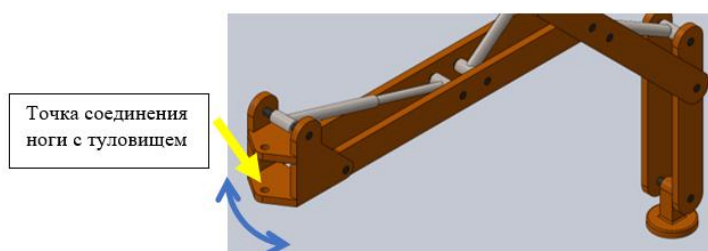


Рис. 3. Предлагаемые поворотные шарниры

Предлагаемая конструкция позволяет ступне ноги перемещаться вверх и вниз, а также приближаться к корпусу гексапода или удаляться.

Конечная часть ноги (ступня) соединяется с ногой с помощью свободно вращающегося шарнира без какого-либо привода, таким образом, нога может свободно перемещаться в соответствии с рельефом местности.

В предыдущих исследованиях многие конструкции были изобретены с использованием только двух звеньев (бедренная кость, большеберцовая кость без предплюсневого звена) с использованием только двух приводов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предыдущее исследование показало новую конструкцию, которая дает большую гибкость в движении по сравнению с предыдущими конструкциями, которые были достигнуты для ноги гексапода, способного работать в труднодоступных местах. Данная конструкция выделялась как новое и качественное дополнение в области шагающих экскаваторов.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Исследование устойчивости колёсно-шагающих экскаваторов при помощи системы автоматизированного проектирования / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2018. – № 4(55). – С.34-38.
2. 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
3. Тюрин Я.И., Мандровский К.П. Обоснование разработки системы адаптивной подвески (системы активной безопасности) универсального колесно-шагающего экскаватора

/ Технические науки в России и за рубежом. V Международная научная конференция. – М.: Буки-Веди, 2016. – С. 56-59.

4. Кушнир А.П., Зейн Алдин А. Mobile robotic complex «JAD». РНТК ФТИ – 2021. 88-93 с.

5. Bhaveshkumar P Patel., J.M. Prajapati. Kinematics of mini hydraulic backhoe excavator – part: I. Vol. 2, No. 1, January 2013.

6. Кушнир А.П., Лившиц В.Б., Кобзев Д.С. Новые 3D технологии изготовления моделей. Информатика и технология. Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск XIX. М.: МГУПИ, 2013. 263 с.

7. Павловский В.Е. О разработках шагающих машин. ИПМ № 101, Москва, 2013. 3-27 с.

8. Jun He., Feng Gao. Mechanism, Actuation, Perception, and Control of Highly Dynamic Multilegged Robots: A Review, 2020. 2-30 с.

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПРЕИМУЩЕСТВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ ПОДМЕТАЛЬНО-УБОРОЧНЫХ МАШИН**

*Каберов А.В., магистрант 1 курса МАДИ в г. Москва*

*Научные руководители – Сергей Евгеньевич Сабуренков, доцент каф. ДМ, к.т.н., доцент;  
Ольга Юрьевна Улитич, доцент каф. ДМ, к.т.н.*

### **Аннотация**

В данной статье рассмотрены вакуумные подметально-уборочные машины, конструкция, их виды, различия, принцип работы, а также преимущества их использования. Эта техника пользуется спросом в связи с тем, что заменяет ручной труд, обеспечивает быструю и качественную очистку покрытий и может использоваться на широких дорогах, узких проездах, во дворах, на тротуарах и т.п. Осуществлен анализ изменений в конструкции и принципе работы на основании экскурса в историю создания вакуумных подметально-уборочных машин с 1917 года. Выявлены преимущества применения вакуумных подметально-уборочных машин при механизированной летней уборке от мусора, пыли и грязи дорог всех категорий, площадей, тротуаров и дворовых территорий.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Коммунальная техника занимает значительный сегмент российского рынка. Эта спецтехника традиционно представлена большим количеством машин и агрегатов как отечественного, так и импортного производства. С точки зрения технической эксплуатации целесообразно рассмотреть наиболее популярные модели.

Руководители коммунальных предприятий вынуждены обращать внимание не только на надежность и стоимость спецтехники, но и на качество процесса содержания территорий, что обусловлено изменениями в законодательной базе, которые касаются ужесточения нормативов уборки городских улиц (Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 19.12.2022) "Об отходах производства и потребления" (с изм. и доп., вступ. в силу с 06.01.2023)).

Вакуумно-подметальные уборочные машины представляют собой современные образцы коммунальной техники, сочетающие в себе высокую производительность с значительным экологическим эффектом [6], и предназначены для содержания дорог в крупных населенных пунктах, а также на частных территориях.

### **Применение вакуумно-подметальных уборочных машин**

Первые подметальные машины обеспечивали сметание или сдувание пыли и мусора в сторону, что не обеспечивало высокого качества уборки территорий города, так как после проведения такого технологического процесса смет возвращался на очищенную поверхность. В 1901 году английский инженер Хьюберт Бут впервые изобрел пылесос не

вакуумного типа, названный «Пыхтящий Билли». Конструкция этого пылесоса представляла собой двигатель внутреннего сгорания, работающий на бензине с фильтром из ткани, через который проходил воздух, всасывающийся с помощью поршневой помпы. Данная система не была универсальна и совершенна, отсутствовали щеточные устройства, а вся очистка проводилась с помощью всасывания смета через трубопроводы. Вакуумный пылесос Бута изначально использовался для отчистки жилых домов, впоследствии он доработал свою же систему и появились вакуумные подметально-уборочные машины, конструкция которых стала похожа на ту, что мы привыкли видеть сегодня на дорогах. Через некоторое время была произведена одна из первых европейских вакуумно-подметальных машин, которая появилась в Вене 1917 году.

Сегодня механизированная летняя уборка дворов, тротуаров и других узких мест от мусора, пыли и грязи не представляется возможным без применения современной технологии, которая предусматривает использование вакуумной подметальной уборочной машины. Эта техника позволяет собирать смет вдоль проезжей части дороги со скоростью до 5 км/ч, поэтому на широких магистралях она применяется в комплекте с другой уборочной техникой, которая обеспечивает сдвиг мусора к краю проезжей части с высокой скоростью, минимизируя помехи транспортному потоку. Преимуществом этой машины является качественный сбор смета в бункер за счет вакуумной системы всасывания. Далее происходит пневматическое транспортирование смета в бункер-мусоросборник, перемещение собранного мусора в специализированные места где производится механизированная разгрузка машины самосвальным способом, например, в ковш минипогрузчика или большегрузный контейнер для дальнейшей его утилизации [1].

Классификация вакуумных подметально-уборочных машин, следующая:

- малогабаритные;
- крупногабаритные.

Малогабаритная вакуумная подметально-уборочная машина – это универсальная, многофункциональная машина, с оригинальной компоновкой на специальном шасси, мощным и экономичным двигателем и большой емкостью мусоросборника. Вакуумная подметальная уборочная машина предназначена для уборки тротуаров и узких проемов, имеет малые габариты и весьма низкий уровень шума [5]. Подбор смета осуществляется подметальной и вакуумной системой с последующей транспортировкой мусора в бункер. Орошение убираемой поверхности снижает пылеобразование и увеличивает ресурс щеток.

Крупногабаритные вакуумные подметально-уборочные машины отличаются от малогабаритных: размерами и возможностью установки оборудования на шасси грузовых автомобилей, используются для чистки широких автомобильно-дорожных полос.

Параметры выбора габаритов коммунальной машины зависят от местности, объема работ и их трудоемкости, вида работ, специальных требований.

Технология работы вакуумной подметально-уборочной машины представляет собой сбор смета щетками и транспортирования его посредством центробежного насоса, который создает разреженный воздух осуществляет процесс всасывания, по специальным шахтам в контейнер, где собирается мусор. Мусорный контейнер оснащается системой фильтрации, которая задерживает мелкую пыль в нем и не позволяет выходить в атмосферу. Принципиальная схема работы данной машины показана на рисунке 2. После наполнения мусорного контейнера, его опорожняют самосвальным способом в специально выделенные места разгрузки. Работа вакуумной подметально-уборочной машины представляет собой практически полный технологический процесс, который предусматривает вычищение мусора лотковыми щетками с края дорожного полотна в всасывающие шахты, сбор мусора вакуумным оборудованием, транспортирование его в специальное место разгрузки и опорожнение контейнера самосвальным образом. Содержание широких дорог производится вакуумной подметальной уборочной машиной после прохода уборочной техники, обеспечивающей сдвиг смета в прилотковую зону дорожного покрытия щетками, которые

направляют его к всасывающим шахтам рабочего оборудования, посредством разряжения воздуха, создаваемого вакуумной установкой, и всасывания в специальный мусорный контейнер, для транспортирования к месту утилизации, где происходит разгрузка, например, самосвальным способом. Для предотвращения нанесения вреда окружающим и природе на вакуумных подметально-уборочных машинах устанавливают специальную водяную систему, которая обеспечивает процесс обеспыливания и смет, содержащий мелкие частички пыли, не поднимается в воздух [3].

Сегодня пользуются спросом малогабаритные вакуумные подметально-уборочные машины, аналогичные представленной на рисунке 2.

Производители малогабаритных вакуумных подметально-уборочных машин: Duelvo; Schmidt; Johnston; Karcher; Bucher.

Главным преимуществом вакуумных подметально-уборочных машин является способность очищать поверхности с твердым покрытием от песка, мелкой пыли, гравия, щебня, металлических предметов, пластиковых пакетов, бумаги, гвоздей, грунта, остатков растений и других подобных материалов, обеспечивая их сбор в специальный контейнер. Рабочее оборудование представляет собой рациональную комбинацию щеточной и вакуумной технологии воздействия на очищаемую твердую поверхность. Такая техника пользуется спросом для уборки больших открытых территорий, в том числе аэродромных площадок (рулежных дорожек, взлетно-посадочных полос, площадок отстоя воздушных судов). Необходимо отметить, что универсальность вакуумной подметально-уборочной машины позволяет летом успешно очищать дороги и тротуары от пыли и мусора, осенью эффективна данная техника при работе с листвой и грязью, а зимой используется только щеточное оборудование [4], либо другое навесное рабочее оборудование.



Рис. 1. Принципиальная схема работы ВПУМ

Применение вакуумных подметально-уборочных машин коммунальными службами не редкость. Одна щетка на вакуумной подметально-уборочной машине способна заменить ручную операцию по сбору смета вдоль дорожного полотна, так как ее расположение обеспечивает необходимый захват в прилотовой зоне и высокую производительность.

Малогабаритные машины позволяют эффективно справляться с уборкой дорожек в скверах и парках, а также узких проемах.

Вакуумные подметально-уборочные машины характеризуются повышенной эргономичностью, высокой скоростью работы, экологичностью.

Уборка территорий города вручную не дает высокой скорости выполнения работ, в случае применения специальных машин с уборочным оборудованием этого не происходит, так как оно снабжено системой контроля пыли. Техника всасывает пыль в специальный контейнер, который препятствует распылению пылевых частичек вокруг устройства [2].

### **Заключение**

В процессе совершенствования технологии применения коммунальной техники вакуумные подметально-уборочные машины представляют собой сложные механизмы, позволяющие поддерживать чистоту в условиях города. Преимуществом этой машины является качественный сбор мусора в бункер за счет вакуумной системы всасывания. Легкость подбора вакуумной подметально-уборочной машины зависит от величины площади уборки, начиная от малогабаритной вакуумной подметально-уборочной машины для уборки дорожки возле дома и заканчивая скоростными крупногабаритными вакуумными подметально-уборочными машинами для очистки автомагистрали. Эта техника позволяет проводить уборку на широких магистралях вдоль проезжей части дороги со скоростью до 5 км/ч, и применяется в комплекте с другими машинами, которые обеспечивают сдвиг мусора к краю проезжей части со скоростью, которая минимизирует помехи транспортному потоку. Применение вакуумных подметально-уборочных, их универсальность и технологичность, с обеспечением регламентных работ по уборке и мытью тротуаров, бордюров, городских дорог и т.п. увеличивает срок службы дорожных покрытий. Модульная конструкция и наличие широкого перечня навесного оборудования дают возможность использования крупногабаритных вакуумных подметально-уборочных машин на грузовых шасси круглый год.

### **Список источников**

1. Шестопапов, К. К. Содержание городских улиц с использованием вакуумных подметально-уборочных машин / К. К. Шестопапов, Н. К. Тагиева, И. В. Березуцкий // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 3. – С. 16-17.
2. Киреенок, М. С. Организация работы вакуумной подметально - уборочной машины в условиях мегаполиса / М. С. Киреенок // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 8(38). – С. 158-162.
3. Рязанцев, Д. К. Анализ конструкций рабочих органов подметально-уборочной техники / Д. К. Рязанцев, А. В. Алехин // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4. – № 2.
4. Баловнев, В. И. Подметально-уборочные машины / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов // Строительные и дорожные машины. – 2019. – № 9. – С. 13-20.
5. Жерновая, Н. А. Классификация и технология подметально-уборочных машин / Н. А. Жерновая // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2017 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 2643-2648.
6. Анисимов, А. П. Комментарий к Федеральному закону от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" / А. П. Анисимов, А. В. Кодолова, А. Ю. Чикильдина. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2009. – 368 с.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОТЛИЧИЯ МАШИН ДЛЯ ПОДБИВКИ И ВЫПРАВКИ ПУТИ НА СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДАХ

*Каранкевич М.С., студентка 4 курса группы ТНД-441 Российского Университета Транспорта РУТ(МИИТ) в г. Москва*

*Петров Д.С., студент 5 курса группы ТНД-541 Российского Университета Транспорта РУТ(МИИТ) в г. Москва*

*Научный руководитель - Чалова М.Ю., кандидат технических наук, доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» Российского Университета Транспорта РУТ (МИИТ) в г. Москва*

### **Аннотация**

В современных условиях для стабильной работы железнодорожного пути необходимо производить выправку и подбивку специальными путевыми машинами типа ВПР, которые обеспечивают должное состояние пути и производят текущее содержание, средний и капитальный ремонты. Основными на данный момент машинами, работающими на российских железных дорогах, являются ВПР, ВПРС, Unimat, ПМА, DUOMATIC и т.д. Несмотря на большой и схожий функционал машины для работ на магистральных линиях и на стрелочных переводах имеют несколько существенных конструктивных отличий, рассмотренных в данной статье.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Механическая подбивка железобетонных шпал предполагает уплотнение балласта под шпалами при выправке и подъеме пути. Балласт уплотняется с помощью вибрации рабочего полотна, которое должно входить в него на 5 сантиметров ниже постели шпалы. Для осуществления этих задач существуют специальные машины, работающие на магистральных линиях, такие как ВПР, и машины для стрелочных переводов – Unimat, ВПРС и т.п. В данной статье рассмотрены принципиальные отличия машин для работы на магистрали и на стрелочных переводах [1].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В настоящее время используется несколько видов машин для текущего содержания и ремонта железных дорог. Главными отличиями машин ВПР– работающих на магистральных линиях, и машин, работающих на стрелочных переводах, являются рабочие органы – подбивочные блоки, ПРУ и виброплита, которая необходима для уплотнения балластного плеча, имеющая одинаковую конструкцию и принцип работы как для магистральных машин, так и для машин, работающих на стрелочных переводах.

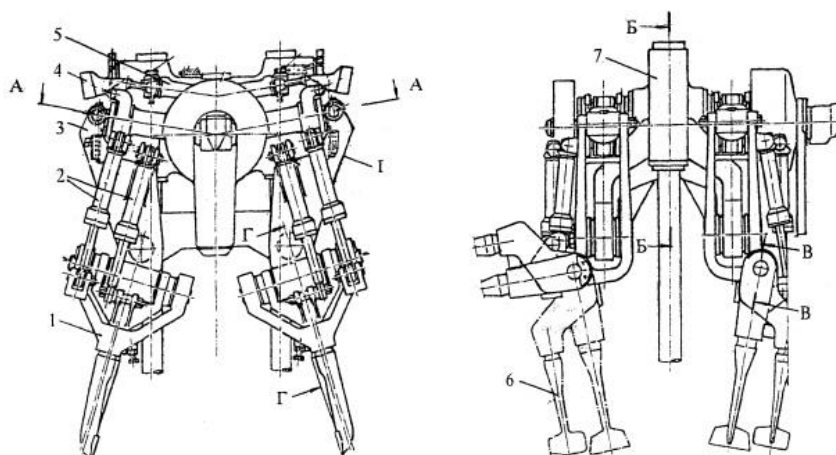
Для осуществления работы на стрелках машины ВПРС и Unimat оснащены подбивочными блоками (рис. 1), имеющими возможность отклоняться на определенный угол для совершения рабочих операций. Это происходит за счет поворота подбоек с помощью кронштейна.

Кронштейн для откидывания подбойки поворачивается при помощи гидроцилиндра, который обеспечивает поворот подбоек в сторону рельса до 15° и наружу от рельса до 85°, что обеспечивает подбивку брусьев в стесненных местах. Проушина корпуса гидроцилиндра соединена с кронштейном на щеке рычага при помощи пальца. Шток гидроцилиндра соединен с корпусом подбойки при помощи пальца, который установлен в имеющейся на нижнем рычаге проушине. Для компенсации возникающих перекосов в проушинах корпуса и штока гидроцилиндра установлены шарнирные подшипники [2].

Для работы на стрелочных переводах машинам необходимы механизмы, позволяющие обрабатывать путь, где находится больше двух рельс.

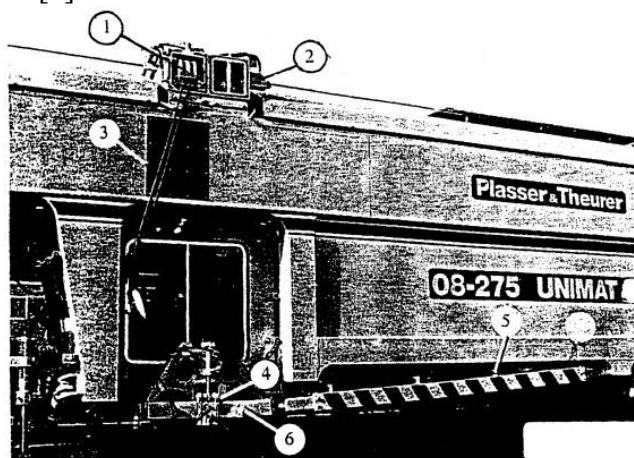
С помощью дополнительного подъемного устройства обеспечивается возможность подъема третьей нитки стрелочного перевода в зоне длинномерных брусьев. При этом нитки стрелочного перевода подбивает машина, а третью нитку подбивают ручными

шпалоподбойками, что обеспечивает стабильное положение стрелочного перевода после его обработки. Использование данного устройства возможно на левой или на правой стороне машины в зависимости от направления работы [2].



**Рис.1.** Подбивочный блок: 1 – нижний рычаг; 2 – гидроцилиндр; 3 – рычаг; 4 – фиксатор; 5 – пневмоцилиндр; 6 – подбойка; 7 – станина

Дополнительное подъемное устройство (рис. 2) состоит из двух телескопических стрел 1, подъемного троса 3, роликового захвата 4, соединительной балки 5 и конечного выключателя 2. В средней части машины, на крыше установлены две стрелы, одна стрела поднимает третью нитку стрелочного перевода справа от машины, а вторая стрела поднимает слева от машины [2].

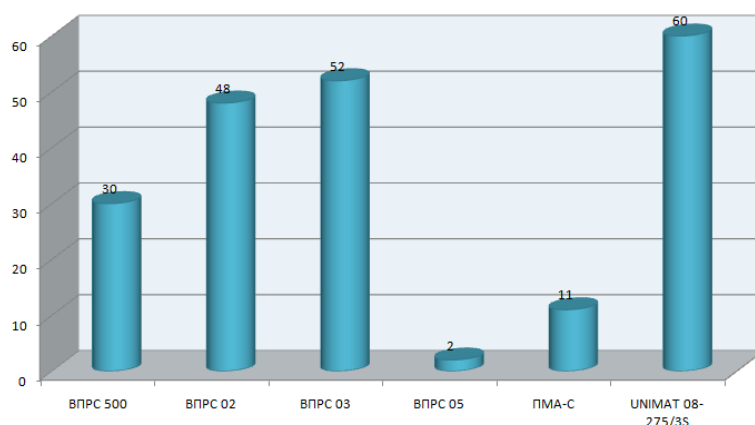


**Рис.2.** Дополнительное подъемно-рихтовочное устройство: 1 – стрела; 2 – конечный выключатель; 3 – подъемный трос; 4 – роликовый захват; 5 – соединительная балка; 6 – ролик

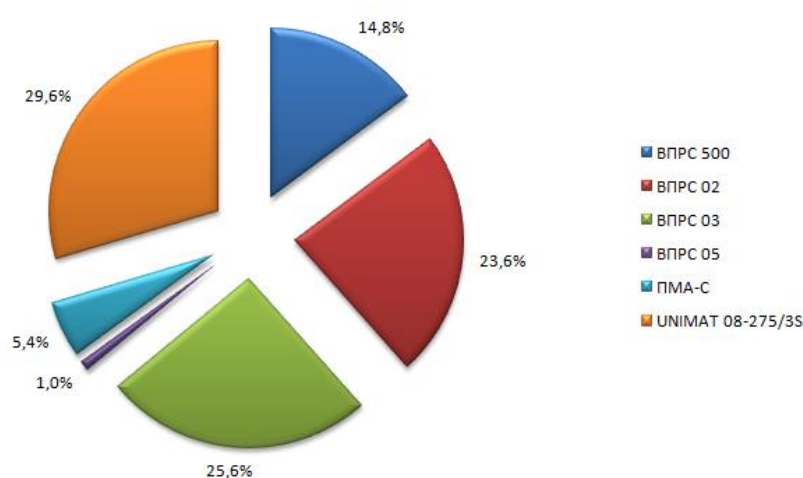
Благодаря такому устройству машины ВПРС и Unimat специализированы для работы на стрелочных переводах.

На железнодорожных путях России по официальным данным в составе ОАО «РЖД» в использовании находятся следующие машины, представленные на рисунках 3 и 4 [3].





**Рис.3.** Машины для работ на стрелочных переводах



**Рис.4.** Машины для работ на стрелочных переводах (процентное соотношение)

На данной диаграмме показано процентное соотношение машин, работающих на железной дороге. Из них можно выделить машины циклического действия – ВПРС (65%), и непрерывно-циклического действия – Unimat и ПМА-С (35%). ПМА-С- это машина, спроектированная по аналогии с австрийской машиной Unimat со схожим функционалом и принципу работы.

На рисунке 5 представлены данные о более современных машинах, используемых для работы на Российских железных дорогах. Из них ПМА-С насчитывает 11 машин.

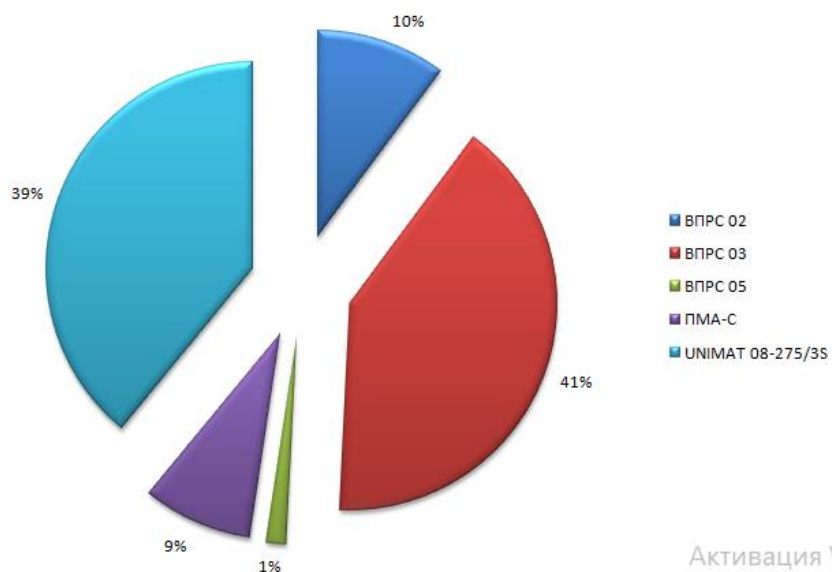
На основе гистограмм выявлены сведения о наличии каждой модели машин, в том числе и современных. Сравнивая количество машин, работающих в данной специализации, получаем, что приоритет отдается отечественным машинам, а число зарубежных составляет всего 29,6% от общего количества, и 39% среди современной техники.

### **ВЫВОД**

Проведя анализ конструктивных особенностей выправочно-подбивочных машин, приходим к выводу, что конструкции подбивочного блока и подъемно-рихтовочного устройства, описанные в данной статье, позволяют машинам этого класса работать на стрелочных переводах. На Российских железных дорогах преобладают машины циклического действия для подбивки рельсов стрелочных переводов типа ВПРС, которые составляют 52% среди современной техники, а из высокопроизводительных машин непрерывно-циклического действия существует только австрийская техника Unimat и ПМА-С, которые составляют 48%, но из них только 9% (ПМА-С) Российского производства. Именно поэтому, учитывая импортозамещение, необходимо создавать отечественные



высокопроизводительные машины для подбивки пути на стрелочных переводах непрерывно-циклического действия.



**Рис.5.** Машины для работ на стрелочных переводах (современные машины от 2000 года выпуска)

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Путьевые машины. Полный курс / А.Ю.Абдурашитов, А.В.Атаманюк, В.Б.Бредюк [и др.]; Под ред. профессора М.В. Поповича и В.М. Бугаенко. – Учебное издание., 2009. –957с.
2. Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина для стрелочных переводов UNIMAT 08-275/3S. Учебное пособие для студентов направлений 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» / М. Ю. Чалова, А. Н. Неклюдов, П. А. Григорьев, И. В. Трошко. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – 98 с.
3. База подвижного состава. URL: <https://railgallery.ru/list.php?mid=386> (дата обращения: 20.02.2023)

### РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОНСОЛЬНОГО КРАНА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ТРАНСФОРМАЦИИ В КРАН МОСТОВОГО ТИПА

*Каранкевич М.С., студентка 4 курса группы ТНД-441 Российского Университета Транспорта РУТ(МИИТ) в г. Москва*

*Научный руководитель – Трошко И.В., кандидат технических наук, доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» Российского Университета Транспорта РУТ (МИИТ) в г. Москва*

#### Аннотация

В настоящее время в нашей стране ведется активная политика импортозамещения и развития российской промышленности. Делается упор на модернизацию старой и создание новой строительной техники, позволяющей качественно выполнять работу, получать большую производительность и значительно упрощать работу человеку. В данной статье описано проектирование модели консольного крана с возможностью трансформации в кран

мостового типа. Показана модель крана, которая позволит увеличить рабочую зону, и будет использоваться на специализированных складах и ремонтных цехах производств.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Россия на протяжении многих лет подвергается огромному давлению со стороны так называемых западных (партнеров). Заканчивается эпоха, когда главное в партнёрстве было взаимное уважение, торговля, научная деятельность и т.д. В угоду ряда политиков из США и Европы Россию хотят уничтожить изнутри, обрушив её экономику. Ведены беспрецедентные санкции, которые затронули промышленный, энергетический, образовательный и научный секторы. Уход ряда иностранных компаний, особенно в сфере машиностроения, по плану западных партнёров должен отправить Россию в каменный век.

Выступая на «Петербургском Международном Экономическом Форуме» Президент Российской Федерации В.В. Путин сказал: «Мы должны, прежде всего, уделять внимание вопросам экономического роста, основанным на технологическом развитии, на новых моделях управления экономикой и социально-политической сферы. Вот тогда мы сможем обеспечить лидерство там, где у нас есть свои компетенции».

«Производить все и вся, конечно же, невозможно, да и не нужно, однако нам необходимо обладать всеми критическими технологиями, чтобы при необходимости в короткие сроки наладить собственное производство любой продукции», - цитата В.В. Путина, на ПМЭФ[1].

Одна из задач, перечисленных в выступлении президента РФ В.В. Путина, было образование. Будущие инженеры могут пополнить современные производственные коллективы, а на этапе учебного процесса предложить свои разработки для обеспечения различных технологических задач.

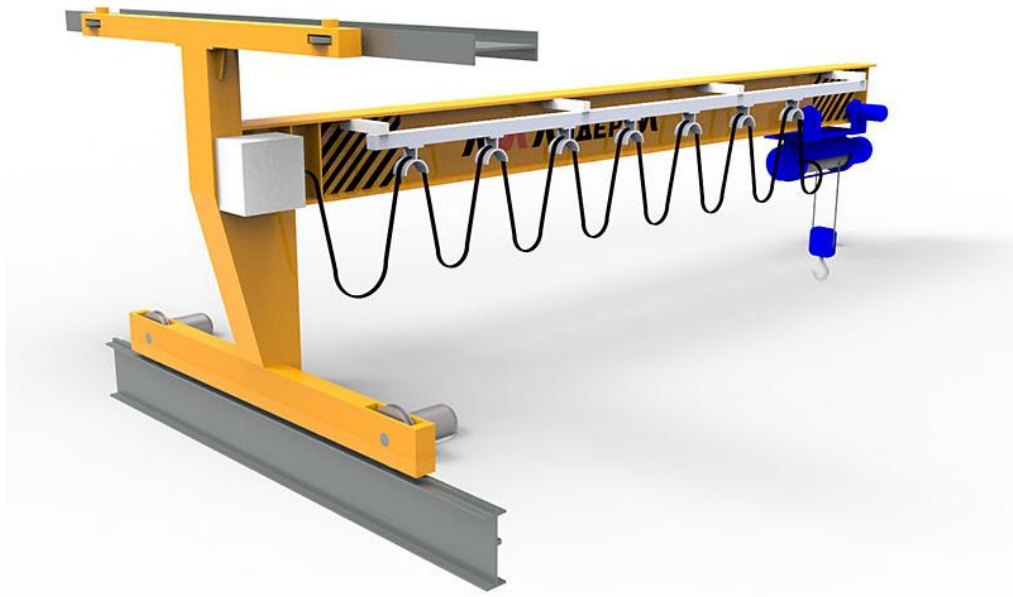
## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В данной статье рассмотрена разработка консольного крана с возможностью трансформироваться в кран мостового типа, реализовываемая и рассчитываемая в дипломном проекте.

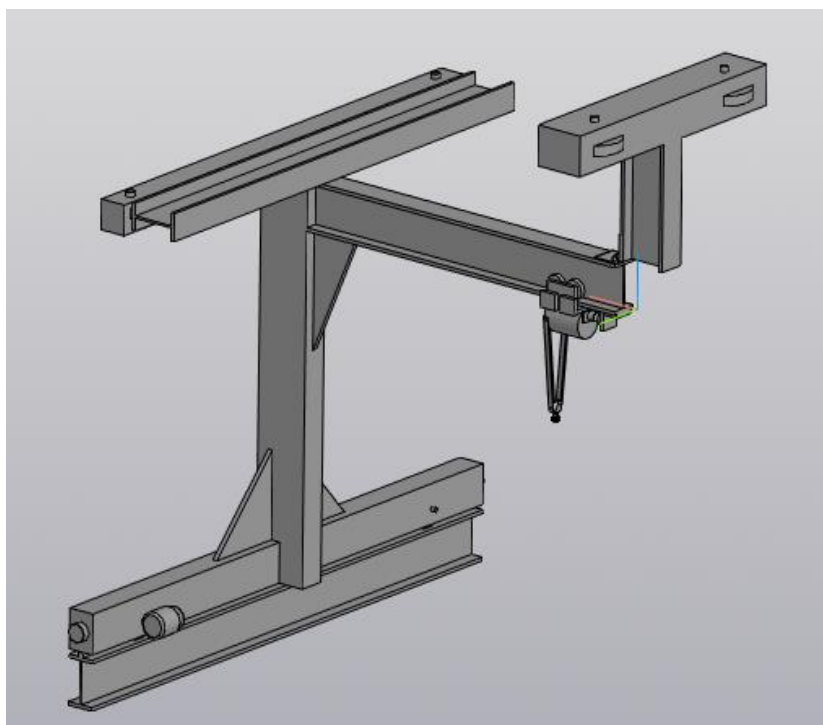
Целями дипломного проектирования является: систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности; развитие навыков ведения самостоятельной работы в области организации и проектирования информационно-справочного обслуживания пользователей; выработка ответственности за принимаемые проектные решения; оценка степени подготовленности студента применять полученные знания при решении конкретных научно-технических и производственно-экономических задач.

Актуальность представленной темы заключается в создании консольно-мостового крана для применения в различных производственных цехах или складском хозяйстве и небольших по объёмам выполняемых работ организаций. Например, производственные участки для обслуживания и ремонта автотракторной или путевой железнодорожной техники.

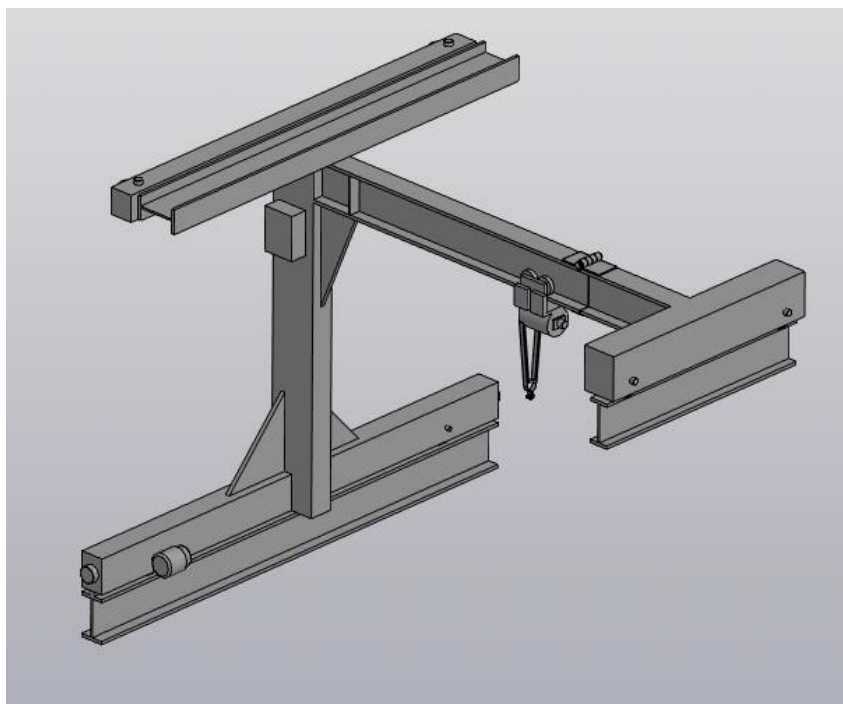
По проведенным расчетам согласно основным принципам расчета кранов проектируется кран, прототип которого изображен на рисунке 1 [2]. Результатом данной разработки станет модель, изображенная на рисунке 3. В начальном виде консольный кран будет иметь вертикально поднятую откидную часть (рис.2), которая с помощью специального устройства опускается в горизонтальное положение (рис.3), опираясь на подкрановый рельс, тем самым образуя мостовой кран. Такое решение позволит значительно увеличить рабочую зону крана, снизит затраты на покупку мостового крана, т.к. он дороже консольного. Такой кран возможен для использования в складах любой длины, потому что есть возможность использовать направляющий рельс в нужных размерах.



**Рис.1.** Консольный кран (прототип)



**Рис.2.** 3D модель консольного крана (в сложенном виде)



**Рис.3.** 3D модель консольного крана с трансформацией в кран мостового типа (в разложенном виде)

### **ВЫВОД**

В ходе проделанной работы на данный момент получена модель консольного крана-балки мостового типа. Представленная модель имеет ряд преимуществ, описанных в статье. Основной для выполнения данной работы стала задача увеличить рабочую зону крана и разработать новое исполнение консольного крана. Таким образом, есть возможность модернизировать отечественные краны, исключая необходимость закупки нового иностранного оборудования.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Санкт-Петербургский международный экономический форум. URL: <https://forumspb.com/en/> (дата обращения: 30.03.2023)
2. . Грузоподъемные машины и оборудование. Часть 1: Учебно-методическое пособие к курсовой работе / Неклюдов А.Н., Трошко И.В., Григорьев П.А., Чалова М.Ю. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 49 с.

### **ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ РЕЛЬСОШПАНОЙ РЕШЕТКИ ПРИ РЕМОНТЕ ПУТИ**

*Кириленков А.С., Филатчев В.В., студенты 3 курса группы ТНД-341 РУТ (МИИТ) в г. Москва*

*Научный руководитель – Григорьев П.А., доцент каф. НТТС, к.т.н.*

### **Аннотация**

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения объемов ремонтов и нового строительства железнодорожного пути. ОАО «РЖД» проводится постоянная работа по оптимизации технологических процессов ремонта пути, увеличению производительности и снижению оконного времени и стоимости ремонта. Существующая технология ремонта не может обеспечить эффективной оптимизации указанных параметров. В связи с этим,

необходимо проводить работы по поиску новых технологий ремонта железнодорожного пути, которые обеспечат минимальное время использования инфраструктуры и снизят стоимость капитального ремонта пути.

## ВВЕДЕНИЕ

Существующую технологию капитального ремонта пути можно представить в виде 24 основных операций – от изготовления новых железобетонных шпал, щебня, рельсовой продукции и материалов верхнего строения пути, до приемки отремонтированного пути в эксплуатацию [1, 2]. Некоторые операции, в общей технологии ремонта, повторяются несколько раз, например [3]: установка рельсовых скреплений из монтажного положения в рабочее и обратно, погрузо-разгрузочные работы, транспортировка рельсовой продукции и рельсо-шпальной решетки (РШР).

В представленной работе предлагается рассмотреть технологию отличную от существующей, которая позволит исключить повторяющиеся операции и снизить стоимость капитального ремонта пути.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В общем виде типовой технологический процесс капитального ремонта пути состоит из следующих основных операций, представленных на рис. 1 [4].

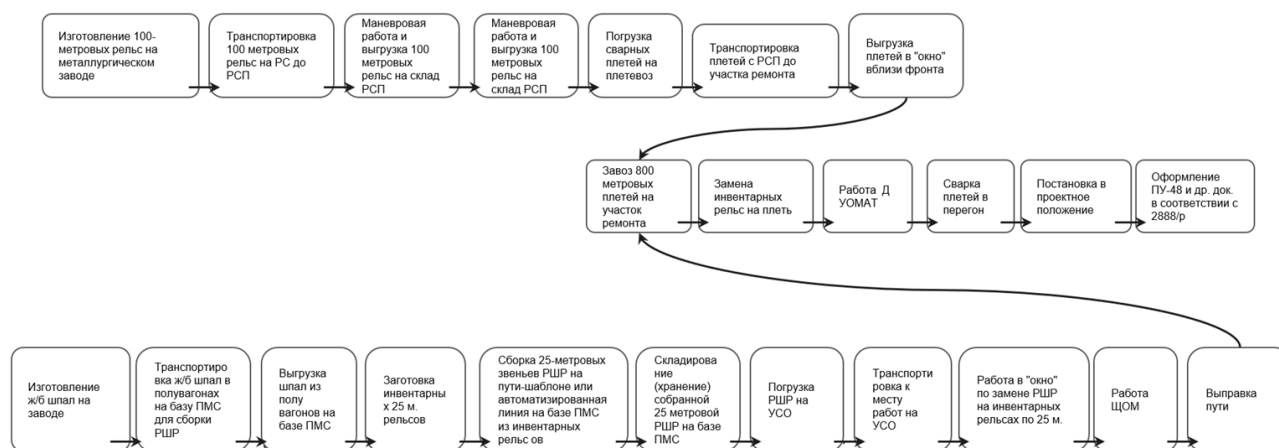


Рис.1 Последовательность выполнения операций при существующей технологии капитального ремонта пути

При рассмотрении рис. 1, установлено что сборка РШР по 25 метров на производственных базах путевых машинных станций (ПМС), с дальнейшей транспортировкой собранной РШР на участки ремонта, транспортировка 100 метровых рельсов на рельсосварочные предприятия (РСП) и дальнейшая транспортировка сваренных рельсовых плетей к местам производства работ – данные операции могут быть исключены из существующей технологии.

Для оптимизации технологического процесса предлагается из действующих 24 основных операций исключить 16 (рис. 2).

Предлагаемая технология по капитальному ремонту пути за счет оптимизации процесса укладки рельсошпальной решетки представлена на рис. 3.

Основным отличием предлагаемой технологии является укладка собранных на прилегающих к объекту ремонта железнодорожных станциях 100-метровых плетей РШР. Это позволяет исключить работы на производственных базах по сборке 25-ти метровых звеньев РШР на инвентарных рельсах, транспортировку собранной РШР с баз ПМС на специализированном подвижном составе к участкам ремонта, применение укладочных кранов (УК 25-9/18, УК 25/25), сварку 100-метровых рельсов в РСП в 800-метровые плети, с дальнейшей транспортировкой сваренных рельсовых плетей на специальном подвижном составе (РВС) к участкам ремонта. Данная оптимизация процесса в итоге значительно снизит

затраты на капитальный ремонт пути, что является актуальным направлением для развития ОАО «РЖД» [5].

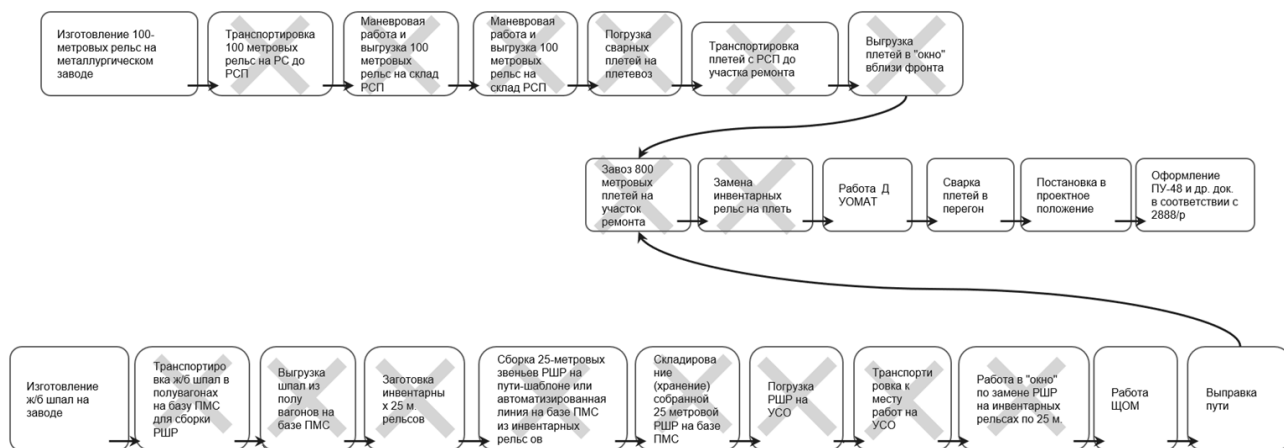


Рис.2 Исключаемые операции из существующей технологии капитального ремонта пути

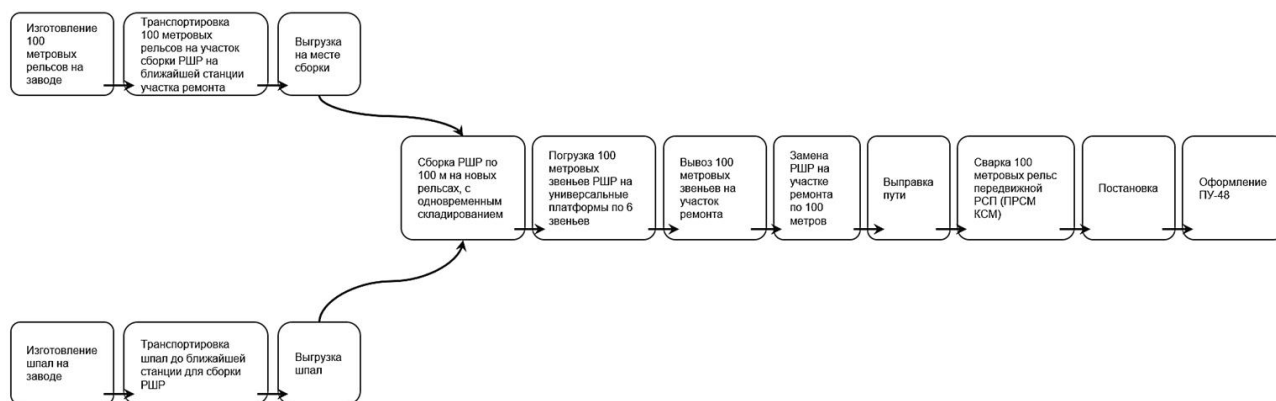


Рис.3 Предлагаемая технология капитального ремонта пути

Предлагаемая технология ремонта может быть реализована следующим образом:

#### 1. Подготовительные работы:

- 1.1. За 1 месяц до начала капитального ремонта, по согласованию со службой движения выделяется станционный путь для организации сборки и хранения 100-метровой РШР в штабелях.
- 1.2. До начала поставки материалов (при необходимости) произвести работы по выравниванию уровня балластной призмы.
- 1.3. Производиться завоз на выделенный путь необходимого оборудования и станков.
- 1.4. На РВС производиться доставка новых 100-метровых рельсов, с последующей выгрузкой внутрь колеи.
- 1.5. В полувагонах производится завоз, на свободный участок выделенного пути, новых железобетонных шпал и выгрузка их с последующей раскладкой по эмпоре в пакете.
- 1.6. При помощи специализированного комплекса малой механизации производиться сборка 100-метровых звеньев РШР.

#### 2. Погрузка и транспортировка 100-метровых звеньев РШР на перегон:

- 2.1. На свободный участок пути, где находится 100-метровые звенья РШР, подается моторизованный модуль на комбинированном ходу с тележками на комбинированном ходу.
- 2.2. При помощи специализированного комплекса производится загрузка 4-х 100-метровых звеньев РШР на тележки.
- 2.3. Моторизованным модулем с тележками пакет РШР подается на перегон.

3. Работы в «окно» (укладка 100-метровых звеньев РШР на перегоне):

- 3.1. Предварительно производится демонтаж РШР краном УК по традиционной технологии.
- 3.2. После прибытия моторизованного модуля к месту работ при помощи специализированного комплекса производится разгрузка и укладка РШР.
- 3.3. После выгрузки РШР тележки погружаются на моторизованный модуль, при помощи специализированного комплекса.
- 3.4. Моторизованный модуль переходит на автодорожный ход и переходит на технологическую дорогу и подается на погрузку нового пакета РШР.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предлагаемые изменения в технологии капитального ремонта пути значительно оптимизируют затраты за счет:

- ликвидации РСП;
- оптимизации путевой техники;
- исключения подготовительных работ на базах ПМС;
- исключения использования инвентарных рельсов;
- исключения из технологии производства работ смены инвентарных рельсов на 800-метровые плети;
- снижения нагрузки на инфраструктуру.

Для осуществления данной технологии необходимо разработать конструкцию специализированного комплекса для работы со 100-метровой РШР, для чего требуется проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. СП 119.13330.2017 (с изменениями от 24 декабря 2019 г.). Железные дороги колеи 1520 мм. М.: ОАО «ЦНИИС», АО «ВНИИЖТ», 2019. 42 с.
2. Правила назначения ремонтов железнодорожного пути, утверждённые распоряжением ОАО «РЖД» №2888/р от 17.12.2021. М.: ОАО «РЖД». 71 с.
3. Крейнис З.Л., Селезнева Н.Е. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. 453 с.
4. Пикалов А.С., Милорадович В.К., Севостьянов А.А. Организация производства работ по капитальному ремонту пути на закрытом перегоне с учетом использования инновационной железнодорожно-строительной техники // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2(61). С. 33-43.
5. Пикалов А.С., Клементов А.С., Куликов О.Н. Актуальные вопросы рационального размещения, специализации и мощности производственных баз ремонтно-путевого комплекса ОАО «РЖД» в современных условиях // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 1(103). С. 50-54.

### **ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ**

*Красных С.Ю.* студентка гр. ТПЛ-341 РУТ (МИИТ), г. Москва  
Научный руководитель – *Чалова М.Ю.*, доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент

#### **Аннотация**

В настоящее время наблюдается непрерывный рост объемов грузовых и пассажирских перевозок за счет увеличения скоростного режима подвижного состава. Поэтому необходимо уделять большое внимание к верхнему строению пути, особенно к щебеночной балластной призме. В процессе эксплуатации балластная призма постоянно засоряется и как результат



теряет свои первоначальные свойства, увеличиваются остаточные деформации пути, что ведет к повышенному износу элементов рельсошпальной решетки и подвижного состава.

## ВВЕДЕНИЕ

Балластный слой – один из важнейших элементов верхнего строения пути, является основанием для шпал, воспринимает от них и равномерно распределяет нагрузки на возможно большую поверхность основной площадки земляного полотна и оказывает достаточное сопротивление боковым и продольным смещениям шпал под воздействием поездной нагрузки.

В балластном слое и верхнем слое земляного полотна накапливаются просадки, перекосы, отступления в плане, которые приводят к снижению скоростных режимов грузопассажирских перевозок, к железнодорожным авариям. Доля затрат на устранение достигает 60 % от общих затрат на текущее содержание железнодорожного пути.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Верхнее строение балластного пути имеет конструкцию, которую можно назвать плавающей. Если параметры рельсов, креплений и шпал выбраны правильно, то щебеночный балласт является наиболее слабым звеном в этой системе. Для того чтобы щебень оптимально выполнял свои функции, он должен соответствовать как субстанционным, так и гранулометрическим требованиям [1].

Балластный слой выполняет следующие функции:

- равномерно распределяет воспринимаемые от рельсовых опор нагрузки на возможно большую поверхность основной площадки земляного полотна;
- оказывает достаточное сопротивление боковым и продольным смещениям шпал под воздействием поездной нагрузки;
- отводит поверхностные воды от рельсошпальной решетки;
- амортизирует в определённой мере удары подвижного состава, происходящие из-за неровности пути и на поверхности катания колёс.

Щебеночный балласт оказывает большое влияние на качество и прочность железнодорожного пути. В связи с этим к нему предъявляется ряд особых требований [1]. Надежность работы балластного слоя железнодорожного пути определяется его несущей способностью. Несущая способность балласта зависит от уровня динамического воздействия, характеристики балласта и его основания [2]. Прочностные характеристики балласта зависят от его гранулометрического состава, плотности, окатанности, загрязнённости и других факторов. Изменение этих свойств в процессе работы щебеночного балласта в пути будет определять величину несущей способности [2].

Давление от шпалы передаётся в балластном слое с постепенным уширением вниз, поэтому в кажущемся на первый однородном балластном слое фактически имеется более уплотнённая его часть в виде обратного свода (рис. 1).

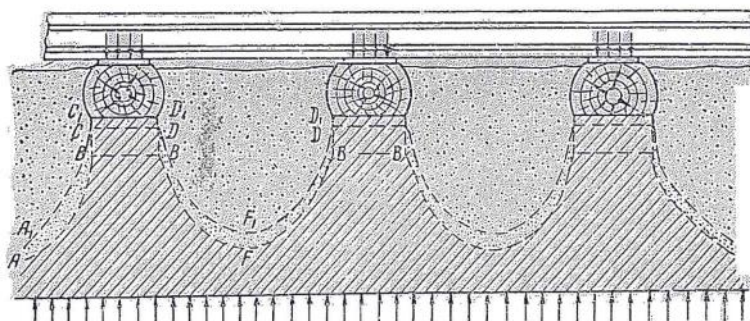


Рис. 1 Уплотнение балластного слоя под воздействием поездов  
АВВВ – до подъёмки пути, А<sub>1</sub>С<sub>1</sub>Д<sub>1</sub> – после подъёмки и осадки пути

Из-за динамического воздействия на балластный слой в нормальных условиях эксплуатации идёт процесс «округления» бывших острогранных фракций щебня и их



раздробление, регулярное проведение подбивочных работ путевыми машинами приводит к аналогичным результатам износа. Один из наиболее опасных загрязнителей – мелкие фракции, образующиеся в результате истирания частиц щебня [1]. Кроме того, балластная призма загрязняется сыпучими грузами. Другой не менее важный засоритель, как растительность, приводящий к интенсивному загрязнению балластной призмы, особенно щебеночной, ухудшающий ее дренажные свойства, нарушающий устойчивость пути и вызывающий быстрое накопление неисправностей, на устранение которых затрачивается много средств и времени. Как показывают осмотры, растительность рано или поздно прорастает на балласте и, закрепившись на нем, начинает формировать ту специфическую среду обитания, которая способствует превращению строительного материала в почвоподобное тело. В нем появляются отдельные признаки почвы, начиная от формирования благоприятных условий для роста новых растений (плодородие) и заканчивается характерным цветом (рис. 2). Корневая система нарушает основные свойства балласта [3].



Рис. 2 Корневая система, органо–минеральные агрегаты и гумусовые вещества в балластном слое из щебня

Поэтому нежелательное и не подавленное развитие сорняков приводит к засорению органическими остатками растений. Все вышеуказанные процессы приводят к постепенному загрязнению балластной призмы с последствиями уменьшенной эластичности и водопроницаемости, что в свою очередь приводит к преждевременному износу элементов верхнего строения и появлению неисправностей железнодорожного пути.

При загрязнении балластного слоя более 30 % он начинает терять свою главную функцию – отвод воды от рельсошпальной решётки, в результате чего на пути развиваются выплески, и уменьшается его несущая способность.

Отклонение положения рельсовых нитей в профиле и расположении по уровню от номинальных нормативов зависит в основном от неодинаковой степени уплотнения балласта под шпалами и деформации основной площадки земляного полотна. В связи с этим профиль, по которому катятся колёса, перестаёт быть ровным и превращается в беспорядочное чередование уклонов. В связи наличием таких уклонов возникают дополнительные динамические воздействия на путь, которые, в свою очередь, увеличивают интенсивность накопления остаточных деформаций, способствующих появлению неисправностей пути.

В кривых участках железнодорожный путь работает более напряженно, чем в прямых, т.к. при движении экипажа по кривой на рельсы передаются дополнительные силы, неуравновешенная возвышением часть центробежной силы и силы рамного давления от вписывания жесткой базы подвижного состава в колесе.

Влияние этих дополнительных сил на работу железнодорожного пути и экипажа во многом зависит от состояния кривых в плане и по уровню. При непостоянной кривизне круговой кривой и отступлениях от величины возвышения наружного рельса, а также не плавным изменением кривизны и отвода возвышения в переходных кривых возникают силы, вызывающие резкие боковые толчки подвижного состава, дополнительные напряжения в элементах железнодорожного пути.

Одной из характерных особенностей пути, из-за его конструкции, является более быстрая осадка откосной рельсовой нити по сравнению с междупутной на прямых двухпутных участках, поэтому при выполнении выправочных работах откосной рельсовой нити необходимо давать запас на осадку 4 мм [4].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования для повышения прочности щебеночной балластной призмы необходимо выполнять своевременную очистку щебня; омоноличивание балластной призмы (латексом, битумом, отходами нефтепереработки); укладку геотекстиля; проводить динамическую стабилизацию после ремонтов; омоноличивание нижнего слоя и песчаной подушки смолами.

Для стабильной работы железнодорожного пути в кривом участке необходимо при производстве первой сплошной выправки после ремонтов железнодорожного пути увеличить возвышение наружного рельса на величину осадки наружной рельсовой нити.

При стабилизации пути динамическими стабилизаторами обеспечивается осадка пути за счет колебания рельсошпальной решетки в горизонтальной плоскости и статического вертикального давления, что позволяет сократить интенсивность нарастания величины осадки после ремонта железнодорожного пути, увеличить срок сохранения проектных геометрических параметров железнодорожного пути после его выправки, способствует образованию однородной среды балластного слоя под шпалой, повышает сопротивление боковому сдвигу.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Повторное использование путевого щебня [электронный ресурс] // Инфопедия для углубления знаний. URL: <https://infopedia.su/10x9204.html> (Дата обращения 01.04.2023).

2. Колос А.Ф., Чистяков А.П., Леус А.С., Шехтман Е.И., Штыков В.И. Влияние формы зерен щебеночного балласта на его прочностные свойства [электронный ресурс] // КиберЛенинка: научн. электрон. библ. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-formy-zeren-schebenochnogo-ballasta-na-ego-prochnostnye-svoystva/viewer> (Дата обращения 01.04.2023).

3. Чалова М.Ю. Совершенствование метода расчета параметров скребково-цепного исполнительного устройства щебнеочистительных машин нового поколения: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2015.

4. ОАО «РЖД» Содержание балластной призмы. Отступления, требующие ограничения скорости движения поездов. Контроль Загрязненности балласта. Москва, 2014.

### **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ГИДРОАГРЕГАТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*Кузнецов Н. Д., студент 3 курса, группа ТНД-341, РУТ (МИИТ), г. Москва.*

*Хусаинов А. А., студент 3 курса, группа ТНД-341, РУТ (МИИТ), г. Москва.*

*Научный руководитель - Гринчар Н.Г., профессор каф. НТТС, д.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Известно, что надежность работы строительных машин, и в том числе машин с объемным гидравлическим приводом исполнительных механизмов в эксплуатации зависит

от целого ряда факторов. [1, 2] Одним из существенных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность строительной машины, является система организации снабжения запасными частями.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для машин, имеющих дизель-механический привод или канатно-механический привод рабочего органа, можно в принципе изготовить довольно большую часть запасных деталей собственными силами механических мастерских (как стационарных, так и мобильных) эксплуатирующей организации и тем самым обеспечить приемлемый коэффициент готовности данных машин. Для гидрофицированных же машин необходимо иметь в резерве достаточное количество гидроаппаратов и при необходимости оперативно устанавливать на машину, так как изготовление и ремонт требуют специфического высокоточного оборудования и высококвалифицированного персонала, что возможно обеспечить только в условиях специализированных предприятий. Специфической особенностью структуры гидросистем строительных машин является то, что гидропривод основных и вспомогательных механизмов имеет целые группы однотипных гидроаппаратов, интенсивности отказов которых тоже близки по величине.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Признак возникновения дефицита запасных элементов – возникновение  $(m+1)$ -го отказа элемента до истечения обеспечиваемой наработки  $t$  или однозначно связанного с ней срока  $T$ , где  $m$  - число запасных элементов. В качестве критерия достаточности числа запасных элементов обычно принимают гарантированную или доверительную вероятность  $P$ . Это означает, что при наработке  $t$  не будут израсходованы или после их полного израсходования до истечения наработки  $t$  в резервируемом элементе не возникнет еще один отказ.

Вероятность возникновения дефицита запасных элементов  $P_d(t)$  можно записать как  $P_d(t) = 1 - P$

Здесь  $P_d(t)$  - это вероятность того, что в течение наработки  $t$  возникнет не менее  $(m+1)$  отказов данного элемента, т.е. будут полностью израсходованы все запасные элементы и потребуются, по меньшей мере, еще один. Требуемые (допустимые) значения  $P_d(t)$  и  $P$  будем обозначать просто  $P_d(t)$  и  $P$ , а фактические значения через  $P_d(t)_m$  и  $P_m$ .

Расчет числа запасных элементов сводится к отысканию такого минимального числа  $m$  при котором выполняются условия

$$P_m = \text{вер.} (m \geq z) \geq P$$

$$P_d(t)_m = \text{вер.} (m \geq z) \leq P$$

Где  $z$  – число отказов.

Это выражение можно записать в виде

$$P_m = \text{вер.} (t_{m+1} \geq t) \geq P$$

где  $t_{m+1}$  - момент  $(m+1)$ -го отказа элемента, т.е. когда весь резерв исчерпан.

Очевидно, что для расчета числа запасных элементов необходимо знать точно  $z$  отказов в течение наработки  $t$ . Доверительная вероятность достаточности запасных элементов должна выбираться по экономическим критериям или по устанавливаемым (нормированным) значениям коэффициента готовности.

Преобладающим в период нормальной эксплуатации типом отказов гидроаппаратов строительных машин является внезапный тип отказов [1, 2, 3]. Как известно, при этом закон распределения наработки на отказ приближается к экспоненциальному. В этом случае расчет потребности в запасных гидроагрегатах может осуществляться по схеме "ненагруженного резерва" [5].

При этом предполагается, что:

- все отказы равноценно требуют безотлагательной замены;
- поток отказов простейший (т.е. ситуация, когда в гидроприводе возникает два и более отказа одновременно - не рассматривается);

- отказы возникают и выявляются только во процессе выполнения машиной основной работы;

- устранение отказов осуществляется заменой отказавших элементов на резервные.

Как показал опыт [5], и это подтверждено практикой работы, восстановление работоспособности основных сложных элементов машин: двигателей, гидроагрегатов и др. – в основном осуществляется заменой их на запасные. Хотя в практике эксплуатации строительных машин и имелись неоднократные попытки создать оборотные фонды для некоторых типов гидроаппаратов, но высокая стоимость, недостаточное качество ремонта и большие транспортные издержки не позволили широко распространить этот метод.

В этих условиях количество запасных элементов может быть определено по выражению для "ненагруженного резерва"

$$P_m = e^{-Nn'\lambda t} \sum_{k=0}^m \frac{(Nn'\lambda t)^k}{k!} \quad (1)$$

где  $\lambda$  - интенсивность отказов гидроагрегата;

$m$  - число резервных элементов;

$t$  - планируемая наработка;

$P_m$  - доверенная вероятность - вероятность достаточности запасных агрегатов для  $N$  машин, в каждой машине  $n'$  агрегатов данного наименования.

Вероятность такое обозначает, что за время  $t$  запасных гидроагрегатов будет достаточно для  $P_m N$  машин.

Для определения коэффициента простоя машин из-за недостаточности запасных гидроагрегатов применим формальный прием замены планируемой наработки  $t$  временем оборота  $t_{об}$  агрегата оборотного фонда. Это означает, что за время  $t \leq t_{об}$  отказавший агрегат не вернется из ремонта. Следовательно, для каждого отказавшего агрегата за время  $t$  нужно иметь запасной на складе.

В таких предложениях коэффициент простоя можно найти как

$$K_m = e^{-\alpha} \frac{\alpha^m}{m!} / e^{-\alpha} \sum_{k=0}^m \frac{\alpha^k}{k!} \quad (2)$$

где  $\lambda = Nn'\lambda t$ .

В таком случае коэффициент готовности из условия достаточности запасных гидроагрегатов можно найти как

$$K_{Г(з)} = 1 - K_m$$

Необходимо, отметить, что полученные значения  $m$  числа запасных гидроагрегатов для наработки  $t$  будут пессимистическими (завышенными) оценками достаточности числа гидроагрегатов. Объем оборотного фонда можно записать как

$$m_{об} = m_{ск} + m_p$$

где  $m_{ск}$  - количество агрегатов на складе;

$m_p$  - количество агрегатов в ремонте.

В случае, когда средняя наработка на отказ основных гидроагрегатов больше планируемой наработки  $t$ , можно принять  $m_{ск} \approx m_{об}$ , так как  $m_p \approx 0$ .

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гринчар, Н.Г. Основы надежности транспортно-технологических машин: учебное пособие — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. — 504 с. Однотомное издание ГОУ "УМЦ ЖДТ", 2021
2. Гринчар Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин: Учебник. — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. — 368 с.
3. Надежность строительных машин./Г.П. Гриневич, Е.А. Каменская, А.К. Алферов и др. Однотомное издание. Москва: Стройиздат, 1983. -296 с.

4. Бардышев, О. А. Техническая эксплуатация строительных машин на Севере / О. А. Бардышев, Н. Г. Гаркави, Н. Г. Тесленко. - Ленинград: Стройиздат: Ленингр. отделение, 1981. - 184 с.

5. Половко, А.М. Основы теории надежности: учебное пособие/ А. М. Половко, С. В. Гуров. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008 (СПб.: Тип. Наука). - 702 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ**

*Кузьмицкая П.А., студент 5-го курса 40 группы ИИЭСМ  
Научный руководитель – Шаранов Р.Р., профессор, д-р техн. наук*

### **Аннотация**

Дорожное строительство является приоритетным направлением развития России. Одним из самых распространенных материалов для строительства дорог является щебень, гравий, известняк, которые эффективно перерабатывается в стационарных дробильно-сортировочных установках (СДСУ), узлом которых является щековая дробилка со сложным движением щеки (ЩДС). Предметом исследования является модернизированная неподвижная щека ЩДС. Цель данной работы заключается в повышении работотехнических свойств футеровочных плит и увеличении производительности щековой дробилки в целом. Задачи, поставленные для достижения цели, - анализ функционирования дробилки при дроблении горных пород высокой абразивности.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время наиболее распространенной компоновочной схемой СДСУ является двухстадийное дробление, состоящее из блоков среднего и мелкого дробления и блока сортировки.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для дробления и тонкого измельчения материала применяются различные измельчители [1-3] и наиболее распространенной в этом ряду являются щековые дробилки со сложным движением щеки.

Однако, существенным недостатком таких установок является повышенный износ рабочих поверхностей, обусловленный особенностью их работы.

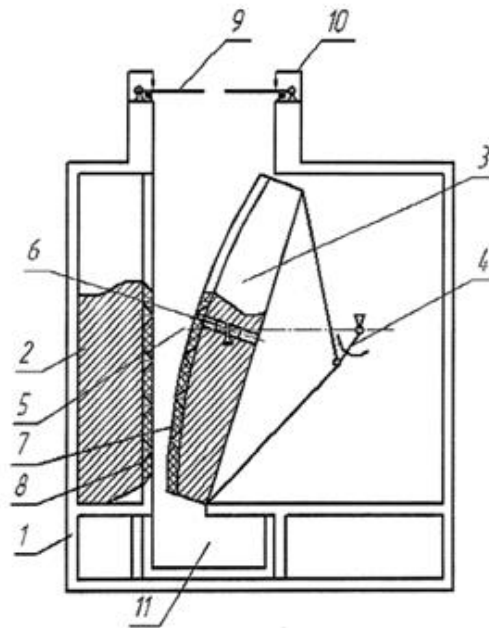
Для решения вопроса повышения эффективности их работы нами проведен патентный поиск, который выявил следующие направления совершенствования их конфигурации.

Патент № RU 2 478 432 С1 [4] «Щековая дробилка со сложным движением щеки» (рисунок 1). Цель этого изобретения является повышение коэффициента трения между щеками, понижение шума и обеспечение равномерности продуктов дробления не только по фракции, но и по площади, по сравнению с дробилкой с простым движением щеки.

Но, к сожалению, данная модернизация имеет ряд недостатков, связанных с высоким износом дробящих плит, впоследствии понижение экономических и производительных характеристик.

Как правило, быстро приходящими в негодность деталями щековой дробилки являются щеки-пластины, чтобы этого избежать и продлить их срок службы по периметру дробящей щеки делаются по определенной конфигурации рифления.

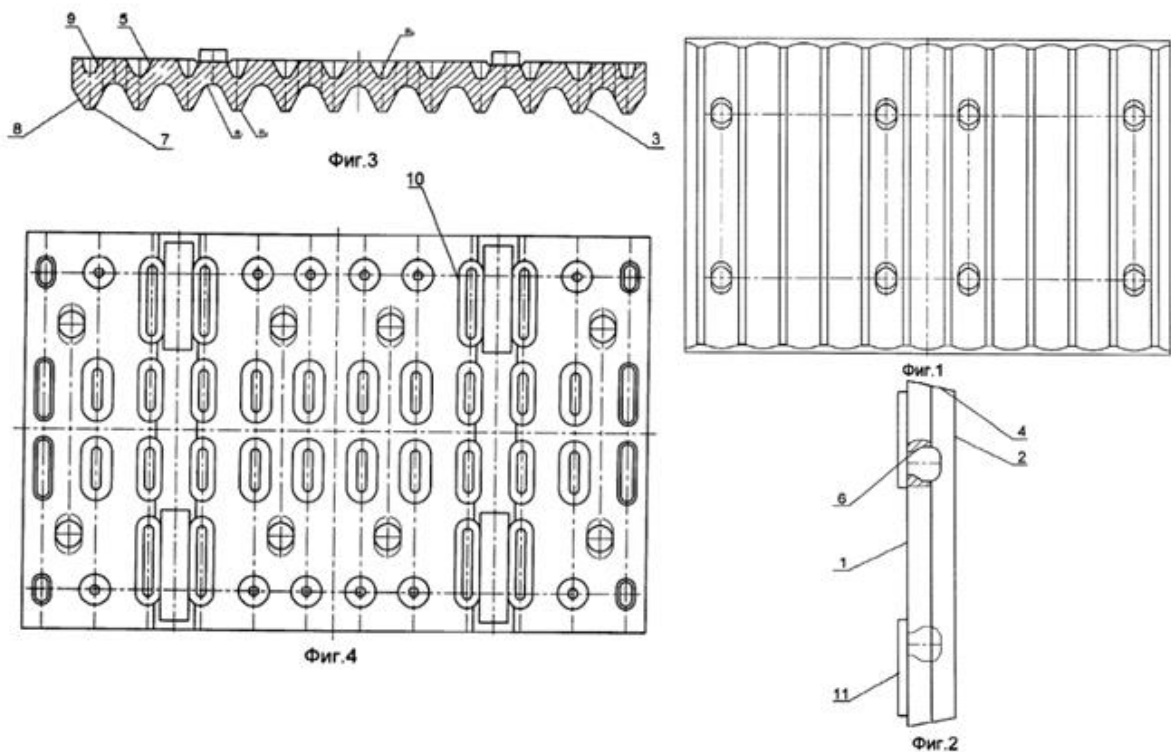
Патент № RU 2 369 438 С1 [5] «Плита дробящая щековой дробилки» (рисунок 2). Его суть заключается в том, что в поперечных сечениях рифления образуют треугольники с определенной круглой вершиной, а в длину выполнены волнистой формой. Данный тип рифления используется для увеличения производительности. Но, при использовании в процессе дробления таких плит с треугольными рифлениями происходит быстрое изнашивание и затупление этих самых рельефных вершин, увеличиваются радиусы давящих



**Рисунок 1.** Щековая дробилка со сложным движением щеки

1- станина, 2- неподвижная щека, 3- подвижная щека, 4- кривошип, 5- паз, 6- ползун, 7- обрешиненное покрытие, 8- шипы, 9- подпружиненные створки, 10- упор, 11- бункер приема

поверхностей и усилие сжатия (мощность), которая нужна для того, чтобы разрушить куски породы.



**Рисунок 2.** На фиг.1 изображена предлагаемая плита дробящая щековой дробилки, на фиг.2 - то же, вид сбоку; на фиг.3 - то же, поперечный разрез; на фиг.4 - то же, тыльная сторона плиты

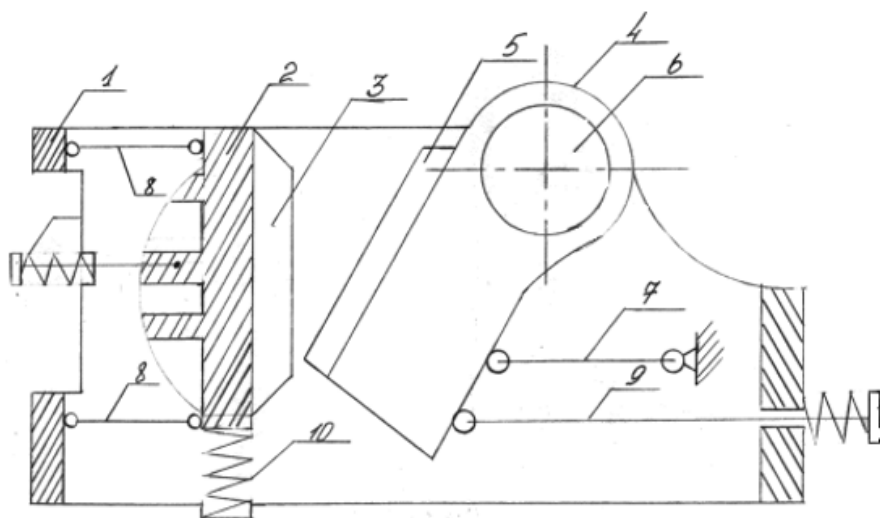


В итоге, каждый из патентов, несомненно, имеют большой ряд преимуществ, а для решения их недостатков мы предлагаем альтернативный вариант модернизации неподвижной щеки с целью уменьшения износа и увеличения экономических и эксплуатационных показателей.

Эта модернизация предполагает, что неподвижная щека в результате конструктивных изменений становится подвижной, т.е. дробилка с сложными движениями щеки преобразовывается в дробилку с двумя подвижными щеками.

На рисунке 3 приведена конструктивная схема дробилки, вид сбоку в разрезе.

Данная дробилка имеет корпус 1, в котором 2 - передняя дробящая щека с футеровочной плитой 3 и задняя приводная дробящая щека 4. Эксцентриковый вал 6, приводящий щеку 4 и футеровочную плиту 5 в сложное движение, а снизу щека 4 упирается на наклонную распорную плиту 7. Так же, щека 2 упирается на распорные плиты 8, которые горизонтально зафиксированы, а также, выполняющие назначение направляющих вертикальных движений этой щеки.



**Рисунок 3. Конструктивная схема модернизированной щековой дробилки**

Силовое замыкание кинематических звеньев осуществляется узлами 9, которые называются замыкающими устройствами, состоящие из тяг и пружин. Через упругие элементы 10 щека 2 подпружинена относительно корпуса в вертикальном направлении.

В ходе работы дробилки при вращении эксцентрикового вала, исходный материал раздавливается между щеками 2 и 4. Горизонтальная составляющая хода щеки 4 совершает относительно сложное эллипсоидное движение, вследствие которого происходит раздавливание кусков материала вверху и внизу и воспринимается распорными плитами, как усилие сжатия, а вертикальная составляющая приводит щеку 2 через измельчаемый материал (силами трения) в колебание синхронным колебанием щеки 4.

Благодаря такому воздействию щёк существенно снижаются треботехнические показатели дробящих плит, что приводит к повышению износостойкости рабочего оборудования и обеспечивает повышение экономичности в эксплуатации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что по сей день в отрасли строительства дорог является актуальным использование дробилок с повышенной производительностью, при этом требуется уменьшение износа сменных футеровочных плит, для понижения экономических и временных затрат, что обеспечивается в моей разработке.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Шаранов Р.Р., Харламов Е.В., Азарков А.М. К вопросу об разрушении материалов. Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5-8.
2. Шаранов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н. Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие. Белгород, 2014.
3. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Шаранов Р.Р., Масловская А.Н. Дезинтегратор. Патент на изобретение RU 2291745 С1, 20.01.2007. Заявка № 2006107482/03 от 10.03.2006.
4. Патент № RU 2 478 432 С1 «Щековая дробилка со сложным движением щеки».
5. Патент № RU 2 369 438 С1 «Плита дробящая щековой дробилки».

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОЦЕНКИ УСИЛИЙ РЕЗАНИЯ И КОПАНИЯ ГРУНТОВ**

*Лёвочкин Лев Александрович, Сладкопевцев Вадим Евгеньевич, Буланов Владимир Александрович, магистранты 2 курса, группа, ТНК 271, Российский университет транспорта, г. Москва*

*Научный руководитель – Сладкова Л.А., профессор каф. НТТС, д.т.н., профессор*

### **Аннотация**

Статистический анализ, проведенный учеными различных стран мира, а также автором, свидетельствует о том, что доля отказов машин основного технологического назначения остается высокой. Это требует пересмотра нормативных документов, по которым проводятся техническое обслуживание машин, капитальный ремонт, формирование запаса запасных частей ко всем видам техники. Создание методики формирования комплектов запасных частей для наземных транспортно-технологических машин является актуальной проблемой для повышения долговечности строительной и дорожной техники.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Земляные работы как в строительстве, так и на открытых горных разработках требуют наряду с количественным ростом землеройной техники ее качественного улучшения, повышения эффективности, так как даже небольшое увеличение производительности огромного парка землеройных машин дает значительный технико-экономический эффект.

Основными направлениями в повышении эффективности землеройной техники являются:

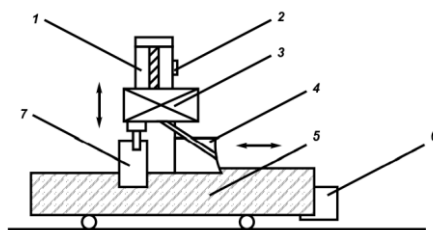
- значительное увеличение единичной мощности и производительности машин, совершенствование рабочих органов;
- создание машин для разработки грунтов различной категории трудности разработки;
- выявление «скрытых» причин, влияющих на процесс копания грунта рабочими органами землеройных машин;
- изыскание способов и средств прогрессивной технологии и организации производства земляных работ.

Для создания высокоэффективных машин для земляных работ требуется проведение экспериментальных исследований, которое ввиду определенных экономических трудностей, рационально проводить в грунтовом канале, основным элементом которого является тензометрическая тележка.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

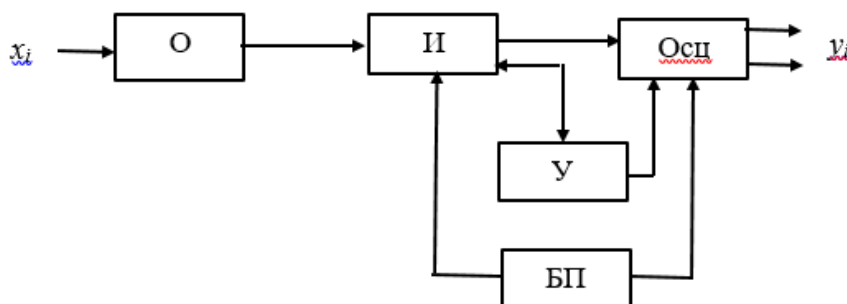
Общий комплекс грунтового канала по своей сути остается неизменным. Отличительными его характеристиками является привод системы, обеспечивающий необходимую скорость перемещения тележки (рис. 1) по направляющим и способ оценки усилий резания и копания грунта.





**Рис. 1.** Общий комплекс тензометрической тележки  
 1 – портал; 2 – пульт управления; 3 – тензомост; 4 – отвал; 5 – грунтовой канал;  
 6 – проводная станция; 7 – элементарные профили.

Аналоговая схема проведения тензометрирования приведена на рис. 2. Нагрузки  $x_i$  воздействующие на рабочий орган, в котором в процессе копания грунта возникают усилия, которые должны передаваться на измерительное устройство. Учитывая, что величины усилий бывают незначительные, то для усиления сигнала с измерительного устройства устанавливают усилитель, а с него на регистрирующее устройство. Система работает от блока питания постоянного тока с выходной мощностью 12...24 В.



**Рис. 2.** Аналоговая измерительная схема общего комплекса:  
 О – рабочий орган; И – измерительное устройство; Осц – регистрирующее устройство;  
 У – усилитель; БП – блок питания

Тензометрический мост – устройство, регистрирующее действие усилий с помощью тензометрических датчиков, включающее тензопреобразователь, преобразующий и усиливающий поступающий с тензодатчиков сигнал на регистрирующую аппаратуру.

Принцип действия тензодатчиков заключается в преобразовании деформации упругого элемента, вызванной действием приложенной силы в электрический сигнал.

Один из самых распространённых и относительно дешёвых вариантов тензодатчиков является фольговый (плёночный) тензодатчик типа TEN-TFS10/120-P (см. рис. 3).

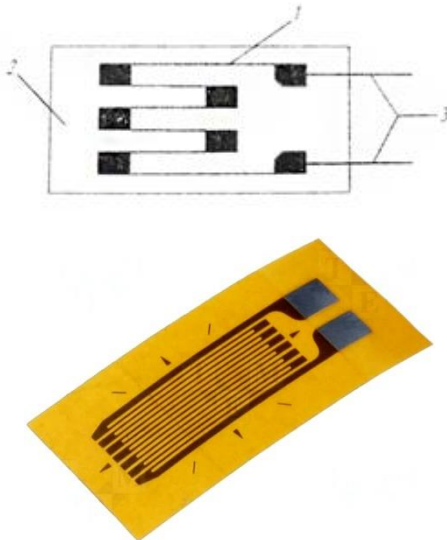
Используемые в настоящее время S – образные датчики (рис. 4), отличаются способом установки.

Для тензометрических исследований чаще всего используется мост Уинстона, в котором ток в измерительной диагонали равен 0 при отношении сопротивлений в противоположных плечах, равном  $R_1 R_4 \approx R_2 R_3$ .

Для усиления поступающих сигналов с тензодатчиков могут использоваться усилители сигнала типа «Топаз-3» или иные подходящие усилители собранные по мостовой или полумостовой схемам.

Датчик состоит из тонкой подложки (фольги или плёнки) на которую наклеена константановая проволока.

Для преобразования сигнала тензодатчика в цифровой вид (для последующего ввода в персональный компьютер) возможно использовать преобразователь КСК1А, КСК2 (рис. 5).



**Рис. 3.** Фольгированный тензодатчик TEN-TFS10/120-P:

1 – константановая проволока; 2 – подложки (фольга); 3 – выводы



**Рис. 4.** S-образный тензодатчик ZEMIC H3-100kg-3B-D41



**Рис. 5.** Преобразователь сигнала KSK1A



**Рис. 6.** Одноканальный цифровой измеритель ИДЦ-1

На данный момент появился довольно большой спектр различных регистрирующих приборов. В зависимости от системы (аналоговая или цифровая) возможно использовать:

- гальванометры светолучевого осциллографа типа 12-23/К 12-22;
- одноканальные цифровые измерители ИДЦ-10 (рис. 6);
- переносные динамометры с внешними электронными блоками управления АЦД 1У-1.1И-1, ДЭП 6-1Д-0,1У-1;
- персональный компьютер.

В качестве регистрирующего устройства (Осц.) предлагается использовать двенадцати канальный магнитоэлектрический осциллограф типа К 12-22, который параллельно соединяется с усилителем типа «Топаз-3» и с блоком питания БП.

Составим структуру применимую для цифровой схемы. Регистрирующим устройством будет персональный компьютер, на который с помощью преобразователя сигнала KSK1A через разъем порта RS 232 будет поступать сигнал от закреплённых S-образных тензодатчиков ZEMIC H3-100kg-3B-D41. С помощью программы обработки поступающий

сигнал будет конвертирован в файл формата MSxcel с записью числовых значений времени и усилия на датчике в момент его опроса. Затем имеется возможность сохранения на жестком диске компьютера файлов с полученными значениями и горизонтальной составляющей процесса резания грунта.

Для регистрации действующих усилий вместо персонального компьютера можно поставить одноканальный цифровой измеритель ИДЦ-1 или иной блок управления, например, АЦД 1У-1.1И-1, на который будут поступать значения сопротивления при резании грунта.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Использование стендов пространственного тензометрирования позволяет проводить изучение силовых параметров различных почвообрабатывающих рабочих органов. Эти данные в дальнейшем могут использоваться при математическом моделировании для изучения динамики движения и устойчивости отдельных рабочих органов и орудий в целом, совершенствовании землеройных машин.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Рабочие органы землеройных машин / Д.И. Федоров. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
2. Экспериментальное и теоретическое определение сопротивления грунта и мощности привода бульдозера / Ю.В. Разумов, О.Ю. Улитич – М.: Московский Автомобильно-Дорожный Институт, 2007 – 30 с.
3. Дорожные машины / Н.Я. Хархута – М.: Машиностроение, 1968. – 416 с.
4. Горные машины и комплексы для открытых работ / Р.Ю. Подэрни – М.: Недра, 1985. – 544 с.
5. Исследования и испытания машин природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях / А.В. Русинов – С.: Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, 2016 – 52 с.
6. Влияние параметров профиля отвала бульдозера на величины сил сопротивления копания / И.В. Лесковец, Е.И. Берестов, А.П. Смоляр - М.: Белорусско-Российский университет, 2015 – 14 с.
7. Механика резания грунта. Обработка результатов эксперимента / Л.А. Сладкова, Н.Г. Жидков – Б.: Военно-технический университет, 2009 – 14 с.
8. Датчик: пленочный тензометрический [Электронный ресурс] URL: [https://komplekt-a.ru/items/ten-tfs10\\_120-p.html?manufacturer\\_id=188](https://komplekt-a.ru/items/ten-tfs10_120-p.html?manufacturer_id=188) (Дата обращения: 01.12.2022)
9. Преобразователь сигнала тензодатчика УРАЛВЕС КСК1А [Электронный ресурс] URL: <https://navsl.ru/katalog/vesovoe-oborudovanie/vesovaya-elektronika/preobrazovatel-signalatenzodatchika-uralves-ksk1a.html> (Дата обращения: 23.11.2022)
10. ИДЦ-1 Измеритель цифровой одноканальный. Руководство по эксплуатации КУВФ.421210.005РЭ – М.: Овен – 41 с.
11. Динамометры электронные АЦД. Руководство по эксплуатации МЭД2.736.011РЭ – С.: НПО «МегаТонн Электронные Динамометры», 2020 – 13 с.

## **ИННОВАЦИИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Матвеев А.А., студент 4 курса, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
Научный руководитель – Севрюгина Н.С., доцент каф. ТСМиО, д.т.н., доцент*

### **Аннотация**

От состояния узлов трения зависит эффективность функционирования технологических машин в целом. Предметом исследования являются компоненты, обеспечивающие смазку

узлов трения. Цель данной работы заключается в оценке факторов, характеризующих условия работы узлов трения технологических машин. Задачи, поставленные для достижения цели, анализ технологических процессов функционирования машин; выявление факторов, снижающих работоспособность в узлах трения; поиск путем поддержания их безотказной работы.

## ВВЕДЕНИЕ

Работоспособность узлов трения технологических машин, определено будет оставаться актуальной темой на протяжении развития машиностроения и всей инженерной индустрии, в частности [1]. Абсолютно любой механизм неизбежно подвержен воздействию физических факторов природы. Трение в узлах сочленения негативно влияет на работу машины и рабочего оборудования. Сухой контакт элементов сильно сказывается на затратах энергии. При этом, учитывая возможные тяжелые условия работы для оборудования, следует отметить важность внимания к узлам трения, их состоянию и смазочным требованиям [2].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассматривая технологическую машину в различных условиях эксплуатации общим следует выделить внешнее агрессивное воздействие на узлы трения, соприкасающиеся с воздушно-пылевой средой открытых пространств [3]. Например, в рабочем органе экскаватора при работе происходит постоянное перемещение шарниров стрелы, рукояти, ковша. Для штока цилиндра контактная поверхность к тому же еще имеет мысленную пленку, на которой оседают частицы пыли или влаги, и хотя защитная манжета их удаляет, но все же некоторое количество остается на штоке и смывается уже рабочей жидкостью внутри цилиндра.

Основная часть шарнирных соединений рабочего оборудования представлена подвижными элементами палец во втулке, для обеспечения надежной работы в тяжелых условиях для которых применяется твердая смазка.



Рис. 1 Крепление рабочего оборудования технологической машины

Компонентами, обеспечивающими смазку узлов трения, являются тавотницы (пресс-масленки) расположенные возле каждого элемента вращения. Подразумевается, что оператор машины обязан по плану каждый раз проходить вручную все масленки. Для удобства некоторые компании выводят тавотницы к кабине, чтобы не приходилось раскладывать рабочее оборудование при обслуживании и тянутся к труднодоступным точкам.

При работе узлов трения технологическим машин неизбежно существуют факторы, приводящие к повышенному износу. Так отсутствие смазки заставляют узел работать в сухих условиях, это приводит к повышению температуры на поверхности трения, в следствии чего происходит ускоренный износ. Старая смазка со временем может потерять свои свойства, или же накапливать в себе абразивные частицы в виде пыли и песка. В результате простоя может происходить коррозия, отдельные частицы при последующей работе начнут воздействовать на поверхность контакта.

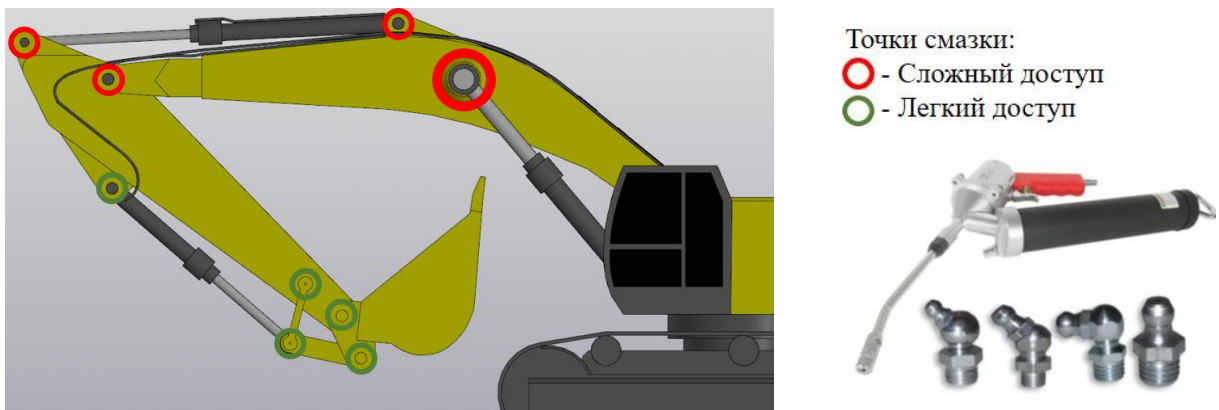


Рис. 2 Точки смазки и условия доступа при обслуживании рабочего оборудования технологической машины

Проведен анализ факторов влияния, характеризующих условия работы узлов трения технологических машин и уровня воздействия на элементы трения, результаты сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Факторы, характеризующие условия работы узлов трения технологических машин

Операции	Факторы влияния	Уровень воздействия
Работа в запыленных участках	Абразивный	Высокий
Работа в заводнённых участках	Гидроабразивный, Коррозионный	Средний
Работа без смазочного материала	Сухое трение	Высокий

Выполненный анализ технологических процессов функционирования машин позволил выделить абразивное и коррозионное изнашивание как основные факторы, снижающие работоспособность в узлах трения.

Для поддержания безотказной работы в узлах трения рабочего оборудования технологических машин предлагается провести модернизацию путем установки автоматической централизованной системы смазки. Система такого типа сама подкачивает нужное количество смазки во время работы узлов технологической машины.

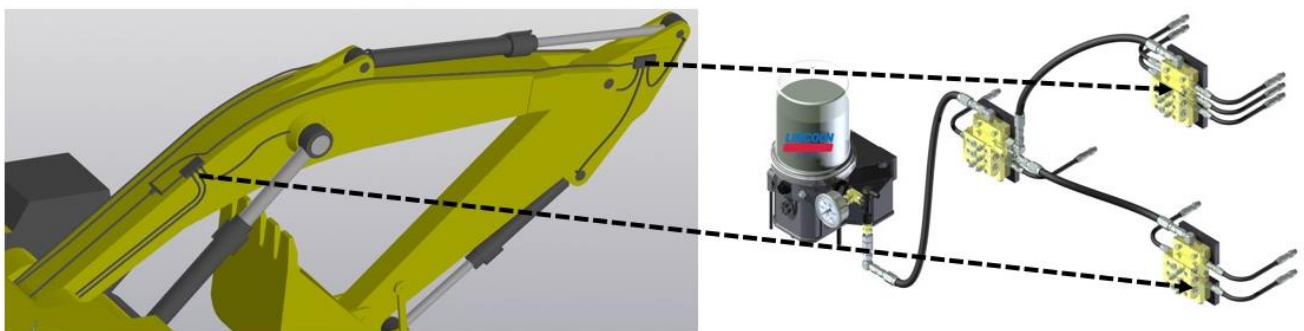


Рис. 3 Схема автоматической централизованной системы смазки рабочего оборудования технологических машин

Как вариант, автоматической подкачки смазочного материала можно использовать централизованную систему смазки (ЦСС). Эта система через определенные промежутки времени подкачивает смазку в узлы трения без участия обслуживающего персонала. Требуется лишь проверять состояние и заполнять бак со смазкой. ЦСС может



устанавливаться как на технологические машины, так и в условиях ремонтного производства на станочное оборудование.

Время уже имеются конструктивные решения применения систем, обеспечивающих плановую подачу смазочного материала практически в любых условиях работы. Оборудование по типу централизованной системы смазки позволяет увеличить срок службы шарнирных соединений рабочего оборудования, обеспечивая бесперебойную работу технологической машины в целом [4].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Рассмотрена конструкция технологической машины с точки зрения гарантии эффективности работы узлов трения. Выделены компоненты, обеспечивающие смазку узлов трения. Дана оценка факторов, характеризующих условия работы узлов трения технологических машин. Выполненный анализ технологических процессов функционирования машин позволил выделить абразивное и коррозионное изнашивание основными факторами, снижающими работоспособность в узлах трения. Предложено модернизировать конструкцию узлов трения путем установки автоматической системы смазывания, что обеспечит безотказную работу в узлах трения рабочего оборудования технологических машин.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Фоменко Ю. В., Севрюгина Н.С., Веретнов А.Л.* Транспортная логистика как эффективно функционирование и развитие деятельности предприятия строительной отрасли // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов : сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 263-265.

2. *Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С.* Анализ износа деталей транспортных и технологических машин: Методическое пособие; Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Институт механики и энергетики имени В. П. Горячкина, Кафедра «Техническая эксплуатация технологических машин и оборудования природообустройства». – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2020. – 37 с.

3. *Апатенко А.С.* Совершенствование системы технической эксплуатации при импортозамещении машин для выполнения мелиоративных работ // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 74-77.

4. *Sevryugina N., Kapyrin P.* Technological machines, construction resources, efficiency and safety // MATEC Web of Conferences, Chisinau, 31 мая – 02 2018 года. Vol. 178. – Chisinau: EDP Sciences, 2018. – P. 06017. – DOI 10.1051/mateconf/201817806017.

## **УПРАВЛЕНИЕ АППАРАТОМ ВИХРЕВОГО СЛОЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТОРФЯНЫХ ГРУНТОВ**

*Мотевич С.А., магистрант 1 курса ФГБОУ ВО ТулГУ, г. Тула*

*Научный руководитель – Селиверстов Г.В., доцент каф. ТТМиП, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

При рассмотрении процесса обработки и подготовки торфяных и сапрпельных грунтов с помощью аппарата вихревого слоя возникает вопрос о выборе параметров, которыми можно управлять для достижения требуемого результата. После выбора параметров необходимо дать количественную оценку их рациональным значениям. Таким образом, можно говорить об управлении процессом обработки и подготовки грунтов, варьируя значениями выбранных параметров в аппарате вихревого слоя.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Такие технологические машины, как аппараты вихревого слоя были изобретены достаточно давно, и применяются в настоящее время в различных отраслях машиностроения в тех случаях, когда требуется тонкий или ультратонкий помол и высокая однородность диспергации обрабатываемых сред [1, 2]. Чаще всего применяют классическую конструкцию таких аппаратов, в котором внешний статор очень похож на статор асинхронного двигателя. При подаче напряжения на обмотки создается вращающееся электромагнитное поле. С помощью этого поля внутри статора вращаются ферромагнетики.

Обрабатываемая среда поточно проходит через вращающиеся ферромагнетики, которые оказывают на нее ряд воздействий. Обычно выделяют механическое, электродуговое, кавитационное и магнитострикционное [3, 4].

Следующая модификация аппаратов вихревого слоя уже получила более сложное сочетание обмоток в статоре, которые создают не только вращающееся магнитное поле, но и линейное. Сочетание этих полей позволяет повысить интенсивность воздействия на обрабатываемую среду. Но возникает вопрос об управлении этими полями для выбора рациональных параметров воздействия на обрабатываемую среду [5-7].

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Таким образом, необходимо рассмотреть параметры, которые влияют на результат. Условно их можно разделить на параметры обрабатываемой среды и параметры аппарата вихревого слоя.

Параметры обрабатываемой среды – это отношение массы торфа к массе воды, температура исходная и конечная, кислотность, масса и окислительно-восстановительный потенциал.

Параметры аппарата вихревого слоя – это время обработки среды, частота и амплитуда питающего напряжения, удельная мощность на единицу массы торфа.

Отметим, что эти параметры могут дополняться при необходимости. Кроме того, они могут быть взаимосвязанными.

В качестве примера рассмотрим обработку в аппарате вихревого слоя торфяных грунтов с целью получения потом пелоидов.

Масса торфа и масса воды должны соотноситься в пропорции 1,2:1, чтобы получить необходимую вязкость и модуль сдвига. Регулировка проводится с помощью настраиваемых дозаторов.

Температуру исходной смеси замеряют в том случае, если есть необходимость получить конечный продукт с ограничением по его нагреву.

Кислотность обрабатываемой среды и ее окислительно-восстановительный потенциал проверяются до и после обработки. Например, для торфяных грунтов, максимальное значение окислительно-восстановительного потенциала после обработки составило -545 мВ, что говорит о качественной диспергации продукта.

Время обработки продукта регулируется скоростью подачи через слой ферромагнетиков.

При этом, частота поля и мощность на статоре являются параметрами управляемыми. Для их регулирования применяется частотные преобразователи. На рис. 1 показана зависимость мощности от частоты поля. Частотный преобразователь использовался от фирмы INSTART с доработанным программным обеспечением

Анализ показал, что с увеличением частоты поля, мощность на статоре пропорционально уменьшается.

Удельная подводимая мощность на единицу массы обрабатываемой смеси определяется не только мощностью на статоре, но и массой смеси, проходящей через слой ферромагнетиков. При обработке тофов удельной мощности достаточно, если она составляет не менее 3кВт/кг. Как правило, частота и мощность определяются заранее, и аппарат вихревого слоя работает на фиксированных значениях этих параметров.

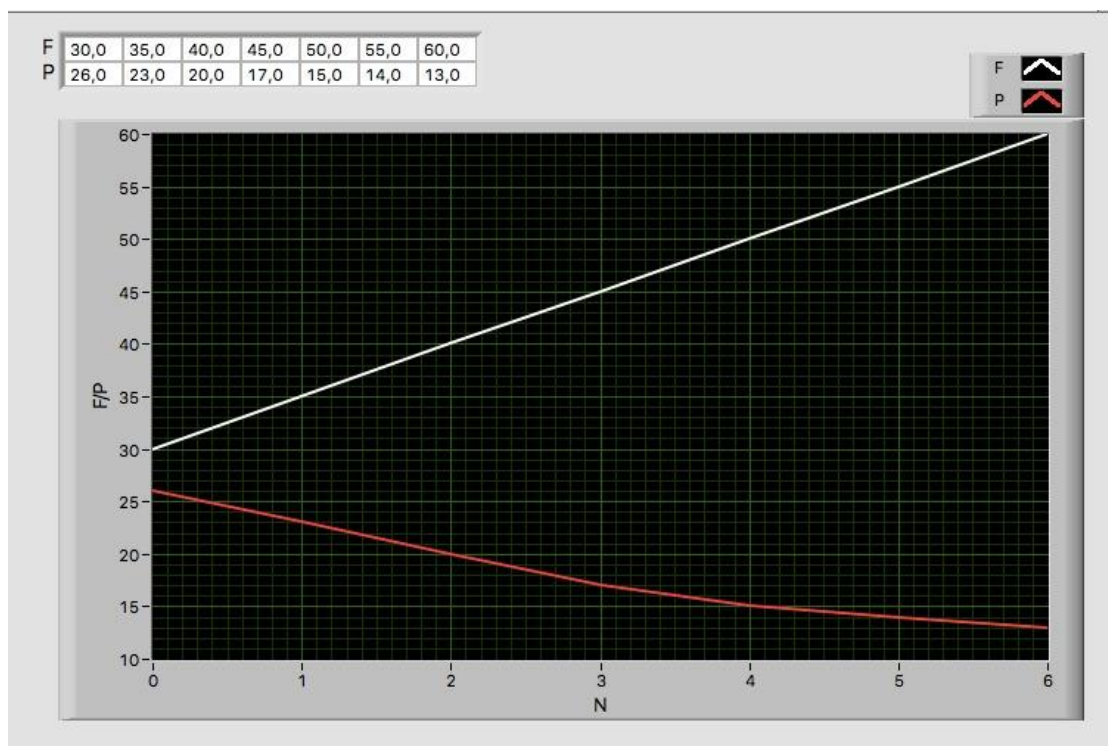


Рис. 1 Зависимость мощности от частоты поля

Если рассматривать обработку торфяных грунтов именно с точки зрения приготовления пелоидов, то показателем готовности продукта будет достижение значений окислительно-восстановительного потенциала порядка -500 мВ, при начальном значении в 100 мВ.

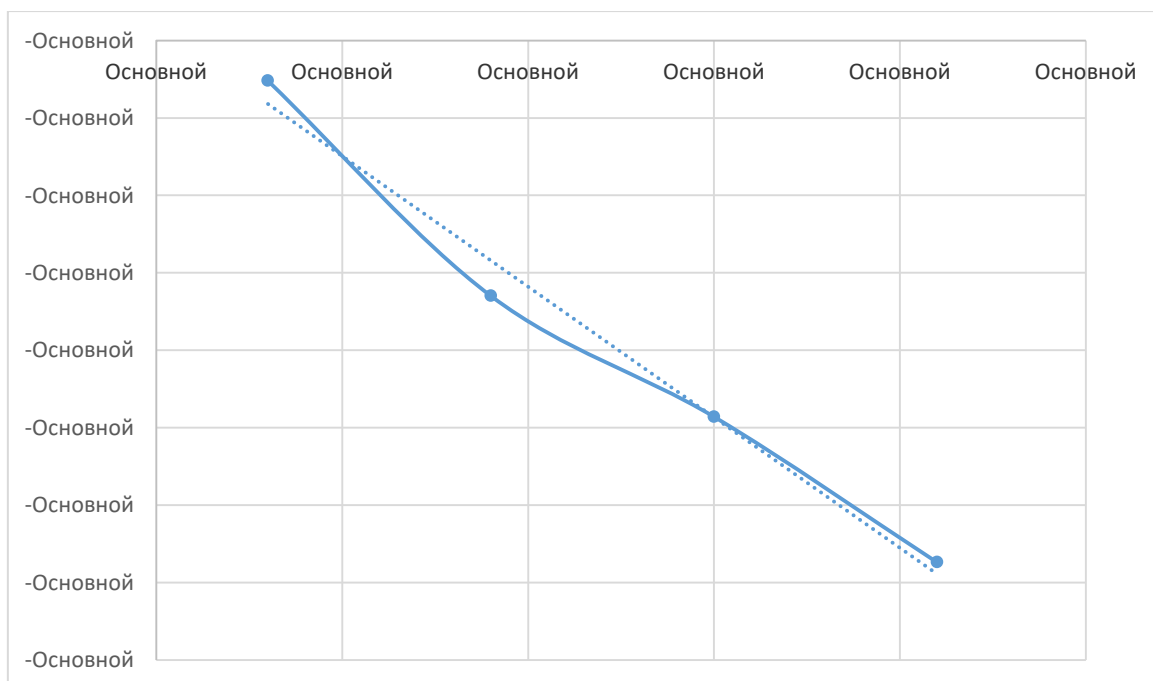


Рис. 2 Зависимость окислительно-восстановительного потенциала от времени нахождения торфа

Таким образом, последовательное изменение времени нахождения смеси в реакторе аппарата с фиксацией значений окислительно-восстановительного потенциала показало, что



зависимость носит практически линейный характер. При нахождении смеси в реакторе в течение 180 с значение окислительно-восстановительного потенциала составило -226 мВ. При последовательном увеличении экспозиции потенциал последовательно изменялся до значений -537 мВ. Графически это показано на рис. 2. На вертикальной оси отложены значения окислительно-восстановительного потенциала, а по горизонтальной – время нахождения смеси в реакторе.

Была проведена аппроксимация экспериментальных данных линейной зависимостью, которая позволяет получать требуемое значение окислительно-восстановительного потенциала, управляя временем нахождения обрабатываемой смеси в реакторе аппарата вихревого слоя.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что приготовление пелоидов из торфяных грунтов с требуемым значением окислительно-восстановительного потенциала является управляемым технологическим процессом, причем это достигается с помощью системы управления параметрами аппарата вихревого слоя.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Иванов С.И. Современные малоотходные технологии переработки техногенного сырья // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. – 2017. - №4(41). – С. 2-93.
2. Нгуен В.М., Колюхов Ю.В., Рыжонков Д.И. Исследование влияния электромагнитного поля и энергомеханической обработки на процесс получения наноразмерных порошков металлического кобальта восстановлением водородом // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. - №2. – С. 96-101.
3. Головейко А.Г. Электромагнитное поле и его взаимодействие с веществом. Минск: Белорус. нац. техн. ун-т, 2006. - 82 с.
4. Войтович В.А. и др. Эффективность применения аппаратов вихревого слоя в процессах измельчения порошковых материалов // Новые огнеупоры. - 2017. - №10. – С. 48-53.
5. Карасик В.Р. Физика и техника сильных магнитных полей. М.: Наука, 1964. – 347 с.
6. Винокуров Б.Б. Измерение параметров магнитных полей и характеристик магнитных материалов. Томский политехн. ин-т. Томск 1990. – 111 с.
7. Ибрагимов Р.А. и др. Оптимальные параметры и картина магнитного поля рабочей камеры в аппаратах с вихревым слоем // Строительные материалы. – 2018. - №7. – С. 64-67.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПКМ ДЛЯ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ МАШИН РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВСКОЙ МОЛДАВСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**В.В. Мухин**, аспирант 3 курса Ас, ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

### **Аннотация**

В статье приведены результаты исследований полимерных композиционных материалов, применяемых для ремонта деталей дорожно-строительных машин, эксплуатируемых в климатических условиях Приднестровской Молдавской республики. Объясняется выбор волокнистых и тканых наполнителей, для восстановления дефектов делателей. Рассматриваются преимущества и недостатки используемых наполнителей. Приводятся результаты экспериментов, направленных на исследования дисперсных и тканых

наполнителей на соответствие, выбранных ремонтных материалов на необходимые для нас свойства и возможность использовать их при ремонте в агрессивных средах Приднестровской Молдавской республики.

Целью данного исследования является изучение возможности применения ПКМ для ремонта деталей машин работающих в агрессивных условиях ПМР. Задачи, поставленные для достижения цели, - исследовать воздействия влажной среды на долговечность деталей дорожно-строительных машин работающих во влажной среде, исследование физико-механических свойств используемых ремонтных материалов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Дорожно-строительные машины, это техника, которая большую часть своей работы проводит в условиях агрессивных сред.

В Приднестровской Молдавской Республике климат умеренно-континентальный. Зима мягкая и короткая, лето жаркое, продолжительное. Атмосферная циркуляция характеризуется преобладанием западных тёплых и влажных атлантических воздушных масс. Температурный режим характеризуется положительными среднегодовыми температурами воздуха на всей территории государства.

На дорожно-строительные машины в ПМР, воздействуют высокие и низкие температуры, влага, некачественные дорожные покрытия, перепад температур окружающего воздуха, что вызывает интенсивные коррозионные повреждения.

Основными дефектами деталей при воздействии агрессивных сред, являются трещины, прогары, нарушение геометрии отверстий, коррозия. Устранять данные дефекты можно при помощи традиционных слесарных работ и с помощью полимерных композиционных материалов.

Для большинства деталей дорожно-строительных машин распространена почвенная и атмосферная коррозия. При атмосферной коррозии, разрушение металлов происходит под воздействием атмосферного воздуха, в котором содержатся частички воды и газов. Почвенная коррозия, воздействует при обработке грунта, в котором содержится грунтовые влаги. Воздействию коррозии наиболее подверженными, являются детали кузова, детали выхлопной системы, рама, ходовая часть, резьбовые соединения, сварные швы.

При восстановлении детали необходимо убедиться, что используемый композиционный материал защитит место ремонта от воздействия коррозии и обеспечит работу восстановленной детали с необходимыми требованиями [1].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Основными требованиями, предъявляемыми к полимерным композиционным материалам используемым для ремонта деталей машин работающих во влажной среде, в климатических условиях Приднестровской Молдавской Республики, являются: хорошая адгезия к материалу к поверхности восстановленной детали– отсутствие отслаиваний от поверхности элементов машин в процессе эксплуатации, стойкость к воздействию агрессивных сред, используемых в Приднестровской Молдавской Республике, соответствие механических свойств зоны ремонта, свойствам восстанавливаемого элемента.

Основываясь на литературные источники, выбор остановился на дисперсных наполнителях (алюминиевая пудра ПАП 1, углесодержащий порошок УГС 628-30) и тканых наполнителях (стеклоткань ТСП – 160 и углеткань УТН – 900-с). В качестве связующего использовалась эпоксидная смола ЭД 20, холодного отверждения).

Для определения возможности применения дисперсно-наполненных и волокнисто-наполненных полимерных композиционных материалов, для ремонта деталей дорожно-строительных машин работающих во влажной среде, было проведено ряд испытаний: исследования влияния условий хранения на свойства дисперсных и волокнистых наполнителей, определения влияния условий хранения дисперсных и волокнистых наполнителей на износостойкость ремонтных композитов, оценка стойкости дисперсных и

волокнистых наполнителей к воздействию влаги, определение эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов, используемых для ремонта машин;

Для оценки влияний условий хранения на свойства дисперсных и волокнистых наполнителей, было создано 6 групп образцов, три группы состоящие из дисперсных наполнителей и три группы содержащие тканые наполнители (табл. 1) [2].

Табл. 1. Данные по дисперсно-наполненным и волокнисто-наполненным образцам

№ серии образца	Связующее	Наполнитель	Условия хранения
1/Э 1/Э	ЭДП + ПЭПА	Алюминиевая пудра Углеродосодержащий порошок	Стандартные условия
2/В 2/В		Алюминиевая пудра Углеродосодержащий порошок	Повышенная влажность воздуха > 98%
3/Т 3/Т		Алюминиевая пудра Углеродосодержащий порошок	Перепад температур от +30°C до -30°C
1/УТ 1/СТ740 2/УТ	ЭДП + ПЭПА	Углеткань УТН-900	Стандартные условия
2/СТ740		Стеклоткань Novol plus 740	
3/УТ		Углеткань УТН-900	Условия повышенной влажности воздуха (> 98%)
3/СТ740		Стеклоткань Novol plus 740	
1/УТ		Углеткань УТН-900	Условия перепада температур от -30°C до +30°C
1/СТ740		Стеклоткань Novol plus 740	

После проведения эксперимента, у всех образцов с содержанием дисперсных наполнителей и тканых наполнителей, после содержания их в ненадлежащих условиях зафиксированы структурные дефекты в виде пор и воздушных включений.

На машине Nanovea Tribometer в соответствии с действующим стандартом ASTM были произведены испытания на трение и износ композитов на основе дисперсных и волокнистых наполнителей.

Результаты определения значений коэффициента трения дисперсно-наполненных и волокнисто-наполненных композитов при различных условиях хранения сырья приведены в (табл. 2).

Табл. 2. Результаты определения значений коэффициента трения дисперсно-наполненных и волокнисто-наполненных образцов

№ серии	Условия хранения	Наполнитель	Коэффициент трения
1Э	Стандартные условия	Алюминиевая пудра	0,29
1Э		Углеродосодержащий порошок	0,42
2В	Повышенная влажность воздуха > 98%	Алюминиевая пудра	0,35
2В		Углеродосодержащий порошок	0,48
3Т	Перепад температур от +30°C до -30°C	Алюминиевая пудра	0,31
3Т		Углеродосодержащий порошок	0,45
1/УТ	Стандартные	Углеткань УТН-900	0,26

1/СТ740	условия	Стеклоткань Novol plus 740	0,29
2/УТ	Повышенная влажность воздуха > 98%	Углеткань УТН-900	0,24
2/СТ740		Стеклоткань Novol plus 740	0,31
3/УТ	Перепад температур от +30°С до -30°С	Углеткань УТН-900	0,26
3/СТ740		Стеклоткань Novol plus 740	0,30

На основании полученных данных, можно зафиксировать, что наименьший коэффициент трения, зафиксирован при использовании в качестве наполнителя алюминиевой пудры и углеткани. Результаты потери массы волокнисто – наполненных и дисперсно-наполненных композитов приведены в (таб. 3).

Табл.3. Изменение массы дисперсно-наполненных и волокнисто-наполненных образцов

№ серии образцов / наполнитель	$m_{до}$ , гр	$m_{после}$ , гр	потеря массы, $\Delta m$ , %
1Э/алюминиевая пудра	7,26	7,25	0,13
1Э/углеродсодержащий порошок	7,64	7,63	0,13
2В/алюминиевая пудра	12,78	12,73	0,39
2В/углеродсодержащий порошок	13,55	13,52	0,22
3Т/алюминиевая пудра	8,56	8,54	0,23
3Т/углеродсодержащий порошок	10,38	10,36	0,19
1/УТ	13,86	13,84	0,14
1/СТ740	10,35	10,33	0,19
2/УТ	17,16	17,12	0,23
2/СТ740	13,14	13,12	0,15

Минимальное количество продуктов износа (минимальные потери массы) зафиксированы при использовании в качестве наполнителя углеткани, алюминиевой пудры и углесодержащего порошка.

Для исследования стойкости дисперсных наполнителей (алюминиевой пудры ПАП 1 и углесодержащего порошка УГС 628-30), тканых наполнителей (стеклоткани ТСП – 60 и углеткани УТН – 900 – с) к воздействию влаги, был произведен эксперимент, для которого были подготовлены пять видов образцов, на трех образцах, были эмитированы трещины диаметром 5 мм а на двух образцах размером 40 мм, которые в течении 120 суток выдерживались в агрессивной среде, под воздействием влаги, при температуре 25°С, влажности воздуха 98% [3].

Для заделки трещин размером 5 мм применялся состав из эпоксидной смолы ЭД 20, холодного отверждения, без наполнителя, состав на основе эпоксидной смолы ЭД 20, с добавлением алюминиевой пудры, и состав с добавлением углесодержащего порошка. Концентрация наполнителей составляла 10 мас.

По истечении. 120 суток, образцы были высушены, в месте ремонта был сделан срез полимерного материала, и образцы были изучены под микроскопом.

Анализируя данные эксперимента, можно сделать вывод, что поверхность образца, которая не была защищена полимерным материалом, подверглась сильной коррозии. На всех образцах, была зафиксирована коррозия на границе метала и полимерного материала.

Наибольшему влиянию коррозии подлежат образцы, восстановленные с использованием ПКМ без наполнителя и углеродом.

Затем определялись эксплуатационные свойства волокнисто-наполненных и дисперсно наполненных полимерных композиционных материалов. Проверка проводилась на герметичность, в емкости с жидкостью под давлением в 5 Атм, в течении 60 секунд.

Все образцы, прошли проверку на герметичность, не выдержал подаваемого давления только образец, восстановленный эпоксидной смолой, без наполнителя.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведя ряд экспериментов, для определения возможности применения дисперсных наполнителей (алюминиевая пудра ПАП 1 и углеродсодержащего порошка УГС 626-30), тканых наполнителей (стеклоткань ТСП -160 и углеткань УТН – 900 – с), для ремонта деталей дорожно-строительных машин, работающих в агрессивных условия Приднестровской Молдавской Республики, можно сделать вывод, что выбранные наполнители способны восстановить поврежденную деталь, защитить поверхность детали от повторного дефекта, и обеспечить эксплуатационные свойства для работы детали машин.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Мухин В.В., Баурова Н.И. Оценка коррозионной стойкости соединений, восстановленных с использованием полимерных композиционных материалов / Технология металлов. 2022. № 10. С. 39.

2. Мухин, В.В. Экспериментальные исследования материалов, используемых для ремонта элементов дорожно-строительных машин, работающих во влажной среде // Строительные и дорожные машины. 2021. № 11. С. 19.

3. Мухин В.В., Баурова Н.И. Оценка коррозионной стойкости соединений, восстановленных с использованием полимерных композиционных материалов / Технология металлов. 2022. № 10. С. 39.

4. Коноплин А.Ю., Баурова Н.И. Климатическая технологичность полимерных композиционных материалов, используемых при ремонте машин / Технология металлов. 2019. №3. С. 44.

5. Петрова Л.Г., Александров В.Д., Демин П.Е., Косачев А.В. [Коррозионная стойкость сталей, применяемых для металлоконструкций мостовых сооружений, и возможность ее повышения путем нанесения цинк-наполненных покрытий](#) / Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2016. № 4 (47). С. 49.

6. Акаев М.М. Действия агрессивных жидких сред на композиты полипропилен Fe/FeO // Известия Чеченского государственного университета. 2018. №2. С. 26.

### **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА КОВША НА НДС МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ РУКОЯТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА**

**Нырков В.А.**, студент 3 курса группы НТС-201; **Кулешов М.Р.**, студент 3 курса группы НТС-201

Научный руководитель – **Нилов В.А.**, профессор каф. СТИМ, д.т.н., профессор

#### **Аннотация**

Производительность гидравлического экскаватора в значительной степени зависит от величины усилий на зубьях ковша и напряженного состояния металлоконструкций рабочего оборудования. Предметом исследования является напряженно-деформированное состояние базовых металлоконструкций современного гидравлического экскаватора (на примере рукояти). Цель данной работы заключается в изучении влияния конструкций механизма

поворота ковша на напряженно-деформированное состояние металлоконструкции рукояти обратной лопаты гидравлического экскаватора.

### ВВЕДЕНИЕ

Для привода ковша гидравлического экскаватора строительного класса, как правило применяют типовую конструкцию, состоящую из гидроцилиндра 4, соединенного с ковшом 2 посредством одноплечего коромысла 3 и тяги 5 (рис. 1).

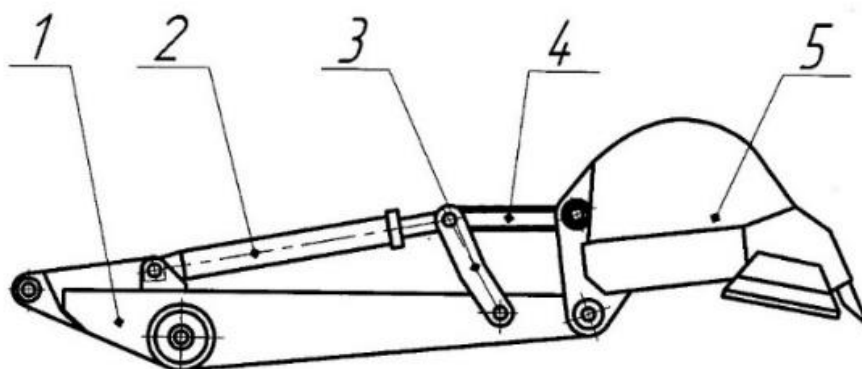


Рис.1 – Схема серийной конструкции механизма поворота ковша:  
1 – рукоять; 2 – гидроцилиндр; 3 – коромысло; 4 – тяга; 5 – ковш

В работе [1] рассмотрены вопросы совершенствования серийной конструкции механизма поворота ковша гидравлического экскаватора на примере рукояти экскаватора ЭО-5122, которые показали необходимость усиления её металлоконструкций в местах присоединения к стреле и ковшу.

Усиление рукояти (рис. 2, выделено цветом) выполнено накладными листами толщиной 10 мм (малолегированная сталь 09Г2С) в зонах максимальных суммарных напряжений и перемещений.

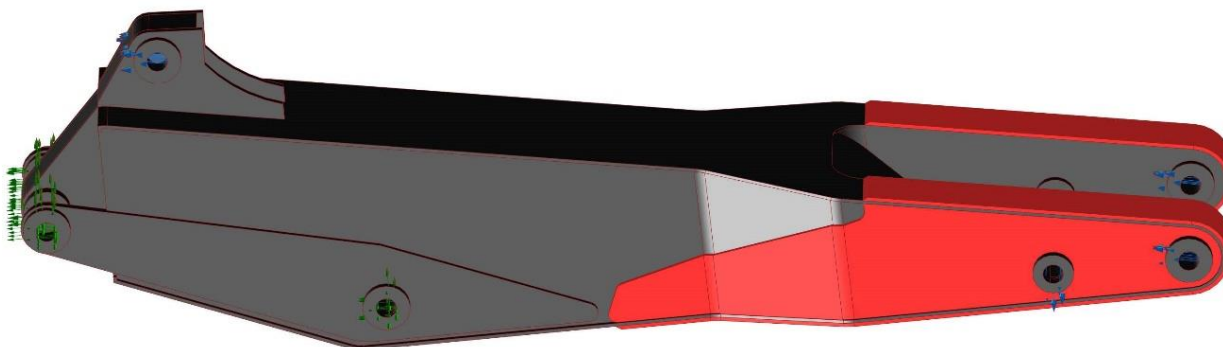


Рис. 2 – Усиление рукояти накладными листами

После усиления рукояти листами НДС рукояти улучшилось (рис. 3), при незначительном увеличении её веса. Так суммарные напряжения с 170...190 МПа уменьшились до 17...80 МПа, а суммарные перемещения с 2,5...4,5 мм снизились до 1,2...1,4 мм.

В Воронежском государственном техническом университете на кафедре Строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова разработана и запатентована новая конструкция механизма поворота ковша гидравлического экскаватора [2, 3, 4], которая отличается от серийной конструкции наличием двухплечего коромысла 3 (рис. 4) и двух гидроцилиндров 6, размещенных по бокам рукояти 1.

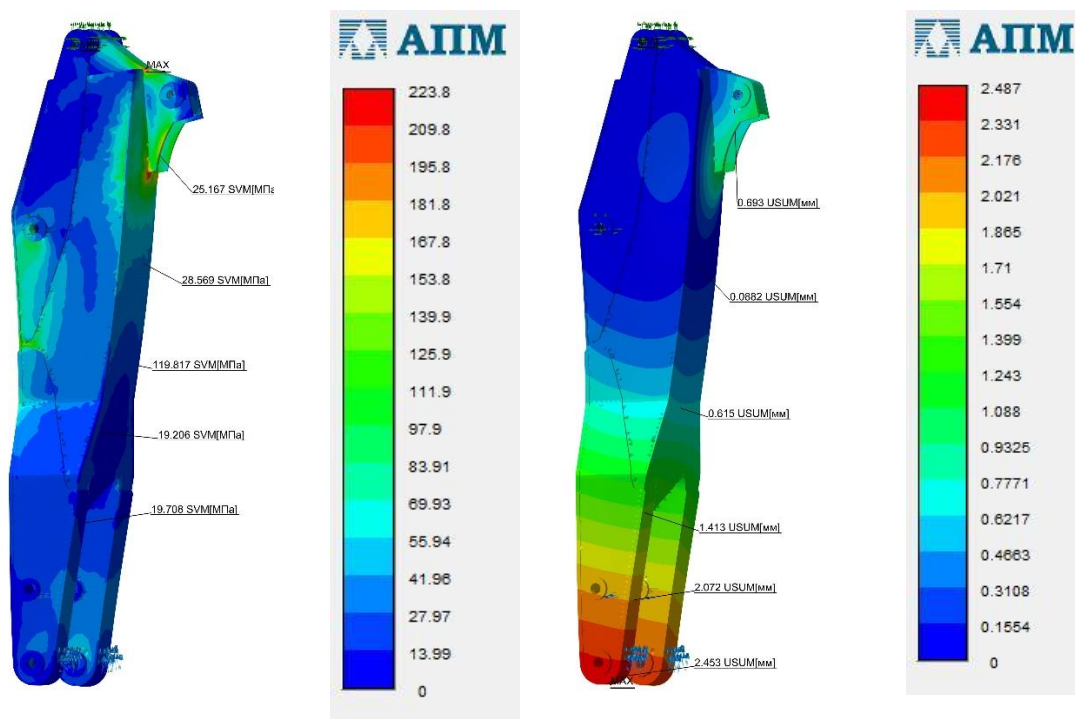


Рис. 3 – НДС рукояти после усиления:  
**а) Суммарные напряжения**                      **б) Суммарные перемещения**

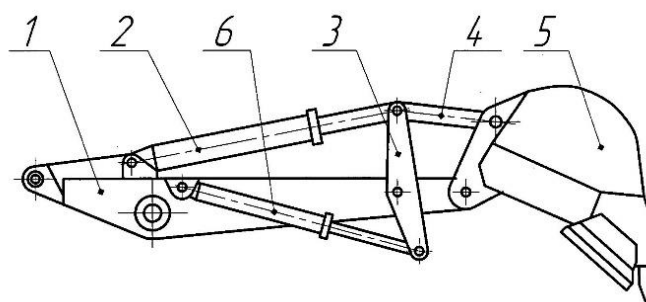


Рис. 4 – Привод ковша с двуплечим коромыслом

У новой конструкции привода ковша с двуплечим коромыслом 3 (рис. 4) работают не один, а сразу три гидроцилиндра, которые обеспечивает увеличение усилия на зубьях ковша 5 или (при сохранении усилия на зубьях) – уменьшение размеров силовых гидроцилиндров 2 и 6. Для изучения влияния новой конструкции привода ковша на металлоконструкции экскаватора ЭО-5122 был выполнен расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) рукояти по программе АПИМ FEM, интегрированной в Компас, версия 18.1, для следующих исходных данных (табл. 1).

Табл. 1 Исходные данные для расчета металлоконструкций рукояти экскаватора ЭО-5122

п/п	Параметр	Ед. изм.	Величина
1	Вес ковша	кг	1840
2	Вес рукояти	кг	1130
3	Вес гидроцилиндра	кг	290
4	Вес коромысла	кг	300
5	Тяга	кг	84
6	Расчетное давление в гидросистеме	МПа	32
7	Диаметр гидроцилиндров рукояти	мм	160
8	Количество гидроцилиндров рукояти	-	2



9	Количество гидроцилиндров ковша	-	3
10	Диаметр гидроцилиндров ковша	-	140
11	Материал	-	09Г2С
12	Толщина стенки металлоконструкции рукояти	мм	12

На рис. 5 показано расчетное положение рукояти, а на рис. 6 – представлена схема сил, действующих на рукоять в расчетном положении. На рис. 7 приведена картина суммарных напряжений и перемещений рукояти для новой конструкции механизма поворота ковша [2].

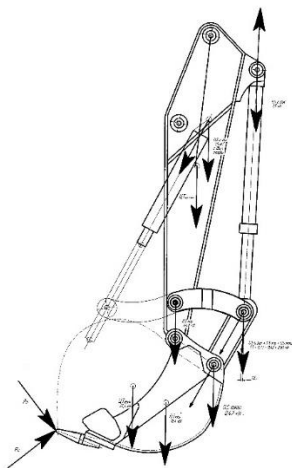


Рис. 5 – Расчетное положение рукояти

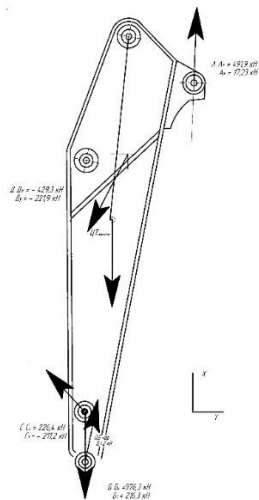


Рис. 6 – Схема сил, действующих на рукоять

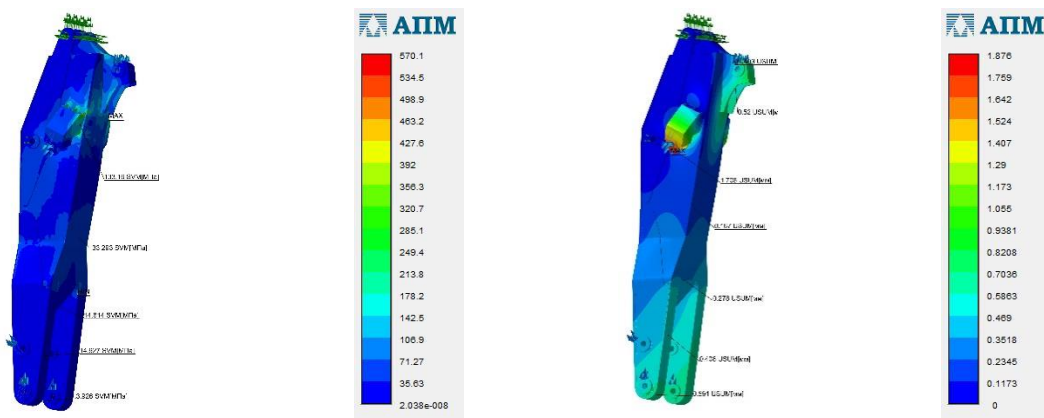


Рис. 7 – НДС рукояти с тремя гидроцилиндрами (диаметр 140 мм) и двуплечим коромыслом:

а) Суммарные напряжения

б) Суммарные перемещения

Выполненные исследования показали незначительное увеличение НДС рукояти в зоне её присоединения к стреле и ковшу (рис. 7), *несмотря на увеличение силового взаимодействия ковша с забоем (практически на 30 %)*. Это, возможно, связано с более благоприятным приложением внешних нагрузок на рукоять от гидроцилиндров привода.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно отметить следующее.

1. Установлено положительное влияние боковых гидроцилиндров привода ковша на напряженно-деформированное состояние рукояти, которое связано с *разнонаправленностью* усилий от гидроцилиндров привода. В результате нет необходимости усиления металлоконструкций рукояти в зоне её крепления к стреле, несмотря на увеличение силового взаимодействия ковша с забоем на 30 %.



2. Применение привода ковша с тремя гидроцилиндрами позволяет увеличить усилие на зубьях ковша на 15 % при уменьшении диаметра гидроцилиндров и улучшить напряженно-деформированное состояние рукояти.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Нилов В.А., Федоров Е.В., Кулешов М.Р., Ныркоу В.А.* Исследование напряженно-деформированного состояния металлоконструкции рукояти гидравлического экскаватора // Научно-технический журнал «Высокие технологии в строительном комплексе». 2022, № 2. – С. 91-95.

2. *Пат. 2771589* Российская Федерация, МПК E02F 3/30. Механизм привода поворота ковша гидравлического экскаватора / В.А. Нилоу, В.А. Жулай, Е.В. Федоров; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. № 2021100296; заявл. 11.01.2021; опубли. 06.05.2022, Бюл. № 13.

3. *Нилоу В.А., Жулай В.А., Тюнин В.Л., Федоров Е.В.* Совершенствование конструкции привода ковша гидравлического экскаватора // Строительные и дорожные машины. – 2022. - № 4 – С. 3-6.

4. *Нилоу В.А., Жулай В.А., Тюнин В.Л., Федоров Е.В.* Улучшение силового воздействия рабочего оборудования гидравлического экскаватора на забой // Строительные и дорожные машины. – 2022. - № 5 – С. 19-22.

#### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКТИВАЦИИ ВОДНО-ЦЕМЕНТНОЙ СУСПЕНЗИИ**

*Парусов А.А., аспирант 1-го курса 21 группы ИИЭСМ*

*Богданов М.А., студент 2-го курса 30 группы ИИЭСМ*

*Шумов В.В., студент 2-го курса 30 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., проф., д.т.н.*

#### **Аннотация**

В статье выявлены тенденции увеличения потребления бетонов в связи со значительным развитием строительной отрасли Российской Федерации. Рассмотрены актуальные проблемы производства бетона в текущих условиях рынка. Проанализированы современные методы активации водно-цементных суспензий в процессе приготовления бетонных смесей. Описан метод гидродинамической активации, выделены его преимущества и недостатки. Рассмотрен ультразвуковой метод механоактивации, представлен способ его реализации, выявлены конкурентные преимущества. Авторами предложена конструкция технологической установки для ультразвуковой активации водно-цементной суспензии.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы строительная отрасль в Российской Федерации развивается стремительными темпами. Впервые с советских времен удалось достигнуть рекордных показателей в 2021 – 2022 году в 101,2% от уровня 1990 года и рост в два раза по сравнению с 2020 годом по количеству построенного и сданного в эксплуатацию жилого фонда, а также промышленных объектов и сооружений [1]. Как предсказывают аналитики, намеченная тенденция в ближайшие годы будет укрепляться еще сильнее. Реализуемые и запланированные объемы строительства возлагают значительную нагрузку на отечественные промышленные предприятия. Как показывает статистика [2], одним из самых востребованных материалов при строительстве зданий и сооружений является бетон. К современным бетонам предъявляется множество требований как по составу, так и по выходным характеристикам, среди них: прочность, подвижность, время твердения, удобоукладываемость, морозостойкость и так далее. Достижение поставленных требований невозможно без использования современных технологий и высококачественных материалов.

В настоящее время в рецептах до 90% видов бетонов обязательным является использование химических добавок [4]. В условиях напряженной международной обстановки, разрывом раннее налаженных цепей поставок - закупка и использование импортных химических добавок затруднительны. В результате значительно возрастает как стоимость самих добавок, так и отпускная цена готового бетона для потребителя. Отечественная промышленность также выпускает широкий спектр специальных добавок, но многие из них до сих пор производятся с использованием зарубежного сырья. Текущие условия на рынке способствуют переходу к использованию собственного сырья, но это займет достаточно длительное время. В связи с этим производители бетона сильно озабочены поиском альтернативных методов для достижения требуемых параметров бетона.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Наиболее современным и эффективным методом по улучшению свойств бетона является механическая активация водно-цементной суспензии в процессе приготовления бетонной смеси. За последние годы отечественные и зарубежные ученые представили множество научных работ, патентов и пр. посвященных этой теме. Среди них наибольшее внимание уделено перспективам применения гидродинамической механоактивации [5]. Такой метод активации осуществляется в роторно-пульсационных аппаратах, где за счет механического (ударного) воздействия, вызванного турбулентностью от пульсации давления и скорости потока вещества, а также развития и схлопывания пузырьков воздуха (кавитации) в смешиваемых средах реализуется как измельчение и перемешивание компонентов, так и изменение их физико-механических свойств. Несмотря на сравнительно высокое положительное влияние на прочностные характеристики готовых бетонов, такой метод имеет ряд существенных недостатков. Наиболее значимыми из них являются: высокая стоимость оборудования – большая часть которого также импортная, необходимость в тщательном подборе оптимального времени и интенсивности воздействия для каждого рецепта бетона и вытекающая из этого необходимость в специально обученном высококвалифицированном персонале, способном определить необходимые параметры воздействия и произвести наладку оборудования.

Ультразвуковая механоактивация водно-цементной суспензии является наиболее актуальной и эффективной технологией, как в практическом, так и в экономическом плане. Такой метод активации основан на применении специальных ультразвуковых активаторов, способных генерировать высокочастотные звуковые волны с частотой более 20 кГц, которые, при воздействии на водно-цементную суспензию, расщепляют межмолекулярные связи, являющиеся основой кристаллической решетки. В результате происходит изменение структуры и измельчение частиц цемента, увеличивается его поверхностная активность и в результате способствует более быстрой гидратации [6, 7].

С учетом выявленных преимуществ, разработана следующая технологическая схема для ультразвуковой активации суспензии. На первом этапе в чашу смесителя для подготовки водно-цементной суспензии из расходных бункеров дозированно подается цемент и добавляется вода (рисунок). После полноценного смешивания компонентов до заданного водно-цементного соотношения суспензия с помощью насоса подается в рабочую зону ультразвукового генератора, который установлен на резонансной волновой камере. Резонансная волновая камера представляет собой резонатор специальной конструкции, усиливающий колебания. При колебаниях возбудителя, выполненного из титанового сплава, возникают высокочастотные волны с частотой более 20 кГц. В процессе ультразвуковой обработки происходит доизмельчение зерен цемента, что позволяет получить более однородную смесь. Такая обработка позволяет изменить сроки схватывания цементного теста, в следствии интенсивной гидратации сульфоломоферритов кальция с образованием этtringита, характеризующегося игольчатой формой. Межкристаллическое сцепление частиц цемента, покрытых оболочкой из игольчатых и призматических кристаллов, образует

прочный каркас, что снижает подвижность пластичной массы - другими словами уменьшаются сроки схватывания готового бетонного раствора [8].

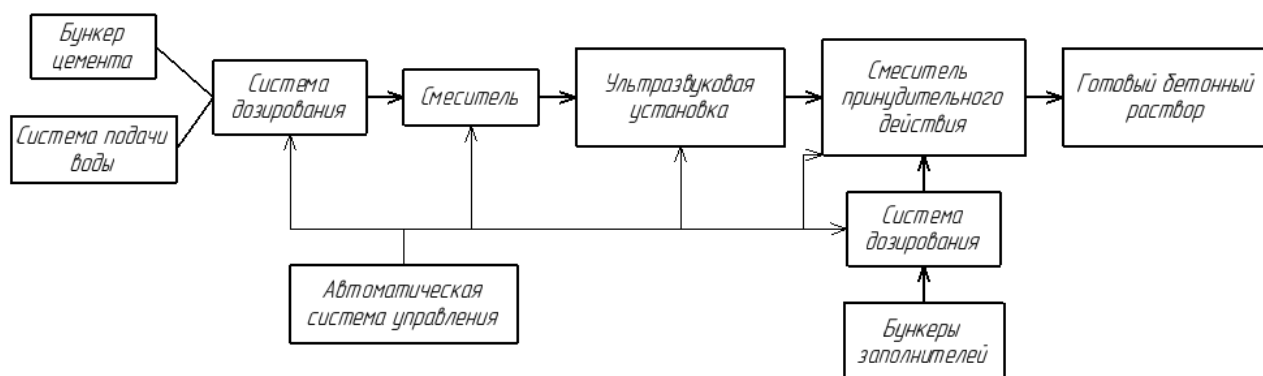


Рисунок – Технологическая схема установки для ультразвуковой активации водно-цементной суспензии

При работе установки наблюдается нагрев оборудования - для уменьшения его негативного влияния применяется система воздушного охлаждения. Далее активированная суспензия подается в основной бетоносмеситель принудительного действия, в котором предварительно смешаны необходимые фракции крупного и мелкого заполнителя - щебня и песка соответственно.

Для контроля за выполнением технологических операций – дозирования исходных материалов, времени перемешивания, времени ультразвуковой обработки и пр. в установку интегрирована автоматическая система управления с системой датчиков, позволяющая оперативно корректировать технологические процессы для получения наилучших выходных параметров бетона.

Для очистки рабочей зоны установки применяется система очистки и фильтрации. После окончания обработки (при простое бетоносмесительного узла или при его разгрузке) в рабочую камеру подается вода под высоким давлением, которая сливается в дренажную систему бетоносмесительного завода. Далее, в случае, если завод работает по принципу безотходного производства она подается в систему рециклинга для дальнейшей переработки и вовлечения в технологический процесс.

## ВЫВОДЫ

В результате ультразвукового воздействия на водно-цементную суспензию происходит ускорение процесса гидратации, улучшается дисперсия компонентов, повышается качество поверхности и уменьшается количество пор в бетонном растворе. Помимо этого, повышается его прочность, особенно в ранние сроки застывания, что вызвано особенностями процесса гидратации цемента и структурообразования цементного камня. Разработанная технологическая установка может быть использована как в составе бетоносмесительных установок, так и в лабораторных условиях для исследования свойств цементных растворов. Представленная компоновка оборудования будет реализована в лабораторных условиях для проведения испытаний и далее масштабирована для применения в бетоносмесительных узлах в промышленных масштабах.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Д.Д. Кенчадзе и др. Строительство в России. 2022: Стат. сб./ Росстат. – М., 2022. – 148 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Stroit\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Stroit_2022.pdf) (дата обращения 05.12.2022 г.)

2. Журнал «Промышленник Сибири». Российский рынок бетона в 2017-2021 году. URL: <https://prom-siberia.ru/analytics/rossiyskiy-rynok-betona-v-2017-2021-gg/> (дата обращения 20.01.2023 г.)

3. Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, В.С. Лесовик Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. №4 (37). С. 85-99.

4. М.А. Чурюкин, Д.А. Зорин, А.В. Хамутаев Повышение активности цемента при гидродинамической активации // Успехи в химии и химической технологии. 2018. № 2 (198). С.185-187.

5. Р.А. Ибрагимов, С.И. Пименов Влияние механохимической активации на особенности процессов гидратации цемента // Инженерно-строительный журнал. 2016. №2(62). С. 3-12.

6. М.А. Лукьянченко, О.В. Прудко Особенности ультразвуковой кавитации в цементосодержащих системах: Сб. науч. Трудов / Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения. – Симферополь: НАПКС, 2012. №4. С. 349-358.

7. Шарапов, Р. Р. Механическое оборудование заводов по производству цемента: учебное пособие / Р. Р. Шарапов, В. В. Абрамов; Р. Р. Шарапов, В. В. Абрамов; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова, Московская гос. акад. коммунального хоз-ва и стр-ва. – Москва: Граница, 2010. – ISBN 978-5-94691-421-5. – EDN QNEYQV.

8. Шарапов Р.Р., Савичев, А. О. Производство бетонной смеси с использованием механической активации водно-цементной суспензии / А. О. Савичев // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ, Москва, 02–06 марта 2020 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 452-456. – EDN OJMJZG.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОЗИРУЮЩЕГО И РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ**

*Погонина А. М., к.т.н., доцент кафедры «Дорожно-строительные машины», МАДИ*

*Павлов С. А., к.т.н., доцент кафедры «Дорожно-строительные машины», МАДИ*

### **Аннотация**

Статья посвящена определению взаимосвязи скоростных параметров распределяющего и дозирующего оборудования, используемого в машинах распределителях реагентов. Скоростные параметры являются одной из основ методики расчета спецтехники для распределения противогололедных реагентов и позволяют исследовать ее режимы работы. Авторами определена взаимосвязь между такими параметрами как скорость движения конвейера, частота вращения дозаторного вала и скорость вращения дискового распределителя. На основе разработанной методики в будущем можно будет выполнять расчеты рабочего оборудования машин в зависимости от ряда параметров, который задает производитель техники в нормативно-технической документации. В результате исследований авторы доказывают, что скорость движения конвейера зависит от скорости машины, нормы распределения и угла естественного откоса реагента. С помощью математического моделирования определено, что частота вращения дискового распределителя так же связана с нормой расхода и радиусом распределения реагента и зависит от скорости машины.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для борьбы с гололедом используют машины с разным способом воздействия на гололед: механическим, физико-термическим и химическим. Для зимнего содержания искусственных покрытий основное применение находят распределители противогололедных реагентов с химическим воздействием на лед. Основным параметром, характеризующим потенциально качественную работу машины, является соблюдение нормы расхода реагента. Однако в научных исследованиях уделяется мало внимания взаимосвязи параметров работы распределительного оборудования в зависимости от нормы расхода и скорости движения машины.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существует ряд методик исследования параметров дискового распределителя [6, 8], описание движения частиц реагента в полете в смежных областях [8], изучающих влияние других параметров на процесс распределения реагентов в целом [1, 2, 3, 4, 5]. Данная работа посвящена изучению взаимодействия скоростных параметров оборудования спецтехники.

Система распределения противогололедного реагента включает (рис. 1, 2, 3, 4):

- бункер;
- механизм дозированной подачи и раздачи твердого реагента.

Механизм подачи и дозирования состоит из ленточного конвейера с шевронной лентой и тарельчатого или дискового распределителя.

Определим расход реагента, проходящего через одну щель, на дозаторном валу:

$$q_{1щ} = l_{щ} \cdot b_{щ} \cdot h_{щ} \cdot \gamma, \text{ кг}, \quad (1)$$

где  $l_{щ}$  – длина лопатки, м;  $b_{щ}$  – ширина лопатки, м;  $h_{щ}$  – глубина щели, м;  $\gamma$  – насыпная плотность реагента,  $2000 \text{ кг/м}^3$ .

Удельная масса реагента, проходящего через ряд, будет определяться произведением количества щелей в одном ряду, через которые проходит реагент при повороте:

$$m_{1р} = k_{щр} \cdot q_{1щ}, \text{ кг}, \quad (2)$$

где  $k_{щр}$  – количество щелей в одном ряду, ед.

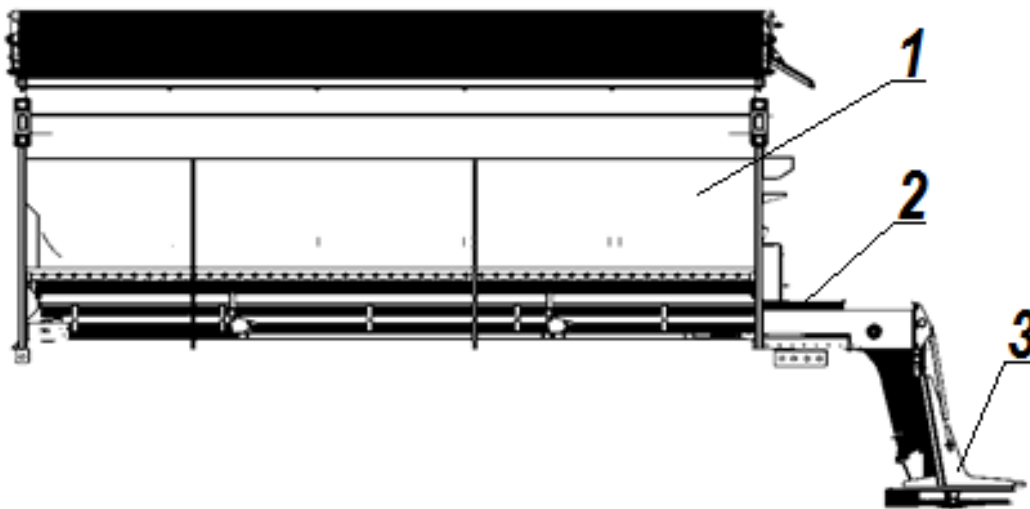


Рис. 1. Схема системы распределения реагентов:  
1 – бункер; 2 – ленточный конвейер; 3 – дисковый распределитель

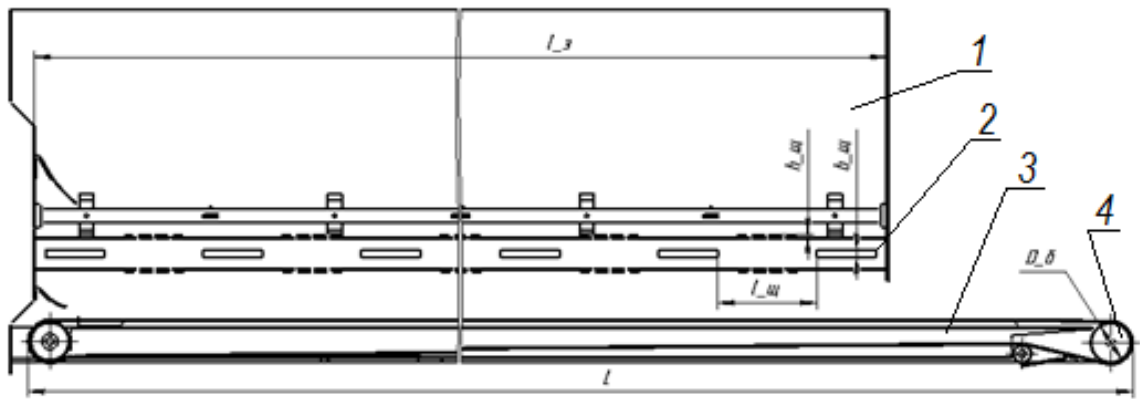


Рис. 2. Продольная схема бункера: 1 – емкость бункера; 2 – дозаторный вал; 3 – ленточный конвейер; 4 – приводной барабан

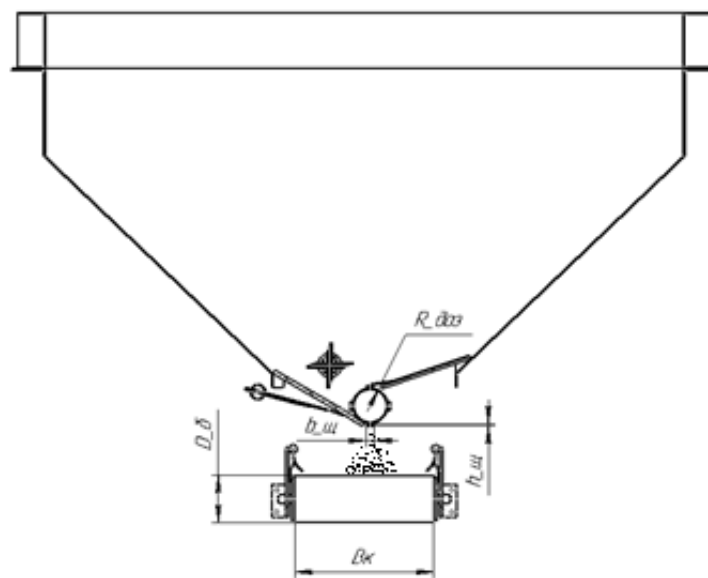


Рис. 3. Поперечная схема бункера

За оборот дозаторного вала через него истекает и равномерно распределяется по всей длине конвейера распределенная масса реагента:

$$m_{уд} = 4 \cdot m_{1p} \cdot n_{доз}, \text{ кг/с}, \quad (3)$$

где  $n_{доз}$  – частота вращения дозаторного вала,  $c^{-1}$ .

Принимаем, что подача реагента на конвейерную ленту через дозаторный вал должна быть равна подаче на дисковом распределителе:

$$4 \cdot m_{1p} \cdot n_{доз} = 2 \cdot R_{распр} \cdot N_{расх} \cdot v_{маш}.$$

Выражаем частоту вращения дозаторного вала:

$$n_{доз} = \frac{R_{распр} \cdot N_{расх} \cdot v_{маш}}{2 \cdot m_{1p}}, \text{ с}^{-1}, \quad (4)$$

где  $N_{расх}$  – норма расхода,  $кг/м^2$ ;  $R_{распр}$  – радиус распределения реагента, м;  $v_{маш}$  – скорость машины, м/с.

Радиус распределения реагента зависит от высоты распределения [6, 7, 8]:

$$R_{распр} = v_d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}, \text{ м}, \quad (5)$$

где  $v_d$  – линейная скорость вращения дискового распределителя, м/с;  $H$  – высота расположения диска над поверхностью, м ( $H = 0,4$  м);

Выражаем его скорость вращения:

$$v_d = R_{\text{распр}} \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot H}}, \text{ м/с.}$$

Масса реагента, подаваемая ленточным конвейером:

$$Q_{\text{кон}} = B_k \cdot h \cdot \gamma \cdot v_k, \text{ кг/с,} \quad (6)$$

где  $B_k$  – ширина конвейерной ленты, м,  $B_k = 0,4$  м;  $h$  – высота реагента на ленте, м;  $v_k$  – скорость конвейера.

Масса реагента, подаваемая дисковым распределителем:

$$Q_d = 2 \cdot R_{\text{распр}} \cdot N_{\text{расх}} \cdot v_{\text{маш}}, \text{ кг/с.} \quad (7)$$

Скорость движения ленточного конвейера необходима для постоянного обеспечения дискового распределителя реагентом:

$$v_k = \frac{6 \cdot Q_d}{\pi \cdot \gamma \cdot (h_1^2 + h_1 \cdot h_2 + h_2^2)}, \text{ м/с,} \quad (8)$$

где  $h_1$  – высота реагента в начале конвейера, м;  $h_2$  – высота реагента на сходе с конвейера, м;  $\gamma$  – плотность реагента,  $\text{кг/м}^3$ .

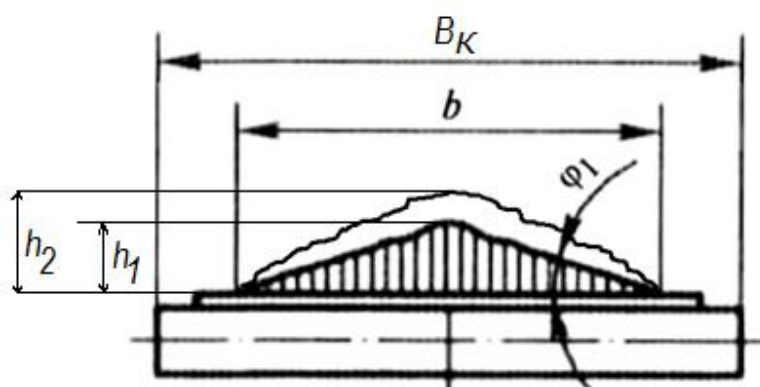


Рис. 4. Схема формирования валика реагента на ленте конвейера

Высоту реагента на ленте определяем геометрически, исходя из площади равнобедренного треугольника по формуле:

$$h_i = 0,5 \cdot b_i \cdot \text{tg} \varphi_1, \text{ м,} \quad (9)$$

где  $b_i$  – грузонесущая ширина ленты,  $b_1 \leq 0,1B$ ,  $b_2 \leq 0,8B$ , м;  $\varphi_1$  – угол свободного расположения насыпного реагента в поперечном сечении движущейся ленты, град.

Угол свободного расположения насыпного реагента:

$$\varphi_1 = 0,35\varphi, \text{ град,} \quad (10)$$

где  $\varphi$  – угол естественного откоса материала реагента.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования определены скоростные параметры оборудования для распределения реагентов и взаимосвязь между ними. Математические модели расчета будут включены в методики расчета параметров дозирующего и распределяющего оборудования в зависимости от радиуса распределения и нормы расходов, которые задают нормативно.

Выделенные взаимосвязи позволят в дальнейшем провести исследования, подтверждающие теоретические расчеты и предложить рекомендации по скоростным характеристикам рабочего оборудования машин для распределения реагентов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Ледовская, К. А. Превентивные технологии зимнего содержания автомобильных дорог / К. А. Ледовская, А. В. Саврасова, Т. В. Самодурова // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2019. – № 1-2. – С. 193-195. – Библиогр.: с. 195.

2. Fay, L. Environmental impacts of chemicals for snow and ice control: state of the knowledge  
L. Fay, X. Shi // *Water, Air, & Soil Pollution*. – 2012. – Vol. 223, no. 5. – P. 2751-2770. – References: p. 2766-2770.
3. Huaqiao, T. Analysis of the development of deicing vehicles / T. Huaqiao, Z. Weibo // *Journal of Fujian University of Technology*. – 2008. – Vol. 12. – P. 1-3. – References: p. 3.
4. Rußwurm, F. Optimal control of centrifugal spreader / F. Rußwurm, P. Osinenko, S. Streif // *IFAC-PapersOnLine*. – 2020. – Vol. 53, no. 2. – P. 15841-15846. – References: p.15845-15846.
5. Павлов, С. А. Техника и технология содержания аэродромов в зимний период: учеб. пособие / С. А. Павлов, А. М. Погонина. – М.: МАДИ, 2021. – 246 с.
6. Бурдин, А. А. Исследование влияния формы поперечного сечения лопаток и диаметра разбрасывающего диска на равномерность рассеивания противогололедных материалов по поверхности дорожного покрытия / А. А. Бурдин, Р. Л. Сахапов, М. М. Земдыханов // *Техника и технология транспорта*. – 2019. – № 1 (10). – С. 2.
7. Петровец, В. Р. Описание движения частиц удобрений вдоль выбросной лопатки на центробежном дисковом рабочем органе / В. Р. Петровец, И. И. Гаврилов, А. А. Сысоев // *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. – 2015. – № 1 (14). – С. 45-50. – Библиогр.: с. 50.
8. Mandrovskiy, K. P. Modeling the Uniform Treatment of Coatings with an Anti-Icing Liquid Reagent / K. P. Mandrovskiy, Y. S. Sadovnikova // *Mathematical Models and Computer Simulations*. – 2019. – Vol. 11, issue 5. – P. 842-849. – References: pp. 848-849.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕМОНТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Рузанкин П.А., аспирант 1 курса Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).*

*Научный руководитель – Баурова Н.И., декан факультета дорожных и технологических машин МАДИ, д.т.н., профессор.*

### **Аннотация**

Требования к конструкции современных дорожно-строительных машин постоянно усложняются и регламентируются все более жесткими требованиями к безопасности водителей и операторов, а также экологичности и производительности. В связи с этим расширяется область применения гидравлических систем дорожно-строительных машин (ДСМ) и все в большем количестве процессов используется гидропривод. Использование гидравлического привода позволяет постоянно поддерживать необходимое усилие на рабочих органах, а также без потери мощности передавать силовую нагрузку на рабочие органы и привод ДСМ, что позволяет получить стабильную работу рабочих органов без потерь мощности, а также без остановок.

Предметом исследования данной работы является оценка перспектив применения полимерных композиционных материалов на основе волокнистых наполнителей при ремонте элементов гидравлической системы машин.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современной строительной технике ни одна машина не обходится без применения гидравлических систем, служащих для привода рабочих органов, обеспечения вращения колёс ходовой части. Каждый элемент гидравлической системы по отдельности и цельная система в сборе служит в первую очередь для отбора части силы вращения у основного двигателя, преобразования ее в энергию движения жидкостных потоков и перенаправления



ее к исполнительным органам и навесному оборудованию. Гидравлическая система большинства дорожно-строительных машин (ДСМ) в современном машиностроении унифицирована и является типовой по своему оснащению. Основными элементами являются: гидромоторы, распределительная аппаратура, клапанный блок, гидроцилиндры, гидролинии, напорный бак, соединительные элементы (фитинги и крепежи), рукава высокого давления, а также соединительные патрубки гидравлических линий. Одним из самых протяженных и наиболее часто подверженных производственным повреждениям являются гидравлические рукава высокого давления.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

При эксплуатации ДСМ в неблагоприятных условиях возникают ситуации, когда на элементы гидравлической системы машины, осуществляется воздействие дополнительных избыточных нагрузок, а также воздействие агрессивных сред на детали и элементы ДСМ, в частности гидравлическую. В условиях, которые негативно влияют на целостность и работоспособность механизмов и узлов гидравлической системы ДСМ возникают дефекты в виде: трещин, изгибов, пробоин, коррозионное воздействие из-за высокой влажности или высокой химической активности среды, а также износ из-за трения рабочих элементов о детали ДСМ, либо ввиду взаимодействия с рабочей средой [1].

Ремонт гидравлических элементов ДСМ чаще всего производят традиционным способом, либо с применением полимерных композиционных материалов (ПКМ). Использование ПКМ позволит восстановить изделие в работоспособное состояние с наименьшим механическим вмешательством в поврежденный элемент.

Существует несколько способов ремонта и устранения дефектов на трубках гидролинии [2, 4]:

- замена всего поврежденного элемента трубы;
- установка заплат на поврежденный участок;
- заваривание повреждения;
- ремонт с применением ПКМ.

Ремонт данных трубок, целесообразен в некоторых случаях, когда данные детали имеют высокую стоимость и требуют значительного демонтажа деталей и оборудования с ДСМ, таких как экскаваторы, погрузчики, автогрейдеры и др.

Перспективным методом устранения дефектов является ремонт с использованием полимерных композиционных материалов [4–5]. При данном способе возможно устранение дефектов в кратчайшие сроки без крупного разукомплектования машины и длительного простоя.

В качестве технологии ремонта возможно применение специального банджа, заливного композиционного материала. Манжета представляет собой полосу высокопрочного композитного материала на основе однонаправленного специального стекловолокна с матричной памятью свёртывания. В рабочем положении она похожа на свёрнутую часовую пружину (clock spring — часовая пружина) (рис 1) [2]. Преимуществом данной системы является возможность установки манжет на высокотемпературные участки труб, а также возможность выдерживать высокое давление до 69 бар.

Установка муфты позволяет надежно изолировать поврежденный участок от появления рецидивных повреждений, а также данный способ позволяет остановить развитие существующего дефекта (рис 2).

Для правильного выбора технологии ремонта необходимо предварительно исследовать поврежденный участок на технологическую пригодность ремонтируемого участка с применением методов неразрушающего контроля.

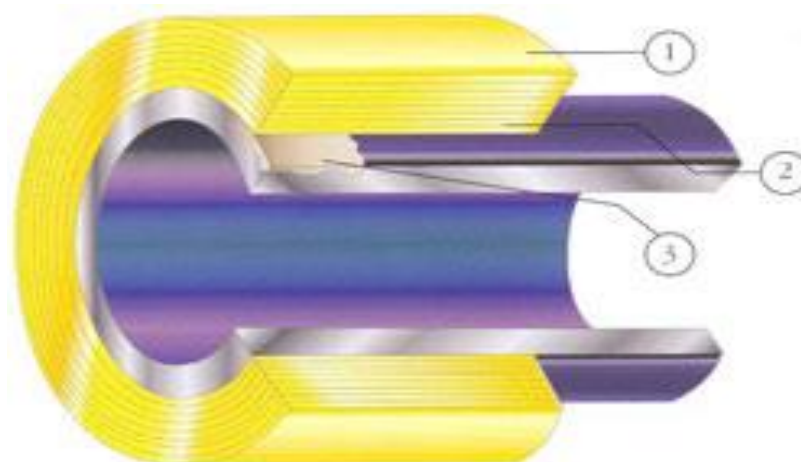


Рис 1. Установка бандаж на поврежденный участок трубы: 1-полоса композитного материала, имеющего высокопрочную однонаправленную структуру; 2-двухкомпонентный высокопрочный адгезив; 3-мастика для передачи нагрузки с высоким сопротивлением сжатию



Рис 2. Пример установки муфты на поврежденный участок трубопровода

Главная задача ремонта трубопровода с использованием полимерных композиционных материалов состоит в том, чтобы равномерно распределить нагрузки, проходящие по кольцу трубопровода [6]. Данный эффект дает использование волокнистых материалов, которые после пропитки связующим смогут взять данные нагрузки на свою армирующую часть (рис 3). Пропитка волокна эпоксидной смолой позволяет равномерно по оси трубопровода перенести и распределить на ремонтный композиционный материал поперечные нагрузки. Использование ПКМ при ремонте трубопроводов позволяет повысить запас прочности участка при возможных пластических деформациях трубы, ввиду более высокого коэффициента прочности ПКМ.

Технология ремонта гидравлических линий ДСМ подразумевает использование трехкомпонентной системы ремонта, которая состоит из волокнистого материала (стекловолокно, углеродное волокно), связующее вещество (эпоксидная смола), и отвердителя. Порядок ремонта подразумевает несколько этапов: предварительная очистка места ремонта; анализ дефекта; выбор технологии ремонта; подбор материалов; зачистка места ремонта (глубокое очищение загрязнений, химическое и физическое воздействие на материал); обезжиривание поверхности ремонтируемого участка; нанесение клеевого состава; обмотка места ремонта тканевым бандажом; отверждение композиции.

Перспективность данного метода ремонта состоит в том, что технология применения ПКМ позволяет избежать высоких финансовых затрат, а именно позволяет избежать покупки дорогостоящих запасных частей в виде элементов гидролиний [7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя анализ повреждений гидравлических линий можно оценить возможность применения ПКМ при ремонте этих элементов гидравлической системы дорожно-строительных машин и механизмов. Гидравлические линии часто подвергаются износу ввиду агрессивности рабочих сред, большому физическому воздействию на гибкие соединительные элементы. Ремонт данных элементов возможен с применением ПКМ на основе дисперсных и волокнистых наполнителей [9]. Но наиболее перспективными методами ремонта с применением ПКМ, является использования муфтовых (бандажных) ремонтных технологий. Применение данной технологии позволит избежать замены гидравлических трубок с обязательным снятием и доставкой на место проведения ремонта. Использование ПКМ позволит осуществить ремонт в полевых условиях, что сократит простой техники и снизит затраты на ремонт, из-за отсутствия затрат на транспортировку данных деталей в специализированные сервисные центры.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зорин В.А., Бочаров В.С. Надежность машин: учеб. пособие для вузов. – Орел: ОрелГТУ. 2003. – 549 с.
2. Иванов А.М., Солнцев А.Н. Основы конструкции современного автомобиля: учебник – М.: Инжиниринговый научно-образовательный центр «СМАРТ», 2017 – 348 с.
3. Зорин В.А., Баурова Н.И., Баловнев В.И., Гриб В.В., Косенко Е.А. Оценка состояния механических систем различной сложности // СТИН. 2019. № 3. С. 4-7.
4. Коноплин А.Ю., Баурова Н.И. Климатическая технологичность полимерных композиционных материалов, используемых при ремонте машин // Технология металлов. 2019. № 3. С. 44-48.
5. Коноплин А.Ю., Баурова Н.И. Исследование влияния отрицательных температур на напряженно-деформированное состояние и прочность композиционных материалов, используемых при ремонте трубопроводов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. №1. С. 35-39.
6. Карташова В.В., Баурова Н.И. Изучение стойкости полимерных покрытий для рабочего оборудования дорожных машин к воздействию климатических факторов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2019. № 11. С. 16-22.
7. Карташова В.В., Косенко Е.А. Контроль качества полимерных покрытий для рабочего оборудования дорожных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. №3. С. 16-19.
8. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ. 2017. – 472 с.
9. Воробьев И.Н. Преимущество применения композитных материалов при ремонте трубопроводов. <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestvo-primeneniya-kompozitnyh-materialov-pri-remonte-truboprovodov/viewer>

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМ НИВЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

*Дмитрий Александрович Рылько, магистрант 1 курса МАДИ в г. Москва*

*Научные руководители – Виктор Михайлович Коншин, доцент каф. ДМ, к.т.н., доцент,*

*Наталья Константиновна Тагиева, доцент каф. ДМ, к.т.н.*

### Аннотация

Основная проблема при дорожном строительстве на начальном этапе – это обеспечение ровности основания. дорожного или земляного полотна. Пластичность асфальтобетонного покрытия приводит к неровностям в период его эксплуатации, что минимизируется

качественным основанием. По этой причине с нынешними требованиями добиться необходимой точности в работе без систем нивелирования практически невозможно. В статье рассматривается нивелирование как процесс, виды нивелирования, а также автоматические системы нивелирования, их типы для решения каких задач они используются. Цель этой статьи ознакомиться с основными принципами работы существующих систем нивелирования, проанализировать эффективность их применения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Ни одно строительство не обходится без важного вида работ - нивелирования. Это вид геодезических работ, позволяет фиксировать превышения разницы высот между точками местности относительно принятой отсчетной поверхности. Чтобы точно отразить рельеф на топографических картах, необходимо использовать нивелирование и сопоставлять результаты измерений [1]. Приборы для измерения разницы высот называются нивелирами [1]. Он устанавливается на подготовленную поверхность и с помощью винтов регулируется его уровень относительно заданной поверхности.

### **Виды нивелирования**

К общим видам нивелирования относят:

Геометрическое нивелирование – метод определения превышений разницы высот между точками местности путем визирования (практический способ измерения вертикальных и горизонтальных углов на определенной местности с помощью совмещения перекрестка сетки и изображения) горизонтальным лучом.

Тригонометрическое нивелирование представляет собой вычисление превышения высот между точками путем наклонного угла визирования к горизонту.

Механическое нивелирование применяется в качестве контроля положения профиля местности на расстояния до 300 м, путем перемещения прибора по линии, вдоль которой он перемещается.

Стереофотограмметрическое нивелирование заключается в измерении стереопар аэрокосмических и наземных снимков с учетом высот рассматриваемых точек местности [3].

### **Системы нивелирования**

Процесс нивелирования позволяет обеспечить строительной техники контроль установки рабочего органа в заданном положении согласно выявленным особенностям местности. Это контролируется системами нивелирования, которые могут реализовать данный процесс как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Выделяют 3 типа систем автоматического нивелирования [4]:

- с ручной корректировкой положения рабочего органа, согласно информации, полученной с соответствующих датчиков – лазерные индикаторные и ультразвуковые системы;

- с автоматической корректировкой положения рабочего органа по данным соответствующих датчиков – автоматические системы;

- цифровые 3D системы – анализ данных происходит с учетом пространственной ориентации положения рабочего органа строительной машины.

### **Типы систем нивелирования**

Одна из механических систем нивелирования, обеспечивающая контроль нахождения рабочего органа на профилируемой поверхности – индикаторная лазерная система, которая использует лазерный нивелир и приемник сигнала и является одной из самых простых (рис. 1) [5].



Рис. 1. Экскаватор с индикаторной системой

Индикаторные лазерные системы широко используются экскаваторами, бульдозерами, погрузчиками и других строительных машинах. На строительной площадке выделяется рациональное место для установки нивелира (Б), который обеспечивает формирование лазерной плоскости, параллельной проектируемой поверхности (рис. 5). Лазерный фотоприемник (А) монтируется на рабочий орган машины. Для корректной работы считывающего устройства необходимо чтобы нивелир видел фотоприемник. В процессе работы оператор наблюдает за показаниями и принимает решение о перемещении рабочего органа, чтобы выйти на заданный уровень.

Также используют ультразвуковые системы нивелирования, которые используют ультразвук для формирования продольного профиля с заданным поперечным уклоном [5]. Такие системы требуют более высоких трудозатрат на перебазировку по объекту и наладке поэтому подходят для малых парков техники, с небольшим объемом работ. Данная система, как и предыдущая умеет только считывать данные в автоматическом режиме, что касается изменения положения рабочего органа оператор должен делать это самостоятельно. Это стало основой создания систем автоматического нивелирования, которые имеют в своей основе вышеизложенные системы с дополнительным набором датчиков и считывающих устройств.

#### **Автоматические системы нивелирования**

Для облегчения работы оператора и увеличения точности выполнения работ появились автоматические системы нивелирования. Данные системы предполагают программное обеспечение, которое фиксирует данные в соответствии с техническим заданием на проект (значение уклон, на рабочая отметка / толщина слоя). В зоне работы оператора предусматривается пульт управления для отслеживания ориентации рабочего оборудования на местности. Система самостоятельно проводит сравнительный анализ установки рабочего оборудования и корректирует его положение, в соответствии с заданной поверхностью.

Автоматические системы нивелирования предусматривают в кабине машины специальный пульт управления, в который вводится проектное значение уклона и рабочая отметка или толщина слоя. Во время работы панель управления сравнивает текущее положение отвала с введенным и, в случае необходимости, автоматически его исправляет, посылая команду на электрогидроклапан. Таким образом, рабочее оборудование автоматически удерживается в проектное положение, оператору остается только вести машину по определенной проходке. Один из примеров ультразвуковой автоматической системы нивелирования является «Ультразвуковая лыжа», она устанавливается на асфальтоукладчиках и представляет собой конструкцию с цифровым электронным оборудованием. Система состоит из электронной и механической частей (рис. 2).

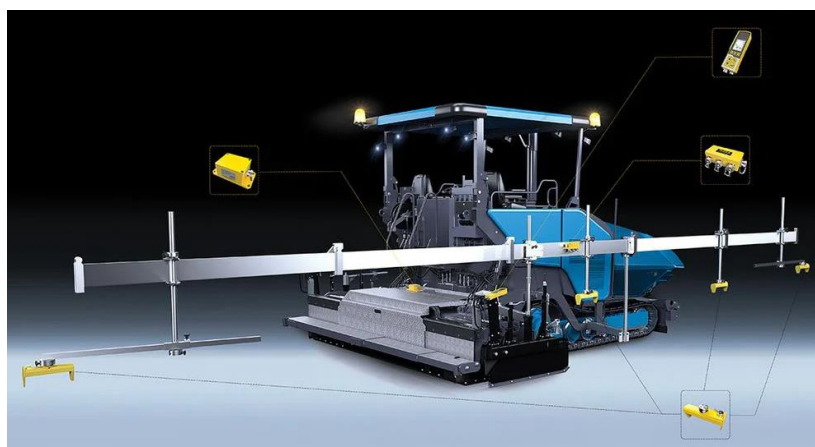


Рис. 2. Автоматическая ультразвуковая система нивелирования.

Автоматические системы нивелирования 3D были созданы на основе автоматических систем, так как требуется использовать возможности автоматической ориентации рабочего органа в пространстве, основное отличие от вышеперечисленных систем — это объемная ориентация рабочего органа в пространстве, это повышает точность, облегчает выполнение функций оператора и есть возможность оперативно контролировать выполнение работ. Применяются такие системы в основном на бульдозерах и автогрейдерах, так как чем точнее и качественней будет «фундамент» основания, тем дешевле и качественней будет происходить строительство зданий, сооружений или дорог. Принцип действия 3D систем основан на спутниковой ориентации в реальном времени, то есть координаты определяются в реальном времени несколько раз в секунду благодаря постоянному приему корректирующих поправок от спутниковой базовой станции [4]. На отвале машины устанавливается мачта с антенной, определяющей трехмерные координаты рабочего органа. Имея отметку отвала, система определяет его рабочий поперечный уклон [4]. И при необходимости перемещает рабочий орган на необходимую высоту и позиционирование относительно заданных отметок (рис. 3).



Рис. 3 Одномачтовая система на бульдозере

Также есть системы без спутников, они используются в основном там, где нет возможности создать необходимый контакт за счет спутниковой навигации, в частности из-за плохих метеоусловий. Ориентация рабочего органа производится с помощью усовершенствованного нивелира- тахеометра, осуществляя постоянный контроль за призмой, расположенный на одной мачте. Для контроля поперечного положения рабочего органа



используется стандартный датчик уклона. В дополнение хотелось бы сказать, что любая из конфигураций систем позволяет работать с лазерными приемниками на мачтах, и функционировать в 2D режиме относительно лазерной плоскости. Такая гибкость обеспечивается управляющим программным обеспечением [4].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Рассмотренные виды и особенности процессов нивелирования с учетом ключевых определений, позволяют описать принцип работы системы автоматического нивелирования и их применимость на объектах строительства. Из выше изложенного системы нивелирования упрощают и облегчают работу оператора и экономят время, материал и деньги, там где нужно выполнить работу связанную с углублением на определенную высоту, в этих случаях, отлично подойдут индикаторные лазерные системы нивелирования, а там где нужно контролировать угол наклона рабочего органа незаменима ультразвуковая система нивелирования, так как у этой системы более высокая точность и при непогоде не будет сбиваться сигнал, как у лазерной системы, но эти две системы лишены автоматической корректировки рабочего органа в процессе работы, что послужило причиной создать комбинированную систему, из вышеизложенных, как способ считывания информации, так и новую часть датчиков и контроллеров, такие системы были названы автоматические системы нивелирования. Эти системы сложнее и дороже, из-за наличия дополнительных датчиков и считывающих устройств, но обеспечивают удобство при работе и переводят внимание оператора на контроль показаний и движение самой машины. 3D системы — это новый уровень систем нивелирования, который дает возможность в реальном времени оценить работу машины и повысить точность выполнения работ за счет контроля в объемном пространстве.

### **Список литературы**

1. *Калугин, Ю. В.* Эффективность применения тригонометрического нивелирования / *Ю. В. Калугин* // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2009. – № 2-2. – С. 18-19. – EDN RSUAJP.
2. *Силантьев, Д. П.* Учебная динамическая модель бульдозера с использованием систем управления и спутниковой навигации / *Д. П. Силантьев, Р. Л. Саханов* // Техника и технология транспорта. – 2018. – № 1(6). – С. 3. – EDN YTUZIZ.
3. *Гребенюк, Т. А.* Исследование эффективности работы откидной секции отвала при наезде на препятствие / *Т. А. Гребенюк, Н. К. Тагиева* // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2015. – № 4(6). – С. 15. – EDN VBSLCL.
4. *Вахромеев, А. М.* Определение предела выносливости автомобильного колеса при изгибе с вращением / *А. М. Вахромеев* // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2015. – № 2(4). – С. 5. – EDN TWSEID.

## **МЕТОДЫ ОБРАТНОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Санжаровский Н.Т., студент 4 курса, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
Научный руководитель – Севрюгина Н.С., доцент каф. ТСМиО, д.т.н., доцент*

### **Аннотация**

В программе замкнутого жизненного цикла выделяется этап восстановления деталей технологических машин. В условиях недостаточности информации о конструктивных особенностях деталей узлов машин обратное прототипирование позволяет создавать необходимую технологическую документацию. Предметом исследования являются восстанавливаемые узлы технологических машин. Цель данной работы заключается в

разработке механизма получения технологической документации для обоснования восстановления деталей узлов технологических машин путем обратного прототипирования. Задачи, поставленные для достижения цели, анализ конструкции узлов машины; разработка алгоритма обратного прототипирования; обоснование выполнения восстановительных операций деталей узлов технологических машин.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Технологические машины используются в различных отраслях промышленности, и их работа зависит от качества и надежности деталей, из которых они состоят. Проблема обеспечения работоспособности технологических машин и повышения их производительности остается актуальной и в настоящее время. Период жестких экономических санкций ставит перед учеными и производителями задачи поиска инновационных путей поддержания технического состояния технологических машин и продления их срока службы. В тоже время не следует недооценивать имеющиеся технологии ремонтного производства, трансформация которых с адаптацией на новые технологии может дать ряд существенных решений заявленных задач. [1-3]

Износ и повреждения деталей приводят к снижению производительности машин, что может привести к значительным затратам на их ремонт и замену деталей. Обратное прототипирование может использоваться для восстановления деталей технологических машин. Этот процесс позволяет создавать цифровую копию детали, которую затем можно использовать для создания новой детали или для ее восстановления. В данной статье описывается алгоритм обратного прототипирования и обоснование восстановительных операций деталей узлов технологических машин.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Рассмотрим конструкцию технологической машины с точки зрения ремонтпригодности на примере аксиально-поршневого насоса.

Аксиально-поршневой насос является важным элементом технологической машины, который отвечает за подачу жидкости под высоким давлением. Ремонтпригодность этого агрегата может значительно влиять на эффективность работы технологической машины и удобство ее эксплуатации. При рассмотрении конструкции аксиально-поршневого насоса и его элементы с точки зрения ремонтпригодности выделены компоненты, восстановление которых позволит продлить срок службы узла/агрегата и улучшить показатели трения (табл.1).

При восстановлении деталей технологических машин необходимо учитывать способ восстановления, период продления срока службы и обеспечивать соответствие техническим характеристикам и требованиям безопасности. Как показывает опыт выполнения обратного прототипирования период продления срока службы оценивается 12 – 24 месяцами эксплуатации, конкретное значение зависит от условий эксплуатации, нагрузений и прочих факторов. Также важно проводить регулярный мониторинг состояния узлов трения насоса и проводить профилактические работы для увеличения срока их эксплуатации.

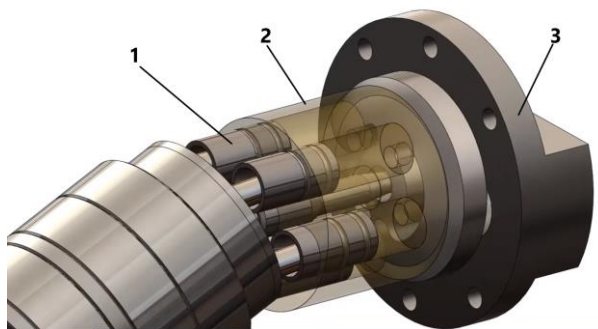


Рис. 1 Конструкция технологического агрегата с точки зрения гарантии эффективности работы узлов трения



Табл. 1. Восстанавливаемые элементы узлов/агрегатов технологических машин

Наименование узла/агрегата	Применение обратного прототипирования	Базовый способ восстановления
	Типовые операции: 3D-сканер - 3D-модель - 3D-печать	
Поршни	<i>Специальные операции:</i> точение - шлифование - полировка	полировка (при небольших повреждениях)
Цилиндры	<i>Специальные операции:</i> фрезерование - полировка - терм. обработка	шлифовка или хонингование
Крышка	<i>Специальные операции:</i> точное сверление отверстий - обработка поверхностей	полировка или фрезерования
Подшипники	<i>Специальные операции:</i> точение - шлифование - полировка	шлифовка или наплавка

### Алгоритм обратного прототипирования

Алгоритм обратного прототипирования (reverse engineering) может иметь различные варианты реализации в зависимости от того, что именно нужно обратно проектировать. Ниже приведен общий план, который можно использовать для создания алгоритма обратного прототипирования (рис.2):

1. Изучение исходного агрегата: определить, какая деталь неисправна, изучение ее конструкции, формы, размеров, материалов, функций и процессов связанных с ее работой.
2. Подготовка к сканированию: очистить от грязи, пыли или старой краски.
3. Выбрать сканер: выбор сканера зависит во многом от характеристик детали, ее размеров и форм.
4. Подготовка сканера: подготовить выбранный ранее сканер к работе в соответствии с инструкциями по эксплуатации и программному обеспечению.
5. Создание модели: создайте модель объекта, которую вы собираетесь обратно проектировать с помощью сканера. Это может быть 3D-модель с повреждениями, которые нам и требуется устранить.
6. Разработка материалов и технологий: на основе полученной информации разработайте материалы и технологии, необходимые для создания обратного прототипа объекта.
7. Создание обратного прототипа: используя полученные данные и разработанные материалы и технологии, создайте обратный прототип объекта. Это может включать использование 3D-принтера, фрезерного станка, литья и других технологий.
8. Тестирование и доработка: после создания обратного прототипа, протестируйте его и выполните необходимые доработки, чтобы достичь максимального соответствия исходному объекту.
9. Создание окончательного продукта: после тестирования и доработки обратного прототипа, создайте окончательный продукт, который максимально точно соответствует исходному объекту.

Следует учитывать сложность алгоритма обратного прототипирования, количество операционных переходов зависит от конструктивных особенностей проектируемого агрегата.

### **Обоснование выполнения восстановительных операций деталей узлов технологических машин.**

Основная цель обратного прототипирования представляется в создании технической документации с последующей ее переработкой до более высокого конструктивного уровня, в тоже время не обходимо отметить, что данные технологии обеспечивают более качественные восстановительные операции [5,6].

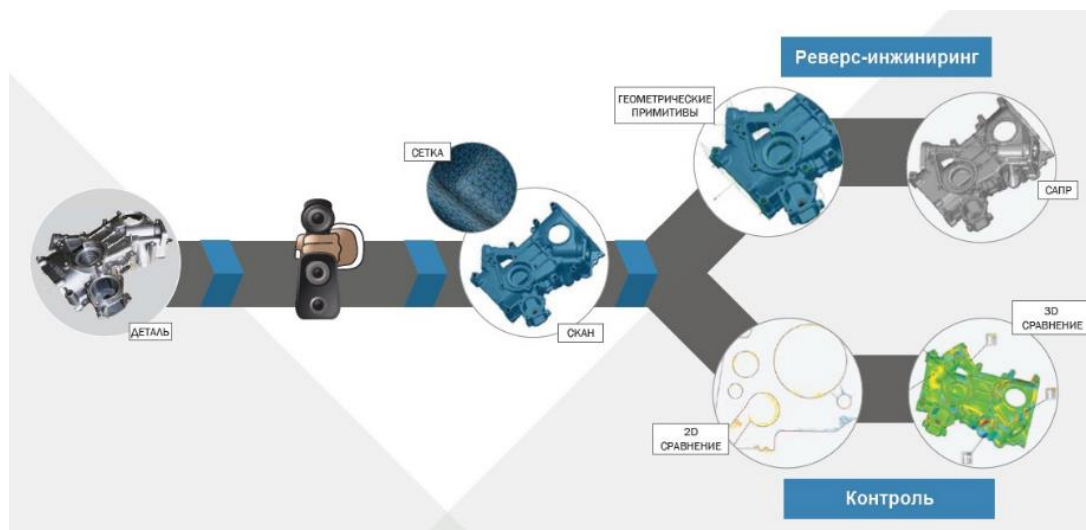


Рис. 2 Типовой алгоритм обратного прототипирования [4]

Восстановительные операции деталей узлов технологических машин могут быть обоснованы несколькими причинами:

1 Экономический фактор: замена изношенных или поврежденных деталей может быть очень дорогостоящей процедурой, особенно если это крупные или сложные узлы. Восстановительные операции, такие как ремонт, сварка, плазменная резка и т.д., могут быть более экономически эффективными, чем замена деталей.

2 Наличие старых и редких деталей: некоторые детали узлов технологических машин могут быть устаревшими или редкими, и замена их может быть затруднительной или даже невозможной. В этом случае, восстановительные операции могут быть единственным реальным вариантом для восстановления узла в работоспособное состояние.

3 Уменьшение времени простоя: замена деталей может занять много времени, особенно если деталь должна быть специально изготовлена или заказана. Восстановительные операции могут сократить время простоя машины, что в свою очередь позволит увеличить производительность и снизить потери.

4 Снижение отходов: восстановительные операции могут помочь сократить количество отходов и уменьшить нагрузку на окружающую среду, поскольку многие детали могут быть переработаны или восстановлены, а не выброшены.

5 Невозможность замены в условиях экстремальных условий: в некоторых случаях замена деталей может быть невозможна, например, в условиях экстремальной температуры, высокого давления или радиации. Восстановительные операции могут быть более реалистичным вариантом в таких условиях.

В целом, восстановительные операции деталей узлов технологических машин могут быть обоснованы как экономически эффективное, так и экологически и социально ответственное решение, которое может помочь увеличить производительность и снизить отходы [7, 8].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На примере восстановления деталей технологических машин были рассмотрены вопросы, связанные с применением методов обратного прототипирования.

Основным результатом исследования стало разработанное обоснование восстановительных операций деталей узлов технологических машин и предложенный алгоритм обратного прототипирования.

Предложенный алгоритм поддержания безотказной работы в узлах трения рабочего оборудования технологических машин будет полезен инженерам и специалистам, занимающимся ремонтом и восстановлением деталей технологических машин.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Себрягина, Н.С., Прохорова Е.В.* Оценка параметров совместимости унифицированных элементов дорожных машин // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов : сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 201-208.
2. *Тойгамбаев, С. К., Апатенко А.С.* Анализ износа деталей транспортных и технологических машин: Методическое пособие; РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: ООО "Мегаполис", 2020. – 37 с.
3. *Кириченко И.Г., Себрягина Н.С.* Сервисная технологичность и компоновка дорожных машин по модульному принципу // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – № 63. – С. 18-21.
4. *Марков А.В., Новиков А.В.* Обратное проектирование при ремонте и модернизации машин: учеб. пособие. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 160 с.
5. *Кортаев А.Н., Гончаров, А.Н.* Применение методов обратного проектирования в машиностроении // Технологии в машиностроении. - 2015. - № 1 (11). - С. 10-16.
6. *Кочетов М.А., Терехов А.Н.* Обратное проектирование как метод улучшения качества и экономии затрат на производство // Вестник ТГУ. - 2009. - Т. 14, № 2. - С. 361-364.
7. *Апатенко, А. С.* Повышение эффективности работы культуртехнических агрегатов с учетом надежности базовых и агрегатируемых машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Апатенко Алексей Сергеевич. – Москва, 2005. – 168 с.
8. *Себрягина Н.С., Апатенко А.С.* Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ // . – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 58-68. – DOI 10.32464/2618-8716-2019-2-2-58-68.

## РОБОТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕКЛАДКИ ПРОДУКЦИИ В КОРОБАХ

*Сидоров М.О., студент 3 курса, группы ТМР-311 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) г. Москва*  
*Научный руководитель – Мишин А. В., доцент кафедры «НТТС», к.т.н., доцент*

### Аннотация

В современном мире в связи с изменением запросов потребителей и расширением рынка товаров и услуг робототехника получает все большее распространение. Производители все чаще используют автоматизацию производственных процессов для повышения конкурентоспособности предприятия. Широкое применение в производственных процессах получили промышленные роботы, которых используют для уменьшения издержек на предприятиях и сокращение влияния человеческого фактора. Цель данной работы заключается в роботизации процесса приема и сортировки товара на складских предприятиях при помощи роботизированной ячейки. Задачи: обзор технологии работы на складах, предложение роботизированного решения для складских операций приема и сортировки товара.

### ВВЕДЕНИЕ

Стремительному развитию складского хозяйства в России способствовал приход на рынок зарубежных компаний с уже отлаженными складскими технологиями и большим опытом в логистике. Кроме того, бизнес переменял свое отношение к логистике и логистической инфраструктуре, нацелив на него пристальное внимание, рассматривая склады как основу своих конкурентных преимуществ. Особенно бурный рост в развитии складов наблюдается у логистических посредников таких как маркетплейсы, для которых складские услуги стали основной частью их бизнеса.

Доля рынка маркетплейсов в России от общего числа онлайн-продаж с 39,7% в 2021 году выросла до 47,9% в первой половине 2022-го, втрое превысив рост всей электронной торговли. Маркетплейсы строят все больше складов по всей России. По итогам 2022 года площадь введенных складов достигла 3,7 млн кв. м. Таким образом, только за 2022 год площадь складов выросла на 54% относительно 2021 года. Всего же за период с 2018 по 2022 год она увеличилась в 12 раз (плюс 3,4 млн кв. м к значению 2018 года) [1]. Можно сказать, что с каждым годом, складов для нужд интернет-магазинов появляется все больше и больше. Но и с ростом количества складов растут расходы на их содержание и на рабочий персонал. Компаниям приходится использовать автоматизацию и роботизацию для уменьшения издержек, но идеи о роботизации на отечественных складах начали только недавно появляться.

Многие иностранные компании уже давно используют складских роботов. Компания Amazon, к примеру, внедряет робототехнику с 2012 года. Компания известна активным использованием мобильной робототехники в своих логистических цепочках. Прежде всего, это складские роботы-тележки KIVA, массово применяемые на складах компании. Роботы в фулфилмент-центрах позволяют оптимизировать внутренние процессы, повысить безопасность и эффективность. По статистике Amazon, благодаря роботизированным технологиям на складах компании хранится на 40% больше товара, снизилась вероятность того, что товар закончится преждевременно. При этом роботы не заменили сотрудников. Как утверждает компания, с 2012 года она наняла более 300 тыс. человек дополнительно, в том числе для обслуживания роботов[2].

Складские роботы - это роботы, предназначенные для ведения операций на складах. Существует немало их разновидностей, а также комплексные решения автоматизации складов, действующие, например, манипуляторы, мобильные роботизированные тележки и паллетайзеры. Причины для роботизации складских помещений:

- 1) - оптимизация пространства
- 2) - ускорение операций
- 3) - исключение человека из операций на складе
- 4) - уменьшения издержек

Роботы-паллетайзеры, как правило, это промышленный манипулятор, приводимый в движение серводвигателями, предназначенный для автоматического захвата и укладки продукции на паллеты. Производители роботов-паллетайзеров обычно отмечают большую точность манипуляторов, а также невысокую стоимость их обслуживания. Скорость укладки может достигать более 20 единиц продукции в минуту. Применять их эффективно там, где возможно многократно воспроизводить повторяющиеся действия.

Как и сказано ранее, идеи о роботизации на отечественных складах начали только недавно появляться. Не на всех складах маркетплейсов можно встретить конвейер, который служит для автоматизации. Прием и сортировка продукции осуществляется на складах человеком. Поэтому для устранения человеческого фактора нужно использовать роботизированную ячейку, которая сможет принимать и сортировать товар.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Процесс приема и сортировки товара на склад осуществляется человеком с помощью терминала считывания данных. Человек сканирует на коробке штрих-код и терминал выдает информацию в какую ячейку или на какой паллет нужно положить товар. Работнику склада приходится нести коробку с товаром с одного конца склада до другого, где товар ещё нужно привязать к ячейке, чтобы отсортировать товар. Такой процесс приходится повторять много раз из-за большого количества товара.

Роботизированная ячейка позволит выполнить процесс приема и сортировки гораздо быстрее. С помощью промышленного робота и дополнительного оборудования можно будет отсортировать продукцию с одного паллета на другие паллеты. Представим, что с одного паллета, содержащий товар в коробках, нужно отсортировать товар на три пустых паллета,

расположенные вдоль одной линии. Для выполнения данной задачи выберем робота IRB 1600 от компании АВВ. Данная модель имеет грузоподъемность до 10кг и радиус действия до 1,45м [3]. В качестве дополнительного оборудования нам понадобится сканер штрих-кодов, захватное устройство, датчики для отслеживания заполнения паллетов и устройство линейного перемещения для передвижения робота (рис. 1).

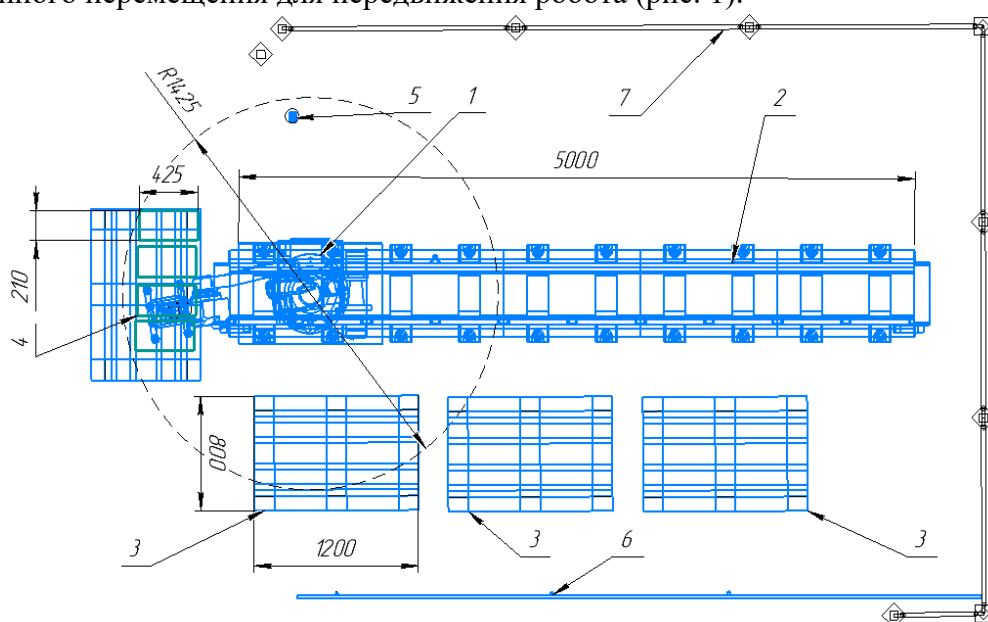


Рис. 1. Эскиз РЯ для перекладки продукции в коробах: 1 - Робот фирмы АВВ модели IRB1600; 2 - устройство линейного перемещения IRBT 2005 фирмы АВВ; 3 – европаллеты; 4 – коробки с продукцией; 5 – сканер штрих-кода; 6 - датчики, прикрепленные к балке; 7 - барьеры

Для более детального рассмотрения возможностей робота в процессе перекладки продукции в коробках, разберем робототехнический комплекс, выполненный в ПО RobotStudio от компании АВВ, предназначенное для проектирования робототехнических комплексов (рис. 2).

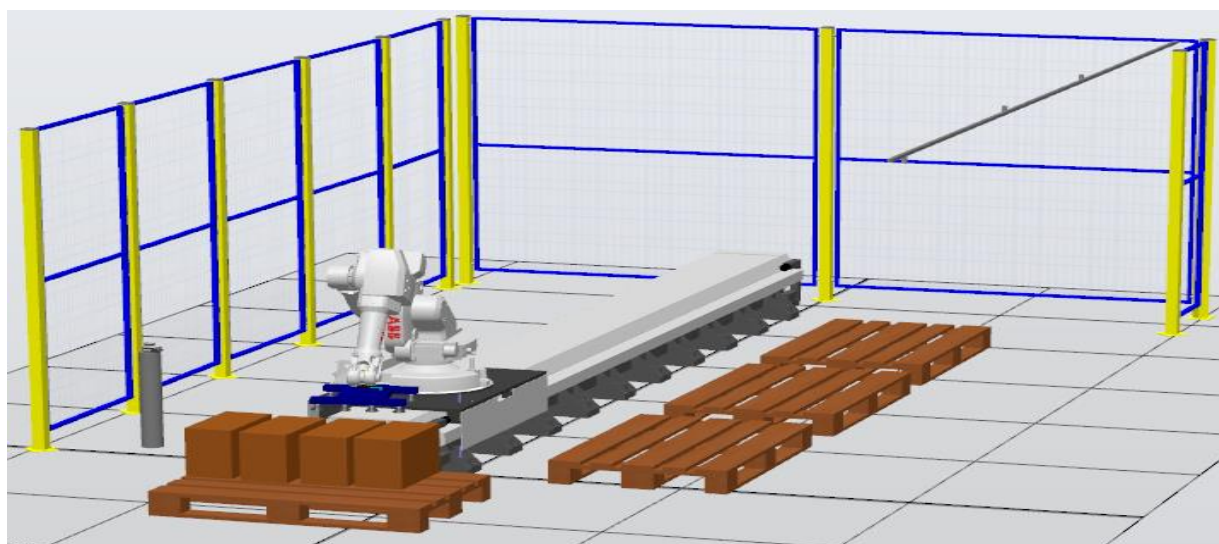


Рис. 2. Робототехническая ячейка в ПО RobotStudio

Для передвижения робота было выбрано устройство линейного перемещения IRBT 2005, выпущенное также компанией АВВ. Будучи выпущенными от одной компании, манипулятор и устройство линейного перемещения робота имеют один и тот же язык программирования Rapid, что позволяет в упрощенной форме синхронизировать их

действия. Для перемещения грузов, имеющих плоскую верхнюю поверхность, подойдут вакуумные захваты. Принцип действия вакуумных захватов для роботов состоит в создании низкого давления между вакуумной присоской и поверхностью перемещаемого объекта, за счет чего создается удерживающая сила, дающая возможность подъема объекта. Вакуумные захваты крайне просты и дешевы в эксплуатации. Вакуумные захваты для промышленных роботов используются чаще всего для перемещения коробок, листовых материалов (стекла, гипсокартона, ДСП). Кроме доступной цены, и простоты такие захваты не повреждают объекты паллетирования. Для считывания данных с коробки, имеющей штрих-код, потребуется обычный сканер штрих-кода. Главной задачей сканера будет – передача данных на роботизированную ячейку, которая определит на какой паллет нужно положить коробку. Сканеров очень много и может подойти любой, но нужно проделать определенную настройку и написать программу, чтобы роботизированная ячейка смогла взаимодействовать со сканером. Датчики Лидар нужны будут для определения заполнения паллетов. Датчик 2D-LiDAR OBD10M-R2000-4EP-V1V17 от компании Pepperl+Fuchs подойдет для этой цели. Данный датчик обладает диапазоном измерения от 0,2 до 10 м и углом сканирования 360°, а также имеет высокую степень пылевлагозащиты и применяется в различных задачах по контролю за позиционированием объектов на производстве, логистике, робототехнике, контролю доступа в различные зоны помещения, защиты от столкновения автономных транспортных средств [4].

В данной роботизированной ячейке не показан контроллер управления промышленными роботами IRC5[5]. Это связано с тем, что рабочее пространство на складах имеет высокий риск возгорания из-за легко воспламеняющихся материалов таких как дерево и картон, а блоки управления могут дать искру и спровоцировать пожар. Поэтому они располагаются вне рабочей зоны.

Если описать весь цикл работы, то на склад привозят паллет, на котором находятся коробки размеров 430x290x210, содержащие продукцию. Далее паллет подвозят в рабочую зону робота, где тот с помощью вакуумного захвата переносит коробку для сканирования штрих-кода. Получив сигнал направления, робот с помощью линейного перемещения переносит коробку до нужного паллета. Опустив коробку на нужный паллет, робот подает сигнал на контроллер IRC5, сообщая, что коробка отсортирована и готова к отправке. Датчики Лидар будут сообщать о заполнение паллета и в случае достижения определенной высоты, роботизированная ячейка подаст сигнал, что нужно поменять паллеты для сортировки.

У данной робототехнической ячейки большой потенциал благодаря своей гибкости. Можно использовать её вместе с конвейером, что ускорит процессы сортировки, а также настроить для других размеров коробок и других задач по паллетизации продукции.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проделанной работы можно сделать вывод, что была проведена роботизация процесса приема и сортировки товара на складских предприятиях при помощи промышленного робота. Данный процесс может быть одним из возможных вариантов роботизации процесса паллетизации.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Маркетплейсы строят все больше складов в регионах. Как это меняет рынок – URL: <https://pro.rbc.ru/demo/63c802eb9a79473f76a3c977>
2. Ozon включает роботов в сеть – URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2021/07/20/60f583bb9a7947975f673000>
3. Технические спецификация робота IRB 1600 – URL: <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-1600>
4. Датчик 2D-LiDAR OBD10M-R2000-4EP-V1V17 от компании Pepperl+Fuchs. - URL: <https://www.pepperl->

fuchs.com/global/en/classid\_53.htm?view=productdetails&prodid=98047

5. Техническая спецификация. IRC5 Industrial Robot Controller– URL: <https://new.abb.com/products/ru/3HAC020536-014/irc5-controller>

6. Проект реорганизации складского хозяйства. – URL: [https://revolution.allbest.ru/manufacture/00635273\\_0.html#text](https://revolution.allbest.ru/manufacture/00635273_0.html#text)

7. Складские роботы – URL: <https://robotrends.ru/robopedia/skladskie-roboty>

## **ДЕФЕКТЫ ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРА И ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАПЫЛЕНИЯ**

*Скворцов В.В., студент 4 курса, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
Научный руководитель – Апатенко А.С., зав. кафедры ТСМиО, д.т.н., доцент.*

### **Аннотация**

От состояния элементов гидросистемы экскаватора зависит эффективность выполнения различных поставленных задач перед машиной. Целью работы является обоснование установки защитных средств штока гидроцилиндра. Проведен анализ существующих дефектов и предложены варианты элементов защиты гидросистемы для экскаватора-погрузчика.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В мире происходит постоянный процесс увеличения площади городов, увеличение числа городских жителей, приток новых жильцов в мегаполисы. В связи с этим, активно используется различная строительная техника, наибольшую популярность в городском и дорожном строительстве имеют экскаваторы-погрузчики. Их частое применение обуславливается конструктивными особенностями, позволяющими эксплуатировать в условиях ограниченного пространства с высокой производительностью [1].

Соответственно задача поддержания строительной техники в работоспособном состоянии, обеспечение надежности в период эксплуатации является актуальной.

Условия работы строительной техники характеризуются повышенным пыльностью окружающей среды, которая негативно сказывается на трущихся элементах, вызывая коррозию, в тоже время различные нагрузки при выполнении работ вызывают отказы рабочих элементов [2, 3].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Строительство дорог, зданий и различных сооружений подразумевает масштабные работы. Следовательно, необходимо иметь внушительный парк строительной и дорожной техники. Один из главных критериев выбора техники – универсальность. И экскаваторы-погрузчики полностью попадают под этот критерий.

Проведенные аналитические исследования по типам отказов и их критичности выделили как ключевой компонент гидравлическое оборудование. Многие ученые изучают надежность и способы повышения работоспособности элементов рабочего оборудования гидравлической системы, в частности, гидронасосов, гидроцилиндров, приводов и металлоконструкций [4, 5].

В данных исследованиях для изучения взят компонент гидропривода – гидроцилиндр, а конкретнее - его шток.

Рассматривая экскаваторы в различных условиях эксплуатации, можно выделить, что одна из частых проблем гидроцилиндров – это повреждения штока гидроцилиндра.





Рис. 1 Гидроцилиндр и шток гидроцилиндра

При эксплуатации гидроцилиндра его шток подвергается различным силовым воздействиям внешней среды, даже при самом бережном использовании есть возможность возникновения дефекта. Примеры таких дефектов приведены в таблице 1.

Табл. 1. Виды дефектов гидроцилиндра и его штока

Дефекты	Вероятные причины
Загрязнен поршневой шток	Некачественная гидравлическая жидкость; поломка подшипника
Легкая коррозия штока	Перегрузка; внешнее воздействие (мусор, песок, стружка)
Односторонний износ стержня штока	Высокая нагрузка сбоку, потеря опоры подшипника
Загрязнение отверстия гидроцилиндра	Загрязнение масла
Изношенность крепления узлов гидроцилиндра	Ударная нагрузка (превышение норм обслуживания)
Потеря давления	Утечка внутри цилиндра; поломка гидравлического насоса

Загрязнение поверхности штока устраняется рабочей жидкостью, которая в последующем проходя фильтры очищается.

Небольшие участки коррозии штока также не вызывают критических отказов.

Изменение нагрузок могут вызвать осевой износ, в связи с чем появляется зазор в опорах подшипника, а повышение износа влечет искривление штока под нагрузкой в выдвинутом состоянии.

Т.е. при эксплуатации гидроцилиндра его шток подвергается различным силовым воздействиям внешней среды, и даже при самом бережном использовании есть возможность возникновения дефекта.

На рис.2 приведены примеры дефектов штока, выявленные во время выполнения ремонтных работ гидроприводов.



Рис. 2 Примеры дефектов штока

Как показано в табл.1 вопрос сохранения работоспособности штока гидроцилиндра в большей мере зависит от степени попадания абразивных частиц на поверхность штока. В связи с этим, принято решение о необходимости установки защиты штока гидроцилиндра.

Имеющиеся конструктивные решения предполагают установку неразъёмных и разъёмных, негофрированных и гофрированных кожухов, армированных и неармированных чехлов: гофра круглая, пыльник гидроцилиндра, кожух штока, сильфонная защита, гармошка защитная и т.д., которые имеют различные типы систем крепления.

Также проведен анализ и установлено, что в зависимости от условий эксплуатации гидроцилиндров для изготовления пыльников гидроцилиндров (защитных кожухов и гофры) используются разные материалы: термостойкие, масло-, бензостойкие, морозоустойчивые, стойкие к воздействию кислот и щелочей и т.п. [6].

Чаще всего для подъемно-транспортной техники используют не гофрированные чехлы (защитная гармошка), а кожухи, которые не имеют формообразующих колец и могут эффективно сжиматься при длинном вылете штока, чего не может выполнить гофра круглая с пружинами и кольцами, исключения составляют конусные гофрированные чехлы (сильфоны) или гофры специального исполнения.



Рис. 3. Кожух для гидроцилиндра

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования обосновано применение дополнительных защитных средств для открытых поверхностей штоков гидравлических цилиндров, что обеспечит увеличение ресурса деталей гидросистемы.

Следующим этапом исследований является обоснование наиболее подходящих конструкций кожухов, исключающих попадания абразива на поверхности штока цилиндра.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Северюгина Н. С., Апатенко А. С.* Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ // – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 58-68. – DOI 10.32464/2618-8716-2019-2-2-58-68.

2. *Тойгамбаев С. К., Апатенко А. С.* Анализ износа деталей транспортных и технологических машин: Методическое пособие; РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: ООО "Мегаполис", 2020. – 37 с. – ISBN 978-5-6043722-5-8.

3. *Густов Д. Ю., Шишков П. Е.* Влияние вида работ гидравлического экскаватора на износ шарниров рабочего оборудования // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78, № 12. – С. 23-27.

4. *Северюгина Н. С., Прохорова Е. В.* Оценка параметров совместимости унифицированных элементов дорожных машин // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 201-208.

5. *Густов Д. Ю., Густов Ю. И., Воронина И. В.* Трибологические показатели рабочих органов и сопряжений строительной техники // Интерстроймех - 2015: материалы

международной научно-технической конференции, Казань, 09–11 сентября 2015 года / Казанский государственный архитектурно-строительный университет. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. – С. 68-73.

6. Голубев И. Г., Севрюгина Н. С., Апатенко А. С., Фомин А. Ю. Модернизация технологических машин как механизм продления назначенных ресурса и срока службы // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 1. – С. 36-41. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-36-41.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНО–КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Сосков И.А.**, студент 1 курса, группа 1мТМ, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Научный руководитель – **Зорин В.А.**, заведующий кафедрой ПРАДМ, профессор, д-р техн. наук

### **Аннотация**

В данной статье рассматриваются стратегические перспективы развития машиностроения. Предлагается альтернативная технология получения деталей из полимерных материалов, а также сравниваются технологии, позволяющие повысить эксплуатационные характеристики полимерных изделий, получаемых для работы в механизмах.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современное машиностроение способно получать практически любые формы деталей, способные уменьшить конструкцию и улучшить эксплуатационные свойства. Однако, механизмы используются во всех сферах, что сказывается на больших расходах металлов и сплавов. Поэтому, ученые нашего времени в области машиностроения всё чаще рассматривают альтернативные материалы взамен традиционно применяющихся. Одними из таких являются полимеры. Они имеют высокие эксплуатационные свойства, могут применяться в механизмах многих агрегатов. Но всё же, как показывают исследования [1,рис 2], предел прочности недостаточен для многих механизмов, применяемых для выполнения среднетяжелых работ.

Использование полимеров в производствах, идея не сегодняшнего дня. Еще пятьдесят лет назад, были попытки использования полимеров. Идея заключалась в том, что литой пластиковый пуансон покрывался несколькими слоями металлических листов, что позволяло получать удовлетворительный результат на протяжении всего разрешенного срока эксплуатации изделия.

Сегодня, технология покрытия полимерных деталей используется в основном в декоративных целях. Например, покрывают пуговицы для придания более дорогого внешнего вида. Использование таких технологий в машиностроении пока мало обсуждается. Материала предостаточно, цена допустимая для окупаемости изделия, технологии отработаны. И именно сейчас стоит обратить внимание на применение современных решений в качестве альтернативы, а в будущем, как основной способ получения большинства деталей.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

#### **Стратегические направления развития машиностроения**

Машиностроение на сегодняшний день представляет целый спектр взаимосвязанных друг с другом секторов экономики. Практически любой предмет, изготовленный человеком, был получен при помощи станков и инструментов. Степень развития этой отрасли в стране определяет уровень индустриализации, что в свою очередь влияет на независимость от зарубежных производств. Уровень занятости населения в промышленности составляет около

40%, около 20% ВВП [2]. Это очень большой показатель, локомотив экономики государства. Поэтому нужно, чтобы конкурентоспособность продукции была на высоком уровне, была востребована у соотечественников и за рубежом.

Чтобы справиться с этой задачей, требуется применять инновационные программы, благодаря которым предприятия могут повысить свои позиции среди конкурентов. Такими программами являются [3]:

1. Освоение современных систем менеджмента на предприятии;
2. Внедрение новейшего оборудования и технологий в производственном процессе;
3. Создание новых эффективных производственных комплексов, реконструирование предприятий, действующих по инновационным стратегиям, включающие функционирующие с зарубежным участием, посредством формирования таких стратегий и их последующей реализации;
4. Развитие технологий для создания усовершенствованного технологического оборудования и производства машин, дающих увеличение отдачи от производства, экономию ресурсов и энергии;
5. Внедрение системы качества и менеджмента в сфере природоохраны в исполнение межгосударственных стандартов;
6. Создание нормативных документов, включающих технические регламенты, нормы которых согласованы с содержащимися в межгосударственных стандартах;
7. Создание предпосылки для прихода в науку перспективных кадров.

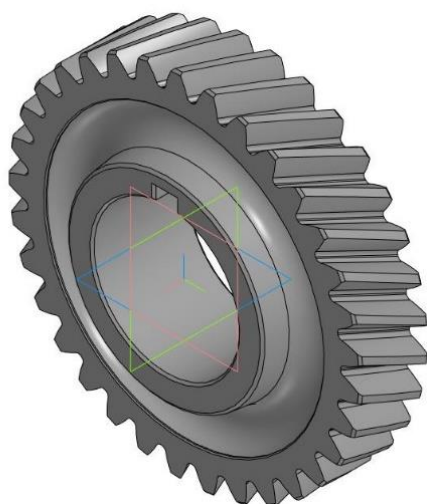
#### **Развитие технологий получения изделий в машиностроении.**

Область развития технологии машиностроения в классическом понимании достигла своей высшей точки. Человек внедрил CAD, CAM, PLM системы, разработал множество технологий получения заготовки, наладил обработку материалов при помощи ЧПУ станков. Но всё это упирается в общий принцип действий. Берется подходящий сортмент из металла или другого материала и из него вычитается лишнее. Такая процедура сопровождается большими затратами энергии, изнашиванием рабочего инструмента и наличием стружки. Металлические детали имеют большой вес, относительно других материалов, трудно поддаются обработке и имеют множество ограничений применимости в случае агрессивных сред. Прогресс требует внедрения не только инновационных технологий, ускоряющих и удешевляющих производство, а также уделяет особое внимание поискам материалов, позволяющих заменять металлические детали.

Применение полимерных материалов для получения деталей считается логичным продолжением развития технологии машиностроения. Это современный материал, износостойкий и коррозионностойкий, однако результаты обработки данных, полученных при испытании механических характеристик [4], не позволяют применять его в нагруженных системах, где предполагается замена металлических изделий на полимерные. Повысить эксплуатационные характеристики предлагается за счет металлического покрытия полимерной детали, либо благодаря внедрению дисперсного наполнителя с дальнейшим получением инновационного полимерно–композиционного материала.

**Объект исследования:** шестерня третьей передачи промежуточного вала коробки передач ЯМЗ–236 (рисунок 1).

**Цель исследования:** сравнить варианты повышения эксплуатационных характеристик детали из полимерного материала.



**Рис. 1.** Шестерня третьей передачи ЯМЗ–236

### **Металлизация полимерных деталей**

Данная технология предусматривает устранение таких недостатков детали из полимера, как невысокие рабочие температуры, низкую эрозионную стойкость, недостаточную прочность и твердость поверхности. Наиболее распространенными технологиями нанесения металлических покрытий являются гальванизация, гальванопластика, физическое и химическое осаждение из паровой фазы, а также газотермическое напыление. Однако, стоит обратить внимание, что все методы применяются исключительно для получения декоративной металлизированной поверхности, а также в случаях, требующих повышение электропроводности поверхностного слоя [5]. Наиболее подходящим вариантом, среди представленных, является метод газотермического напыления. Однако, его особенность заключается в том, что напыление происходит заранее расплавленным металлом. Учитывая специфику полимерных деталей, предварительно можно предположить, что из-за высокой начальной температуры появляется вероятность повреждения геометрии полимерной детали, полученной 3D-печатью. Эту проблему можно избежать, применив технологию холодного газодинамического напыления (ХГН). Уникальность этого метода в том, что металлические частицы предварительно не плавятся. Их направляют к детали при помощи нагретого сжатого газа через сопло Лавала, тем самым придавая им сверхзвуковую скорость. В таком состоянии частицы имеют повышенную пластическую деформацию, что позволяет получать поверхностный слой после соударения с поверхностью детали. Результаты исследования ХГН, представлены в работе [6]. В ней определяется средняя прочность сцепления металлических покрытий на композиционном материале и пластиках 3,6 МПа. В дополнение, обращается внимание на то, что для создания толстого покрытия применяется концепция промежуточного слоя между полимерной деталью и металлическим слоем. Стоит отметить, что требуется уделять особое внимание поверхностному слою детали перед нанесением холодогазодинамического напыления, так как высокая шероховатость поверхности повышает сцепление детали с частицами металла [7]. Принимая во внимание рассмотренный материал, можно сделать вывод, что способ нанесения металлического покрытия, способного воспринимать на себя нагрузки методом ХГН, имеет право на рассмотрение в изготовлении шестерни. Однако, ограничивающими факторами в этом направлении является необходимость модернизации имеющегося оборудования, а также недостаточное количество исследований в области использования метода ХГН с полимерной подложкой. Малая осведомленность науки о температурно-скоростных характеристиках частиц напыляемого материала свидетельствует о сложности и неоднозначности идеи применения метода в области машиностроения.

### **Детали из полимерно-композиционного материала**

Это направление кардинально отличается от представленного ранее. Суть метода в том, чтобы разработать инновационный полимерно–композиционный материал, который возможно будет преобразовать в ленту, пригодную для использования в 3D–принтере. Таким образом можно получить любую деталь с разнообразной геометрией. Однако, эта задача является более сложной, так как разнообразие полимеров и металлических порошков в теории позволяет получить полимерно–композиционный материал (ПКМ) с любыми физическими и химическими свойствами. ПКМ имеет матрицу и наполнитель, каждая составляющая обеспечивает определенные показатели. Матрица, это связующий материал, в частности, полимер, воспринимающий внешние нагрузки и передает их наполнителю, а также перераспределяет между соседними дисперсными частицами или волокнами. Наполнитель выполняет ведущую роль в формировании основных характеристик ПКМ, таких как прочность и жесткость. Наиболее простым способом определения некоторых характеристик ПКМ является так называемое правило смесей (или закон аддитивности). Согласно правилу смесей некая характеристика ПКМ определяется как сумма произведений данной характеристики матрицы на ее объемную долю и данной характеристики наполнителя на его объемную долю [8].

$$X_K = X_M \cdot V_M + X_N \cdot V_N,$$

где  $X_K$ ,  $X_M$ ,  $X_N$  – некоторая характеристика ПКМ, матрицы и наполнителя соответственно;  $V_M$  и  $V_N$  – объемная доля матрицы (связующего) и наполнителя соответственно. Однако, несмотря на теоретическую часть, на практике зачастую появляются непредвиденные процессы. Ими можно управлять, изменяя природу, состав и фазовое состояние полимера в растворе, характеристики адсорбционного равновесия, размер и состояние поверхности частиц железного порошка [9]. Среди уникальных свойств металлополимеров можно отметить прочность на сжатие до 230 МПа, прочность на растяжение до 60 МПа, прочность на изгиб до 80 МПа, Модуль Юнга 6000 МПа [10].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Развитие технологии машиностроения на сегодняшний день требует нестандартных решений. Традиционные методы обработки металла дают возможность получать изделия с заранее известными эксплуатационными характеристиками. Однако, уже сейчас требуется искать альтернативу, которая будет легче, дешевле и долговечнее. Детали из полимеров имеют право на существование, однако их эксплуатационные характеристики не позволяют получать на выходе изделия, пригодные для замены традиционных деталей из металла. Улучшение характеристик предлагается методом металлического покрытия поверхностного слоя, либо разработкой инновационного полимерно–композиционного материала. Первый вариант считается более изученным, однако, сложность технологического процесса и ограниченность применения не позволяют рассматривать метод в качестве универсального. Метод с разработкой ПКМ является более затруднительным в виду меньшей изученности темы. Однако, в результате развития этого направления имеется возможность получить универсальный метод получения изделий для любой сферы машиностроения.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Абрамчук М. В., Медунецкий В. М., Перепелкина С. Ю., Суриков Д. Г.* Влияние структурных особенностей конструкционных полимерно–композитных материалов на физико–механические свойства изделий // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 11. С. 949–954.
2. *Россия в цифрах.* 2017. Число действующих предприятий, среднегодовая численность работников, объем ВВП, ОПФ, рентабельность.
3. *Кочетков С.* Оценка инновационного потенциала промышленных предприятий // Экономист. – 2009. №9.
4. *Давидчук В.А.* Методика проведения испытаний на растяжение изделий,

изготовленных при помощи аддитивной технологии // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. № 6. С. 233–238.

5. *Попова С.С., Гоц И.Ю., Закирова С.М., Рахметулина Л.А.* Влияние состава активирующих растворов на качество металлического покрытия АБС–пластика // Вестник СГТУ. 2012. Т. 67, № 3. С. 86–91.

6. *Шоринов А.В., Волков А.О., Маркович С.Е.* Холодное газодинамическое напыление металлических покрытий на композиционные материалы и пластики: литературный обзор // Вестник ХНАДУ. 2018. № 81. С. 62–73.

7. *Волков А.О.* Обзор холодного газодинамического напыления: проблемы и перспективы // Автомобильный транспорт. 2019. № 45. С. 91–102.

8. *Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин.* – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.

9. *Кривочуров Н.Т., Миронов В.В., Зудилов Д.С., Ишков А.В., Иванайский Е.А.* Управление параметрами функциональных покрытий на поверхностях деталей узлов трения, изменением состава металл–полимерных нанокомпозитов, используемых для их получения // Ползуновский вестник. 2012. Т. 1, № 1. С. 161–167.

10. *Металлополимеры «ЛЕО».* М.: Изд–во «ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО», 2013. 33 с.

## **КОНЦЕПЦИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ НУЖД ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Филатчев В.В., Кириленков А.С., студенты 3 курса группы ТНД-341 РУТ (МИИТ) в г. Москва*

*Научный руководитель – Григорьев П.А., доцент каф. НТТС, к.т.н.*

### **Аннотация**

Анализ этапов, составляющих процесс производства, доставки и укладки рельсошпальной решетки выявил возможность его оптимизации. Использование нового типа машин позволит значительно сократить общее время процесса путем сокращения количества выполняемых технологических процессов. Для реализации данной концепции необходимо проектирование комплекса, способного кроме основной цели (укладки железнодорожного полотна), выполнять широкий спектр задач для нужд железнодорожного строительства, связанных с укладкой пути, сваркой рельс и т.д., что реализуется благодаря возможности использования различного навесного оборудования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время существующая технология капитального ремонта пути предусматривает значительный перечень выполняемых работ при укладке рельсошпальной решетки [1, 2]. Для того, чтобы оптимизировать данный технологический процесс, предлагается разработать многофункциональный комплекс, состоящий из четырех машин. Составляющие комплекса способны выполнять рабочие операции:

- совместно (при укладке 100-метровых плетей рельсошпальной решетки);
- отдельно (при укладке 25-метровых блоков, а также для выполнения работ от укладки собранного блока до сварки рельсов и монтажа вспомогательных элементов).

Для совместной работы составных машин комплекса необходима общая система управления, которая позволит реализовать возможность выполнения с помощью него основных задач при использовании дистанционного управления [3].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**



Комплекс представляет собой совокупность четырех машин, соединенных в одну систему. Конструкция составных частей комплекса представляет собой раму из двух соединенных между собой коробчатых балок, закрепленных через механизм подъема рамы на двух порталах, имеющих гусеничное шасси (рис.1).

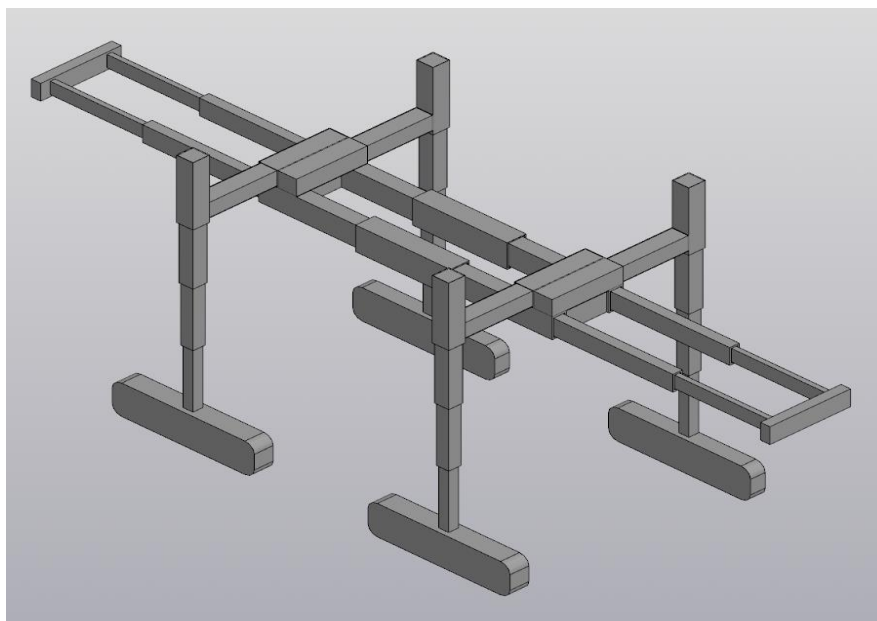


Рис.1 Концепция машины, входящей в комплекс, в рабочем положении

Основные балки машины имеют коробчатое сечение и телескопический механизм выдвижения для минимизации габаритов машины в транспортном состоянии (рис.2), что позволяет осуществлять погрузку комплекса на стандартную железнодорожную платформу.

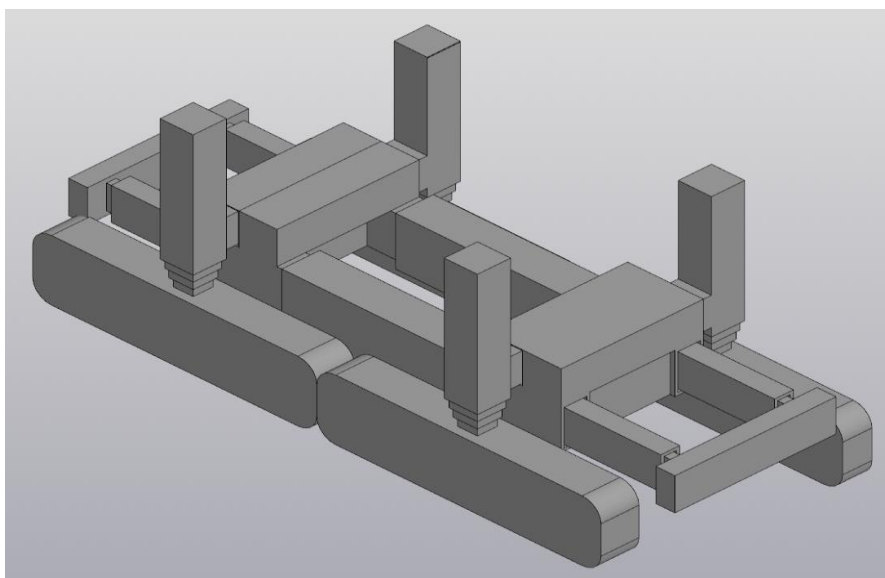


Рис. 2 Концепция машины, входящей в комплекс, в транспортном положении

Порталы комплекса представляют собой телескопические стойки, выдвижение которых осуществляется с применением гидравлического привода, соединенные между собой коробчатой балкой. Порталы также оснащены гидравлическим приводом, что обеспечивает подъем и опускание основной несущей рамы. В нижней части порталов установлен гусеничный движитель, предназначенный для перемещения комплекса. Гусеничные тележки

имеют возможность поворота, благодаря чему возможно смещение машины в боковые стороны и свободное перемещение машины.

Для энергообеспечения комплекса предлагается использование дизельного двигателя, осуществляющего подачу энергии на насосную станцию через вал отбора мощности, которая позволяет реализовать функционирование гидравлического привода машины.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведения анализа имеющегося парка путевых машин ОАО «РЖД» и используемых методов при железнодорожном строительстве, применение предлагаемого концепта комплекса положительно скажется на производительности выполнения работ по реконструкции и постройке железнодорожного пути. постройки новых железных дорог по территории нашей страны. Многофункциональность комплекса (за счет возможности использования различных вариантов навесного оборудования) позволит реализовать вариативность его применения, что является несомненным преимуществом и позволит сократить общее количество используемого оборудования для выполнения работ.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Правила назначения ремонтов железнодорожного пути, утверждённые распоряжением ОАО "РЖД" №2888/р от 17.12.2021. М.: ОАО «РЖД». 71 с.
2. Крейнис З.Л., Селезнева Н.Е. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. 453 с.
3. Чалова М.Ю., Иванова В.И. Способ повышения производительности подбивки пути // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы международной научной-технической конференции, Тюмень, 08 февраля 2019 года. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 282-285.

### **ПРОВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В РОССИИ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА**

**Хабарова И.А.**, кандидат технических наук, доцент кафедры экономики и управления в строительстве Московского государственного строительного университета, Москва, Россия

#### **Аннотация**

В статье рассматривается экскаваторная интеллектуальная система управления земляными работами. Отмечается, что сам интерфейс программ управления совершенствуется, в тоже время диалоговые системы управления земляными работами могут быть сложными для освоения и эффективного использования.

Также отмечается, что внедрение альтернативных средств малой механизации может ускорить и облегчить производство некоторых аспектов земляных работ. Одними из таких машин являются думпер и скрепер. В связи с чем рассмотрен и проанализирован принцип их работы.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время Российская Федерация активно использует все современные подходы к производству земляных работ. На сегодняшний день современные экскаваторы могут быть оснащены системой интеллектуального управления, производителями которых между прочем являются ведущие компании, занимающиеся разработкой и совершенствованием геодезических приборов и программного обеспечения (Trimble, Leica Geosystems, Topcon Positioning Systems). В состав любой экскаваторной интеллектуальной системы управления земляными работами входит несколько датчиков наклона (акселерометры) и углового ускорения (поворота), которые могут устанавливаться на ковше,

рукояти и стреле, корпусе надстройки, в гидроцилиндрах подъема и наклона, шарнирах стрелы и рукояти. По их показаниям система определяет положение режущей кромки ковша.

Прежде всего, существуют системы интеллектуального управления базового (начального) уровня – указывающие/ сигнализирующие. Оператор вводит на мониторе необходимую глубину копания, и система в процессе копания будет указывать, на каком расстоянии режущая кромка или зубья ковша находится от заданного уровня. Когда режущая кромка ковша при копании приближается к заданной глубине на расстояние около 100 мм, система предупреждает оператора световыми сигналами на мониторе в кабине, и раздается звуковой сигнал. Тон звука меняется по мере приближения ковша к заданному уровню. Однако точность этой работы зависит от того, насколько точно оператор выполняет указания системы.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Системы управления более высокого уровня могут ограничивать движение ковша так, что он не сможет копать ниже установленной глубины, автоматически регулируют высоту положения стрелы, поддерживают постоянный угол наклона режущей кромки, который оператор может задать, чтобы усилие внедрения ковша при копании было оптимальным в данных условиях, и ковш формирует заданную в проекте линию поверхности с точностью в пределах 20 мм. Автоматика не позволяет ковшу забирать грунта больше, чем необходимо. Оператор просто управляет движением рукояти ковша с помощью одного джойстика и может сосредоточить внимание на перемещении грунта.

Интерфейс программ управления совершенствуется. Диалоговые системы управления земляными работами могут быть сложными для освоения и эффективного использования. Поэтому разработчики подобных систем для экскаваторов идут по пути интеграции их в общую систему управления машиной, чтобы исключить ручное управление выемкой грунта и планировкой участка. Оператор должен иметь возможность управлять машиной быстро и интуитивно. С этой целью разработчики отказались от клавиш и ручек, управление системой осуществляется через сенсорный экран. Меню и диалоговые кнопки имеют достаточные размеры даже для работы в перчатках [21-22].



Рис. 1. Одноковшовый экскаватор с обратной лопатой и системой интеллектуального управления за работой

Применение таких автономных систем может позволить специалистам по геодезии и производителям земляных работ принимать меньшее участие в плано-высотном сопровождении разработки котлованов. На финальном этапе производства земляных работ зачастую возникает необходимость применения техники малой механизации – погрузчиков, траншейных экскаваторов, бульдозеров. Это обусловлено разными причинами, такими как ограничение свободного пространства для работы техники распорной системой, маленькими габаритами траншей и приямков, последовательным уменьшением доступного пространства

для производства работ. Внедрение альтернативных средств малой механизации может ускорить и облегчить производство некоторых аспектов земляных работ.

Одной из таких машин является думпер (рис. 2) - специализированная самоходная самосвальная машина, предназначенная для перевозки относительно небольших объёмов сыпучих грузов на короткие расстояния и являющаяся в этих условиях более производительной по сравнению с автосамосвалом [1,2]. Современные думперы производятся на гусеничном ходу, а также, что самое главное, в них предусмотрена возможность поворота оси кабины и кузова, это комбинация экскаватора и автосамосвала. Эти технологические особенности делают думперы более манёвренными, проходимыми и функциональными при разработке грунта в отвал, чем автосамосвалы и погрузчики малой механизации.



Рис.2. Думпер truplants prinoth разворачивается вокруг своей оси, для погрузки

Интегрировать на этапе земляных работ в Российской Федерации можно не только средства малой механизации. Зачастую на строительном объекте существует необходимость выровнять большой участок площадки, имеющий разнообразный уклон и рельеф местности. Зона работы экскаватора ограничена вылетом его стрелы, вследствие чего планировка большого участка займет много времени и средств. В таком случае как правило используют бульдозеры, однако существует такая единица техники как скрепер (рис. 3) - землеройно-транспортная машина, предназначенная для послойной резки грунтов, транспортировки и отсыпки их в земляные сооружения слоями заданной толщины. Также при движении по насыпи скреперы своими колёсами уплотняют отсыпанные слои грунта, их применение сокращает потребность в специальных грунтоуплотняющих машинах [2-4].



Рис.3. Скрепер срезает грунт, погружая его в кузов и транспортируя по объекту

Скреперы используют для разработки разнообразных грунтов I—III категорий от чернозёма до тяжёлых глин. Очень плотные грунты предварительно разрыхляют рыхлителями. Целесообразность применения скреперов определяется дальностью транспортировки разрабатываемого грунта [2-4].

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, внедрение альтернативных средств малой механизации может ускорить и облегчить производство некоторых аспектов земляных работ.

#### **Список источников**

1. Малинин, Д. А. Думпер – новая техника для строительных работ / Д. А. Малинин, Д. Р. Газизов, А. С. Газизова. - (Общие вопросы строительства). - Текст: непосредственный // Жилищное строительство. - 2014. - № 1/2. - С. 46-47;
2. Илюхин А.В., Марсов В.И., Джабраилов Х.А., Чантиева М.Э. Особенности процессов разработки грунтов землеройно-транспортными машинами // Вестник Евразийской науки, 2018, №2;
3. Лукашук, О.А. Машины для разработки грунтов. Проектирование и расчет: учебное пособие / О.А. Лукашук, А.П. Комиссаров, К.Ю. Летнев. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. - 128 с.
4. Сабуренков, С.Е. Изучение конструкции и выбор скреперов. Формирование и сопоставление комплектов «скреперы – толкач»: методические указания к лабораторной и практической работе / С.Е. Сабуренков, В.М. Коншин, Е.С. Локшин. – М.: МАДИ, 2018. – 24 с.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Шлапак А.К., магистрант 1 курса МАДИ в г. Москва*

*Ламанов Н.Д., магистрант 1 курса МАДИ в г. Москва*

*Научный руководитель – Косенко Е.А., доцент каф. ПРАДМ, к.т.н.*

#### **Аннотация**

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) применяют в различных отраслях промышленности при производстве как мелких, но конструктивно сложных, так и крупногабаритных нагруженных деталей. Обеспечение высоких эксплуатационных характеристик деталей, изготовленных с применением ПКМ во многом определяется материалом полимерной матрицы, поэтому выбор или разработка связующего является актуальной научно-практической задачей. В статье изложены результаты анализа способов повышения технологических и эксплуатационных характеристик ПКМ за счет модификации их матрицы.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время прогресс в машиностроении во многом связан с разработкой и внедрением полимерных композиционных материалов (ПКМ) при производстве деталей, работающих в различных эксплуатационных условиях: повышенных и пониженных температур, агрессивных сред, под влиянием статических, динамических и вибрационных нагрузок и пр. Для обеспечения заданных эксплуатационных свойств деталей, изготовленных из ПКМ, прибегают к модификации материала их матрицы. С помощью модификации повышают технологические и эксплуатационные характеристики связующего, а также получают материалы с трудносочетаемым комплексом свойств.



Можно выделить три группы свойств, находящихся в противоречии. К первой группе относятся прочность, жесткость, теплостойкость; ко второй – пластичность, вязкость разрушения, ударная вязкость; к третьей – перерабатываемость, технологичность. Зачастую улучшая свойства одной группы, автоматически ухудшаются свойства другой. Например, увеличение степени сшивки приводит к повышению теплостойкости и предела текучести полимера. В свою очередь, увеличение теплостойкости приводит к резкому снижению вязкости разрушения: матрица становится более хрупкой [1].

Таким образом, одной из важнейших задач модификации связующего ПКМ является создание такой матрицы, которая при заданных ограничениях обеспечивала бы оптимальные показатели комплекса технологических и эксплуатационных свойств.

Цель работы заключается в исследовании типов модификаторов и способов модификации полимерных матриц обеспечивающих повышение их эксплуатационных и технологических свойств.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

При производстве деталей машин из ПКМ в качестве материала матрицы используют различные как термопластичные, так терморезистивные полимеры: фенолоальдегидные, ненасыщенные полиэфирные, эпоксидные смолы и кремнийорганические полимерные материалы.

Наибольшее распространение благодаря высоким эксплуатационным и технологическим свойствам получили эпоксидные связующие. Эпоксидные связующие обладают высокой прочностью, широким диапазоном рабочих температур, высокой адгезией к армирующему наполнителю и стойкостью к агрессивным средам. Однако, недостатками данного связующего являются хрупкость, низкие вязкость разрушения и ударная прочность, значительная усадка и невозможность вторичной переработки [1].

Для повышения комплекса механических и технологических показателей эпоксидного связующего прибегают к структурной, композиционной и химической модификации.

Для повышения ударной прочности в состав эпоксидного связующего, добавляют термопластичный полиметилакрилатсодержащий олигосилсесквиоксан, который способствует повышению данного показателя на 20-25% [2]. Снижению хрупкости способствует добавление в состав смолы 10-12% каучука, который позволяет увеличить значение относительного удлинения в 3 раза [3]. Добавление в состав эпоксидного связующего поливинилформальдеталя позволяет повысить его температуру стеклования в 2 раза [3].

В работе посвященной гибридизации композитов на основе эпоксидного связующего [4] в целях повышения влагостойкости, в состав композита добавляют мел и зубной порошок.

В работах [5-10] проводилось исследование влияния добавки полиэфирсульфона на свойства эпоксидного олигомера. Данный модификатор позволил повысить трещиностойкость эпоксидного связующего в 2 раза [5-8], за счет увеличения зон пластической деформации, однако, данный процесс был неоднозначным. В работах [9, 10] отмечается прирост трещиностойкости только при добавлении каучука или углеродных нанотрубок в систему эпоксидная смола-полисульфон, который способствовал увеличению трещиностойкости.

Для повышения пластичности эпоксидной смолы в состав добавляют дибутилфталат (ГОСТ 8728-88). В качестве активных разбавителей и пластификаторов также выступают алифатические эпоксидные смолы ДЭГ-1 и ТЭГ-1 (ТУ 2225-027-00203306-97). Для повышения физико-механических характеристик эпоксидных смол при горячем отверждении добавляют Изо-метилтетрагидрофталеваый ангидрид (Изо-МТГФА) марки «А» (ТУ 2418-399-05842324-2004). Для ускорения отверждения при повышенных температурах эпоксидные смолы модифицируются ускорителем 2,4,6-трис-(диметиламинометил)-фенолом (УП-606/2) (ТУ У 6-00209817.035-96).

В работах [11-14] предлагается осуществлять повышение прочностных характеристик ПКМ на основе эпоксидного связующего за счет создания в структуре матрицы самостоятельной фазы. В качестве материалов этой фазы используют анаэробный полимерный материал, силиконовый герметик и синтетический воск, которые не вступают в химическое взаимодействие с эпоксидным связующим и сохраняют свое исходное состояние в структуре композита и комплекс эксплуатационных свойств, обеспечивая, подобно природным слоистым материалам (таким как, древесина), повышение деформационно-прочностных свойств.

Анаэробный полимерный материал (анаэробный клей-герметик) представляет собой акриловые полимеры или олигомеры, в соединении с ингибиторами, функциональными добавками, иницирующими веществами и стабилизаторами. Процесс полимеризации наступает при соблюдении двух условий: при контакте с металлической поверхностью и при отсутствии воздуха, т.е. в вакууме.

Силиконовый герметик является полимерным материалом, разновидностью синтетического каучука. Основное различие между резиной и силиконом заключается в том, что в основе первого лежит водород, а второго чередующиеся связи атомов кремния и кислорода. Связь кремния и кислорода является более высокоэнергичной, чем связь водорода, что делает силиконы более устойчивыми к изменению температур в широком диапазоне [15].

Химическая природа анаэробных полимерных материалов позволяет обеспечить повышение ударной прочности и прочности при растяжении ПКМ, в том числе при переходе в область действия экстремально низких температур (до  $-50^{\circ}\text{C}$ ). Силиконовый герметик в структуре матрицы ПКМ приводит к некоторому снижению предела прочности при растяжении, однако, минимизирует потерю данного показателя при переходе в область действия отрицательных температур [13]. Синтетический воск позволяет обеспечить высокую ударную прочность и ее стабильность после выдержки композитов в условиях отрицательных температур [14].

ПКМ с анаэробным полимерным материалом и силиконовым герметиком в структуре матрицы обладают высокими релаксационными свойствами, благодаря чему обеспечивается повышение усталостной прочности композитов при циклическом нагружении [12].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, при оптимальном выборе типа модификатора и его количества можно достигнуть улучшения эксплуатационных (статической и динамической прочности, трещиностойкости, влагостойкости и пр.) и технологических (вязкости связующего, времени гелеобразования и пр.) характеристик, а также получить материалы, обладающие трудносочетаемым комплексом свойств, что позволяет расширить область применения ПКМ на основе полимерных модифицированных матриц при производстве деталей наземных транспортно-технологических машин.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Берлин Ал. Ал., Пахомова Л.К. Полимерные матрицы для высокопрочных армированных композитов // Высокомолекулярные соединения. 1990. № 7. С. 1347-1362.
2. Аконова Т.А., Олихова Ю.В., Баранов А.Б. Модификация эпоксидных связующих олигомерными силсесквиоксанами // Успехи в химии и химической технологии. 2013. Т. 27, № 3(143). С. 41-45.
3. Водовозов Г.А., Осипчик В.С., Мараховский К.М. [и др.] Модификация эпоксисодержащего связующего для создания высокопрочных композитов // Успехи в химии и химической технологии. 2015. Т. 29. № 10(169). С. 20-22.
4. Ramakrishnan T., Mohan Gift M. D., Chitradevi S. [et al.] Study of Numerous Resins Used in Polymer Matrix Composite Materials // Advances in Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 2022. P. 1088926.



5. Oyanguren P. A., Galante M. J., Andromaque K. [et al.] Development of bicontinuous morphologies in polysulfone-epoxy blends // Polymer. 1999. Vol. 40. No. 19. P. 5249-5255.
6. Kim B.S., Chiba T., Inoue T. Morphology development via reaction-induced phase separation in epoxy/poly(ether sulfone) blends: morphology control using poly (ether sulfone) with functional end-groups // Polymer. 1995. Vol. 36, No. 1. P. 43-47.
7. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Nannan W. Релаксационные свойства композиционных материалов на основе смесей эпоксидных полимеров и олигосульфонов // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. № 5. С. 14-20.
8. Мейирбеков, М. Н. Исмаилов М. Б. Влияние каучука на механические свойства эпоксидной смолы и углепластика (Обзор) // Комплексное использование минерального сырья. 2020. № 1(312). С. 11-21.
9. Копицына, М.Н. Бессонов И.В., Котомин С.В. Трещиностойкость эпоксидных связующих, модифицированных термопластичным полисульфоном и фурфуролацетонной смолой // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. № 12(60). С. 10.
10. Большаков В.А., Солодилов В.И., Корохин Р.А. [и др.] Исследование трещиностойкости полимерных композиционных материалов, изготовленных методом инфузии с использованием различных концентратов на основе модифицированных УНТ // Труды ВИАМ. 2017. № 7(55). С. 9.
11. Косенко Е.А., Баурова Н.И., Зорин В.А. Исследование механических свойств углепластиков с различными типами гибридных матриц при отрицательных температурах // Технология металлов. 2021. № 1. С. 7-11.
12. Косенко Е. А. Оценка усталостной прочности углепластиков с различными типами гибридных матриц // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2(92). С. 262-268.
13. Kosenko E.A., Zorin V.A. Optimization of the composition of polymer composite materials with hybrid matrices for the production of machine parts operating in Arctic conditions // Journal of Physics: Conference Series, Moscow, 20 ноября 2020 года. – Moscow, 2021. – P. 012070.
14. Косенко Е.А., Баурова Н.И., Зорин В.А. Влияние компонентов гибридной матрицы на изменение ударной вязкости углепластиков в условиях экстремально низких температур Арктики // Технология металлов. 2023. № 3. С. 17-24.
15. Краев И. Д., Попков О. В., Шульдешов Е. М. [и др.] Перспективы использования кремнийорганических полимеров при создании современных материалов и покрытий различных назначений // Труды ВИАМ. 2017. № 12(60). С. 5.

## О НАДЕЖНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ МАШИН ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

*Шошин А.С., аспирант ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» в г. Москва  
Научный руководитель - Гринчар Н.Г., профессор каф. НТТС, д.т.н., доцент*

### Аннотация

В разработках по обеспечению надежности приводов дорожных, строительных, подъемно-транспортных машин, а также машин транспортного строительства в настоящее время можно выделить три основных направления:

- 1) повышение надежности за счет внесения изменений в конструкторскую документацию;
- 2) повышение надежности за счет внедрения в эксплуатацию методов контроля и расчета показателей надежности;
- 3) совершенствование методов технического обслуживания.

Как известно, для приводов мобильных машин, являющихся изделиями ремонтируемыми, эксплуатируемыми до предельного состояния в циклическом режиме, с доминирующим фактором в качестве последствия отказа - простоем, основными показателями надежности являются гамма-процентный ресурс  $\gamma$  и коэффициент готовности  $K_g$  [1, 3]. Также важными с точки зрения надежности свойствами приводов являются безотказность и долговечность. Свойство безотказности обычно относят к определенной наработке — например, к одному рабочему циклу, к периоду между проверками, к периоду до первого ремонта или даже к одному выходу на перегон.

### ВВЕДЕНИЕ

Практический опыт организаций, эксплуатирующих машины транспортного строительства, показывает, что они практически не могут влиять на такие факторы, как резервирование, выбор элементов с повышенной надежностью, оптимизация схем и конструкций, стандартизация, облегчение режимов, климатические условия, недостатки конструкции. В то же время влияние на остальные факторы со стороны эксплуатационников может быть весьма эффективным. Это влияние обеспечивается в основном грамотным применением методов и средств технического обслуживания.

Сбор статистической информации по надежности гидроприводов машин транспортного строительства, согласно данным завода-изготовителя («Можайское экспериментально-механическое предприятие»), а также согласно данных работы [2], дал возможность определить значения наработки на отказ для основных типов гидроаппаратов, применяемых в машинах транспортного строительства (см. таблицу 1). Рассматривая данные табл.1, необходимо иметь в виду, что гидроприводы этих машин работают в тяжелых и средних режимах [2]. Кроме того, условия эксплуатации могут быть охарактеризованы в целом как неблагоприятные, особенно по климатическим показателям и запыленности.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ приведенных данных показывает, что время наработки гидроаппаратов, характеризуется значительным разбросом, и, следовательно, существуют большие резервы по повышению наработки на отказ. В таблице не учтены отказы, связанные с внешними повреждениями арматуры, корпусов гидроаппаратов (например, обрыв проушины у штока гидроцилиндра) и т.п.

Из практики эксплуатации мобильных машин на транспорте известно, что отказы, связанные с падением объемного КПД и неправильной регулировкой, составляют 50 – 60 % от общего количества. Остальное приходится на долю внезапных отказов, в том числе и таких, как например резкое падение производительности насоса вследствие кавитации и пр.

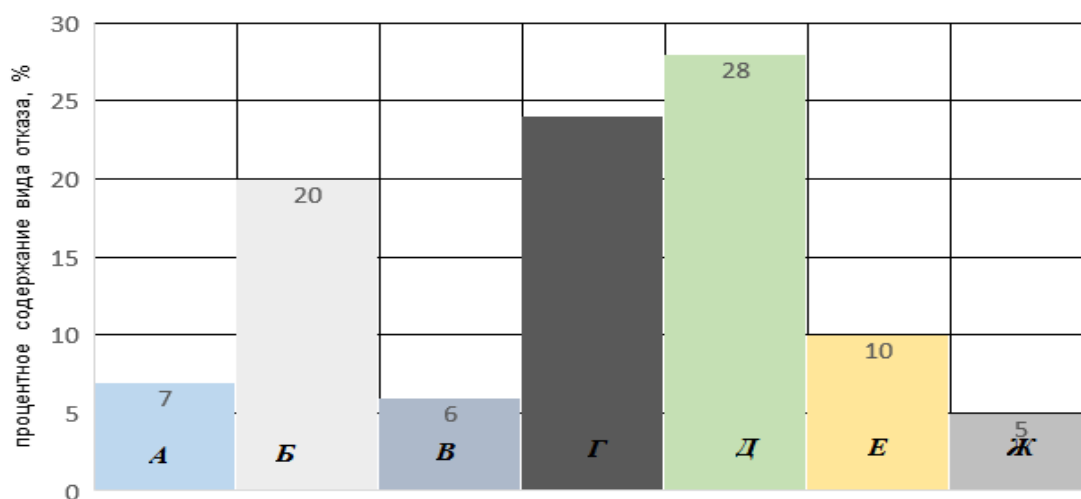
Как следует из диаграммы отказов, почти треть приходится на основной привод вращательного действия (28%). Это обстоятельство может быть объяснено тем, что они наряду с основными приводами поступательного действия (24%) являются наиболее нагруженными как с точки зрения давления в гидросистеме и крутящего момента на исполнительном механизме, так и с точки зрения использования по времени в течение рабочей смены.

**Табл. 1.** Нарботка на отказ гидроаппаратов машин транспортного строительства.

Гидроаппараты	Нарботка на отказ T, час (по мотосчѣтчику), $\frac{T_{\min} \div T_{\max}}{T_{\text{mid}}}$	
	Насосы шестерѣнные	$\frac{450 - 2500}{1475}$
Насосы аксиально-поршневые нерегулир.	$\frac{1000 \div 3000}{2000}$	$\frac{1000 \div 5000}{3000}$

Гидромоторы аксиально-поршневые	$\frac{1000 \div 3000}{2000}$	$\frac{1000 \div 5000}{3000}$
Гидроцилиндры	$\frac{600 \div 10000}{5300}$	$\frac{6500 \div 13000}{9250}$
Гидропневмоаккумуляторы	$\frac{10000 \div 15000}{12500}$	$\frac{10000 \div 15000}{12500}$
Клапаны давления, напорные золотники	$\frac{2800 \div 5800}{4300}$	$\frac{6500 \div 15000}{10750}$
Клапаны предохранительно-переливные	$\frac{2800 \div 5800}{4300}$	$\frac{6500 \div 15000}{10750}$
Клапаны обратные	5000-25000	2100-100000
Распределители золотниковые	$\frac{1400-4500}{2850}$	$\frac{8300-25000}{16850}$
Дроссели и регуляторы потока	$\frac{2800 \div 5800}{4300}$	$\frac{2500 \div 10000}{6250}$
Фильтры	$\frac{500 \div 2500}{1500}$	$\frac{1000 \div 6200}{3600}$
Арматура, соединения	$\frac{2500 \div 20000}{11250}$	$\frac{2500 \div 20000}{11250}$
Шланги РВД	$\frac{300 \div 5000}{2650}$	$\frac{3000 \div 10000}{6500}$
Вентили	$\frac{10000 \div 15000}{12500}$	$\frac{10000 \div 15000}{12500}$
Гидрозамки	$\frac{2000 \div 15000}{8500}$	$\frac{2000 \div 15000}{8500}$

Распределение отказов по системам и аппаратам представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** А – система управления, Б – ДВС, В – Ходовое оборудование, Г – Основные гидроприводы поступательного действия, Д – основные гидроприводы вращательного действия,

Е – Вспомогательные гидроприводы, Ж – прочие подсистемы и механизмы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беленков Ю.А. Надежность объемных гидроприводов и их элементов. / Ю.А. Беленков, В.Г. Нейман, М.П. Селиванов.- М.: Машиностроение, 1977.-167 с.
2. Гринчар Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин: Учебник. — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно- методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. — 368 с.
3. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов. / Т.А. Сырицын - М.: Машиностроение, 1990.- 247 с.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ЗАСОРЕННОСТИ БАЛЛАСТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*Юнтунен А.А., студент 1 курса, группаТНК-171, РУТ (МИИТ), г. Москва.  
Научный руководитель- Чалова М.Ю., доцент каф. НТТС к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Железнодорожный транспорт России – важнейшая составная часть экономической системы страны. На долю железнодорожного транспорта приходится почти 90% всех перевозимых грузов и более 30% пассажироперевозок.

Стратегическим направлением технической политики ОАО «РЖД» в путевом хозяйстве является переход на малообслуживаемую конструкцию пути, сокращение расходов на его текущее содержание. Успешная реализация поставленных задач может быть достигнута при условии широкого внедрения ресурсосберегающих технологий и современных технических средств для ремонта и содержания железнодорожного пути.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Перед ОАО «РЖД» стоит задача: увеличение роста грузовых и пассажирских перевозок путем увеличения скоростного режима. Решение этой задачи возможно при условии, что к техническому состоянию железнодорожного полотна будут предъявляться более высокие требования, а именно к его устойчивости. Это в свою очередь предусматривает выполнение большого и качественного объема работ верхнего строения пути.

Устойчивое положение рельсошпальной решетки обеспечивает балластная призма, которая в процессе эксплуатации теряет свои первоначальные свойства, такие как: упругость, дренирующие свойства, и как следствие, увеличиваются остаточные деформации пути [1].

В процессе эксплуатации балласт интенсивно засоряется в результате дробления частиц щебня от поездной нагрузки и воздействия рабочих органов путевых машин, попадания в путь сыпучих грузов, перевозимых в подвижном составе, наноса засорителей ветром и дождевыми потоками. Ежегодно в балластную призму в среднем попадает до 15 т засорителей на 1км.

Засорители ухудшают свойства щебеночного балласта и приводят к развитию интенсивных деформаций балластного основания пути. Снижение коэффициента фильтрации балластного слоя вызывает его водонасыщение. Повышение влажности балластного слоя более 5.6% интенсифицирует накопление остаточных деформаций пути в 5.7 раз, что существенно увеличивает объем выправочно-рихтовочных работ [2].

Это отрицательно сказывается на состоянии элементов верхнего строения пути и подвижного состава. Периодическое восстановление физико-механических характеристик и геометрических параметров щебеночной балластной призмы производится путем очистки щебня или, в случае несоответствия уложенного в пути балласта требуемым характеристикам – за счет полной его замены на щебень твердых пород машинами для очистки щебня и замены балласта. В связи с этим уделяется большое внимание глубокой

вырезке и очистке балластной призмы, создание современных высокопроизводительных щебнеочистительных машин [1].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для восстановления дренирующих и упругих свойств балластной призмы производят очистку балласта от засорителей [2].

Изменение зернового состава щебня в процессе эксплуатации железнодорожного пути сопряжено одновременно с процессами дробления зерен щебня и их истирания. С точки зрения обеспечения стабильности балластной призмы в этом случае критическим является накопление в балласте фракций менее 25 мм, что в итоге приводит к ухудшению фильтрационных свойств балластного материала, снижению несущей способности балластного слоя и к интенсивному накоплению остаточных деформаций рельсовых нитей.

Внутренние засорители и загрязнители щебеночного балласта формируются в балластной призме и под воздействием ударного воздействия рабочих органов выправочно-подбивочных машин и ручного механизированного инструмента. При этом количество внутренних загрязнителей и засорителей в этом случае будет определяться количеством таких уплотнений за время между работами капитального характера.

Анализ полученных результатов исследований показал, что в среднем каждая подбивка шпал выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной приводит к увеличению содержания засорителей на 1,5 %. При этом установить влияние вида путевой машины на интенсивность засорения балласта в исследованиях не удалось. Различные виды путевых машин будут по-разному оказывать влияние на засорение балласта продуктами собственного дробления при производстве работ [3].

В балластном слое железнодорожного пути помимо загрязнения и засорения продуктами собственного дробления и истирания происходит накопление мелких фракций в том числе за счет внешнего загрязнения. Такими источниками являются просыпающиеся с подвижного состава частицы сыпучих грузов, частицы, переносимые ветром, которые откладываются на поверхности балластной призмы, проникающие впоследствии вглубь балластного слоя. На отдельных участках (на подъемах) источником загрязнения и засорения является песок, подающийся под колеса локомотивов. Кроме того, на участках железнодорожного пути, основная площадка земляного полотна которых сложена глинистыми грунтами или грунтами с повышенным содержанием глинистых фракций, в местах с просадками пути в балластный слой проникают также глинистые частицы [3].

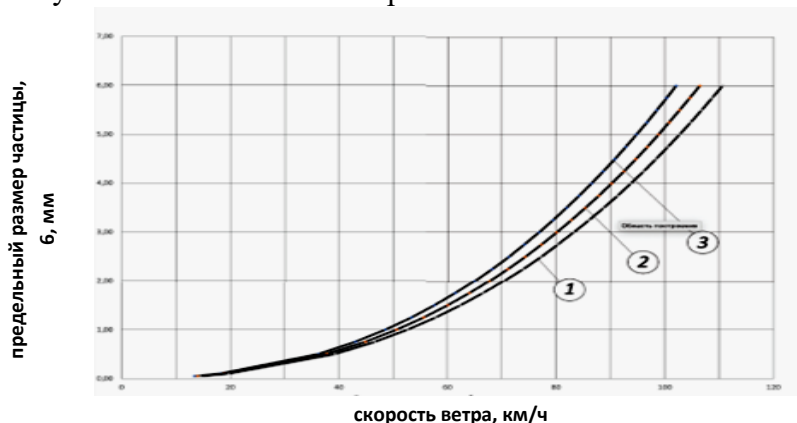


Рис. 1. Предельный размер пылящих частиц в зависимости от скорости ветра:

- 1 – при плотности пылящих частиц  $2,7 \text{ т/м}^3$ ;
- 2 – при плотности пылящих частиц  $2,5 \text{ т/м}^3$ ;
- 3 – при плотности пылящих частиц  $2,3 \text{ т/м}^3$

На рис. 1 приведен график зависимости предельного размера пылящих частиц с плотностью  $2,6 \text{ т/м}^3$  от скорости ветра. В первом приближении можно считать, что скорость движения поезда и скорость ветра на уровне верха борта открытого вагона будут

приблизительно равны, тогда нетрудно установить, что при реализуемых сегодня на железных дорогах скоростях движения грузовых поездов 70–90 км/ч максимальный размер фракции, подверженной пылению, составит от 2 до 5 мм. Таким образом, основными продуктами внешнего загрязнения щебеночного балласта будут фракции размером менее 5 мм.

Наблюдается практически прямо пропорциональная зависимость между пропущенным тоннажем и содержанием фракции менее 0,1 мм по массе в балластном слое железнодорожных путей. В то же время накопление фракций менее 5 мм не подчиняется закону прямой линии, а имеет два периода. В течение первого периода процесс загрязнения щебня имеет нелинейный характер и подчиняется степенной зависимости. При этом такая зависимость наблюдается до момента накопления в щебеночном балласте около 10–12 % внешних загрязнителей по массе. В дальнейшем процесс загрязнения происходит практически с постоянной интенсивностью и подчиняется закону прямой линии. Как показали результаты опытных данных, причиной такой ситуации является интенсивное загрязнение верхней части балластной призмы, в особенности в пределах первых 10–15 см под подошвой шпалы.

Аккумулятивная способность балластного слоя (способность накапливать засорители и загрязнители), как следует из логики размышлений, равна его пористости (пустотности). В первый период работы, когда в пути уложен чистый щебеночный балласт, его пористость в среднем составляет 35–40 % и проникновение мелких фракций от внешнего загрязнения происходит весьма интенсивно и быстро. С течением времени в верхнем слое балластной призмы происходит аккумуляция внешних загрязнителей и, следовательно, пористость щебня в верхнем слое постепенно снижается. Поэтому, как только загрязнение верхней зоны балластного слоя будет приближаться к 30–35 %, процесс загрязнения всей балластной призмы существенно замедляется (примерно в 4 раза), поскольку дальнейшее загрязнение возможно только после просыпания мелких частиц внутрь балластного слоя [3].

Срок службы щебеночного балласта принято исчислять периодом времени между его смежными очистками либо между укладкой нового щебня в путь и ближайшей очисткой, либо между последней очисткой и полной заменой щебеночного балласта на новый [3].

Для очистки щебеночного балласта применяются высокопроизводительные машины ЩОМ-1200, ЩОМ-2000, СЧ-1000, для стрелочных переводов РМ-95.

В современных щебнеочистительных машинах в основном применяют грохоты инерционного типа (ГИТ) [8].

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 — через отверстие сита, чтобы выпасть из слоя. Вследствие движения просеивающей поверхности мелкие частицы, проваливаясь через промежутки между крупными частицами, оказываются на поверхности сита.

Эффективность процесса очистки существенно зависит от влажности щебня. Внешняя влага вызывает слипание мелких частиц засорителя, налипание их на частицы щебня, а также забивание отверстий просеивающей поверхности материалом, что приводит к снижению эффективности очистки. Однако при повышении влажности свыше 12 % снижение эффективности очистки прекращается, она начинает возрастать и при влажности 15 – 16 % достигает более высоких значений. Если щебеночный балласт загрязнен глиной, поступающей в балластную призму со стороны дефектной обводненной основной площадки земляного полотна, то очистка даже при малой влажности затрудняется вследствие образования комков, уносящих засоритель другого вида и поступающих обратно в путь.

На эффективность очистки щебня влияет также форма отверстий просеивающей поверхности щебнеочистительного рабочего органа и угол его наклона (для вибрационного грохота). В рабочих органах щебнеочистительных машин применяют круглые, квадратные,

прямоугольные, трапециевидные отверстия. Квадратные отверстия наиболее распространены и позволяют пропускать частицы засорителя размером на 15 – 20 % больше, чем при круглых отверстиях такого же размера.

На прохождение засорителя через отверстия оказывает влияние наклон просеивающей поверхности. Считают, что практически на наклонном вибрационном грохоте эффективность очистки будет такая же, как на горизонтальном, если размер отверстий наклонной поверхности больше горизонтального размера в 1,15 раза при наклоне 20° и в 1,25 раза – при наклоне 25°. Для наклонных просеивающих поверхностей щебнеочистительных рабочих органов целесообразно принимать размеры отверстий, обеспечивающих одинаковую с горизонтальным их расположением вероятность удален.

Регламентируемыми условиями работы щебнеочистительной машины это: влажность – не более 5 %, степень засоренности исходного балласта – не более 35 %, степень засоренности очищенного балласта – не более 5 % [4].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты выполненных исследований, позволяют обеспечить достоверное прогнозирование процессов деградации щебеночного балласта и сроков его службы при эксплуатации железнодорожного пути в заданных условиях.

Ключевым параметром в определении срока службы является аккумулятивная способность балласта, ее величина в соответствии с действующими в ОАО «РЖД» нормативными документами вне зависимости от категории щебня, его механических свойств, формы зерен, вида загрязнителя, влажности загрязнителя принимается для путей всех классов одинаковой и равной 30 % [5].

Надежная и стабильная работа щебеночного балласта под поездной нагрузкой определяется несущей способностью и деформативностью балластной призмы железнодорожного пути, которые, в свою очередь, зависят от прочностных и деформативных свойств щебня [3].

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Ковальский В.Ф.* Системный анализ и синтез статических и динамических параметров гидрообъемного привода скребковой цепи щебнеочистительных машин: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2005.
2. Путевые машины: полный курс: учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта / М.В. Попович и др.; под ред. М.В. Поповича, В.М. Бугаенко. – М.: Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. трансп., 2019. – 960 с.
3. *Колос А. Ф.* Засорение и загрязнение щебеночного балласта при эксплуатации железнодорожного пути // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022.-Т.19.- Вып. 3. — С. 558–575.
4. Техническая информация «Регионального Центра Инновационных Технологий», Путевые машины, применяемые в ОАО «РЖД» конструкция, теория и расчет. URL: <http://www.rcit.su/techinfo33.html>. (Дата обращения 09.04.2023)
5. Технические условия на работы по ремонту железнодорожного пути // Утвержденные Распоряжением ОАО «РЖД» от 18 января 2013 г. № 75р.- М.: ОАО «РЖД», 2013.



**СЕКЦИЯ 3.  
«ПОДЪЁМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»**

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*Аракелян А. А., студент 3 курса группы ТМР-311 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), г. Москва  
Научный руководитель – Мишин А. В., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*

### Аннотация

В современном грузовом вагоне присутствует большое количество элементов, которые требуют ремонта с помощью заварки трещин или наплавки поверхностей, при этом используют обычно ручную или полуавтоматическую сварку. В современных реалиях такие способы сварки занимают много времени и качество сварки зависит от состояния сварщика и времени суток, что сильно сказывается на логистике грузов. Для решения проблемы необходимо внедрять роботизированную ячейку, которая будет работать быстрее и качественнее. Цель работы - предложение концепции роботизированной ячейки для ремонта соединительной балки восьмиосного грузового вагона. Задачи, требующие решения: выбор элемента подвижного состава для разработки роботизированного решения по ремонту, разработка компоновки роботизированной ячейки, выбор оборудования.

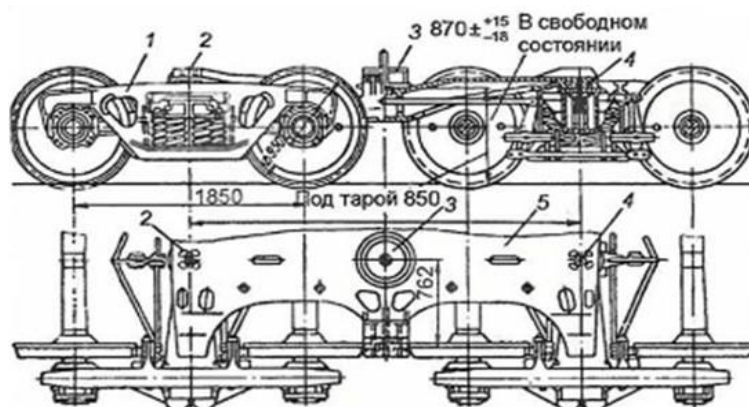
### ВВЕДЕНИЕ

При ремонте подвижного состава и на предприятиях вагонного хозяйства широко применяется разные виды сварки.

Восстановленные сваркой и наплавкой детали и узлы подвижного состава должны удовлетворять установленным требованиям и обеспечивать нормальную работу вагонов и контейнеров. При наплавке размеры деталей необходимо доводить до чертежных независимо от вида ремонта. Механические свойства наплавленного металла должны быть такие же, как у основного металла детали, за исключением случаев, когда на поверхность наносят специальный слой (износостойкий, жароустойчивый и т.п.).

В вагоне поезда много элементов, требующих ремонта с помощью сварки и как пример я решил взять балку соединительную четырехосной тележки грузовых вагонов.

Четырехосная тележка грузового вагона (модель 18-101) - отдельная сборочная единица грузового вагона, обеспечивающая его движение и выполняющая функции опоры кузова на рельсы, содержащая четыре колесные пары (рис. 1). База тележки - это расстояние между центрами подпятников двухосных тележек. И она равна составляет 3,2 м.



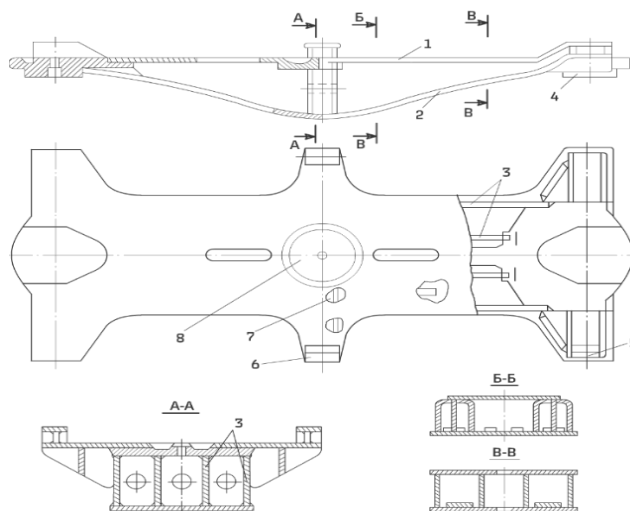
**Рис. 1.** Четырехосная тележка грузового вагона

1 — боковая рама тележки 18-100; 2 — пятник соединительной балки; 3 — подпятник соединительной балки; 4 — пятник; 5 — соединительная балка.

Соединительная балка - составная часть (сборочная единица) несущей конструкции четырехосной тележки, передающая нагрузку от рамы вагона на наддресорные балки

тележки, оборудованная пятниками и допускающая поворот надрессорных балок вокруг вертикальной оси.

Конструкция соединительной балки представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Конструкция соединительной балки

Соединительная балка состоит из штампованных элементов верхнего листа 1 толщиной 16 мм, нижнего листа 2 толщиной 20 мм, четырех опор крайних скользунов 5, двух крайних пятников 4 и одного центрального подпятника 8. Подпятник приваривается к верхнему листу балки, а крайние пятники - к нижнему. Крайними пятниками 4 балка опирается на подпятники двухосных тележек. Центральный подпятник 8 тележки со шкворневым отверстием является опорой пятника рамы вагона. Балка усилена продольными ребрами жесткости 3 и поперечными 7. По бокам средней части балки приварены центральные скользуны 6.

Процесс ремонта с помощью сварки данного изделия проходит вручную. Для устранения этих проблем нужно использовать роботизированную ячейку, которая сможет сваривать элементы подвижного состава быстрее, качественнее и безопаснее для человека.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В соединительных балках возникают трещины (рис. 3) в зоне концевых пятников по верхним и нижним горизонтальным листам. Трещины, как правило, начинаются от места приварки верхнего листа балки к пятнику с торца балки и развиваются либо по периметру кольцевого шва 12, либо под углом 25 - 30° к продольной оси балки в тела подпятника 11.

С нижней стороны соединительной балки в зоне концевых пятников трещины обычно развиваются по сварному шву приварки нижнего листа к пятнику или вдоль пятника (трещины 1, 2, 3, б).

В некоторых случаях кольцевые трещины зарождаются не в зоне окончания сварного шва, являющейся дополнительным концентратором напряжений (трещина 5). Трещины 1, 2, 3, 12, не переходящие на верхний или нижний листы и опорную поверхность пятника суммарной длиной до 250 мм, разрешается после разделки и зачистки дефектного сварного шва заварить с последующей обработкой шлифовальной машинкой. Для трещины 12 имеется еще одно ограничение, заключающееся в недопустимости перехода этой трещины на вертикальное ребро.

Значительное количество трещин появляется также в зонах приварки кронштейнов крайних 7 и центральных скользунов из-за значительной перевалки кузова под действием ветровой и центробежной нагрузок.

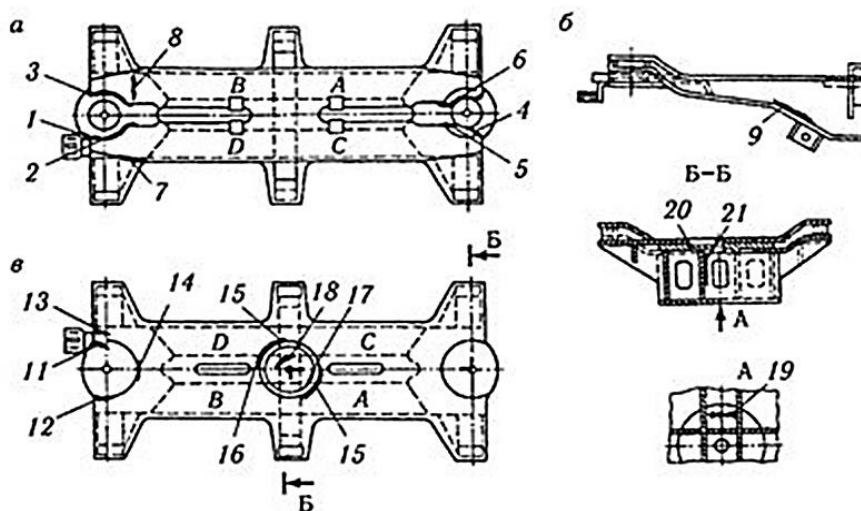


Рис. 3. Схема расположения трещин на соединительной балке

Трещины 8, 9 зарождаются из зоны сварного шва приварки нижнего листа к наружному продольному ребру. Эти трещины располагаются в центральной наиболее нагруженной зоне балки с возможным наличием концентраторов напряжений.

Для наглядности обратимся к среде разработки RoboDK. В ней мы построим модель процесса заваривания трещин на соединительной балке (рис. 4). Данная модель показывает только процесс заварки трещин, без погрузки соединительной балки на позиционер, без станции очистки горелки и системы слежения за сварочным швом. Ячейка состоит из двух сварочных роботов, станции очистки горелки, датчика слежения за сварочным швом, системы безопасности. Станция очистки горелки — устройство для автоматического обслуживания сопла горелки. Если не проводить регулярную чистку горелок от брызг, могут возникнуть проблемы с качеством сварного соединения. Данная станция имеет функции: **обрезка сварочной проволоки**, фрезерование сопла и впрыск антипригарной жидкости. Оптический датчик необходим для слежения за швами, что делает сварку не чувствительной к смещениям кромок.

На рис. 4 два сварочных робота KUKA-KR-5-arc-HW расположенных на линейном блоке для робота KUKA-KL-250-3. Данные роботы предназначены специально для сварочных работ. Роботы могут перемещаться вдоль детали, тем самым они способны охватывать саму деталь целиком.

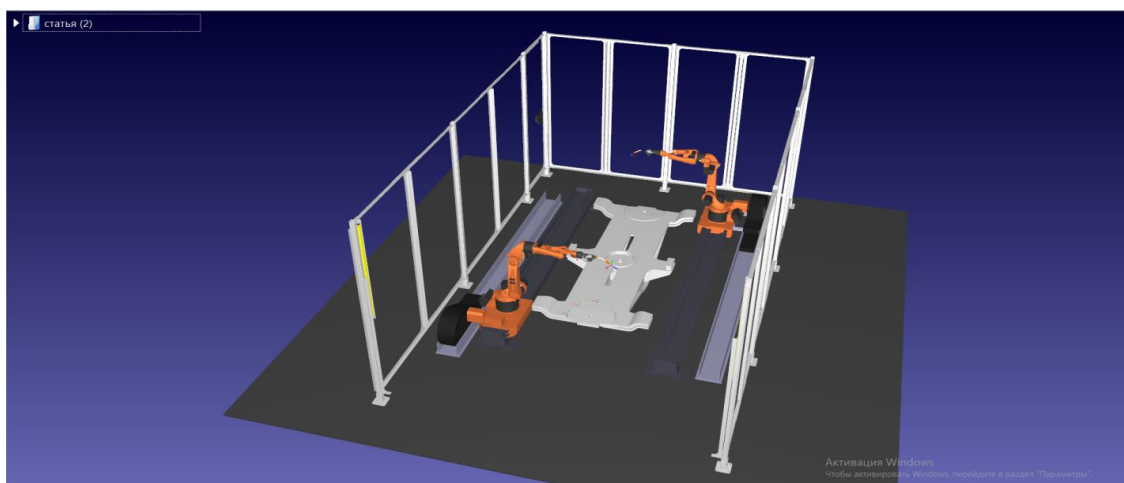
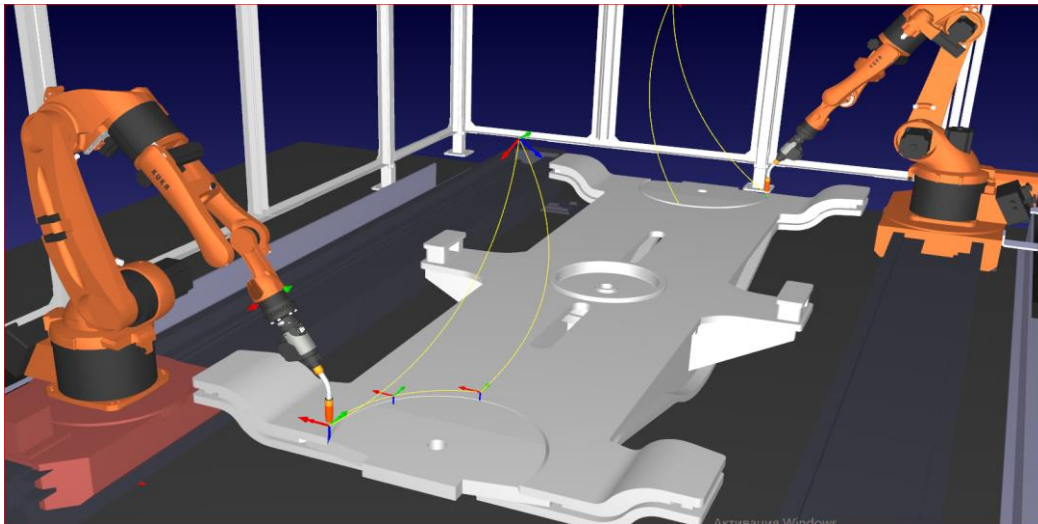


Рис. 4. Схема заварки трещин

Фрагмент процесса заварки показан на рис. 5.



**Рис. 5.** Траектории заварки трещин роботами

Робот опускается до соприкосновения с деталью (рис. 5), после заваривает трещину и возвращается в изначальное положение. После робот направляется к станции очистки горелки.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Концепция роботизированной ячейки для ремонта элементов подвижного состава крайне эффективна и способна полностью заменить ручной труд. Данная ячейка будет хорошим толчком в применении робототехники на предприятиях российских железных дорог.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Бобровская И.И.* Технология ремонта вагонов: Учебное пособие. — Ташкент, 2008. — 117с.: ил.
2. Сайт «КОНСЕРЦИУМ КОДЕКС» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181076> - Текст : электронный.
3. Технология ремонта тележек грузовых вагонов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://spb.tiu.ru/p55295-depovskoj-remont-gruzovyh.html> - Текст : электронный.
4. Сайт «TRGREAT» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.trgreat.ru/govs-354-1.html> - Текст : электронный.
5. Сайт «Контур группа компаний» [Электронный ресурс]. – URL: <https://k97.ru/projects/robotizatsiya/svarka-robotami-balki-telezhki-zheleznodorozhnogo-vagona/> - Текст : электронный.
6. Сайт «Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов» » [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293816/4293816641.htm> - Текст : электронный.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ В ОКРАИННЫХ МОРЯХ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА**

*Ботогов Е.О., студент 6 курса группы РК4 – 121 МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Научный руководитель – Вершинский А.В., профессор каф. ПТС, д. т. н., профессор*

#### **Аннотация**

В данной работе описывается перспектива добычи твердых полезных ископаемых с морского дна. Целью доклада является оценка возможности осуществления добычи

железомарганцевых конкреций (ЖМК) в акватории Северного Ледовитого океана, а также выявление основных сложностей для добычи ЖМК в промышленных масштабах в условиях крайнего севера. В работе отражены основные данные о железомарганцевых конкрециях, включая историю их обнаружения, помимо этого был рассмотрен и проанализирован химический состав конкреций, поднятых со дна Карского моря и моря Лаптевых.

## **ВВЕДЕНИЕ**

С каждым годом растет интерес к возможности добычи твердых полезных ископаемых не только с привычных нам материковых месторождений, но и с подводных. Это совсем не удивительно, ведь население планеты растет очень быстро и уже сейчас насчитывает более восьми миллиардов человек. Запасы на суше стремительно истощаются, что заставляет людей искать альтернативные источники полезных ископаемых. Одним из решений является вторичная переработка металлов, но в полной степени переработка не решает проблему нехватки ресурсов, которая становится все более острой. Именно поэтому взоры ученых направлены в сторону морей и океанов. Мировой океан покрывает более 70% поверхности нашей планеты и таит в себе огромные залежи полезных ископаемых.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Впервые железомарганцевые конкреции были обнаружены и подняты на поверхность в районе Канарских островов в Атлантическом океане в 1873 году в ходе экспедиции британского судна “Челленджер” (1872-1876) [6], а спустя более ста лет было открыто первое имеющее промышленное значение месторождение железомарганцевых конкреций в разломе Кларион-Клиппертон в 1974 г. фирмой «Дипси Венчурс». Было заявлено следующее содержание: марганец = 27,3%, никель = 1,24%, медь = 1,01%, кобальт = 0,2% [2].

Железомарганцевые конкреции представляют собой небольшие сферические образования темного цвета диаметром 15-20 см. концентрически-слоистого строения, сложенные слабокристаллизованными гидроксидами железа и марганца ( $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ). ЖМК богаты полезными элементами, такими как марганец, железо, никель, медь, кобальт, цинк, алюминий, калий, магний, титан и др. Запасы железомарганцевых конкреций в мировом океане оцениваются в колоссальные цифры – до 35 млрд тонн [3]. Залежи ЖМК условно можно разделить на шельфовые и глубинные. Для морей Северного Ледовитого океана характерны именно шельфовые залежи, так как преобладающие глубины этих морей порядка ста метров.

Образование железомарганцевых конкреций – это природное явление, происходящее в сложной пограничной природной системе вода – дно, где взаимодействуют гидродинамические, физико-химические, биологические и микробиологические процессы. Согласно данным из открытых источников железо и марганец поступают в конкреции континентального шельфа из толщи осадков [4]. Однако у ученых пока нет четко сформировавшегося единого мнения о том, как образуются конкреции, и каков механизм поступления рудных элементов в состав ЖМК.

На территории Российской Федерации железомарганцевые конкреции можно встретить в водах так называемой Русской Арктики, а именно в водах моря Лаптевых, Карского и Восточно-Сибирского морей. В этих морях уже существуют разведанные места залегания ЖМК. По состоянию на 2016 год в Карском море разведано два района скопления ЖМК, площадью 6,9 и 16,4 тыс. км<sup>2</sup>, их оценочные запасы составляют 10,3 и 24,6 млн тонн соответственно [4].

Институтом океанологии им. П.П. Ширшова были проведены исследования химического состава проб конкреций, взятых из нескольких районов моря Лаптевых и Карского моря. Результаты, полученные в ходе исследования, представлены в таблице [4].



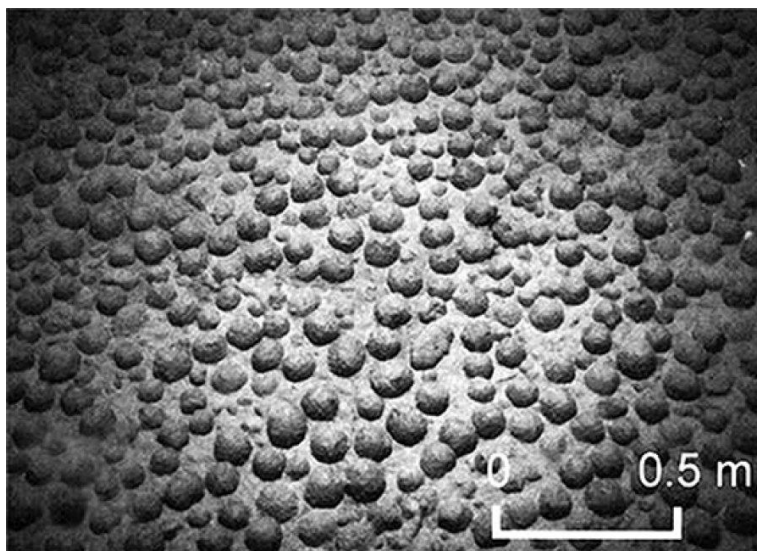


Рис. 1. Железомарганцевые конкреции в толще иловых масс

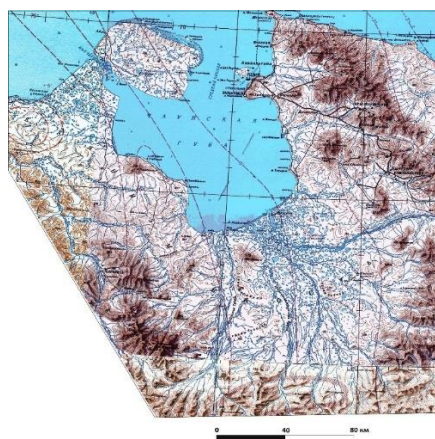


Рис. 2. Проба конкреций, взятая в Чаунской губе (Восточно-Сибирское море)

Исходя из данных, полученных во время исследований, можно сделать вывод, что среднее содержание марганца в пробах, взятых в Карском море, более чем в три раза превосходит содержание марганца в пробах, взятых в море Лаптевых, но при этом содержание железа в полтора раза ниже показателя моря Лаптевых. Суммарное процентное содержание марганца и железа в пробах составляет 11,78% и 15,99% соответственно. Также значительно содержание алюминия, калия и натрия. Благодаря этим исследованиям можно более точно оценить запасы полезных ископаемых и целесообразность их добычи с коммерческой точки зрения.

Сейчас во многих странах ведутся работы по проектированию машин, способных добывать твердые полезные ископаемые с разных глубин. МГТУ им Н.Э. Баумана так же уделяет внимание разработке технологий для добычи твердых полезных ископаемых под водой. Одна из разработок - добывающий агрегат для комплекса глубоководного сбора твердых полезных ископаемых (рис.3) патент RU 130344 U1 [5]. Данный агрегат состоит из надводного плавсредства и придонной добычной установки с опорами изменяемой высоты и гусеничным шасси.



Табл. 1. Процентное содержание основных полезных элементов в ЖМК

Элемент	ЖМК Карского моря	ЖМК моря Лаптевых
Алюминий (Al)	6,09	6,94
Фосфор (P)	0,32	0,57
Калий (K)	1,72	2,24
Натрий (Na)	1,96	1,63
Магний (Mg)	0,77	1,20
Сера (S)	0,06	0,06
Кальций (Ca)	0,66	0,63
Титан (Ti)	0,34	0,32
Марганец (Mn)	1,93	0,59
Железо (Fe)	9,85	15,40

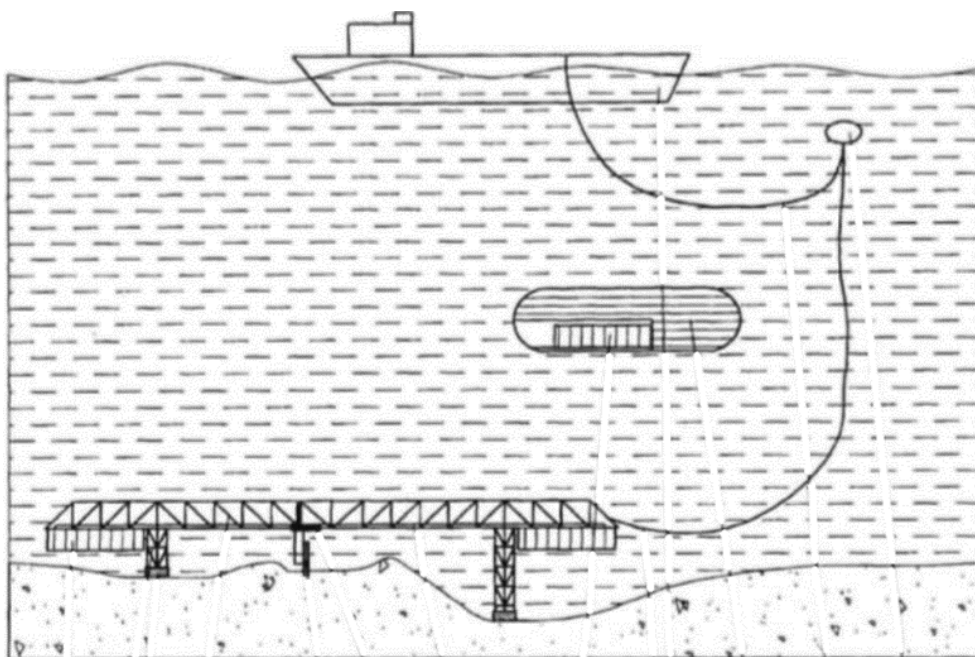


Рис. 3. Схема предлагаемого устройства

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент нерешенной остается проблема отсутствия технологии переработки ЖМК для получения металлов. Одной из главных сложностей добычи железомарганцевых конкреций на территории Северного Ледовитого океана являются суровые климатические условия. В первую очередь усложняет добычу ледовый покров. Средняя продолжительность наличия ледового покрова для окраинных морей Северного Ледовитого океана составляет девять месяцев. Это условие вынуждает либо проводить добычу ЖМК только во время отсутствия льда, либо при использовании судов ледокольного класса. Другой, не менее важной, проблемой является вопрос экологии, так как добыча конкреций ведет к поднятию в толщу воды илистых отложений. Повышение концентрации взвеси в воде, в результате

осуществления добычных работ, ведет к снижению прозрачности воды, что в свою очередь вызовет снижение уровня продуктивности фитопланктона. Известно, что повышение концентрации взвеси в воде до 26 г/м<sup>3</sup> уменьшает скорость фотосинтеза вдвое (В. В. Бульон, 1983) [1]. Обе этих особенности негативно отражаются на коммерческой выгоде от добычи ЖМК, но технический прогресс не стоит на месте, и множество ученых работает над созданием средств для добычи и подъема железомарганцевых конкреций, которые будут отвечать всем требованиям экологических стандартов и наносить минимальный ущерб флоре и фауне Мирового океана. Большим преимуществом Российской Федерации над многими странами, заинтересованными в добыче железомарганцевых конкреций со дна океана, является наличие таковых в ее территориальных водах, что позволяет проводить добычу в независимости от участия в Конвенции ООН по морскому дну, и небольшая глубина их залегания.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Питулько В. М./ Экологическая безопасность морских природно-охранных систем российской Прибалтики/ Питулько В. М., Иванова В. В., Кулибаба В. В. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 317с.*

2. *Каширский А.С., Рахутин М.Г., Кириченко Ю.В., Кузин Е.А., Иващенко Г.С. Расчет производительности и обоснование параметров кассетного трала для добычи железомарганцевых конкреций. Горная Промышленность №1 / 2020 155-159с.*

3. *«Глубоководные ресурсы Мирового океана» — доклад академика РАН Андрея Владимировича Адрианова. 29 мая 2018. «Минеральные ресурсы Мирового океана: научные успехи и перспективы использования» — содоклад академика РАН Николая Стефановича Бортникова. 29 мая 2018. URL: [http://www.ras.ru/news/news\\_release.aspx?ID=98313105-1fd5-4f09-b3b9-c27d37ffdd63](http://www.ras.ru/news/news_release.aspx?ID=98313105-1fd5-4f09-b3b9-c27d37ffdd63) (Дата обращения 15.03.2023)*

4. *Дроздова А.Н., Шульгина Н.А. Железомарганцевые конкреции Карского моря// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 3 – С. 115-120с.*

5. *Патент RU 130344 U1, 28.12.2012 Быстров Е.О., Вершинский А.В., Ганкевич Д.Я., Гнездилов С.Г., Еганян Г.В., Котельников В.В., Наумов В.Н., Шубин А.Н., Сибикин И.Я., Васенко А.М., Чижова М.О., Попов Д.Н., Ширяев Б.К., Костюк А.Н., Иванов К.А. Добывающий агрегат для комплекса глубоководного сбора твердых полезных ископаемых 20.07.2013 Бюл. №20 URL: <https://patents.google.com/patent/RU130344U1/ru> (Дата обращения 02.04.2023)*

6. *Железомарганцевые конкреции // Википедия. [2022]. Дата обновления: 27.06.2022. URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=222990&oldid=123610741> (Дата обращения 27.03.2023)*

### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

*Застрожников В. В., Кошик Д. В., Будный М. М. магистранты 1 курса кафедры НТТМ  
ДонНАСА г. Макеевка  
Научный руководитель – Сидоров В.А., доцент каф. НТТМ, д.т.н., доцент*

#### Аннотация

В работе предлагается для предотвращения чрезвычайных ситуаций использовать мониторинг психоэмоционального состояния технического персонала. Оценка состояния включает определение различий между набором временных характеристик для ожидаемого события и случайного события. Метод предлагается для моделирования возникновения

чрезвычайных ситуаций и оценки вероятности их возникновения. Данный подход может быть альтернативным или дополняющим при использовании мобильных устройств.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Любая аварийная ситуация является результатом превышения накопленной суммы отклонений некоторой величины, которая приводит к отклонениям в функционировании технологического оборудования. Случайные события, приводящие к аварийным ситуациям, наиболее часто являются следствием человеческого фактора или технических аспектов состояния оборудования.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Большая часть аварийных ситуаций возникает в результате ошибок, неправильных действий операторов, машинистов [1, 2], что отмечается в металлургической, горно-добывающей, строительной, энергетической и др. отраслях. Возможные варианты решения связаны с внедрением технологий Индустрия 4.0: интернет вещей, цифровые экосистемы, аналитика больших данных, сложные информационные системы (цифровые платформы). Именно эти принципы заложены в реализации проектов дистанционного мониторинга за состоянием здоровья работников [3], интеллектуальной системы помощи водителям [4], диагностики степени усталости и стресса сотрудников [5] и др. Измерение температуры, давления, пульса, кожно-гальванической реакции и др. показателей требует установки носимых датчиков, поддерживаемых энергетическими элементами и определяемыми при помощи сети интернет. Создаваемая на предприятии сеть из устройств-датчиков (носимой электроники) мониторинга параметров работника является очередной сложной системой сервисных технологий, требующей обслуживания, поддержания, принятия решений и др. Переход к любой сложной системе требует поэтапного освоения и одним из таких этапов может стать разработанный метод определения психоэмоционального состояния технического персонала: машинистов, водителей, операторов.

Субъективное поведение технологического персонала, своевременность его воздействий на системы управления является залогом безаварийной работы оборудования. Часто даже небольшое изменение в цепи событий способно предотвратить создание аварийной ситуации. Для этого технологический персонал должен находиться в определенном психоэмоциональном состоянии, позволяющем выполнить действия адекватные возникшей ситуации. Угнетенное психологическое состояние, раздражение, невнимательность способны провоцировать возникновение аварийной ситуации, даже при прекрасных физиологических показателях. Как показывает практический опыт, отказ механизма предваряется увеличением числа незначительных отклонений в работе (ослабление резьбовых соединений, нарушение работы системы смазки, повреждения вспомогательных элементов, неполадки в электротехнической части оборудования и системе управления). Данные нарушения приводят к отвлечению внимания технологического персонала, раздражению, повышению усталости.

Контролируя психоэмоциональное состояние технологического персонала, возможно, смоделировать появление аварийных ситуаций, что предлагается осуществлять путём выполнения периодического контрольного задания. Автоматический анализ параметров задания определит психоэмоциональное состояние специалиста и предоставит данные для его допуска к работе. Общий алгоритм задания включает определение времени реакции оператора на ожидаемое действие (например, нажать клавишу «пробел») и на задаваемое действие (например, цифровой или буквенный код, клавиши направления и др.).

Контрольное задание направлено на определение различий между совокупности временных характеристик  $X_i$  на ожидаемое событие и совокупности временных характеристик  $Y_i$  на случайное событие. Диагностическое пространство определяется координатами исследуемой выборки (конкретной совокупности реализаций  $X_i$ ,  $Y_i$ ). Центр диагностического пространства будет иметь координаты математического ожидания (рис. 1):

$$\bar{X}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_k} X_i; \quad \bar{Y}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_k} Y_i,$$

где  $\bar{X}_k$  и  $\bar{Y}_k$  - математическое ожидание соответствующих координат;  $n$  - количество наблюдений.

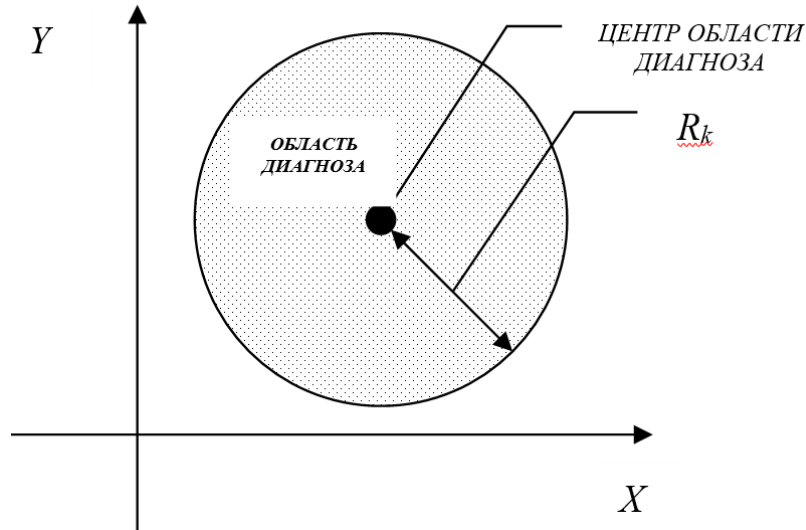


Рис. 1 Двухмерное диагностическое пространство

Дисперсия  $k$ -той двухмерной выборки характеризуется двумя значениями  $S_{k(X)}^2$  и  $S_{k(Y)}^2$ :

$$S_{k(X)}^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum_{i=1}^{n_k} (X_i - \bar{X}_k)^2; \quad S_{k(Y)}^2 = \frac{1}{n_k - 1} \sum_{i=1}^{n_k} (Y_i - \bar{Y}_k)^2.$$

Удвоенные значения среднеквадратичных отклонений  $2S_{k(X)}$ ,  $2S_{k(Y)}$  определяют границы области распознавания, для построения которой определяется значение радиус-вектора:

$$R_k = \sqrt{(\bar{X}_k - 2S_{k(X)})^2 + (\bar{Y}_k - 2S_{k(Y)})^2}$$

Появляются все необходимые данные для построения диагностического пространства (координаты выборки  $X_i$ ,  $Y_i$ ) и области диагноза, определяющей границу распознавания объекта - окружность с центром в точке  $(\bar{X}_k, \bar{Y}_k)$  и радиусом  $R_k$ .

Очевидно, что идеальным случаем, является  $\bar{X}_k = \bar{Y}_k$ , а все реализации допустимого состояния должны находится в радиусе  $R_k = 0,2\bar{X}_k = 0,2\bar{Y}_k$ . Для решения задачи распознавания на основании проведенного ряда экспериментов определены зоны диагностического пространства соответствующего состоянию оператора. Полученные результаты позволили выделить градации психоэмоционального состояния персонала:

- допустимые (рис. 2а, б, в): ускоренная, нормальная и замедленная реакция;
- недопустимые: неуверенная реакция (рис. 2г).

Степень несовпадения данных зон с идеальным случаем будет оценивать вероятность возникновения аварийной ситуации. Дополнительной информацией при постановке диагноза может быть количество допущенных ошибок при выполнении тестового задания. Связь полученных результатов с психоэмоциональным состоянием технического персонала представляет собой направление дальнейших исследований. В настоящее время установлены следующие данные.

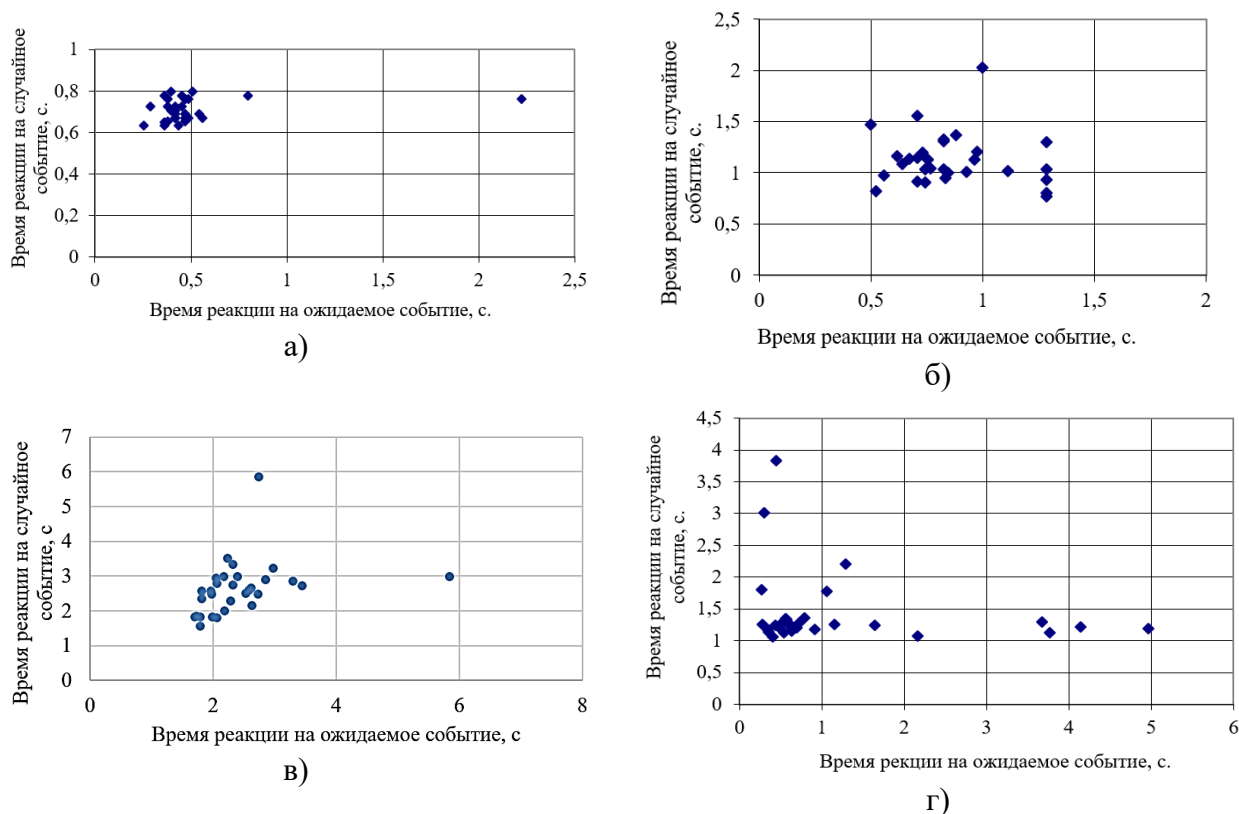


Рис. 2 Примеры реакции: а) ускоренной; б) нормальной; в) замедленной; г) неуверенной.

1. Время реакции человека на возникающую ситуацию в обычной обстановке – 0,12 с. Исходя из правил распознавания, время 0,12...0,31 с соответствует ускоренной реакции.
2. Время 0,31...0,78 с – время нормальной реакции.
3. Время 0,78...2,0 с – время замедленной реакции. Это предел возможных реализаций для оператора при получении допуска.
4. Время реакции на ожидаемое и случайное события должно быть равным. Допускается отклонения в пределах  $\pm 10\%$ .
5. Допускаемое количество ошибок – менее 5% от объема выборки.
6. Количество тестовых воздействий – не менее 27.
7. Различение состояний в зоне недопустимых значений требует дополнительных исследований.
8. Допускается не более 10% реализаций попадающих в зону недопустимых значений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение контроля до смены, в течение и после смены позволит оценить степень утомляемости персонала, определить индивидуальные особенности операторов, выявить уровень подготовленности. Появляется возможность использовать преимущества взаимной и относительной оценки – оптимальный подбор сменных работников, определение времени отпусков, исключение хронической утомляемости. Эффективность контроля психоэмоционального состояния персонала заключается в повышении ответственности, внимательности, собранности технологического персонала, снижения числа возникающих аварийных ситуаций и минимизации потерь производства. Область применения – промышленные предприятия, электростанции, железная дорога, авиация и т.д. Везде где одним из факторов техногенной опасности становятся действия оператора.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Магеря, Л. Ф.* Теория и практика управления технологическим персоналом предприятий горно-металлургического комплекса. Тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 08.00.05, доктор экономических наук. 2006. 359 с. <https://www.dissercat.com/content/teoriya-i-praktika-upravleniya-tekhnologicheskim-personalom-predpriyatii-gorno-metallurgiche>
2. *Вишневский, Д.А.* Анализ влияния «человеческого фактора» на надежность металлургического оборудования / Д.А. Вишневский, Б.А. Сахаров // Сборник научных трудов ДонГТУ. ЛНР, Алчевск, ГОУ ВПО ЛНР ДонГТУ, 2018 г., Вып 12 (55). - С. 97 – 104.
3. *Половинка, В. С., Свиридова, Т. Б., Демьянков, К. Б., Лотоцкий, М. М.* Системы дистанционного мониторинга за состоянием здоровья работников. Состояние проблемы и перспективы развития // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-distantsionnogo-monitoringa-za-sostoyaniem-zdorovya-rabotnikov-sostoyanie-problemy-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 12.02.2023).
4. На СГОКе внедряют интеллектуальной системы помощи водителям. <https://sgok.nlmk.com/ru/media-center/press-releases/na-sgoke-vnedryayut-intellektualnuyu-sistemu-pomoshchi-voditelyam/>
5. Система мониторинга здоровья рабочих SmartTeam может измерить усталость и стресс. [https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-04\\_sistema\\_monitoringa\\_zdorovya](https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-04_sistema_monitoringa_zdorovya).

## РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЯЧЕЙКИ ДЛЯ РЕЗКИ ПРОЕМОВ В БОКОВЫХ СТЕНКАХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*Бурцева А. А., студентка 2 курса группы ТНК-271 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), г. Москва  
Научный руководитель – Мишин А. В., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*

### Аннотация

В современном мире особое внимание уделяется процессу роботизации производства, который предполагает внедрение изолированных или объединенных в роботизированные участки и линии роботизированных ячеек. Роботизированные ячейки на производстве выполняют различные операции: от сборки и сварки отдельных конструкций до окраски готового изделия. Цель работы заключается в разработке концепции роботизированной ячейки для резки проемов в боковых стенках пассажирских вагонов. Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

- провести обзор существующих способов и оборудования для резки проемов в боковых стенках;
- подобрать оборудование;
- разработать планировочное решение роботизированной ячейки.

### ВВЕДЕНИЕ

Роботизированная технологическая система представляет собой любую производственную систему, в которой используется один или несколько промышленных роботов. Роботизированные технологические системы могут быть разного масштаба и сложности: роботизированные ячейки, роботизированные участки, роботизированные линии, что позволяет усложнить и увеличить масштаб технологического процесса [4]. Роботизированная ячейка (далее РЯ) является низшим звеном роботизации и объединяет ряд оборудования: промышленного робота, систему безопасности, конвейеры, станки с ЧПУ и т. д. Если в состав РЯ входит станок, то промышленный робот используется сначала для перемещения заготовки на станок, а затем от станка на конвейер, то есть робот выполняет вспомогательные операции. Существуют РЯ, где робот осуществляет определенные технологические операции, например окраску, сборку, сварку. В этом случае робот выполняет основные операции.

Железнодорожный транспорт считается наиболее эффективным и экономически выгодным по сравнению с другими видами транспорта способом транспортировки большого количества пассажиров и грузов на небольшие и дальние расстояния. С увеличением объемов и дальности перевозок возрастает экономическая эффективность железнодорожного транспорта [5]. Важное значение в современных реалиях имеет подземный транспорт. Ежегодно увеличивается количество станций в московском метро, недавно была открыта Большая кольцевая линия (БКЛ). Вагоны метро ежегодно модернизируются, становясь все более современными и комфортабельными.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для каждого из типов поездов в зависимости от их предназначения характерны определенные разновидности вагонов. Так, например, в грузовых поездах для перевозки горючих материалов наподобие нефти используются цистерны, а для перевозки сыпучих материалов в виде угля, песка, щебня и других материалов используются открытые вагоны. Помимо перевозки различных грузов вагоны позволяют обеспечивать перевозку пассажиров по городским или пригородным железнодорожным путям, а также путям дальнего следования. Типы вагонов в поездах отличаются по количеству мест и уровню комфорта, а набор услуг предоставляется в зависимости от категории вагона [2]. Вагоны городского транспорта представляют собой трамвайные вагоны для перевозки населения по рельсовым путям, оборудованным контактной подвеской; вагоны метрополитена предназначены для массовой перевозки пассажиров на линиях метрополитена.

Резание металла представляет собой один из важнейших технологических этапов металлообработки, спектр использования которой обширен и разнообразен в своем исполнении. Высокоточные и экономичные типы резки металла, позволяющие быстро и с минимальными потерями получить необходимое изделие, используются в современном производстве. Разные типы резки могут применяться в зависимости от типа производства, экономических затрат, материала резания, необходимой выходной точности и других факторов.

На данный момент распространены следующие типы резки металла:

- холодная (механическая) - резка путем механического воздействия с помощью специального режущего инструмента (гильотины, ленточнопильного станка, дисковой (циркулярной) пилы);
- горячая (термическая) резка - обрабатываемая заготовка расплавляется по линии разреза, а остатки металла удаляются газом. Такой тип резки металла подразделяется на газокислородный, лазерный и плазменный виды резания.

В нашем случае предпочтителен лазерный тип резки, так как характеризуется высокой точностью, обеспечивает гладкую линию среза, минимальное количество неровностей, малую площадь термического воздействия, универсальность (для разных сплавов), подходит для обработки металлических пластин небольшой ширины, не нуждается в дополнительной постобработке, имеет возможность резки закругленных деталей с отсутствием деформации по линии реза.

Затем необходимо подобрать станок лазерной резки для обработки детали. Основными критериями подбора являются габариты рабочего поля, мощность лазера, точность позиционирования, максимальный вес обрабатываемого изделия. Выбираем станок для лазерной резки HGTECH GF4022 Plus (рис. 1).

Станок будет располагаться между двумя конвейерами и двумя промышленными роботами [1].

Выбор робота, отвечающего за перенос заготовки на станок для резки, а затем готового изделия на конвейер, является следующим этапом. При выборе робота необходимо учитывать его грузоподъемность и рабочую зону. Выбираем промышленный робот IRB8700 с радиусом действия 4.2 м и грузоподъемностью до 550 кг от компании ABB (рис. 2) [3].



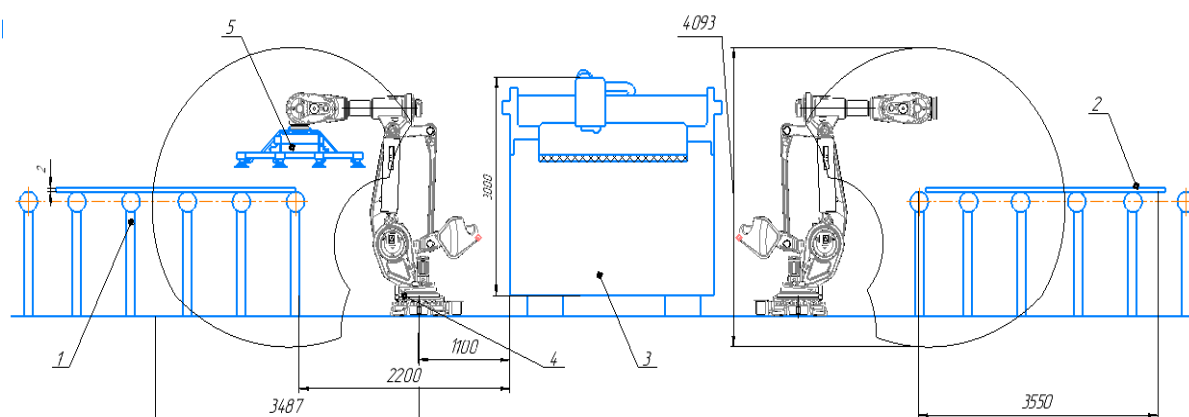


**Рис. 1.** Станок лазерной резки HGTECH GF4022 Plus



**Рис. 2.** Промышленный робот-манипулятор IRB8700

Для разработки чертежа компоновочного решения использовалась среда КОМПАС-3D.



**Рис. 3.** Эскиз РЯ

РЯ работает следующим образом. Заготовка боковой стенки движется по конвейеру (расположен слева) до робота 4 с захватным устройством 5. Если стенка уже имеется на конвейере, тогда переходим к пункту 2. Робот перемещает заготовку 2 на станок для лазерной резки 3. Станок для лазерной резки 3 производит резку заготовки. Робот (расположен справа, захватное устройство на стадии разработки) переносит готовое изделие на выходной конвейер (расположен справа). Если на конвейере 1 есть новая заготовка, то цикл повторяется снова.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключение можно отметить, что процесс роботизации производства играет важную роль в современном мире и позволяет увеличить масштаб технологического процесса. РЯ как элемент роботизации осуществляют определенные технологические операции, связанные со сваркой, сборкой и окраской готовой детали. Так, для сборки пассажирских вагонов целесообразно использовать роботизированные ячейки, позволяющие автоматически резать заготовки с постоянной производительностью и минимальными издержками при переналадке на другой типоразмер.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. GF Лазерной резки [Электронный ресурс]: HGTECH/ – общий доступ: URL:// GF серии лазерной резки - HGLASER - HGLASER (дата обращения 21.03.2023)
2. Какие бывают вагоны в поездах – общий доступ: URL:// [https://sovcombank.ru/blog/puteshestviya/kakie-bivayut-vagoni-v-poezdah?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://sovcombank.ru/blog/puteshestviya/kakie-bivayut-vagoni-v-poezdah?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) (дата обращения 18.03.2023)
3. Промышленный робот IRB8700 [Электронный ресурс]: ABB. – общий доступ: URL:// <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-8700> (дата обращения 18.03.2023)
4. Роботизированные комплексы (роботизированные ячейки) – общий доступ: URL:// <https://www.robomatic.ru/node/77369> (дата обращения 18.03.2023)
5. Рынки железных дорог – общий доступ: URL:// [https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/railways\\_toolkit\\_russian/ch1\\_2\\_3.html](https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/railways_toolkit_russian/ch1_2_3.html) (дата обращения 18.03.2023)

## **КОНСТРУКЦИЯ КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ И ХАРАКТЕР ЕГО КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА**

**Емельянов А.А.**, аспирант 1 курса ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» г. Москва  
Научный руководитель – **Баурова Н.И.** д.т.н., профессор декан факультета МАДИ

### **Аннотация**

*В данной статье рассмотрены элементы конструкции кузова легкового автомобиля в которых чаще всего возникает коррозионный износ. Так же рассмотрены основные факторы возникновения коррозии и проведен анализ перспективных полимерных композиций на базе кремнийорганических связующих.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Основой легкового автомобиля является его кузов. Основным материалом для изготовления кузовов автомобилей является сталь, которая берется толщиной от 0,5 до 1,5 мм. Срок службы кузовов из этого материала без соответствующих защитных покрытий небольшой, так как сталь легко поддается воздействию коррозии. Коррозия – это процесс разрушения металла при его физико-химическом или химическом взаимодействии с окружающей средой.

Из-за особенностей конструкции кузова легкового автомобиля коррозия чаще всего возникает в труднодоступных местах где нельзя провести противокоррозионную обработку. Так же есть соединения кузовных деталей в которых могут образовываться щели через которые может просачиваться влага и образовывать коррозионную среду (рис. 1).

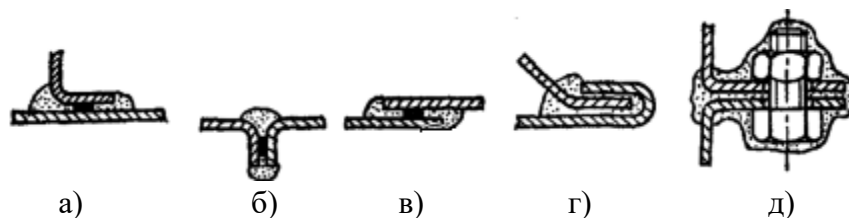


Рис. 1. Основные соединения кузовных деталей в которых образуются щели: а, б, в – виды точечной сварки; г – фальцевое соединение; д – болтовое соединение.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Частота отказов автомобилей с точки зрения параметров коррозии зависит от большого количества различных факторов. Коррозия является сложным физико-химическим процессом и не соответствует простому механизму, при котором один материал окисляется до ионного состояния, а другой восстанавливается за счет приобретения электронов. По нашему мнению, более точной моделью процесса коррозии является та, которая учитывает влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на скорость коррозии. Процесс коррозии можно условно представить в виде функции [1]:

$$v_k = \varphi (K, T, \Xi),$$

где  $v_k$  – скорость корродирования поверхности,  $K$  – конструктивные факторы,  $T$  – технологические факторы,  $\Xi$  – эксплуатационные факторы влияющие на коррозионный процесс.

Помимо коррозионного износа, кузов легкового автомобиля подвержен и механическому износу за счет различных частиц (песок, щебень, гравий и т.д.) выбрасываемых из-под колес. Чем быстрее скорость движения автомобиля, тем сильнее сила удара частиц.

Сила удара материальной частицы зависит от ее массы, частоты вращения колеса, наружного диаметра шины и описывается выражением [2]:

$$P = \frac{m \cdot q \cdot \omega^2}{r},$$

где  $m$  – масса частицы;  $q$  – ускорение свободного падения тела;  $\omega$  – угловая скорость колеса;  $r$  – радиус колеса.

При постоянных механических воздействиях частиц щебня, гравия и песка совместно с водой и солью коррозия в состоянии проникнуть даже через надежные защитные покрытия.

При работе ДВС и выхлопной системы автомобиля также может провоцироваться появление коррозии, т.е. функционирование данных узлов связано с существенным повышением температуры их поверхностей и наличием коррозионно-активных составляющих отработанных газов. Они провоцируют разрушение защитных покрытий, происходит «обнажение» металла с последующей постоянной коррозией поверхности под действием различных агрессивных факторов окружающей среды и загрязнений дорожного полотна.

Для защиты элементов кузова (рис. 2) автомобиля от коррозии помимо основных используют еще полимерные материалы. Новое развитие среди полимерных материалов получили кремнийорганические композиции. В процессе обработки патентно-технической документации было выявлено наличие большого количества различных технологий и композиций, включая кремнийорганические смолы, лаки и кремнийсодержащие наполнители.

Одним из важных аспектов антикоррозионных покрытий является их безопасность для здоровья человека. В работе [3] вместо токсичного шестивалентного хрома в связующее на основе силана был введен оксид молибдена ( $\text{MoO}_3$ ) в диапазоне от 0,5 до 7 мас. %. Оксид молибдена действует как ингибитор коррозии, повышая защитные свойства

мелкодисперсного металла в композиции (это может быть цинк, алюминий, марганец, никель или титан).

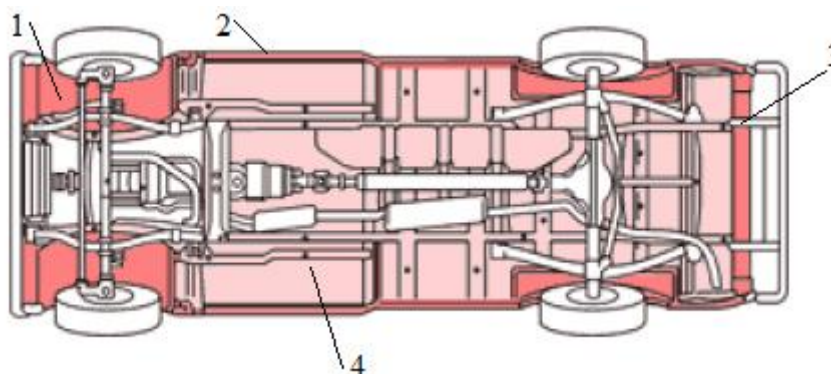


Рис. 2. Основные элементы кузова автомобиля подверженные коррозии:

1- колёсные арки, 2- пороги автомобиля, 3- места крепления заднего бампера, 4- днище автомобиля

В работе [4] удалось сократить использование тяжелых металлов в составе ингибиторов коррозии. Коррозионная стойкость обеспечивается присутствием ингибирующих коррозию пигментов (фосфат цинка, метаборат цинка, моногидрат метабората бария) и диоксида кремния, модифицированных ионами металлов. Полезным свойством кремниевой кислоты является не только ее способность повышать коррозионную стойкость полимерных композиций, но и повышать стабильность лаков, отверждаемых излучением, что нашло отражение в [5]. В состав отверждаемого излучением полимера вводят 5% кремниевой кислоты, что позволяет для получения гибкого и стойкого к коррозии покрытия.

Устойчивость кремнийорганических связующих к высоким температурам позволяет использовать защитные покрытия на их основе для защиты от высокотемпературной коррозии и образования накипи. В частности, известен состав защитного покрытия на основе силиконовых полиэфиров, бутилгликоля и пасты из алюминиевых или железных пигментов [6]. Покрытие, помимо защиты металла от коррозии и окисления, позволяет производить точечную сварку после термической обработки, что важно в условиях промышленного производства. Известна антикоррозионная, огнестойкая краска, которая содержит в своем составе кремнийорганическую смолу 139-297, растворитель, молотый известняк, фосфат цинка с преобразователем ржавчины и эмульсию минеральных масел [7]. Высокая температура стеклования кремнийорганической смолы позволяет использовать ее в широком диапазоне температур, в резко континентальном и тропическом климате.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Исходя из изложенного выше материала следует, что несмотря на большое количество защитных покрытий элементы кузова все так же подвержены коррозионному износу. Но полимерные композиционные покрытия получают более широкое распространение для защиты от коррозии элементов кузовов автомобилей. Это обусловлено возможностью модификации свойств полимерных покрытий путем подбора связующего и наполнителей. Среди всех полимерных материалов, наиболее перспективными считаются кремнийорганические связующие, за счет своих хороших электроизоляционных свойств, термостойкости, прочности и эластичности, стойкости к воздействию агрессивных сред [8].

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Щурин К.В. Надежность мобильных машин. – Оренбург: ОГУ, 2010 – 585 с.

2. Фадеев И.В. Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук.05.22.10 - М.: МАДИ, 2010.- 16 с.

3. Патент №2279455. Применение моо3 в качестве ингибитора коррозии и композиции для покрытия, содержащие такой ингибитор коррозии / Маз Этьенн, Мокри Кармен, Милле Бенуа, Эспиноза Антонию Франсиску Иандоли [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://allpatents.ru> (Дата обращения: 6.04.2023)

4. Патент №2315074. Ингибирующая коррозию смесь и материалы покрытия, содержащие ингибирующую коррозию смесь / Хинтце-Брюнинг Хорст, Яндель Лотар, Нойхауз Ральф, Руккпауль Маркус, Боймер Марк [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://allpatents.ru> (Дата обращения: 8.04.2023)

5. Патент №2462487. Содержащие кремниевую кислоту и диспергирующий агент рецептуры с отверждением под воздействием излучения, улучшающие защиту металлических субстратов от коррозии [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://allpatents.ru> (Дата обращения: 9.04.2023)

6. Патент №2425853. Материал покрытия для защиты металлов, в частности стали, от коррозии и/или окалинообразования, способ нанесения покрытия на металлы, металлический элемент [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://allpatents.ru> (Дата обращения: 9.04.2023)

7. Патент №2653171. Краска антикоррозионная, огнестойкая / А.В. Крамаренко, Д.А. Афанасьев [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://allpatents.ru> (Дата обращения: 9.04.2023)

8. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. — М: МАДИ, 2016. — 264 с.

## **РОБОТИЗАЦИЯ КЛАДОЧНЫХ РАБОТ: ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО**

*Заварзин А.Д., студент 1 курса группы ТМР-111 ФГАОУ «Российский университет транспорта» (МИИТ)*

*Научный руководитель – Горелова М.В., ассистент каф. НТТС*

### **Аннотация**

Строительство является одним из наиболее значимых отраслей, которые определяют развитие экономики и общества в целом. Однако, как и многие другие отрасли, строительство сталкивается с проблемой дефицита рабочей силы, что приводит к увеличению сроков и стоимости проектов. Цель данной статьи заключается в классификации роботов для кладки. Задачи, поставленные для достижения цели, - анализ существующих робототехнических систем, предназначенных для кладочных работ, обзор этапов кладки, классификация роботов для кладки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для решения проблемы нехватки рабочей силы, а также увеличения объемов производства строительный рынок начинает активно внедрять роботизированные технологии, которые позволяют автоматизировать процессы строительства и повысить эффективность работы.

Один из таких видов роботизированных технологий – роботы кладки. Это устройства, которые могут автоматически класть кирпичи, блоки или другие строительные материалы на основе заранее заданных параметров. Такие роботы уже используются в строительстве, и,

как показывают исследования, их использование может существенно повысить эффективность строительства и снизить затраты на проект.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Кладка кирпичей роботами – это процесс, который включает в себя несколько этапов [1].

### **1. Подготовительный этап**

Перед тем, как начать кладку, необходимо подготовить поверхность, на которой будут располагаться кирпичи. Роботы сначала осматривают поверхность, чтобы убедиться в ее ровности, затем наносят клеевую смесь на поверхность, чтобы кирпичи хорошо держались.

### **2. Подача кирпичей**

После того, как поверхность подготовлена, роботы начинают подачу кирпичей. Кирпичи загружаются в специальный контейнер, который доставляется на стройплощадку. Роботы затем берут кирпичи из контейнера и подают их на рабочую поверхность.

### **3. Расстановка кирпичей**

Роботы начинают расстановку кирпичей в соответствии с заданным чертежом или программой. Они поднимают кирпичи с помощью специальных захватов и размещают их на клеевой поверхности. Роботы следят за тем, чтобы кирпичи были ровными и располагались на правильном расстоянии друг от друга.

### **4. Раскладка кладки**

После того, как кирпичи были расставлены на поверхности, роботы начинают процесс раскладки кладки. Они размещают кирпичи в строго определенном порядке, образуя стены, столбы и другие конструкции. Роботы также убирают избытки клеевой смеси и гладят поверхность, чтобы обеспечить ровность и прочность конструкции.

### **5. Завершение работ**

После того, как кладка завершена, роботы проверяют ее на прочность и корректность. Они также убирают все остатки материалов и снаряжения со стройплощадки.

Также существует несколько технологий, используемых для кладки кирпичей, включая технологии, которые используются для автоматизации этого процесса [2].

#### **1. Роботы для кладки кирпичей**

Роботы для кладки кирпичей - это автоматические машины, которые используются для кладки кирпичей на стройплощадке. Они оснащены специальными захватами, которые берут кирпичи и расставляют их на клеевой поверхности в соответствии с заданным чертежом или программой. Такие роботы могут выполнять задачи кладки кирпичей в несколько раз быстрее, чем ручная работа, и при этом сохраняют высокую точность и качество.

#### **2. Системы автоматической кладки кирпичей**

Системы автоматической кладки кирпичей - это системы, которые автоматически расставляют кирпичи на стройплощадке в соответствии с заданным чертежом. Они используются для обеспечения повышенной точности и скорости кладки кирпичей и позволяют быстро и эффективно создавать стены, столбы и другие конструкции.

#### **3. Машинное зрение**

Машинное зрение - это технология, которая позволяет роботам определять расположение и форму объектов на стройплощадке. С помощью камер и специальных алгоритмов машинного обучения, роботы могут определять положение кирпичей и расставлять их в соответствии с заданным чертежом.

#### **4. 3D-печать кирпичей**

3D-печать кирпичей - это технология, которая позволяет создавать кирпичи на основе цифровой модели. Кирпичи, созданные с помощью 3D-печати, имеют высокую точность и качество и могут быть созданы с использованием различных материалов.

#### **5. Роботизированная система сборки домов**

Роботизированная система сборки домов - это система, которая автоматически собирает дом из предварительно созданных модулей, включая кирпичные стены. Такие

системы могут обеспечить быструю и эффективную сборку дома и могут быть использованы для создания домов.

Таким образом, учитывая специфику характера производства работ, можно предложить следующую классификацию кладочных роботов.

#### 1. По типу манипулятора

Роботы для кладки кирпичей могут использовать различные типы манипуляторов, такие как захваты, манипуляторы с присосками, манипуляторы со специальными пальцами и другие. Эти манипуляторы способны захватывать кирпичи и расставлять их на клеевой поверхности в соответствии с заданным чертежом.

#### 2. По типу подвижности

Роботы для кладки кирпичей могут быть стационарными или мобильными. Стационарные роботы обычно устанавливаются на определенных точках на стройплощадке и могут двигаться только в определенных направлениях. Мобильные роботы могут перемещаться по стройплощадке и работать в разных местах.

#### 3. По типу управления:

Роботы для кладки кирпичей могут быть автоматическими или полуавтоматическими. Автоматические роботы используют программное управление для выполнения задачи, в то время как полуавтоматические роботы требуют управления оператора.

#### 4. По размеру и грузоподъемности:

Роботы для кладки кирпичей могут быть различных размеров и грузоподъемности. Некоторые маленькие роботы могут работать только с одним кирпичом за раз, в то время как более крупные роботы могут переносить и расставлять сразу несколько кирпичей.

#### 5. По скорости работы:

Роботы для кладки кирпичей могут работать на разной скорости. Некоторые роботы могут класть кирпичи с высокой скоростью, что позволяет быстро завершать строительные проекты. Однако, важно учитывать, что скорость работы может зависеть от типа робота, задачи и других факторов.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Роботы кладки представляют собой одну из самых перспективных роботизированных технологий в строительстве, которая может значительно повысить эффективность работы и снизить затраты на проекты. Смотри на существующих роботов, можно заметить, что все они производятся за границей: Hadrian X (Австралия), SAM (США), Craftsmac (Индия). Учитывая востребованность данного типа работ необходимо задуматься над созданием импортозамещающего аналога.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Прокопьева, Д. А.* Кирпичная кладка: виды, терминология и температурные швы (технология) / Д. А. Прокопьева, И. Н. Сегаев // Аллея науки. – 2018. – Т. 2, № 6(22). – С. 546-549.
2. *Пугач Е. М.* Автоматизация процесса выбора системы перевязки швов кирпичной кладки вертикальных конструкций / Е. М. Пугач, А. Ю. Юмашева // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 68-76.

### **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УРОВЕНЬ РОБОТИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА В РОССИИ**

*Каширин Н.А., студент 1 курса группы ТМР-111 ФГАОУ «Российский университет транспорта» (МИИТ)  
Научный руководитель – Неклюдов А.Н., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*



## **Аннотация**

В наши дни строительство играет одну из ведущих ролей в экономической сфере. В свою очередь строительство связано с большими трудозатратами, повышенной сложностью и опасностью работ, а также монотонностью некоторых операций. Интеграция и внедрение автоматизированных робототехнических систем могут существенно снизить показатели травматизма и несчастных случаев на производстве, уменьшить количество брака и влияние человеческого фактора, а рабочая сила может быть применена на более требовательных этапах строительства. Цель данной работы заключается в выполнении анализа факторов, влияющих на существующий уровень автоматизации строительных работ в России. Задачи, поставленные для достижения цели, - выявление автоматизированных областей строительства, анализ факторов, влияющих на уровень автоматизации.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Помимо всей своей значимости и перспективности, строительство также является весьма опасным делом для человека, производственный травматизм становится в последнее время значимой проблемой не только для России, но и для всего мира в целом. Поэтому автоматизация отдельных видов операций в строительстве призвана сыграть важнейшую роль в этой сфере. Современный уровень робототехники показывает, что он способен заменить людей на большинстве опасных для человека этапах строительного производства. Большим плюсом внедрения робототехнических устройств является снижение брака и исключение человеческого фактора из цикла производства. Прежде всего автоматизации подвергнут монотонный труд рабочих, благодаря этому «человеческая» рабочая сила может быть использована более рационально. Заменяя неквалифицированный труд машиной, высвобождается рабочая сила, которая может быть применена на более требовательных этапах строительства. Однако не смотря на все очевидные плюсы от внедрения новых технологий, в настоящее время мы не можем похвастаться большим количеством автоматизированных этапов строительства.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Роботизированные системы, применяемые в строительстве, можно разделить на пять групп [1]. В первую группу относятся роботы, помогающие человеку осуществлять монтажные работы, которые характеризуются большой точностью и высокой грузоподъемностью.

Ко второй группе относят роботов для бетонных работ, являющихся неотъемлемой частью монолитного строительства. В России строительство при помощи монолитных технологий получило толчок в 90-е года прошлого столетия. В эти же годы были предприняты попытки автоматизации монолитных работ, но широкого распространения так и не получили. Из существующих моделей манипуляторов лишь 3% подходят для применения при производстве монолитных работ. Возведение монолитных сооружений включает в себя множество этапов, среди которых подача бетонной смеси, ее распределения и укладка. Такие роботы помогают устранить тяжелый рабочий труд при помощи бетононасосов, специальных бетоноукладчиков и бетоноукладочных стрел-манипуляторов [2]. Активного применения каких-либо полностью автоматизированных систем для проведения монолитных работ сейчас нет. К лидерами рынка роботов для бетонных работ в России можно отнести такие фирмы как: Sany, KCP, EVERDIGM и Zomlion.

К третьей группе относятся роботы для отделочных и кладочных работ. Такие роботы представлены так называемыми «роботами-штукатурами», которые в отличие от человека имеют ряд значительных преимуществ. Первое – это качество выполненной работы, робот делает практически идеально ровные стены, на которых отсутствуют бугры и неровности. Второе – это время, за которое робот управляется с задачей по сравнению с человеком. На ровной поверхности робот может разогнаться до 90 метров квадратных нанесенной штукатурки за 1 час работы. А за 1 рабочий 8-ми часовой день способен обработать до 750 м<sup>2</sup>, в то время как человек способен обработать не более 25 м<sup>2</sup> за то же время.

К представителям рынка роботов-каменщиков следует отнести роботов американский SAM100 и робот Nadrian X созданный австралийской фирмой Fastbrick Robotics (FBR). Скорость данных устройств по выкладке достаточно высока: SAM 100 по словам специалистов производит кладку в среднем в 5-6 раз быстрее, нежели это делал бы человек. В свою очередь Nadrian X достиг скорости в 200 блоков в час [3]. У данных роботов есть следующая проблема: помимо сложности в точности позиционирования выкладываемого кирпича во время работ необходимо контролировать ровность выкладки после завершения, которая может изменить положение через время за счет непредсказуемости поведения цементного раствора. Также необходимо контролировать и убирать излишки масс цементного раствора и обрабатывать стыки после укладки. За счет таких проблем роботы каменщики не получили широкого применения, поскольку их использование все равно требует постоянного контроля человека. Также эти устройства не способны класть углы, поэтому их применение целесообразно только на длинных прямых участках стен.

К четвертой группе относятся роботы для земляных работ. К пятой - для погрузочно-разгрузочных работ. Роботы, относящиеся к данной группе, могут сильно отличаться по габаритам и техническим характеристикам. Все зависит от задач. Такие роботы могут быть представлены как небольшие шарнирные манипуляторы с небольшим радиусом действия и низкой грузоподъемностью (около 15 кг), так и массивными сложными устройствами, обладающими большой подъемной силой и высокой точностью позиционирования груза.

Отдельно можно вынести роботов для 3-D печати в строительстве, которые пока не получили широкого применения, но продолжают активно совершенствоваться [4]. Данное направление возникло в 2014 году, однако лишь сейчас появляется всплеск новых проектов. *«Мне кажется, что причина в эффекте «снежного кома». Технология должна была созреть, дорасти от гипотезы до пилотного внедрения и, наконец, до начала коммерциализации и масштабирования (то, что происходит сейчас). Кроме того, надо учитывать, что строительство - одна из самых консервативных отраслей промышленности, где, в отличие даже от авиации и автопрома, до сих пор крайне низкое внедрение цифровых решений и автоматизации в области именно процесса производства - самой стройки. Немаловажную роль играет и вопрос нормирования и сертификации - этот процесс долгий и создает дополнительный лаг.»* – говорит основатель компании по производству строительных 3D-принтеров Arkon Борис Козлов.

Применение 3-D печати сокращает число поставок материалов и уменьшает количество этапов проектирования, поскольку все задачи может выполнять один человек в лице архитектора, поскольку монтаж внутренней проводки, отопления и прочего, может быть включен в конфигурацию печати. Но не смотря на все положительные стороны данной технологии, у этой, как и у любой другой, есть и ряд недостатков. Первое – это предвзятое отношение людей к данной системе. Большинству намного привычнее старые, проверенные дома, которые стоят уже на протяжении многих лет, а дом состоящий из «тысячи» слоев не вызывает пока никакого доверия. В связи с этим фактором и привлечение инвестиций для дальнейшего исследования этой области, также составляет довольно непростую задачу. Второе – погодные условия оказывают большое влияние и на обычные технологии строительства, а на печать данный фактор будет являться чуть ли не ключевым, поскольку невозможно предсказать поведение печатающегося слоя при разных погодных явлениях.

Применение высокотехнологичных роботов в России не сильно распространено, однако такие случаи есть [5]. В мае 2021 года на ремонтных работах Большого Каменного моста в Москве были задействованы три телеуправляемых робота для разрушения и демонтажа среднего класса шведской компании Brokk. В работе приняла модель робота Brokk – 180. Так же на территории РФ в строительных операциях приняла участие модель Brokk – 330d. Обе модели хорошо зарекомендовали себя за счет своей компактности и неприхотливости в работе даже при перебоях напряжения и способны работать от дизельных генераторов. Сейчас данные роботы используются структурами МЧС России.

В целом роботизация в России не находится на должном уровне. Согласно оценке Национальной ассоциации участников рынка робототехники, сегодня плотность роботизации в России в 70 раз ниже чем в среднем по миру. Россия потребляет лишь 0,25% рынка промышленных роботов. Среднегодовые продажи промышленных роботов в нашей стране составляют 600 шт. В то время как в среднем в мире эта цифра достигает 240 000. На 2017 год в России насчитывалось порядка 8000 роботов, работающих на производствах, однако во всем мире их количество значительно больше – порядка 1,5млн. Возвращаясь к статистике Национальной ассоциации участников рынка робототехники, можно сказать, что в России на 10 000 работников приходится лишь 6 промышленных роботов, в других странах эта цифра переваливает за 100. В мире средний показатель плотности составляет 113 роботов. Такие не радующие цифры относятся не только к сферам, где применяется конвейерное производство и где использование роботов наиболее распространено, но и к рассматриваемой теме строительства. Внедрение новых технологий требует больших финансовых затрат, что делает роботов нерентабельными по отношению к дешевой рабочей силе. Также применение строительных роботов влечет за собой изменение технологического процесса, подготовку специализированных квалифицированных кадров, что требует времени, экономических затрат, что в условиях непрерывного цикла является не выгодным для строительных компаний, так как привлечение неквалифицированной рабочей силы для выполнения работ отличается низкой стоимостью.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования и анализа рынка можно заметить, что все роботы и робототехнические системы, используемые в строительной сфере, представляют собой модели зарубежного производства, которые отличаются высокой стоимостью, что, в свою очередь, снижает окупаемость робота по сравнению с привлечением дешевой рабочей силы. С точки зрения технологии производства не все операции поддаются автоматизации и требуют дополнительного контроля или предварительных действий со стороны человека. Если подходить к проблеме с точки зрения экономики, то интеграция в проект робототехнической машины влечет за собой дополнительные затраты на обучение и наем квалифицированного персонала, необходимого для обслуживания робота. Также следует учесть дополнительные затраты на перестроение технологических процессов, что является проблематичным, учитывая непрерывный характер строительных работ. В качестве еще одного фактора можно выделить низкую осведомленность строительных компаниях о возможностях современных технологий, что не дает нужного импульса развития данной области. Ну и, наконец, большие риски для компании, связанные с долгой окупаемостью в купе с невозможностью быстрого перехода на использование роботов – это подразумевает под собой время, которое будет отдано на переустройство компании, а не на получение прибыли.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Шагина, Е. С.* Роботизация как метод повышения безопасности строительного производства / Е. С. Шагина // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 6(21). – С. 128-147.
2. *Марсов, В. И.* Технология монолитного домостроения с использованием несъемной опалубки / В. И. Марсов, М. Ш. Минцаев, И. Б. Асхабов // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2009. – № 2(17). – С. 38-41.
3. *Ткачев, С.М.* Роботизированный комплекс для монтажа крупнопанельных зданий: дис. канд. техн. наук: 05.02.05. - Ростовская-на-Дону, 2004. - 146с.
4. *Васьковский А. М.* Строительные роботы: реальность и перспективы /А. М. Васьковский // Вестник МАДИ. 2012. № 2 (29). С. 79-82.

5. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору // РОСТЕХНАДЗОР 2013-2019. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/index.php?sphrase\\_id=1656336](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336) (дата обращения: 30.03.2023).

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОНОЛИТНЫХ РАБОТ**

*Козлов И.М., студент 1 курса группы ТМР-111 ФГАОУ «Российский университет транспорта» (МИИТ)*

*Научный руководитель – Горелова М.В., ассистент каф. НТТС*

### **Аннотация**

Монолитные работы в современном строительстве является наиболее распространенной технологией возведения зданий и сооружений. Так как сейчас все монолитные процессы проводятся вручную, то автоматизация работ позволит повысить скорость, качество и эффективность производства работ. Цель данной работы заключается в выполнении анализа существующего уровня автоматизации монолитных работ. Задачи, поставленные для достижения цели, - выделение этапов монолитных работ, анализ технических решений по автоматизации этапов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Повышение производительности, безопасности и экономической эффективности при монолитном строительстве является одной из главных задач при возведении различных конструкций из железобетона. Автоматизация процесса производства монолитных работ позволит снизить влияние человеческого фактора, уровень травматизма на объектах строительства, снижение затрат на закупку дополнительных материалов и оборудования на исправление некачественно выполненных работ.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В соответствии со сборником 6 Государственных сметных нормативов и норм [1] работы по бетонированию армированных монолитных конструкций подразделяется на опалубочные работы (25% от стоимости работ), бетонные работы (60% от стоимости работ) и прочие работы (15% от стоимости работ).

Как видно из процентного соотношения, наиболее дорогостоящим этапом являются бетонные работы. В свою очередь данный тип работ можно разделить на следующие этапы: приготовление бетонной смеси, подачу бетонной смеси, распределение бетонной смеси, укладку бетонной смеси, уплотнение бетонной смеси. Следует отметить, что данный тип работ отличается повышенным качеством выполняемых работ, так как любое нарушение технологического процесса и отклонение от проекта может привести впоследствии к необратимым последствиям и человеческим жертвам в случае обрушения здания. Также следует отметить, что простои техники при разгрузке влекут за собой дополнительные экономические затраты. Этими факторами обуславливается важность автоматизации бетонных работ.

В качестве примеров существующих методов автоматизации бетонных работ можно отметить разработанные методы управления укладкой и уплотнением бетонной смеси и определение технологических параметров, подлежащих контролю [2].

Для целей автоматизации данного этапа используют распределительные устройства подачи бетонной смеси и устройства укладки и уплотнения смеси в пределах участка бетонирования. Чтобы система понимала сколько уже налито предусмотрен датчик наличия бетонной смеси и сигнал от него поступает в управляющее вычислительное устройство. Обработанный сигнал с выхода вычислительного устройства поступает на вход командного блока, который посредством исполнительного механизма устройства укладки и уплотнения

смеси включает пакет глубинных вибраторов, ещё одного механизма автоматизации бетонной части строительства. Немало важной частью системы является датчик степени уплотнения бетонной смеси, который при равенстве заданных значений и текущих отдаёт команду о прекращении подачи бетонной смеси в командный блок. Также в системе есть и датчики контроля наличия смеси в трубопроводе и измерения расхода бетонной смеси [2]. К лидерами рынка роботов для бетонных работ можно отнести такие фирмы как: Sany, KCP, EVERDIGM и Zomlion.

Относительно арматурных работ следует отметить сложность их автоматизации, которая обуславливается точностью расположения арматурных прутков и каркасов в соответствии с проектом. Тем не менее полностью отрицать возможность автоматизации данного этапа работ не стоит [3]. Существует три способа армирования монолитных железобетонных конструкций – каркасами, сетками или отдельными стержнями. Можно выделить следующие способы автоматизации арматурных [3].

Одним из вариантов автоматизации можно рассмотреть применение роботов при проведении сварочных работ. В качестве примеров можно привести Российские мобильные машины МСМ-1 и МСМ-2 для сварки стержневой арматуры максимальным диаметром 25...32 мм, позволяющие существенно механизировать сварочные процессы, повысить качество работ и производительность труда при армировании горизонтальных поверхностей. Наибольший эффект от применения этих машин получают при устройстве монолитных железобетонных конструкций значительных размеров в плане: фундаментных плит под жилые и промышленные объекты, монолитных перекрытий, дорожных и аэродромных покрытий. Заранее сваренные плоские и пространственные каркасы, изготовленные на арматурных заводах или в цехах, поставляются на строительную площадку в комплекте, что позволяет сократить время на сварку металлоконструкций непосредственно на объекте и увеличивает как качество сваренных соединений, так и их соответствие проекту.

Аналогичный вариант автоматизации можно использовать при армировании массивных конструкции сварными сетками, которые стыкуют нахлесточным соединением или путем установки дополнительных стыковых сеток с перепуском концов арматуры. Применение нахлесточных соединений приводит, к существенному перерасходу арматурной стали, требует дополнительных работ по фиксации положения стыкуемых элементов. Все это связано со значительными затратами ручного труда. Как правило, работы по стыковке арматурных каркасов, сеток и стержней трудоемки, требуют внимательного и напряженного ручного труда сварщиков. Качество производства таких работ еще недостаточно высокое. Таким образом, автоматизации данных работ за счет использования сварочных роботов позволит устранить указанные недостатки.

Наибольших успехов в области автоматизации и роботизации арматурных работ достигли строители Японии. Модель MR-38 используется для укладки массивной арматуры при строительстве АЭС. На строительстве АЭС при закладке фундамента (с учетом типа и мощности фундамента) применяют арматуру массой 100 кг и более, диаметром 38 мм и длиной 12 м. Укладка арматуры производится в любом направлении. Ранее для укладки арматуры требовалось 5-7 человек, при внедрении робота требуется 1 оператор и 2-3 укладчика (т.е. сокращение затрат труда на 40-50). Цикл укладки в роботизированной системе составляет 1,5 мин на одно изделие.

Третьим вариантом автоматизации монолитных работ является автоматизация опалубочных работ, которые подразделяются на этапы [4]: установка опалубки, выверка опалубки, распалубка, межцикловая обработка опалубки.

Существующие технические решения по автоматизации опалубочных работ можно разделить на три метода [4]: использование подъемно-переставной и объемно-переставной опалубок, а также использование скользящей опалубки.

Подъемно-переставная опалубка - это конструкция, которая состоит из наружных и внутренних щитов. Ее принцип действия состоит в том, что с течением времени бетон

застывает, приобретая необходимую прочность, после приобретения бетоном необходимой прочности опалубка перемещается по вертикали вверх для образования нового яруса конструкции. Поярусное бетонирование является одной из отличительной особенностью данного метода. Каждый раз после приобретения необходимой прочности, опалубочная система передвигается по характерным направляющим в новое положение для очередной заливки. При использовании такой опалубки автоматизируется процесс перемещения опалубки для последующего бетонирования, а также существенно уменьшаются затраты времени за счет отсутствия постоянного цикла монтажа и демонтажа опалубки для каждого последующего цикла бетонирования конструкции.

Что касается объемно-переставной опалубки, то она состоит из различных видов каркаса и щитов самой опалубки. В состав опалубки входят отдельные опалубочные блоки крупного размера, которые включают в себя отдельные элементы для бетонирования стен и перекрытия. Объемно-переставную опалубку применяют при строительстве жилых и нежилых зданий и сооружений с монолитными стенами и перекрытиями. Данную опалубку не приходится собирать из отдельных элементов при каждом цикле бетонирования, а также не приходится разбирать ее на отдельные элементы для ее перемещения на последующее место бетонирования – это является большим плюсом в ее использовании. Использование объемно-переставной опалубки позволяет существенно снизить трудоемкость опалубочных работ за счет применения схемы монтажа и демонтажа опалубки отдельными крупногабаритными блоками. Также одним из способов снижения затрат является эффективное использование траверсы, за счет которой происходит захват секции без ее предварительного выкатывания на выносные подмости.

Последний метод - скользящая опалубка. Данный метод более всего востребован при возведении различных сооружений, имеющих высоту более 25 м. Скользящая опалубка представляет собой передвижную систему, за счет использования которой появляется возможность производить бетонные работы без промежуточных пауз. Система скользящей опалубки должна быть установлена к фундаменту сооружений. При заливке фундамента должны быть оставлены металлические стержни или выпуски. Оставить металлические стержни или выпуски необходимо, чтобы была возможность приварить к ним домкратные стержни. За счет отсутствия перерывов в бетонировании использование данного метода приводит к высокой скорости строительства здания, что является существенным преимуществом, по сравнению с остальными методами монолитного строительства. Также к преимуществам можно отнести снижения затрат на все строительство на 10-20% за счет уменьшения временных и трудовых затрат. Но, не смотря на большие достоинства данного метода, в тот же момент он имеет в себе и некоторые недостатки: большие перерывы способны нанести большой вред бетонируемой конструкции, отсутствует возможность конструирования широких проемов в стенах.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что существующая тенденция развития монолитного строительства влечет за собой требования к повышению безопасности при производстве работ темпов строительства и качества работ, что может быть достигнуто посредством автоматизации отдельных этапов работ. Наиболее автоматизированными этапами являются подача бетона, автоматизированная еще в конце XX-начале XXI веков и обеспечивающаяся за счет специальных машин и механизмов, кардинальные изменения в конструкции которых не происходили, а также установка опалубки.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. ГЭСН 81-02-06-2020 Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные// Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. URL: [meganorm.ru/Index2/1/4293723/4293723785.htm](http://meganorm.ru/Index2/1/4293723/4293723785.htm) (дата

обращения: 30.03.2023)

2. *Ходыкин В.В.* Автоматизация технологических процессов производства бетонных работ в монолитном домостроении: дис. канд. техн. наук: 05.13.07. - Нижний Новгород, 1999. - 184 с.

3. *Коробов Н.С.* Автоматизация арматурных работ в монолитном домостроении: дис. канд. техн. наук: 05.13.06. - Нижний Новгород, 2006. - 219 с.

4. *Крысов, А. В.* Улучшение характеристик монолитного строительства за счет автоматизации опалубочных работ / А. В. Крысов, И. Р. Кучукбаев, С. В. Калошина // . – 2018. – Т. 2. – С. 116-123.

## **КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ФЕРМ**

*Кужагалиева Ж.Р., студентка 3 курса группы ТМР-311 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), г. Москва  
Научный руководитель - Мишин А.В., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*

### **АННОТАЦИЯ**

Сельское хозяйство – одна из основных отраслей экономики, обеспечивающая население продовольствием и сырьем для производства. Это причина, по которой данная сфера должна развиваться. Использование новых технологий в растениеводстве позволяет ускорять сбор урожая, обеспечивать необходимые для поддержания жизни культур условия, задействовав минимум ручного труда. Целью работы является предложение концептуального решения по автоматизации вертикальных ферм. Задачи, которые необходимо решить: обзор существующих решений в вертикальных фермах, разработка концепции автоматизации вертикальных ферм.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одна из перспективных развивающихся технологий по повышению эффективности выращивания растений – автоматическая модульная система управления вертикальными фермами. Данная технология имеет множество преимуществ в сравнении с привычным ручным выращиванием:

- человеческий фактор сведен к минимуму;
- независимость от климатических условий региона использования;
- сбор урожая несколько раз в год [1];
- исключение использования пестицидов;
- возможность выращивания растений без почвы (аэропоника, гидропоника);
- более компактное производство;
- окупаемость коррелирует с площадью помещения: чем больше ферма, тем быстрее она окупается [2];
- уменьшение использования воды до 80% [3].

На самых современных фермах процесс выращивания осуществляется в автоматическом режиме. Роботы погружают семена в почву, доставляют контейнер на нужный стеллаж, датчики следят за температурой, уровнем влажности, количеством света, получаемого растениями. Технология действительно в разы оптимизирует процесс растениеводства, именно поэтому ее активно используют по всему миру. С вертикальными фермами появилась возможность выращивания в самих городах, что позволяет сократить путь продукта «от грядки до тарелки».

Но автоматические вертикальные фермы имеют ряд недостатков:

- дорогостоящее оборудование;
- нехватка специалистов, работающих с данной технологией;
- высокое энергопотребление.



## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существует ряд методов решения проблемы управления вертикальными фермами. Концепция одного из них представлена в данной статье.

На Рис. 1 изображен отдельный модуль конструкций, используемый для перемещения контейнерами вертикальной фермы, он имеет форму параллелепипеда с вертикальным расположением и четырехугольным сечением, с боковыми сторонами, попарно противоположными друг другу и поддерживаемыми соответствующими поддерживающими элементами, обозначенными номером 1, которые поднимаются, начиная с нижней опорной плоскости. Данный модуль может быть размещен рядом с другими такими же (Рис. 2), таким образом несколько модулей образуют автоматизированную систему перемещения. Внутри каждого модуля расположены лотки с растениями 4, которые могут быть транспортированы из любой части данной системы. Поддерживающие элементы 1 имеют гнезда 2 (горизонтальные направляющие) для введения в горизонтальном направлении лотки 4.

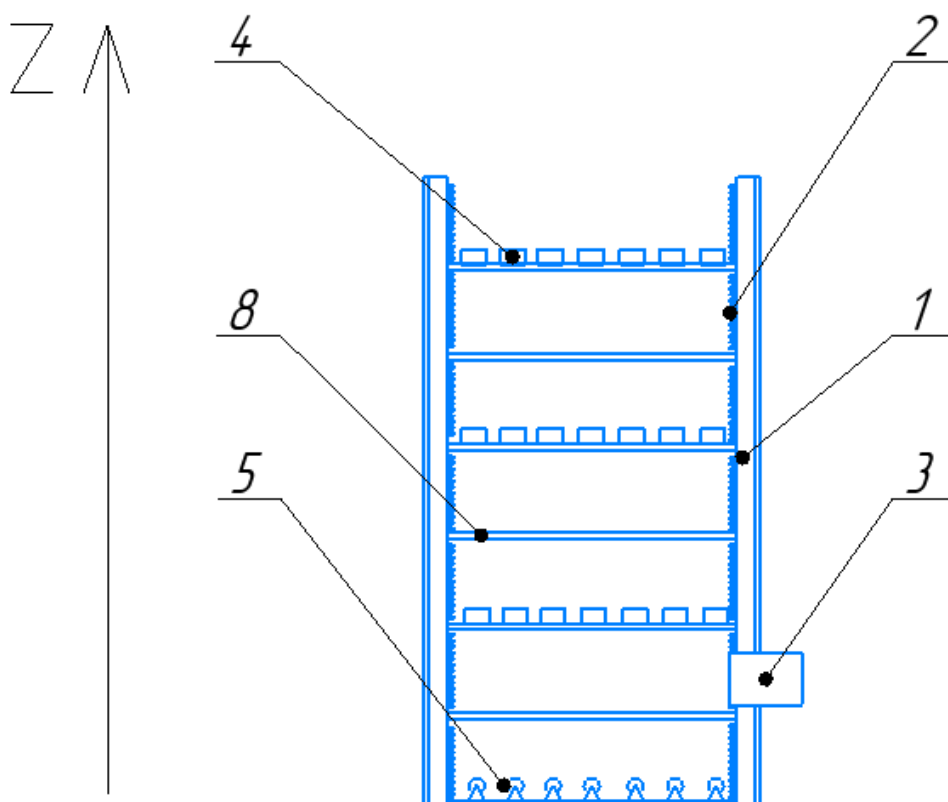


Рис. 5 Основной вид модуля транспортировки

Смещение лотков по оси Z (Рис.1) производится в центральном пространстве модулей, где расположены полки 8 с отверстиями 7 для лотков, эти полки относятся к устройству вертикальной транспортировки и располагаются на четырех вертикальных цепях или шкивных ремнях, осуществляющих своё действие с помощью узлов с приводом, которые поднимают полки 8 на уровни от самого низкого до верхней части модуля и наоборот. Данная конструкция позволяет устройству вертикальной транспортировки до любого уровня модуля.

По оси X (Рис. 2) лотки 4 могут перемещаться с помощью роликов с приводом 5, которые в свою очередь при перемещении полки пересекают отверстия и цепляют лотки и перемещают его к соседнему модулю, имеющему такие же ролики.

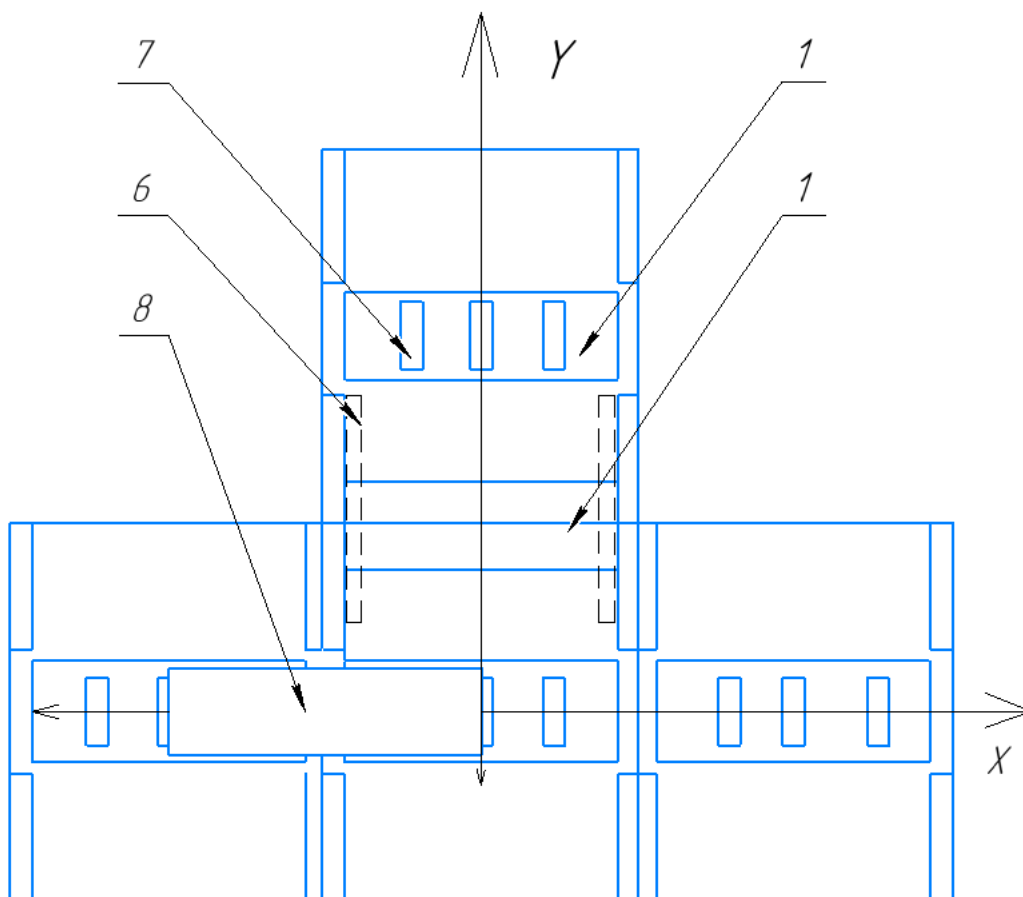


Рис. 6 Система из нескольких модулей (вид сверху)

Смещение лотков по оси  $Y$  достигается путем использования устройства 6, которое может быть установлено на любой высоте. Данная конструкция содержит ремни с приводами, с помощью которых лотки транспортируются прямо из одного модуля в соседний без вмешательства устройств вертикального перемещения.

Управление данной системой осуществляется дистанционно либо посредством панели, оснащенной человеко-машинным интерфейсом 3. Благодаря этому оператор может производить перемещение любого лотка внутри системы без физического вмешательства.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Такая концепция позволяет решить проблему трудноосуществимого перемещения, так как конструкция выступает в роли интегрируемой логистической системы полностью и осуществлять транспортировки культур в пределах модульной автоматической системы.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Маркетинговое исследование рынка вертикальных ферм [Электронный ресурс] - Маркетинговое агентство, - Режим доступа: <https://sdamarketing.ru/wp-content/uploads/2022/10/Демоверсия-исследование-рынка-вертикальных-ферм.pdf>, свободный доступ
2. Шкарубо Е. В. Вертикальные фермы, городские или сити-теплицы: новые решения бизнеса на овощах и зелени [Электронный ресурс] – URL: <https://gavrishprof.ru>, Режим доступа: свободный доступ (дата обращения 01.04.2023)
3. Патент N 2762415 Российская Федерация, МПК A01G 9/14 (2006.01) A01G 31/02 (2006.01). Автоматическая модульная система для управления вертикальными фермами: N

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ РАБОТЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЯЧЕЙКИ**

*Макаров А.Д., магистрант 1 курса группы ТРС-171 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) г. Москвы*

*Научный руководитель - Мишин А.В., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

На данный момент машиностроение в мире занимает большую часть производства, являясь одним из лидеров двигателей мировой экономики. Роботизированные производства автомобилей обгоняют не роботизированные по безопасности на производстве, по количеству выпускаемых автомобилей и т.д. Цель - разработать специальные системы/устройства для обеспечения автономной работы спроектированной роботизированной ячейки по установки частей днища кузова легковых автомобилей на специальное приспособление.

Задачи:

- разработка необходимых систем/устройств;
- разработка планировочного решения роботизированного комплекса с использованием разработанных систем/устройств;
- разработка алгоритма работы с использованием разработанных систем/устройств;
- разработка электрической схемы подключения;
- моделирование роботизированного комплекса с использованием разработанных систем/устройств.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Производство легковых автомобилей – многоступенчатая задача, которая требует учёта множества факторов. С течением времени стало всё проще их учитывать и реализовывать на производстве ввиду постепенного внедрения автоматизации. На данный момент большинство крупных производств представляют собой линию по выполнению различных задач создания легкового автомобиля. В основном на данных линиях выполняются такие задачи как: сварка, герметизация, оцинковка, покраска, сборка кузова.

Не мало важным процессом является подготовительный этап для дальнейшей сборки. Этап выполняется в начале линии сборки легкового автомобиля и включают в себя крепление частей днища кузова автомобиля на тележку или специальную металлоконструкцию, которая проходит через все технологические позиции по сборке автомобиля.

Для сборки легкового автомобиля очень важны два момента:

- точность позиционирования днища кузова на сборочной позиции (достигается способом управления передвижением тележки или специальной металлоконструкцией);
- надёжность крепления днища кузова с тележкой или специальной металлоконструкцией.

В работе рассматриваем второй момент. Для обеспечения этого условия наиболее выгодно использовать роботизированную ячейку, которую требуется спроектировать. Предложенное решение позволит:

- обеспечить постоянную производительность;
- сократить время производственного процесса;
- исключить травматизм.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Часто нормативные документы по применению роботизации при производстве автомобилей не имеют общего доступа и для каждого производства имеются свои

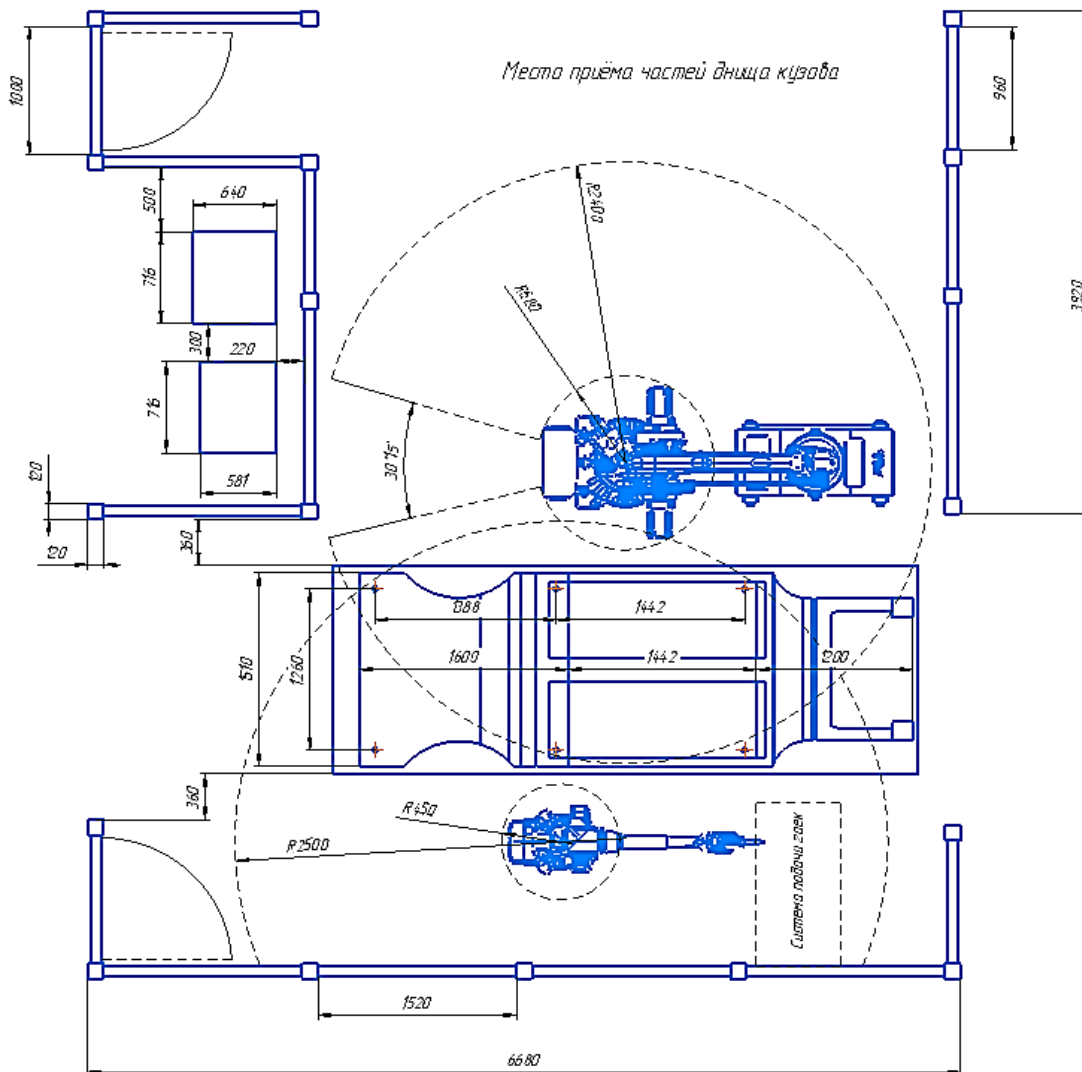
уникальные документы. При проектировании и выдачи рекомендации при эксплуатации роботизированной ячейки будем использовать следующие нормативные документы [1, 4-6].

На рисунке 1 показан вид сверху чертежа компоновки роботизированной ячейки без необходимых систем/устройств, которые необходимо разработать.

Для успешной реализации роботизированной ячейки необходимы три системы:

- подачи частей днища кузова;
- система подачи гаек;
- система завинчивания гаек.

Систему по подаче частей днища кузова (в качестве примера взят кузов LADA VESTA[2]) планируется спроектировать на основе роликовых конвейеров. Так как эта система на производстве является частью роботизированной ячейки по прессовке частей кузова, данная система будет условной для данной работы и проектироваться не будет.



**Рис. 1.** Компоновочный чертёж (вид сверху)

Система подачи гаек может быть реализована в двух вариантах.

Первый вариант - система подачи гаек реализована на основе конвейера, на который укладывают гайки. В этом случае необходимо роботу забирать гайки и осуществлять работу по их закручиванию. Если гайки располагаются в случайном порядке на конвейере, требуется применение системы технического зрения.

Второй вариант - система подачи гаек реализована на основе мобильного робота, который подвозит магазин с гайками. В этом случае требуется взаимодействие робота для завинчивания гаек и мобильного робота.

Система завинчивания гаек может реализована в двух вариантах:

- у робота, связанным с работой с гайками, на механическом интерфейсе смонтировано два инструмента (двухпальцевый захват, который захватывает и насаживает гайки, и гайковёрт);

- у робота, связанным с работой с гайками, закреплен гайковерт с шланг-пакетом для подачи гаек из магазина.

Гайковерт требуется спроектировать, так как необходимо, чтобы роботизированная ячейка справлялась с задачей закручивания гаек в необходимый диапазон времени. А так, же стоит отметить что на данный момент для гайки М42 нет варианта гайковерта, разработанного специально для робота.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предлагаемые системы для автономной работы роботизированной ячейки позволят ускорить технологический процесс по закручиванию гаек и работу всей роботизированной линии по сборке.

Применение роботизации при создании автомобилей сейчас очень востребовано. Роботизированные ячейки полностью заменяют ручной труд в технологических процессах сборки и оценки качества автомобиля. В качестве примера, почти полного роботизированного процесса сборки автомобиля на линии, можно привести завод BMW [3].

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *А.М. ИВАНОВ, В.И. ОСИПОВ*, «ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ» конспект лекций [Электронный ресурс]. – URL: <https://lib.madi.ru/fel/fel1/fel14M213.pdf>

2. *LADA VESTA* Ремонт [Электронный ресурс]. – URL: <https://lada-vesta.com.ru/html/kz027.html>

3. *Путеводитель* по Мюнхену и Баварии из первых рук [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.go2munich.ru/ekskursiya-na-zavod-bmv-v-germanii-myunhen-regensburg/>

4. *ГОСТ ISO 12100-2013* Безопасность машин [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110234>

5. *ISO 10218-1* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iso.org/ru/standard/73933.html>

6. *ISO 10218-2* [Электронный ресурс]. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/1063dae1-d286-4aa4-8f47-811f9b5291ae>

## **РАЗРАБОТКА ПОЗВОНКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОДУШКАХ ДЛЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА КОЛЕСНО-ШАГАЮЩЕГО ЭКСКАВАТОРА**

*Мицц Д.С., студент 5 курса группы ДМ МАДИ*

*Научный руководитель – Погонина А.М., к.т.н., доцент каф. ДСМ.*

### **Аннотация**

В работе представлено описание разработки конструкции позвонка хребтового рабочего органа колесно-шагающего экскаватора. Приведены эскизные чертежи позвонка, а так же для визуализации разработки представлена модель в собранном виде. Проектируемая конструкция позвонковой секции предназначена для обеспечения степеней хода рабочего оборудования, используемого в стесненных условиях обрушения различных конструкций в зонах чрезвычайных ситуаций. Работа является актуальной, поскольку благодаря новой форме позволит увеличить производительность работ в 1,5 раза. В ходе изучения вопроса было проведено моделирование процесса поворота хребтовой стрелы и определены предельные углы отклонения хода стрелы. Данные оценочные значения являются основой для составления методики расчета новой конструкции и подтверждения ее

работоспособности. Работа является начальным этапом проектирования нового рабочего оборудования для работы в зонах ЧС и СВО.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современной спасательной технике множество проблем, связанных либо с отсутствием автономности работы оборудования, скорости, маневренности и обеспечении плавности хода [1,2]. В случаях, когда завал произошел не по периметру здания, а непосредственно в центральной зоне, технике сложно приблизиться к очагу обрушения, а люди могут попасть под повторное и более массовое обрушение.

Встает вопрос о возможности создания такой техники, которая в случае подобного происшествия, смогла работать в стесненных условиях в связи ее больших габаритов, а также обеспечить ее дистанционным управлением, для уменьшения рисков увеличения жертв. В данной ситуации решением может стать разработка гибкая стрелы с рабочим органом в виде гидр ножниц, способная быстро и плавно достичь самых отдаленных помещений и убрать часть завалов, обеспечив возможность создания коридора безопасности.

В данной работе представлен проект позвоночной системы рабочего оборудования, обеспечивающего за счет дополнительных степеней свободы гибкость при работе в стесненных условиях завалов и обрушений различных конструкций (рис.1).



Рис. 1. Проект рабочего оборудования

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Конструкция секционной межпозвоночной стрелы состоит из четырех основных частей:

Рабочий орган - является основной и важной составляющей всей машины, используется для захвата и переноса малогабаритных обломков бетона и другого строительного мусора.

Хребтовая рукоять - состоит из секций позвонков, позволяет стреле двигаться в нужных ей направлениях, добавляя ей степени свободы.

Жесткая стрела - обеспечивает возможность крепления к ней гидроцилиндров для подъема и опускания всей рабочей области, так же выполняет функцию жёсткой заделки, соединяя гибкую стрелу с поворотным кругом.

Поворотный круг - обеспечивает поворот рабочей части стрелы, внедрен в конструкцию в связи с ограничением по сгибанию в верхней части позвонка, из-за нахождения там большого количества кабелей и датчиков, а также большого объема материала позвонка.

Позвонок - одна из частей гибкой позвоночной стрелы, работающая за счет снижения и увеличения давления в полостях подушек, которые в свою очередь позволяют заметно изменять угол поворота стрелы (рис.2.). Таких позвонков в конструкции стрелы предусмотрено 15 штук. Через каждые три позвонка стоит автономная гидростанция,

подающая рабочую жидкость в полость подушек и позволяющая независимо от основной станции изменять изгиб секций стрелы.

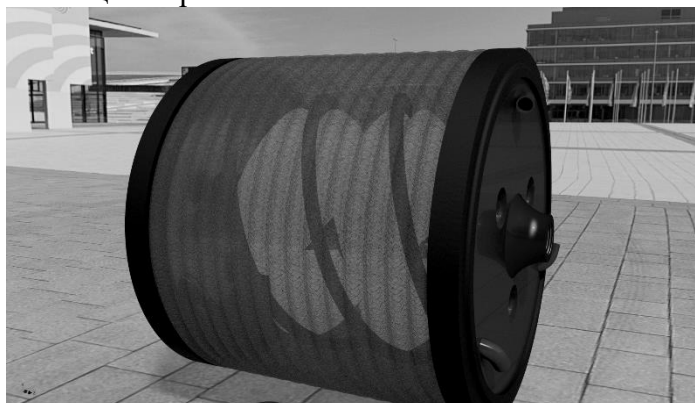


Рис. 2. Модель позвонка

Каждый позвонок (рис. 3.) шарнирно-сочленён с последующим шаровым шарниром, обеспечивающий жесткое соединение конструкции при этом давая достаточную степень свободы. Доступ для обслуживания соединения обеспечивает крышка шарового шарнира.

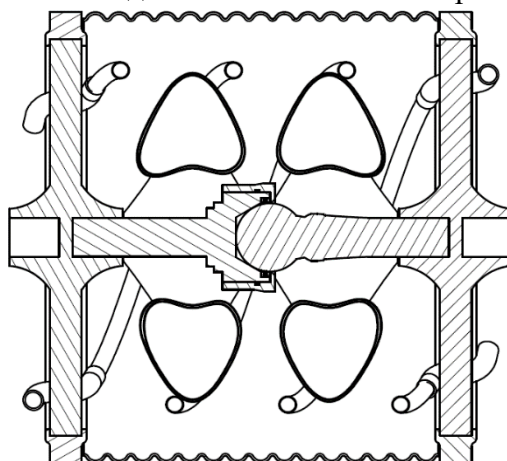


Рис. 3. Позвонок в разрезе

Сами подушки (рис. 4.) состоят из двух слоев: верхний является как защитным, так и крепежным, присоединяется к переходной металлической пластине, на которой с двух сторон крепятся гибкие муфты, являющиеся также переходным звеном между жесткой пластиной и подушками. Нижний слой подушки служит в качестве емкости для технической жидкости. Две подушки соединены между собой, позволяя работать как сообщающиеся сосуды [3,4].

Редактирование угла наклона секций стрелы определяется объёмом рабочей жидкости в подушке. Если требуется повернуть одну секцию вправо, то левая верхняя подушка наполняется рабочей жидкостью, если происходит наполнение правой подушки, то секция поворачивается налево. Управление такими секциями осуществляется попарно, что уменьшает количество требуемых гидролиний и облегчает вес, а также стоимость конструкции.

Защита от внешних факторов, таких как пыли, грязи, мелкодисперсных частиц осуществляется с помощью защитного кожуха [5].



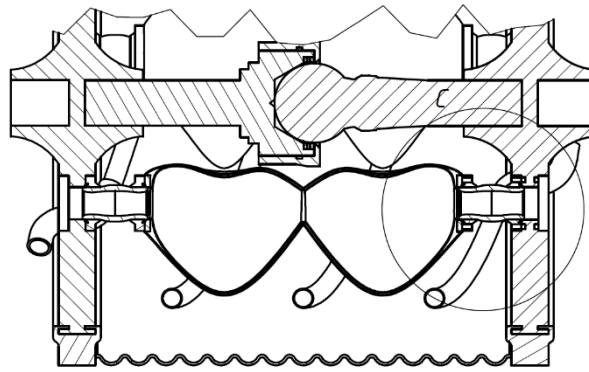


Рис. 4. Подушки в разрезе

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы над проектом была предложена новая конструкция стрелы, позволяющая обеспечить плавность хода и повысить производительность работ в стесненных условиях завалов при техногенных катастрофах. К направлениям дальнейших исследований отнесено:

- разработка полной конструкции хребтовой стрелы и колесно-шагающей базы;
- создание методики, подтверждающей работоспособность проектируемой конструкции;
- подбор и расчет рабочего оборудования, и ее крепление к хребту;
- разработка рекомендаций по режимам работы оборудования.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Техническое обслуживание и ремонт дорожно-строительных машин: Учеб. пособие для нач. проф. образования / М.Д. Полосин, Э.Г. Ронинсон. - М.: Издательский центр «Академия», 2015. - 352 с.
2. Машинист дорожных и строительных машин: Учеб. пособие для нач. проф. образования / Митрофан Дмитриевич Полосин. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 288 с.
3. Беленков, Ю.А. Гидравлика и гидропневмопривод : учебник / Ю.А. Беленков, А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин. – Москва :Бастет, 2013. – 406 с
4. Галдин, Н.С. Гидравлические схемы мобильных машин: учебное пособие / Н.С. Галдин, И.А. Семенова. – Омск :СибАДИ, 2013. – 203 с
5. Орлов, Ю.М. Объемные гидравлические машины. Конструкция, проектирование, расчет: Производственно-практические издания / Ю.М. Орлов. – Москва: Машиностроение, 2016. – 223 с.

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ**

*Митроусов Н.А., студент 1 курса группы 22СТФ-104М, СамГТУ, г. Самара  
Научный руководитель – Ленивец А.Г. доцент каф. МАЭС, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Рассмотрены методы автоматизации погрузочно-разгрузочных работ на складе готовой продукции предприятий строительной индустрии. Проведен сравнительный анализ существующих систем хранения с использованием автоматизированных систем. Выявлены

преимущества и недостатки представленных способов управления погрузо-разгрузочных работ.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизация процессов на производстве позволяет сократить количество работников, отвечающих за обслуживание, и увеличить надежность и долговечность машин. Это также позволяет экономить материалы и улучшить условия труда и безопасность. В исследованиях по управлению технологическими процессами в складских работах с использованием кран-балки и манипулятора были рассмотрены и проанализированы различные методы, активно применяемые на предприятиях.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Существует способ хранения, называемый карусельной системой. Он предусматривает использование ячеек для хранения товаров, которые могут быть автоматически перемещены в соответствии с командами оператора. Стеллажи состоят из отдельных секций, каждая из которых имеет свое независимое управление и движущуюся механику. Специальное место для выгрузки товара входит в конструкцию стеллажа. Когда электрический привод секции включается, товар автоматически забирается. Движение ячеек стеллажа осуществляется в круговом порядке с помощью цепочного механизма. При приближении к месту выгрузки, товар выдвигается и далее может быть доставлен автоматически или с помощью погрузчика.

Грузы хранятся на адаптируемых полках, которые находятся внутри шкафа. Размеры полок можно менять в зависимости от габаритов хранимых вещей, а количество полок зависит от размеров шкафа. При помощи электрического двигателя и роликовых цепей, полки с грузами могут двигаться вертикально. Оператор может запросить нужный груз через консоль управления, и система автоматически приведет его к столу выдачи, используя кратчайший маршрут. Все движения осуществляются быстро и эффективно. Груз автоматически подается к оператору, и он лишь должен его принять.

Управление системой происходит с помощью рабочего пульта, который оснащен сенсорной панелью. Оператор составляет задачи в системе ASRS, после чего товар перемещается и выдается в отделение. С помощью функций программного обеспечения можно выполнять все необходимые действия, такие как поиск, прием или отгрузку товара, а также регистрацию складских операций.

Основным минусом метода является невозможность изменить размер ячеек после того, как они уже спроектированы. Поэтому такие системы часто используют на складах, где уже известны размеры упаковок.

Есть метод, который помогает оптимизировать работу склада – это гравитационные стеллажи. Такие стеллажи предлагают много преимуществ по сравнению с традиционными, что делает работу склада более эффективной и позволяет решить ряд складских задач.

Гравитационные стеллажи – это идеальный выбор для складов, где высок индекс оборачиваемости товаров, т.к. они позволяют хранить и обрабатывать большое количество грузов, а также разделить зоны загрузки и выгрузки. В этом случае загрузка и выгрузка могут происходить одновременно.

Хранение грузов происходит довольно эффективно, потому что система строится по блочному принципу, и нет междурядных проходов. То есть, объем и площадь складского помещения используются эффективнее. Сушка строительной керамики осуществляется с помощью контроля скорости распространения ультразвука в поверхностном и центральном слоях изделия и управлением температурой в сушильной камере.

При погрузке используется эффективное грузоподъемное оборудование. Погрузчик, обслуживающий гравитационные стеллажи, движется только вдоль их фронта, не делая маневров внутри стеллажей. Таким образом, укорачивается путь его перемещения.

Недостаток метода состоит в неэффективных складских технологиях, в результате чего регулярно наблюдаются перегруз, перерост, недогруз товаров при формировании заказов.

Это происходит по таким причинам как:

- плохое знание сотрудниками ассортимента;
- обучение новых сотрудников;
- однообразная и идентичная упаковка и маркировка различных товаров.

Важным фактором является последний пункт, так как чаще всего товар разных весов или объемов упаковывается в одинаковые коробки. Товары одного производителя выполнены в едином стиле, и различие может быть в коде, маркировке или названии на упаковке. При выборе товаров руками работник склада должен учитывать все эти факторы, чтобы выбрать нужное количество товара. В конце рабочего дня усталость может привести к большому количеству пересортицы, что в результате увеличит затраты.

Наиболее подходящее техническое решение, соответствующее заявленным целям и результатам, представлено в виде прототипа, улучшающего эффективность погрузочно-разгрузочных работ на складе ракетно-артиллерийского вооружения. Для этой цели используются роботы. Вся система склада реализована на одной платформе, основная задача которой – перемещение грузов. В системе нет управляемых захватных устройств, но помещение склада оборудовано для эффективной работы с ним. Грузы загружаются с роликового конвейера в установленные места выгрузки.

Роботизированное транспортное средство «Weasel» передвигается по заданным маршрутам, обозначенным в виде контрастных линий на полу. РТС получает информацию о местоположении и направлении движения посредством радиочастотных меток RFID, расположенных на полу. Устройство также предусматривает возможность избегания препятствий и остановку при необходимости.

«Seegrid GP8D» является примером РТС, который может выполнять функции вилочного погрузчика. Этот РТС работает автономно благодаря данным, полученным от видеокамер. ПО управляет роботом в пространстве, определяет объекты для захвата, их расстояние и путь вокруг препятствий. СТЗ работает на основе видеокамер, но это влечет за собой высокую нагрузку на микроконтроллер и требует высокой вычислительной мощности.

Основным недостатком этого метода является ограничение в перевозке крупных грузов из-за малой грузоподъемности.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что на предприятиях строительной индустрии применяются различные системы автоматизированного складирования, обладающие рядом недостатков. Актуальным в данном направлении остается вопрос автоматизации погрузо-разгрузочных работ готовой продукции, располагаемой на паллетах.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Александров М.П. и др. Грузоподъемные машины: учебник. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с
2. Ребаров И.А. Бугаенко Е.В. Автоматизация и роботизация систем складирования: конференция. – Образование. Транспорт. Инновации. Строительство, 2021. – 139-144 с
3. Ложечник Е.А. Оптимизация складского комплекса предприятия на основе рационализации и автоматизации основных процессов // Транспортное дело России, 2010. С. 22-25.
4. Ретин А. В., Бессонов Ф.Е., Деркач Р. С. Способ повышения эффективности проведения погрузочно-разгрузочных работ за счет применения робототехнических средств на примере склада ракетно-артиллерийского вооружения // Научные проблемы материально-технического обеспечения вооружённых сил Российской Федерации, 2021. С. 138-146.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОГО СПОСОБА ПОДАЧИ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНОГО МАТЕРИАЛА НА ДИСК

*Садовникова Я.С., зав. лабораторией кафедры «Аэропорты, инженерная геология и геотехника».*

*Научный руководитель – Мандровский К.П., доцент кафедры «Дорожно-строительные машины», доцент, к.т.н.*

### **Аннотация**

При разработке нового подхода в решении вопроса повышения качества распределения твёрдых противогололёдных материалов на ограниченных городских территориях предложено рассмотреть реализацию симметричного способа подачи противогололёдных материалов на диск. Работа посвящена экспериментальному исследованию особенностей симметричного способа подачи твёрдых противогололёдных материалов на распределительный диск. Сформулированы показатели качества противогололёдной обработки покрытий твёрдым противогололёдным материалом. Для обоснования преимуществ симметричного способа подачи проведено экспериментальное исследование несимметричного и симметричного способов подачи материала на диск, оборудованный кожухом, и без кожуха.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Противогололёдная обработка является важным и ответственным мероприятием в системе зимнего содержания дорог.

Если распределение противогололёдных материалов (ПГМ) на большом фронте работ достаточно хорошо изучено и проработано [1, 2], то вопросам качества противогололёдной обработки на ограниченных площадях, таких, как тротуары и пешеходные дорожки в парках и внутриквартальных территориях, уделено недостаточно внимания. В названных условиях в настоящее время ПГМ распределяют или малогабаритными машинами, или ручными тележками, а иногда ручным способом, без применения специальных инструментов и методов контроля качества [3]. Неравномерность распределения материала приводит к отрицательным экономическим и экологическим последствиям, а также создает трудности для движения пешеходов [4, 5]. Существует необходимость в разработке нового подхода в решении вопроса повышения качества распределения твёрдых противогололёдных материалов на ограниченных городских территориях. Для этого предлагается рассмотреть реализацию симметричного способа подачи ПГМ на диск.

Этот способ отличается от традиционного (несимметричного) тем, что при традиционном способе материал подается на одну область диска и частицы ПГМ распределяются по поверхности неравномерно, в то время как при симметричном способе ПГМ будет поступать одновременно на каждый сектор диска, ограниченный двумя соседними лопатками. На каждой лопатке диска будут одновременно формироваться одинаковые по форме струйки материала, слетающие с диска с одинаковой скоростью.

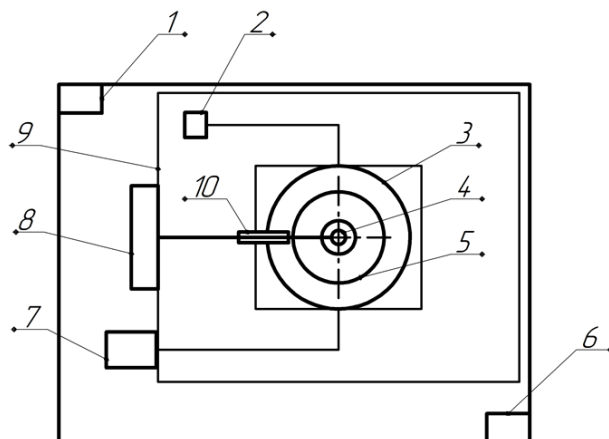
Цель работы – экспериментальное исследование симметричного способа подачи твёрдых противогололёдных материалов на распределительный диск.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Качество распределения характеризуется рядом показателей. К ним относятся: 1) Равномерность распределения частиц ПГМ по зоне обработки; 2) требуемая ширина полосы обработки; 3) плотность распределения ПГМ на единицу площади покрытия.

При этом условия равномерности распределения ПГМ по покрытию можно сформулировать следующим образом: распределение считается равномерным, если обеспечивается равенство эквивалентных показателей скорости одновременного слёта частиц ПГМ с диска в пределах каждого сектора, ограниченного двумя лопатками; и при равенстве масс и объёмов ПГМ, одновременно поступающих на каждый сектор диска.

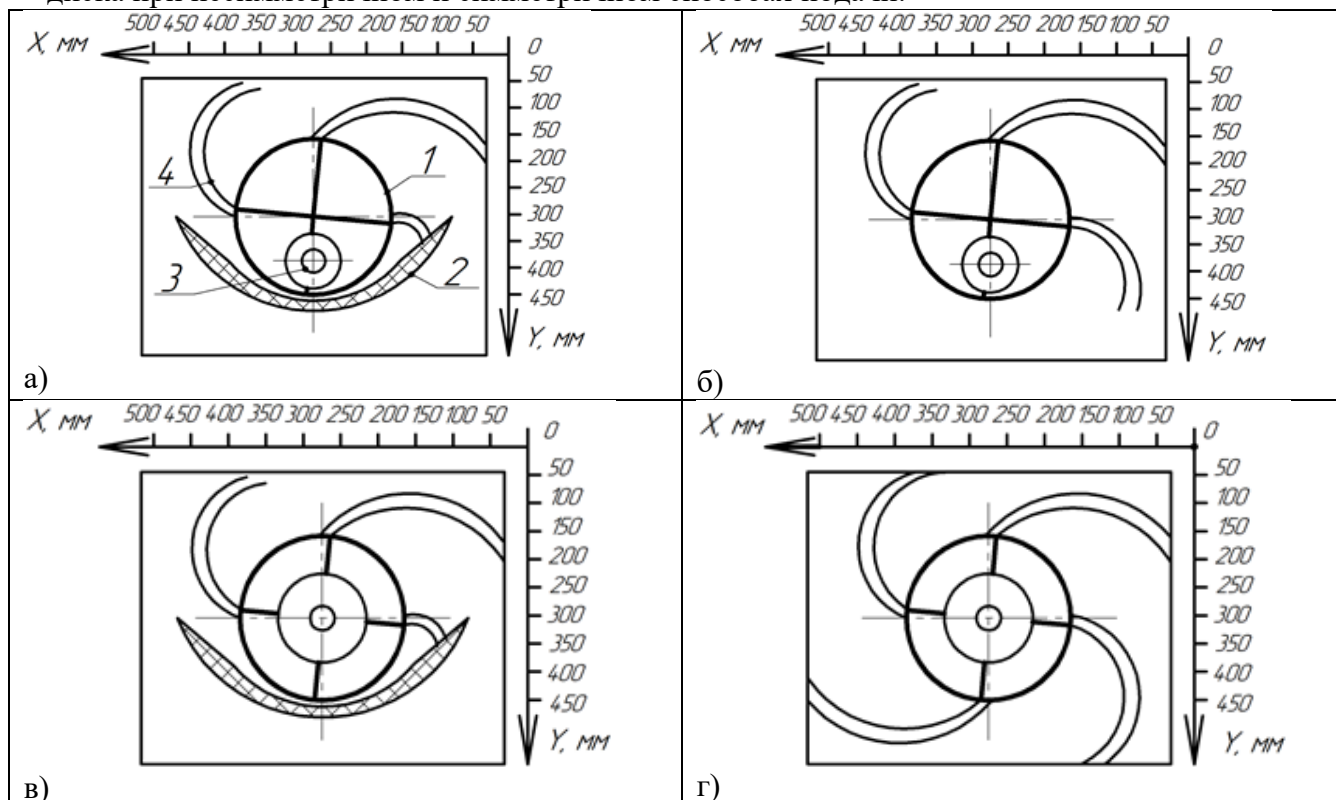
Для обоснования преимуществ симметричного способа подачи проведено экспериментальное исследование несимметричного и симметричного способов подачи материала на диск, оборудованный кожухом, и без кожуха. Схема экспериментального стенда представлена на рис.1.



**Рис. 1.** Схема экспериментального стенда: 1, 6, 10 – осветительная установка, 2 - тахометр, 3 - распределительный диск, 4 – видеокамера, 5 – подающее устройство (лоток), 7 – блок питания лабораторный, 8 – штатив, 9 – измерительная поверхность

Равномерность распределения оценивается с помощью визуальных характеристик: расположение струек ПГМ, их число, ширина, наличие необработанных материалом областей внутри зоны обработки.

На рис. 2 представлены результаты замера ширины струек материала, слетающих с диска при несимметричном и симметричном способах подачи.



**Рис. 2.** Схемы распределения ПГМ: а) несимметричный способ подачи ПГМ на диск с кожухом; б) несимметричный способ подачи ПГМ на диск без кожуха; в) симметричный способ подачи ПГМ на диск с кожухом; г) симметричный способ подачи ПГМ на диск без кожуха

Полученные численные характеристики неравномерности распределения материала при несимметричном и симметричном способах подачи ПГМ представлены в табл. 1.

Табл. 1. Численные характеристики неравномерности распределения материала

Частота вращения диска, рад/с	Число «струек» материала на диске, ед.	Число свободных секторов диска, ед.	Наличие необработанных материалом областей внутри зоны обработки
<i>1. Несимметричное распределение с установкой кожуха диска и без кожуха (литеры «а», «б» на рис. 2)</i>			
22; 35; 47; 60	3	1	круговой сектор с центральным углом $180^{\circ}$
<i>2. Симметричное распределение без установки кожуха диска (литера «г» на рис. 2)</i>			
22; 35; 47; 60	4	отсутствуют	отсутствуют
<i>3. Симметричное распределение с установкой кожуха диска (литера «в» на рис. 2)</i>			
22; 35; 47; 60	3	отсутствуют	круговой сектор с центральным углом $180^{\circ}$

Эксперимент подтверждает, что при несимметричном (традиционном) способе подачи материала наблюдается наличие необработанных материалом областей внутри зоны обработки и наличие секторов диска, с которых не осуществляется слёт материала одновременно со струйками на других секторах диска. Это справедливо как при наличии, так и при отсутствии кожуха диска. Эксперимент показал, при несимметричной подаче: равномерное распределение материала по зоне обработки не достигается ни при установке, ни при отсутствии кожуха диска; установка кожуха диска приводит к тому, что в пределах зоны обработки появляется область, не обработанная материалом; характерно наличие свободных секторов диска, на которых в течение одного оборота диска вокруг своей оси находится количество ПГМ, недостаточное для формирования «струйки» и её слёта с диска. Наличие таких секторов как при установке кожуха, так и при его отсутствии свидетельствует о том, что неравномерность распределения ПГМ по зоне обработки вызвана не влиянием кожуха, а способом подачи материала на поверхность диска. Основные преимущества симметричного способа подачи состоит в том, что: геометрическая форма «струек» ПГМ одинакова для каждого сектора диска, эквивалентные показатели скорости одновременного слёта частиц с диска одинаковы для каждого сектора диска, частицы ПГМ распределяются симметрично.

На основании этого можно сделать вывод о том, что симметричный способ подачи способен обеспечить более качественное распределение, чем несимметричный.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе исследования предложена научная гипотеза, заключающаяся в том, что более качественное распределения ПГМ на ограниченных городских территориях можно достичь путём реализации симметричного способа подачи ПГМ на распределительный диск. Сформулированы показатели качества противогололёдной обработки покрытий твёрдым ПГМ. Предложена формулировка условий равномерности распределения ПГМ по покрытию: распределение считается равномерным, если обеспечивается равенство эквивалентных показателей скорости одновременного слёта частиц ПГМ с каждого сектора диска и при равенстве масс и объёмов ПГМ, одновременно поступающих на каждый сектор диска. Экспериментально доказаны преимущества симметричного способа подачи ПГМ, а именно, обеспечение равенства эквивалентных показателей скорости одновременного слёта частиц ПГМ с каждого сектора диска; обеспечение равенства масс и объёмов ПГМ, одновременно поступающих на каждый сектор диска; отсутствие внутри зоны обработки областей,

необработанных ПГМ. К направлениям дальнейших исследований можно отнести теоретическое исследование процессов распределения частиц ПГМ при симметричном способе подачи и изучение влияния режимных и конструктивных параметров оборудования на показатели качества противогололедной обработки покрытий.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Пенчук В.А., Клен А.Н., Диденко А.В. Влияние условий эксплуатации пескоразбрасывателя на процессы распределения противогололедных материалов / Теорія і практика будівництва. 2013. № 11. С. 52-54.

2. Земдиханов М.М., Габдуллин Т.Р. Обоснование схемы и параметров центробежного разбрасывателя песка и реагентов / Известия КГАСУ. 2014. №4 (30). С. 484-489.

3. Технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов (на зимние периоды с 2012 г. и далее). – М., 2012. - 50 с.

4. Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения противогололедных реагентов в г. Москве / Инженерная геология. 2009. № 1. С. 34–43.

5. Шишова Т.К., Матвеева Т.Б., Казанцев И.В. Влияние противогололедного материала Бионорд на развитие растений / Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 1. С. 78–80.

### **ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ АДГЕЗИВОВ**

*Среднев И.А., студент 3 курса группы ТМР-311 группы ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) г. Москва  
Научный руководитель – Мишин А.В., доцент каф. НТТС, к.т.н, доцент*

#### **Аннотация**

Существуют технологические процессы, в которых достаточно трудно достичь постоянства и высокого качества при использовании ручного труда в силу определенных особенностей человека. Одним из таких процессов является нанесение различных вязких веществ (герметики, клеи). Чтобы добиться наилучшего результата, необходимо роботизировать данные процессы. Это поможет не только сэкономить расходный материал и свести брак к минимуму, но и максимально увеличить производительность. Цель работы заключается в разработке концепции роботизированной ячейки для нанесения клея под уплотнительные элементы дверей автомобиля. Задачи, поставленные для достижения цели:

— анализ востребованности промышленных роботов в автомобильной промышленности;

— предложение по автоматизации нанесения клея под уплотнительные элементы дверей автомобиля.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Благодаря постоянному развитию технологий и переходу к новому этапу развития применения роботов всё больше расширяется и особенно это видно в автомобильной промышленности. За прошедшее десятилетие количество роботов в мировой автомобильной промышленности увеличилось в десятки раз [1]. Статистика представлена на Рис. 1.



Отрасль	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Автомобильная промышленность, тыс. шт.	19,2	39	59,7	63,2	69,4	94	98	103,3	125,7	116
индекс роста, 2010 г. = 100%	49	100	153	162	178	241	251	265	322	297
темпы роста, в % к предыдущему году	...	103,1	53,1	5,9	9,8	35,4	4,3	5,4	21,7	-7,7
Электроника и электротехника, тыс. шт.	10,9	32	37,7	32,7	36,2	46	65	91,3	121,3	113
индекс роста, 2010 г. = 100%	34	100	118	102	113	144	203	285	379	353
темпы роста, в % к предыдущему году	...	193,6	17,8	-13,3	10,7	27,1	41,3	40,5	32,9	-6,8
Металлообработка и машиностроение, тыс. шт.	5,3	9	14,1	14,1	16,5	21	29,5	28,7	44,5	43,5
индекс роста, 2010 г. = 100%	58	100	157	157	183	233	327	319	495	483
темпы роста, в % к предыдущему году	...	69,8	56,7	0,0	17,0	27,3	40,5	-2,7	55,1	-2,2
Химикаты/резины/пластмассы, тыс. шт.	...	11	10,5	11,4	12,2	17	17,3	16	21	83
индекс роста, 2010 г. = 100%	...	100	95	109	107	139	102	92	131	395
темпы роста, в % к предыдущему году	...	...	-4,5	8,6	7,0	39,3	1,8	-7,5	31,3	295,2
Пищевая промышленность, тыс. шт.	3,3	4	4,65	4,9	6,2	7	7	8,2	10	12
индекс роста, 2010 г. = 100%	83	100	116	123	155	175	175	205	250	300
темпы роста, в % к предыдущему году	...	21,2	16,3	5,4	26,5	12,9	0,0	17,1	22,0	20

Рис. 7 Динамика ежегодных мировых продаж промышленных роботов по ключевым отраслям промышленности.

Операцию целесообразно разбивать на два этапа, нанесение слоя клея или герметика и проверка качества нанесения. Наиболее часто нанесение клеев и герметиков производится в автомобильной промышленности. В процессе нанесения клей или герметик подается из емкости в специальную головку, которая крепится на манипуляторе промышленного робота. Нанесение состава производится по заданной траектории. При этом критически важным является контроль ширины полоски клея и наличия в ней разрывов.

Контроль качества нанесения клеев и герметиков может осуществляться либо при помощи системы технического зрения. Для примера возьмем компании FANUC – iR-Vision и OMRON. Для контроля качества нанесения полоски клея или герметика в автоматическом режиме сразу после нанесения можно использовать лазерный измерительный профилومتر, который одновременно измеряет ширину и высоту наносимой полосы клея. В случае обнаружения дефекта, место дефекта запоминается и впоследствии исправляется роботом.

Таким образом, операция по нанесению клеев и герметиков не является технически сложной, и может быть решена различными средствами. Для нанесения клеев и герметиков целесообразнее всего использовать антропоморфные шарнирные роботы.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассматривая процесс нанесения клея, мы понимаем, что он достаточно сложный и одного манипулятора нам будет мало. Для начала нам нужно определиться с адгезивным материалом, что мы будем использовать. Далее необходимо выбрать подходящее дозировочное оборудование для наилучшего и точного покрытия поверхности склеиваемых поверхностей. Для примера возьмём дозировочное оборудование фирмы Aim Robotics - безвоздушный дозатор жидкости FD High-V. Данное устройство подходит для материалов с низкой, средней и высокой вязкостью. С помощью сопел разного диаметра можно регулировать скорость и объём подачи расходуемого материала. Для нанесения адгезива используются сменные шнековые винты:

Шаг 5 мм — для точного нанесения и низкого расхода.

Шаг 7.5 мм — подходит под большинство задач за счёт своей универсальности.

Шаг 10мм — используется, когда требуется высокая скорость и большая площадь покрытия [2].

Использование электрического мотора для подачи адгезива позволяет выстраивать в автоматизированные системы, что в совокупности даёт нам сокращение расходуемого материала и точечное нанесение.

Дозатор подходит для коллаборативных роботов с грузоподъёмность от 3 кг и легко программируется с помощью URCap. Для подбора робота нам необходимо оценить базовые параметры:

- безопасность;
- стоимость монтажа;
- простота программирования;

Для данной работы возьмём подходящий по всем параметрам робот фирмы UR5 Base. Для иллюстрации проделанной работы воспользуемся средой разработки RoboDK[3] и создадим вариант роботизированной ячейки. Предложенная роботизированная ячейка состоит из коллаборативного робота, дозатора, пьедестала, и конвейером с держателем для двери. Робот наносит адгезив под уплотнительные элементы двери машины ВАЗ 2107. Дверь может располагаться на типовом конвейере, но для этого необходимо точное позиционирование, которое обеспечивает машинное зрение. Такой подход увеличивает затраты на реализацию и эксплуатацию роботизированного решения. В нашем случае я спроектировал специальную оснастку для крепления двери для конвейера. Такое решение обеспечивает неподвижное положение двери в момент нанесения клея, необходимое для точного и равномерного заполнения объёмов клеем.

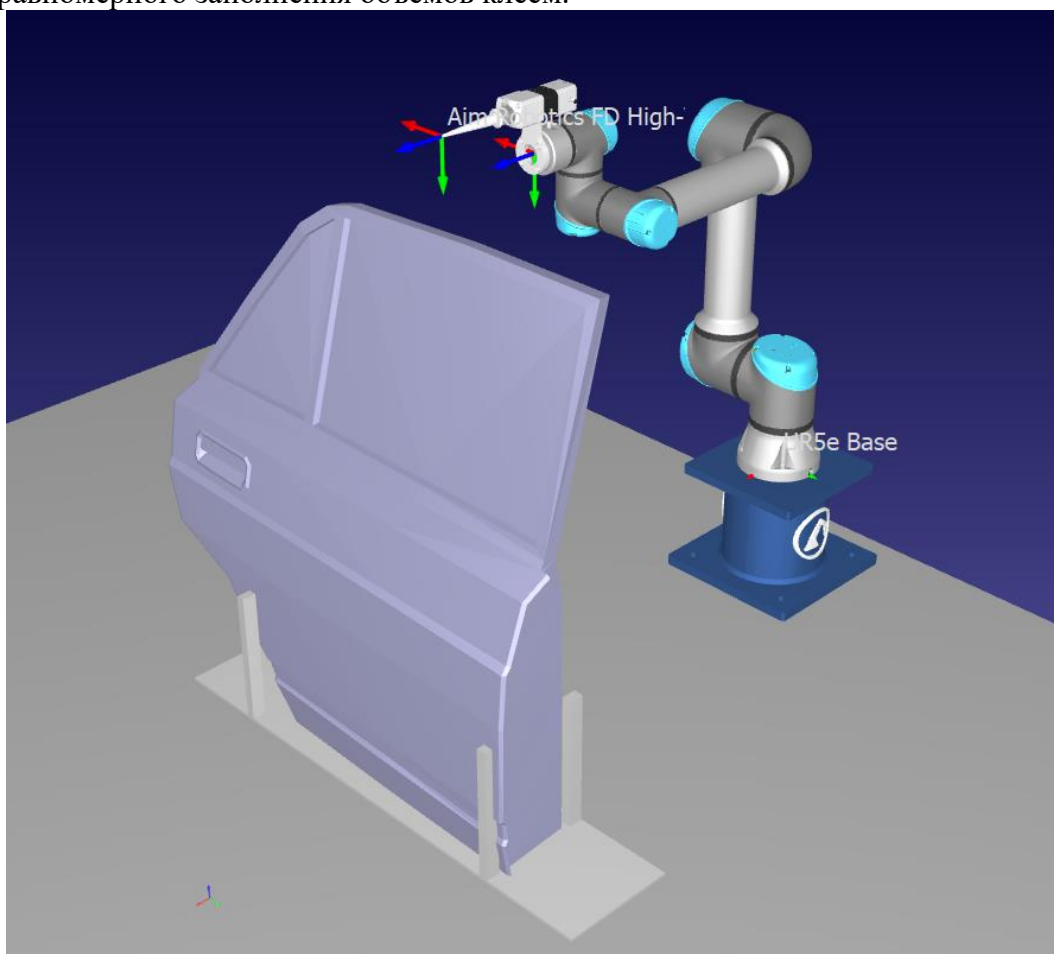


Рис. 8 Модель роботизированной ячейки

Для полной реализации данной ячейки нам необходимо: продумать вариант монтажа ячейки в цеху, выполнить проект электрических подключений, выполнить операции по вводу в эксплуатацию.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе представлена модель роботизированной ячейки для нанесения клея под уплотнительные элементы дверей автомобиля.

На основе проведенной работы можно сделать вывод, что в автомобильной промышленности растет количество роботов в том числе и предназначенных для нанесения адгезивов, что говорит об их востребованности.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Варшавский А. Е., Дубинина В. В. Мировые тенденции и направления развития промышленных роботов // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. № 3. С. 294–319 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovyie-tendentsii-i-napravleniya-razvitiya-promyshlennyh-robotov/viewer>
2. URL: [https://uploads.unchainedrobotics.de/media/file\\_upload/FDSeries\\_User-manual\\_2.0\\_fbe64a52.pdf](https://uploads.unchainedrobotics.de/media/file_upload/FDSeries_User-manual_2.0_fbe64a52.pdf)
3. URL: <https://robodk.com/tool/Aim-Robotics-FD-High-V-Dispenser> (дата обращения 31.03.23)

## **РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

*Шилов М.В., студент 3 курса группы ТМР-311 ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) г. Москвы  
Научный руководитель - Мишин А.В., доцент каф. НТТС, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Неразрушающий контроль востребован в железнодорожном транспорте, однако в данный момент он производится преимущественно ручным и механизированным способом. Для повышения эффективности работ предлагается использовать средства роботизации. Целью данной статьи является проектирование роботизированной ячейки для контроля колесных пар. Задачи, поставленные для достижения этой цели: выбор необходимого оборудования, адаптация технологии для роботизации процесса и эскизное проектирование ячейки. В работе представлен один из вариантов эскизного проекта, а так же приведены основные принципы его работы и затронуты некоторые проблемы, возникшие во время проектирования.

### **ВВЕЛЕНИЕ**

Во время эксплуатации подвижных составов в различных его элементах возникают несплошности и иные неоднородности в теле металла. Колесные пары подвижных составов проверяют на дефекты во время текущего, среднего и капитального ремонтов с помощью методов неразрушающего контроля.

Существует несколько групп методов неразрушающего контроля (далее НК), применяемых при контроле подвижного состава: магнитный, вихретоковый (далее ВТК) и ультразвуковой (далее УЗК). Согласно [1] выделяется такие группы дефектов: износы, термомеханические повреждения, механические повреждения, вызывающие деформацию сборки, нарушение сплошности металла эксплуатационного происхождения, нарушение сплошности металла технологического происхождения, разрушения в виде выкрашивания металла и откола отдельных частей, изломы, нарушения геометрических параметров, нарушение отклонений формы и расположения поверхностей.

Каждый ремонт колесных пар требует тщательного выявления дефектов для повышения безопасности эксплуатации подвижного состава. В подавляющем большинстве

случаев дефектоскопия проводится работником вручную, при этом она занимает долгое время, а сама операция достаточно монотонна, из-за чего появляются другие негативные факторы, такие как неточность и невнимательность рабочего, его усталость по прошествии времени и другие. Большинство вышесказанных недостатков может устранить роботизированная система.

Роботизированная ячейка для дефектоскопии имеет следующие преимущества: повышенная производительность, которая не зависит от времени работы, достаточная точность, освобождение части мастеров от данной операции. К недостаткам следует отнести: дорогую и достаточно сложную установку и настройку и узкий спектр возможностей (робот может проводить только ультразвуковую дефектоскопию колесных пар). Стоит отметить, что несмотря на дороговизну и трудоемкость установки, при должной наладке такая ячейка может заменить минимум троих специалистов дефектоскопии, при этом нуждаясь лишь в небольшом обслуживании.

Целью данной статьи является проектирование роботизированной ячейки для дефектоскопии колесных пар. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи: подобрать модель дефектоскопа и модель робота, спроектировать рабочую оснастку, подобрать или спроектировать иное периферийное оборудование.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

За основу взят дефектоскоп УД2-102ВД, предназначенный для УЗК и ВТК различных деталей, в том числе частей подвижного состава[6]. К нему подключается ЭВМ для обработки данных и пьезоэлектрический преобразователь (далее ПЭП) для непосредственного контроля. Сами ПЭП находятся на механическом интерфейсе робота, закрепленные в специальном приспособлении. В качестве робота выбран KUKA KR6 R700[7], однако может быть подобран и иной манипулятор, удовлетворяющих необходимым требованиям: рабочая зона, покрывающая все точки для проведения контроля; грузоподъемность, необходимая для корректной работы с ПЭП. Технологические требования к УЗК требуют перед проведением операции нанесение на исследуемую область специальной жидкости[5]. Для этого на рабочем органе необходимо закрепить форсунку, а в пределах ячейки расположить бак с этой жидкостью.

Существует несколько методов прозвучивания, различающихся углом ввода волн и их частотой[3][4]. В целях расширения специализации роботизированной ячейки, на ее рабочем органе закреплено несколько ПЭП. Для калибровки и отладки ПЭП в пределах рабочей зоны размещен стенд с жестко закрепленными эталонными образцами[2]. При этом возможно осуществление калибровки как вручную, так и с использованием ЭВМ и специально написанной программы.

Робот подвешен на порталной системе, чтобы обеспечить все необходимые положения ПЭП для обоих колес, торцов и цилиндрических поверхностей оси колесной пары (далее КП).

Для обеспечения нескольких точек контроля в качестве вспомогательных устройств предусмотрены подъемное устройство (далее подъемник) и приспособление для поворота КП (далее вращатель). Подъемник представляет собой 2 стальные вилки, способные поднимать КП, он снимает КП с рельсов и позволяет установить ее на вращатель, так же подъемник участвует в закреплении исследуемой КП. Вращатель представляет собой 4 ролика с резиновым покрытием, которые соединены с приводом, КП опирается на эти ролики из-за чего становится возможным поворот КП вокруг оси. У вращателя предусмотрены 2 положения: положение ожидания, в котором вращатель не мешает прокату КП по рельсам и рабочее положение, в котором КП опирается на вращатель. Для перемещения вращателя используется устройство позиционирования. Устройство позиционирования представляет из себя поступательные движители, которые перемещают вращатель из положения ожидания в рабочее и обратно. Для обеспечения необходимой грузоподъемности и маленьких усилий на устройстве позиционирования, вращатель

перемещается на роликах по жалобам.

Для соответствия требованиям безопасности, ячейка может ограждаться барьером, с использованием фотодатчиков, сигнальной колонны и иных датчиков и средств безопасности.

Общая технология проведения УЗК КП в данной ячейке выглядит так:

- Колесная пара, которой необходим УЗК устанавливается в начальное положение(над подъемником)
- Рабочая зона освобождается от людей и выбираются необходимые методы прозвучивания
- Колесная пара поднимается с помощью подъемник и устанавливается на вращатель
- Производится калибровка ПЭП
- Наносится специальная жидкость для УЗК на поверхности КП
- По выбранным схемам прозвучивания робот-манипулятор выполняет УЗК
- По завершении всех выбранных методов КП опускается на рельсы и выталкивается далее из ячейки
- На основании полученных данных от УЗК специалист делает заключение о пригодности исследуемой КП и возможно ставит маркировку(обработку данных и постановку маркировки тоже можно автоматизировать)

Главный вид ячейки представлен на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** Роботизированная ячейка представляет собой робота 1, подвешенного на портальной системе 6, в качестве рабочего органа которого выступает набор ПЭП и форсунка, устройство для проворачивания КП 3, устройство для подъема КП 2, устройство позиционирования вращателя 10. Вместе с этим, рядом с роботом предусмотрен стенд для калибровки ПЭП 4. Вычислительная техника: дефектоскоп, управляющая часть робота и дисплей для оператора расположены в шкафу 5.

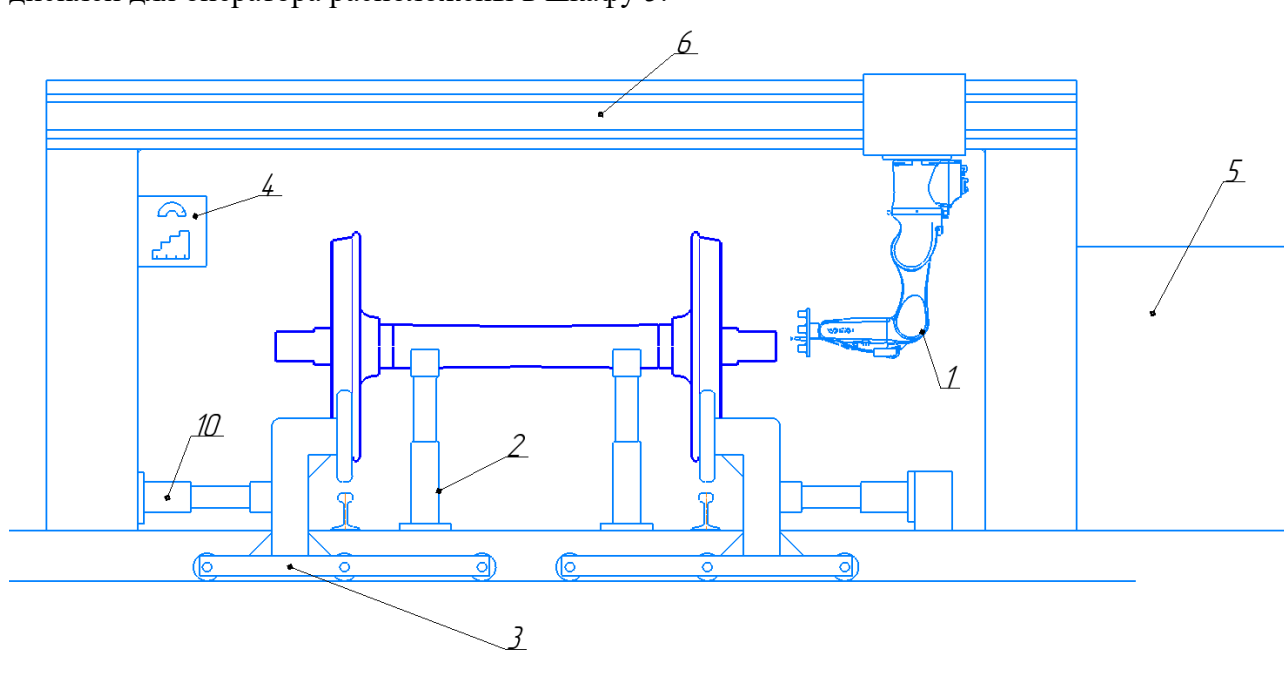


Рис. 1 Главный вид роботизированной ячейки

Для большей наглядности расположения вращателя, на рис. **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлен вид слева на колесную пару, где 3 — вращатель, 7 — колесная пара, 8 — рельсы, 9 — шпалы.

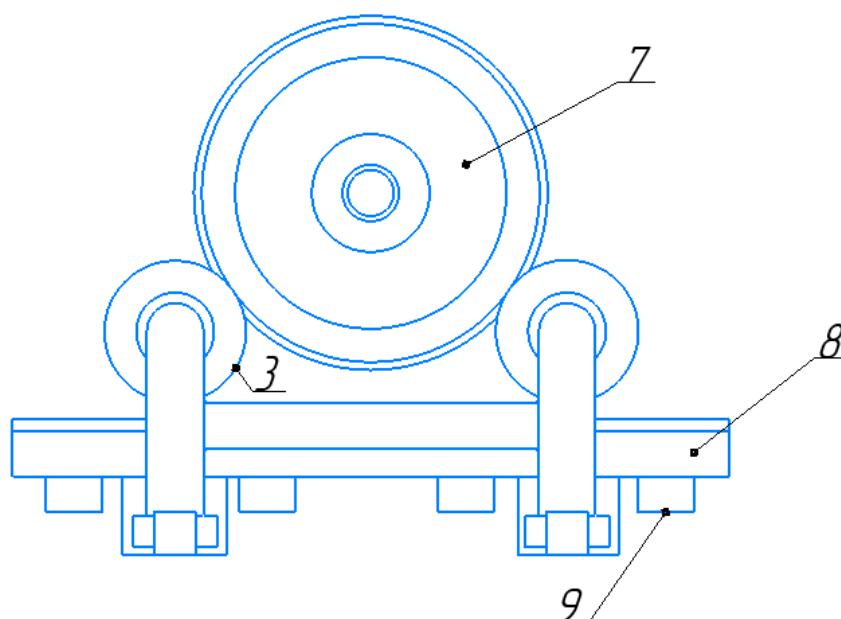


Рис. 2 Вид слева на колесную пару на вращателе

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен вариант роботизации УЗК колесных пар. Выбраны робот и дефектоскоп, а так же приведены примеры остального оборудования. Дальнейшим развитием данной темы будет являться детальное проектирование отдельного оборудования или подбор существующего, а также улучшение и оптимизация предложенного решения. Такой подход к автоматизации является довольно радикальным и потребует большое количество проектировочной работы, но в то же время позволит остановиться не только на этой операции, так как наработки по наладке робота будут достаточно универсальным опытом. Возможно, ввод в эксплуатацию этого предложения позволит пересмотреть и улучшить иные операции НК подвижного состава.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 1.20.001-2007 Классификатор неисправностей вагонных колесных пар и их элементов : утвержден и введен в действие ОАО «РЖД» 07.12.2007 : разработан ФГУП «ВНИИЖТ» - Москва : 2007 : текст: электронный. URL:<https://rcit.su/techinfo51.html>, режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

2. МУ 07.87-2010 Методические указания по паспортизации настроечных образцов : методическое пособие/Дымкин Г.Я., Шевелев А.В., Михайлов П.А. : ОАО «РЖД», 2010 — 46 с. - текст: электронный URL:<https://ntcexpert.ru/documents/metodika-pasportizacii-07.pdf>, режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

3. ПР НК В.2 Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Специальные требования : утвержден и введен в действие советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества с 01.01.2015 г: разработан акционерным обществом «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии» (АО «НИИ мостов») : 2019 : текст: электронный. URL:[https://www.acndt.ru/download/techno/ПР\\_НК\\_В.2.pdf](https://www.acndt.ru/download/techno/ПР_НК_В.2.pdf), режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

4. ПР НК В.1 Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения : утвержден и введен в действие советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества с 01.01.2013 г :

разработан акционерным обществом «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии» (АО «НИИ мостов») : 2019 : текст: электронный. URL:[https://www.acndt.ru/download/techno/ПР\\_НК\\_В.1.pdf](https://www.acndt.ru/download/techno/ПР_НК_В.1.pdf), режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

5. ТИ НК В.21-1.2019 Технологическая инструкция по неразрушающему контролю деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. ультразвуковой метод : утвержден и введен в действие НП «ОПЖТ» 2019 : разработан акционерным обществом «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии» (АО «НИИ мостов») : 2019 : текст: электронный. URL:<https://opzt.ru/wp-content/uploads/2019/12/ТИ-НК-В.21-1.2019.pdf>, режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

6. ДШЕК.412239.001 РЭ1 Дефектоскоп "PELENG" ("ПЕЛЕНГ") УД2-102ВД Руководство по эксплуатации : разработан НПГ Алтек : 2019 — Санкт-Петербург : текст: электронный. URL:<https://iks18.com/upload/iblock/0a3/Руководство%20по%20эксплуатации.%20Версия%20для%20путевых%20машин.%20УД2-102ВД.pdf>, режим доступа: свободный (дата обращения:22.03.2023).

7. Сайт компании KUKA [электронный ресурс]. — URL:[https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/8350ff3ca11642998dbdc81dcc2ed44c/0000293590\\_ru.pdf?rev=89d5569289214fbc082bf3ab0578b3d&hash=AF97AAD947C41DD65791079245F6B786](https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/8350ff3ca11642998dbdc81dcc2ed44c/0000293590_ru.pdf?rev=89d5569289214fbc082bf3ab0578b3d&hash=AF97AAD947C41DD65791079245F6B786), режим доступа:свободный (дата обращения:28.03.2023).

## **РАЗРАБОТКА ШТУКАТУРНОГО РОБОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРОПЛАТФОРМЫ**

*Шихов Н.С., аспирант 3-го курса 17 группы ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., профессор каф. ИИЭСМ, д-р техн. наук., профессор*

### **Аннотация**

В статье приведены конструкции установок и машин для проведения отделочных работ по оштукатуриванию поверхностей строительных площадок. Приведены технические решения разрабатываемой штукатурной машины для нанесения штукатурного слоя на базе НИУ МГСУ.

**Ключевые слова:** штукатурная смесь, штукатурный слой, оштукатуривание, робот-штукатур.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из основных критериев в технологиях строительной отрасли является механизация и автоматизация. Развитие средств механизации и автоматизации, способствует сокращению объемов ручных операций при выполнении штукатурных работ. Так как механизированная штукатурка подразумевает сокращение временных и финансовых затрат, а также повышению качества работ. Во многих странах перспективных направлений является разработка новых и современных агрегатов для автоматизированных и механизированных работ, связанных с нанесением штукатурного слоя, разравниванием и затиркой.

Решением подобных задач является использование средств робототехники. Поэтому вопрос её механизации и автоматизации остается актуальным. В данной статье рассмотрена конструкция штукатурного робота с применением виброплатформы.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

На данный момент нами был создан прототип штукатурного робота рисунок 1. Основные положения приведены в статье ВАК [6].



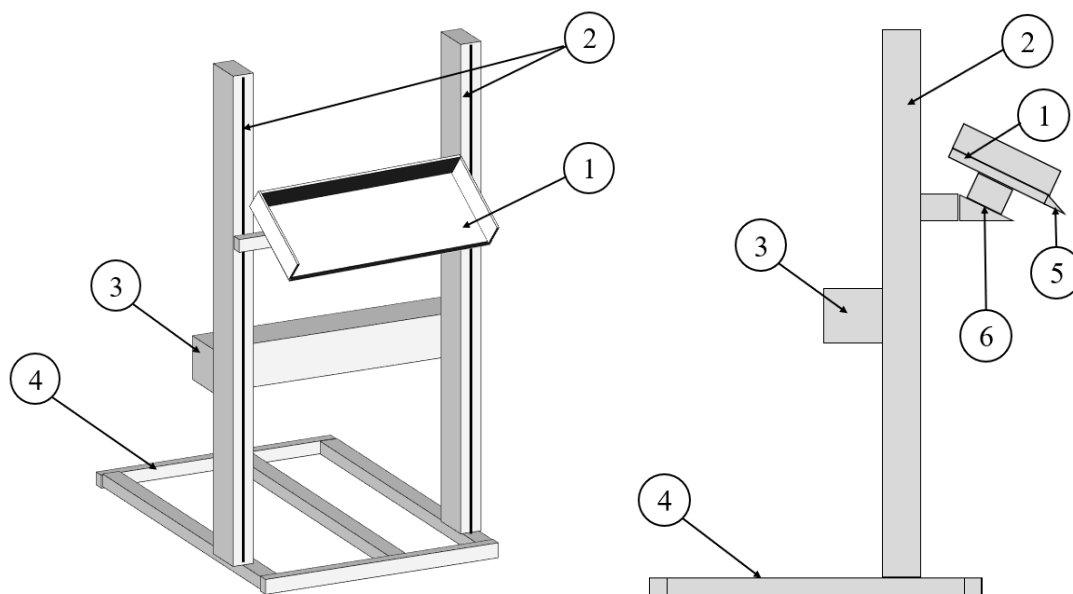


Рис. 1. Результаты компьютерного моделирования робота-штукатура  
 1 - механизм уплотнения (виброплита с бункером); 2 - стойки; 3 - механизм подъема (электродвигатель и система блоков); 4 - основание; 5 - нож; 6 - механизм изменения угла наклона

Как видно из модели робот-штукатур состоит из: мачты, электропривода, виброплатформы, система управления. Виброплита (виброплатформа) – один из основных элементов формирования штукатурного слоя. Кинематическая схема виброплатформы штукатурной машины представлена на рисунке 2.

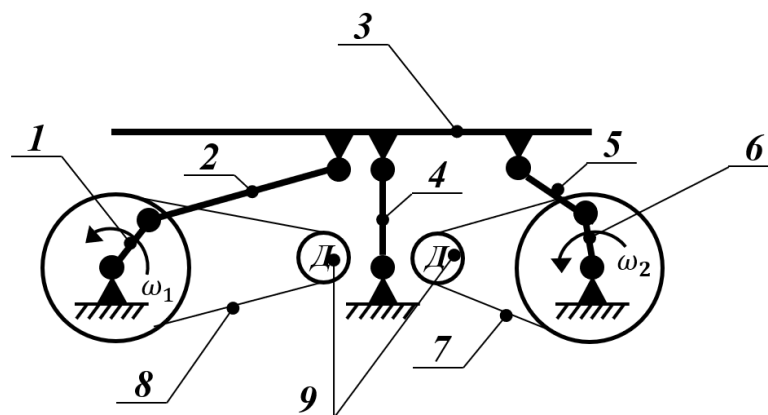


Рис. 2. Кинематическая схема

Движение в горизонтальном направлении осуществляется двигателем постоянного тока с постоянным магнитом 7712-6 (9). Движение с электродвигателя передается посредством ременной передачи (8) на кривошип (1). Далее по кинематической схеме от кривошипа (1) на шатун (2), а от шатуна (2) с выходным звеном на шатун (3). Шатун (3), соединяющийся с опорой коромыслом (4)

Движение в вертикальном направлении осуществляется двигателем постоянного тока 7712-6 (9). Движение с двигателя передается посредством ременной передачи (7) на кривошип (6). Далее по кинематической схеме от кривошипа (6) на шатун (5), который

соединяется с выходным звеном шатунов (3). Движение в вертикальном направлении не использовалось в процессе проведения исследования.

После анализа был собран основной агрегат воздействия на штукатурный слой при нанесении на поверхность рисунок 3 и 4.

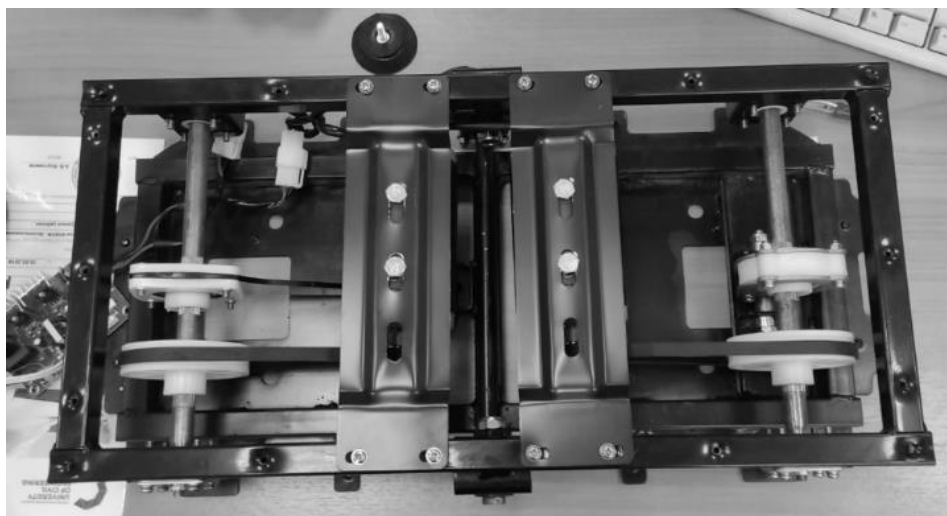


Рис. 3. Виброплатформа штукатурной машины



Рис. 4. Виброплатформа штукатурной машины

Табл. 1. Параметры виброплатформы

Параметры	Данные
Мощность, Вт	200
Габариты ДхШхВ, см	70x40x15
Масса, кг	18
Частота колебаний, Гц	50-60
Амплитуда, мм	0-10

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что на строительных площадках растет количество средств механизации и автоматизации. Предложенная виброплатформа показала хорошие результаты при проведении эксперимента. При работе происходит поступательное движение в горизонтальной плоскости. Предложенный вариант конструкции улучшает взаимодействие материала с наносимой поверхностью.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агарков А.М., Шаранов Р.Р., Харламов Е.В. Совершенствование конструкций пылеочистного оборудования. Системные технологии. 2018. № 4 (29). С. 96–100.
2. Способы механизации штукатурных работ 2022 // [Электронный ресурс CdelayRemont.ru] Россия 2022. URL: <https://cdelayremont.ru> (Дата обращения 17.02.2022).
3. Шаранов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники. // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5–8.
4. Шаранов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу об разрушении материалов. Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 5–8.
5. Шаранов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н. Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие. Белгород, 2014.
6. Шаранов Р.Р., Шихов Н.С. Статья ВАК Вибрационный робот-штукатур. Научно-технический и производственный журнал «Строительные и дорожные машины» 11.2022 г.

## ШРЕДЕРНАЯ УСТАНОВКА

*Щеголятов Е.А., аспирант 2-го курса ИИЭСМ*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., профессор каф. ИИЭСМ, д-р техн. наук., профессор*

**Аннотация.** В статье описываются конструкции машин и установок для измельчения резинотехнических изделий (РТИ). Приведены технические решения по модернизации и унификации шредерной установки, а также по повышению качества конечного продукта. Для переработки РТИ предложена разработанная в НИУ МГСУ шредерная установка.

**Ключевые слова:** шредерная установка, редуктор, ножи шредера.

Актуальные экологические проблемы, современные тенденции строительства и новые технологии требуют максимальной механизации процессов. Применение машин и робототехнических комплексов позволяет достичь высоких показателей работ, таких как скорость выполнения, эффективность, производительность и качество конечной продукции.

На сегодняшний день при переработке РТИ можно столкнуться с большим спектром технологий, оборудования и комплексов по измельчению. Это может быть температурное или механическое измельчение, двухвальный или шестивалковый шредер с различными типами привода самого шредера, мобильные или стационарные установки.

Проанализировав множество документаций и статей по дроблению автомобильной резины, можно сделать вывод, что шредерная установка должна соответствовать следующим требованиям:

1. Редуктор и двигатель. Для измельчения авторезины передаточное число редуктора должно быть ниже, чем у многоцелевых шредеров, чтобы валы с ножами вращались медленно рис. 1. Нам известно достаточно большое количество случаев, когда на «скоростные» шредеры включают в состав линий по переработке шин в крошку и этим получают массу проблем для тех, кто эксплуатирует такую технику. Оптимальные обороты вращения ротора составляют 8-12 об/минуту рис. 1. [3, 6]. Если обороты будут очень низкими, это скажется на производительности (снижение). При высоких оборотах возникают проблемы с надежностью, резина может подгорать, кроме того, чем выше обороты, тем большей мощности должен быть мотор редуктора. Существует такое понятие, как линейная скорость при вращении. При одинаковых оборотах линейная скорость выше у ножей-дисков с большим диаметром [1, 3].

Кроме того, если у валов разная скорость вращения, например, передаточное число одного из редукторов ниже, чем у второго, то более нагруженным будет быстроходный вал.

Если его запас прочности не достаточен для таких перегрузок, он очень быстро выйдет из строя рис. 1. Таких примеров очень много, хотя сами поставщики таких измельчителей (речь не только о дробилках) могут доказывать умными техническими терминами и сложными формулами о том, насколько это эффективно. Аналогично, если скорость вращения одинаковая, но один из валов с ножами имеет больший диаметр, то линейная скорость будет разной, и это также будет перегружать один из редукторов дробилки.

Общие требования: «судить» о дробилке только по одной ее мощности неправильно. Важно учитывать: тип моторредуктора и передаваемый крутящий момент на выходном валу, коэффициент запаса прочности редуктора, скорость вращения и диаметр ножей дисков рис. 1.

Известны примеры российских шинопереработчиков, испытавших проблемы из-за этого. В некоторых случаях приходится менять редуктор и/или добавлять клино-ременную передачу для занижения оборотов с помощью разниц шкивов.

2. Марка стали измельчающей группы. Для работы с металлокордной шиной ножи должны быть выполнены из высококачественных марок стали, таких как японская «SKD11», «HARDOX» или аналогичные [2, 4]. Это обусловлено тем, что армирующая каркас проволока имеет высокую твердость, и, чтобы ножи дробилки прослужили долго, их твердость должна быть выше рис. 2. При высокой твердости закалки ножи должны быть не хрупкими [3]. Такое сочетание полезных характеристик присуще не многим маркам стали и стоят дорого. Для переработки металлических бочек, бревен, пластиковых изделий, кабелей и прочих б/у изделий невысокие требования к марке стали дисков-ножей, так как само утиль сырье не очень твердое. Недорогие марки сталей на таких отходах показывают себя надлежащим образом, поэтому многоцелевые шредеры будут стоить дешевле, чем специализированные дробилки для автомобильных покрышек. Так же, более строгие требования предъявляются к стали валов, на которых крепятся ножи рис. 2. Да, такие недорогие дробилки могут измельчать «автомобильные галоши», однако ножи станут дорогим расходным материалом + возникнут другие проблемы.

3. Тип ножей шредера. Форма. От конфигурации измельчающих элементов шредера зависит очень многое. Диск ножа может быть с 1, 2, 3, 4 и даже с 5 шипами-зацепами, которые разрезают тело автопокрышки рис. 2. Чем больше таких зацепов, тем выше нагрузка, но если мощности мотор редуктора достаточно, это положительно влияет на производительность, если двигатель слабый, наоборот [4, 6]. Так же важно учитывать форму перерабатываемого материала (крупные плоские куски, П-образные сегменты или цельные покрышки) и линейную скорость. Если шина и будет цельной и широкой, а скорость вращения большой, тело баллона будет просто прыгать сверху, не зацепляясь ножами. Как следствие, значительное снижение производительности и невозможность переработки широкопрофильных шин [5]. Обычно на дробилках резины делают 2-3 зацепа рис. 2. На это также может влиять и наружный диаметр ножей. Чем больше диск, тем шире может быть цельная шина.

Сами зацепы подразделяются на: а) сменные, которые можно демонстрировать на месте, не разбирая дробилки. В этом случае сам диск дробилки может быть с более мягкой, но прочной стали, что может удешевить стоимость, а зацеп-накладка из твердой стали или сплава; б) цельные с диском. В этом случае замена ножа происходит при разборе дробилки.

Зацеп должен быть правильной формы, подходящей для работ с автомобильной резиной. Он должен ее резать, а не рвать [2, 6]. Многоцелевые шредеры, не «заточенные» под шины из-за этого параметра, бывают очень неэффективными. Встречались мощные дорогие шредеры с «неправильными» ножами, которые выдавали невысокую производительность при высоком потреблении энергии. Хотя для других видов отходов они были бы оптимальными. Есть шинопереработчики, которые годами работают на таком неэффективном оборудовании, и считают такой режим нормой, им просто не с чем сравнить. Иногда достаточно заменить ножи или только накладки, и все начинает «работать как часы».

Толщина ножей. От этого параметра зависит:

а) размер чипс на выходе. Так как размерность выдаваемой фракции частично задается шириной ножа. Чем тоньше нож, тем меньше материал на выходе. Это, как следствие, влияет на снижение производительности шредера и наоборот [7]. Слишком тонкие ножи больше подвержены износу. Так же, большой диаметр диска требует более толстого ножа. Приведем пример: диски диаметром 500...550 мм должны быть 50...60 мм толщиной. Диски 300 мм – 30...40 мм. В противном случае, несоблюдение этих требований сильно влияет на надежность и износ оборудования, хотя это правило может некорректно отражать ситуацию для переработки других материалов рис. 2. Чем больше и толще нож, тем он дороже.

Автоматизированным решением является применение унифицированного агрегата, построенного на базе шредера К-1200 с фильтр-барabanом, 4 валковым шредером, с разнообразными дисками и ножами, с устройством контрножа рис. 3. и гидромотором на каждый вал.

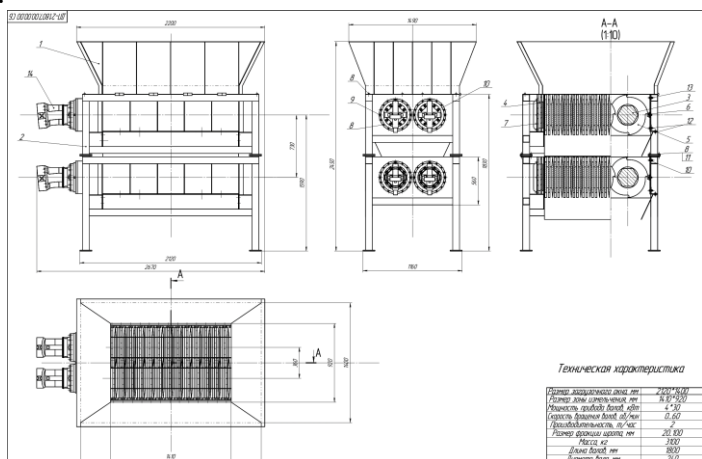


Рис. 1. 4-х валковый шредер

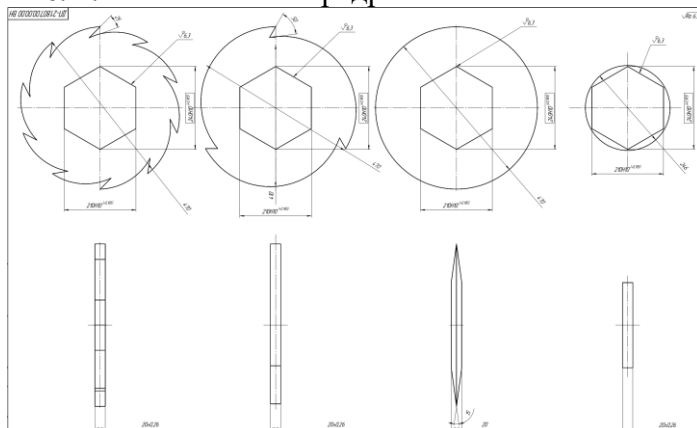


Рис. 2. Вариации ножей

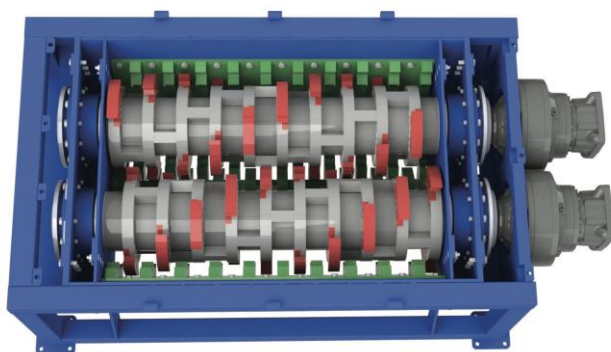


Рис. 3. Устройство контрножей

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Современные Технологии Производства 2022 // [Электронный ресурс extxe.com] Россия 2022. URL: <https://extxe.com> (Дата обращения 13.01.2023)
2. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. Г. Однолько [и др.]. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 188 с. – ISBN 978-5-8265-1424-5
3. Поховцева Г.П. Переработка пластика, для его повторного использования, при утилизации бытовых отходов / Г.П. Поховцева. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2018. – 486-490 с.
4. Левин Е.А. Комплексная переработка бытовых отходов: Lambert Academic Publishing / Е.А. Левин. – Германия: Монография, 2018. – 512 с.
5. Бикмуаметова Р.Р. Механическая переработка пластиковых отходов / Р.Р. Бикмуаметова. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – 31 с.
6. Шарапов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники. // Механизация строительства. 2017.
7. Шарапов Р.Р., Харламов Е.В., Агарков А.М. К вопросу об разрушении материалов. Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11

**СЕКЦИЯ 4.  
«СКЛАДСКАЯ И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА»**



## **РОБОТИЗАЦИЯ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ – БУДУЩЕЕ ИЛИ НЫНЕШНЯЯ РЕАЛЬНОСТЬ?**

*Саенко И.А., студент 1 курса группы ТМР-111 ФГАОУ «Российский университет транспорта» (МИИТ)*

*Научный руководитель – Горелова М.В., ассистент каф. НТТС*

### **Аннотация**

Развитие во всех отраслях деятельности имеет свои последствия, и одно из них – это большое количество сырья, готовой продукции, которые надо хранить. Для каждого из них предъявляются индивидуальные требования к хранению, связанные, например, с весовыми и габаритными характеристиками, сферой деятельности производства, неотъемлемой частью которых являются склады. Цель данной работы заключается в классификации роботов, применяемых для автоматизации складских помещений. Задачи, поставленные для достижения цели, - анализ существующих робототехнических систем, анализ существующих систем хранения, классификация робототехнических систем в зависимости от типа склада и сферы деятельности производства.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ежегодно объем выпускаемой продукции в России растет, что связано с повышением уровня внутреннего производства и импортозамещением. А следовательно, растет и количество хранимой продукции, что влечет за собой адаптацию складов: увеличение площадей хранения, повышение скорости актуализации информации по остаткам на складах.

Полностью заменить человека пока не представляется возможным, но минимизация человеческого ресурса положительно скажется на скорости и точности доставки и сортировки грузов в системах хранения при правильном её создании на объекте, так как человеческий фактор создаёт много проблем, особенно при решении большого количества мелких задач или при решении сложных задач.

Автоматизация и роботизация систем хранения – следующий шаг для увеличения количества оборотов предприятия без увеличения производственных мощностей.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Производство и потребление – это неотъемлемая часть жизни человека. Мы потребляем пищевую продукцию, используем производственные продукты в повседневной и профессиональной жизни. Но есть этап, без которого всё это было бы невозможно. Хранение. Хранить нужно множество вещей даже дома, но при этом надо знать где каждая вещь находится. Что же делать предприятиям, имеющим на своих складах широкий ассортимент продукции?

Складские помещения уже являются не просто составной частью каких-либо предприятий или компаний - они возведены в ранг отрасли. Для удобства, быстрого действия и увеличения производительности необходимо понимание устройства склада: распределение продукции, находящейся в нём, безопасность склада, возможность быстро и качественно складировать или достать продукцию.

Рост промышленного производства в сравнении с периодом до начала пандемии COVID-19 составил 10,0% (декабрь 2021 года к декабрю 2019 года). При этом обрабатывающие производства увеличили объемы производства по сравнению с аналогичным периодом 2019 года на 14,2%, сырьевые отрасли – на 3,4%, энергетический сектор – на 8,0%, отрасли, связанные с водоснабжением и водоотведением, утилизацией отходов и ликвидацией загрязнений, – на 24,8% [1].

С ростом производства растёт и количество складской продукции. Согласно статистике компании Knight Frank, общий объем складских площадей в России по итогам 2021 года составил более 35 млн квадратных метров. При этом за год было введено 2,43 млн

квадратных метров (увеличение на 27% по сравнению с 2020 годом), из которых 53% было введено в Москве, 6% — в Санкт-Петербурге и 41% — в остальных регионах страны [2].

Можно ли автоматизировать работу на складах? Можно, но, к сожалению, имеются недостатки роботизации складских помещений. В российских складах очень редко можно встретить автоматизированное и роботизированное оборудование. Основная причина отсутствия роботов-финансовые вложения. На рынке очень высокие цены на современное оборудование, поэтому многие компании даже не пытаются внедрить подобное оборудование [3].

Второй причиной является снижение вариантности функциональных областей склада в угоду полной автоматизации. Техника в отличие от человека не может быть мультизадачной, она выполняет конкретные функции, для которых создана.

В качестве третьей причины можно выделить особенности сферы деятельности компании и рентабельность автоматизации складских помещений.

Если учитывать всё вышесказанное, а так же тенденции развития нашей страны в последние годы, то понятно, что складскую промышленность в Российской Федерации надо развивать. Обработка такой большой зоны человеком не возможна без систематических ошибок, задержек, путаниц и т.д. Поэтому автоматизация и роботизация складов – это будущее данной отрасли, без которой развитие производства после достижения определённой планки будет застопорено по причине ненастроенной логистики.

Организация автоматизации склада невозможна без знаний об устройстве складов и их классификации. Классифицировать можно по разным признакам. В данной статье классификация будет произведена по видам складских систем. Сегодня выделяют несколько вариантов [4]:

1. С помощью стеллажей;
2. На полу – при организации отталкиваются от нюансов упаковочного материала;
3. На вешалах – подбирают под вид одежды;
4. В специализированной таре – подбираются в зависимости от особенностей материала основы и объема;
5. На специфическом оборудовании – например, крюки.

Наиболее удобной является стеллажная система хранения, её можно менять под разные параметры помещения и продукции, поэтому в данной статье будут рассматриваться именно они. Constructor – это новая строительная компания, предлагающая на выбор 4 типа стеллажных систем хранения:

1. Многоуровневые полочные стеллажи;
2. Передвижные стеллажи;
3. Узкопроходные стеллажи;
4. Длиннопролётные полочные стеллажи.

У каждого из представленных типов есть свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе системы хранения. Не существует универсальной системы хранения, подходящей всем и каждому, так как каждая компания ставит перед собой разные задачи. Точно так же и не существует одного единственного способа автоматизировать и роботизировать складское помещение. В дополнение к роботизированным системам нужны будут так же система зрения этой системы, база данных и программное обеспечение.

Наиболее удобной системой классификации роботизированных систем является классификация по способу перемещения груза до определенной точки.

Есть системы, способные перемещать грузы только в определённой зоне действия и для её расширения нужны конструктивные изменения системы (локтевые роботы (манипуляторы). Для некоторых же достаточно лишь изменить их путь в листе маршрутов (роботы SR (сортировщики), AMR-роботы), для некоторых изменить заранее проложенный путь (конвейерные, монорельсовые системы).

Создание роботизированного/автоматизированного склада не является возможным с использованием какой-либо одной из представленных систем или систем вообще. Решение таких задач предполагает использование комплекса систем, каждая из которых будет решать конкретную подзадачу.

Табл.1. Классификация роботов по типу склада

Тип применяемых роботов	Характеристика системы	Тип склада	Сфера деятельности
Локтевая система (манипулятор)	Широкий диапазон грузоподъёмности, высокая вариативность системы захвата, большое кол-во степеней свободы	Многоуровневые полочные стеллажи, передвижные стеллажи, длиннополётные стеллажи	Промышленность, строительство.
Конвейерная система	Возможность измерения характеристик груза, возможность изменения скорости перемещения «одной кнопкой»	Подходит для всех 4 типов с разными комплексными составляющими	Промышленность, склады магазинов, сельское хозяйство, склады интернет-магазинов.
Монорельсовая система	Масштабируемость системы	Подходит для всех 4 типов с разными комплексными составляющими	Промышленность, склады магазинов, сельское хозяйство, склады интернет-магазинов.
Краны штабелеры	Большая высота подъёма груза	Узкопроходные стеллажи	Склады интернет-магазинов
AMR-роботы	Масштабируемость системы, быстрое изменение пути перевозок	Подходит для всех 4 типов с разными комплексными составляющими	Промышленность, склады магазинов, сельское хозяйство, склады интернет-магазинов.
Роботы SR (сортировщики)	Масштабируемость системы, быстрое изменение пути перевозок	Подходит для всех 4 типов с разными комплексными составляющими	Промышленность, склады магазинов, сельское хозяйство, склады интернет-магазинов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие тенденции производства говорят об увеличении площадей хранения и их автоматизации. Автоматизация складских помещений должна быть адаптирована под вид хранимой продукции, сферу деятельности компании, а также под тип склада.

Приведенная классификация показывает, что в одном и том же складском помещении могут быть использованы несколько типов роботов. Неким универсальным вариантом автоматизации складских помещений является комплекс из локтевого робота, так же известного как манипулятор, и монорельсовой или конвейерной системы. Данный комплекс позволяет автоматизировать как минимум 3 из 4 стеллажных системы хранения (многоуровневую, передвижную, длиннополётную) из представленных выше. Для

последней из представленных системы хранения нужна система, способная перемещать грузы по вертикали на большие расстояния (краны-штабелеры).

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Промышленное производство в России. 2021: Стат.сб./Росстат. – П 81 М., 2021. – 305 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom\\_proiz-vo\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo_2021.pdf) (дата обращения: 30.03.2023)

2. Фильцев С.А. Рыночная эволюция стратегий развития девелоперов в сегменте индустриальной складской недвижимости / С. А. Фильцев // В сборнике: Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2018. с. 81-88.

3. Гимельштейн Е. А. Логистика склада. Процессы внедрения автоматизации в современные склады / Е. А. Гимельштейн, Д. Ф. Годван, Н. Е. Иконников // Бизнес-образование в экономике знаний №1. – 2021. – С. 14-17.

4. Апостолов И. Ю. Склады в системе физического распределения товара. Выбор склада и места для склада. Международные классификаторы складов / И. Ю. Апостолов // Современные экономические процессы. Т.2, №1. – 2022. – С. 8-19.

### ОБЗОР МЕТОДИК РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ДЕРЕВЯННЫХ ПАЛЛЕТ ПО ПРИВОДНОМУ РОЛИКОВОМУ КОНВЕЙЕРУ

*Хлопков В.П., аспирант, 1 курс, группа РК4-21А МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Алексеев В.И., магистрант, 1 курс, группа РК4-21М МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель – Носко А.Л., каф. РК4 МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н., профессор*

*Научный консультант – Сафронов Е.В., каф. РК4 МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н., доцент*

**Аннотация.** В работе представлены: обзор методик расчета сопротивлений перемещению деревянных паллет на приводном роликовом конвейере, определены основные составляющие от общего сопротивления при движении груза, рассмотрены особенности и различие методик расчета. Особое внимание уделено роли динамических составляющих сопротивления, присутствующим в современных конвейерных системах и их учету в рассмотренной литературе. В ходе сравнения было определено различие в параметрах, учитываемых при расчетах, и превышение значений динамических составляющих над статическими.

#### ВВЕДЕНИЕ

Широкое использование стандартных поддонов в качестве тары для транспортировки грузов началось во второй половине XX века. Для перемещения паллет (поддонов с грузом) использовались различные погрузочно-разгрузочные средства, такие как вилочные погрузчики, краны-штабелеры, конвейеры [1]. С развитием складских технологий необходимость использования приводных роликовых конвейеров для паллет как средства механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных процессов обработки грузов существенно возростала. Существующие методики расчета сопротивлений, возникающих при транспортировании грузов по роликовым конвейерам, предполагают перемещение грузов непрерывным потоком без остановок с отдельным определением статических и динамических составляющих, с использованием большого количества эмпирических коэффициентов и не учитывают особенностей работы роликовых приводных конвейеров для паллет [2]. К особенностям работы этого типа конвейеров относятся: старт-стопный режим работы конвейеров, вызванный необходимостью погрузки паллет на конвейер и снятия паллет с конвейера, накопления паллет на конвейере, совместной работы конвейера с поворотным столом и подъемником, необходимостью изменения скорости движения паллет по конвейеру в процессе работы и т.п. Все эти особенности требуют разработки методики расчета приводных роликовых конвейеров для паллет.

Цель работы – обзор и анализ существующих методик расчета сопротивлений перемещению паллет на приводном роликовом конвейере.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В различных литературных источниках в определении сопротивления перемещению грузов на роликовых конвейерах учитывают различные составляющие, которые можно поделить на статические и динамические. Статические учитывают сопротивление при установившемся движении, а динамические рассматривают разгон масс груза и привода конвейера.

Данное выражение включает только разгон масс груза и роликов. В современных логистических конвейерных системах

В работах [3 – 4] статическая составляющая сопротивлений при установившемся движении по роликовому полотну конвейера состоит из трения в опорах роликов, качении массы груза по роликам и наклону роликового полотна:

$$W_{уст} = gz_{гр}M \frac{fd}{D} + gz_{гр}M \frac{2\mu_{кач}}{D} + gzm_p \frac{fd}{D} + gzm_p \frac{2\mu_{кач}}{D} \pm zgM \sin\beta, \#(1)$$

где  $z_{гр}$  – число грузов, находящихся на конвейере;  $M$  – масса груза, кг;  $z$  – число роликов конвейера;  $m_p$  – масса ролика, кг;  $f$  – коэффициент трения подшипника;  $d$  – диаметр цапфы подшипника, мм;  $\mu_{кач}$  – коэффициент трения качения между грузом и роликом, мм,  $D$  – диаметр ролика, мм;  $\beta$  – угол наклона роликового полотна, ° (для паллетных конвейеров он может быть принят равным 0).

Анализируя выражение (1), стоит отметить, что в четвертом слагаемом приведена составляющая качения масс ролика  $m_p$ , которые не учувствуют в качении. Это учтено в работе [5], где также отсутствует составляющая сопротивлений от угла наклона конвейера.

В работе [6] общее  $W_{общ}$  сопротивление определяется аналогично расчету в [3 – 4] с добавлением составляющих от сил трения скольжения груза по роликам, трения груза о борта и местного сопротивления при наезде груза на ролики, установленные с отклонением от плоскостности. Скольжения груза по роликам учитывается в случаях наезда груза на невращающийся ролик, что характерно для неприводных и гравитационных роликовых конвейеров. Трения груза о борта не характерно для паллетных конвейеров. Местное сопротивление при отклонении от плоскостности рассчитывается по формуле, которая была уточнена в работе [7]:

$$W_{откл.пл.} \approx \frac{2Mg}{n} \sqrt{\frac{\Delta h}{D}} \cos \beta, \#(2)$$

где  $\Delta h$  – отклонения от плоскостности роликового полотна, мм;  $n$  – количество роликов под паллетой.

В работах [8 – 9] предложен пример расчета привода роликового конвейера при перемещении стальных плит, что в первом приближении может быть рассмотрено как аналогия перемещения паллет. Сопротивление перемещению при установившемся движении связано только с качением груза по роликам и определяется суммой первых двух слагаемых из выражения (1). Таким образом в работе не учитываются ролики, не задействованных в перемещении паллеты, но вращающихся в процессе работы конвейера, что будет некорректным для получения точного расчета сопротивлений.

Динамическая составляющая в описанных ранее работах включает только разгон масс груза и роликов и не учитывает особенностей работы современных складских и производственных объектов, где в составе конвейерной линии работают поворотные платформы, подъемники, накопители паллет. Так  $W_{дин}$  определяются по формуле:

$$W_{дин} = \frac{Mgv}{t_p} + 2 \frac{J_{рол}zn_{рол}}{9,55t_p D}, \#(3)$$

где  $v$  – скорость установившегося движения груза на конвейере, м/с;  $t_p$  – время разгона груза на конвейере, с;  $J_{рол}$  – момент инерции вращающейся части ролика, кг\*м<sup>2</sup>;  $n_{рол}$  – частота вращения ролика, об/мин.

Возникает вопрос о том, как влияет на динамическую составляющую сопротивления перемещению паллет режим работы конвейера, тип привода, регулирование скорости паллеты на роликовом полотне.

Момент страгивания груза на роликовом конвейере рассмотрен в работе [10]. Сопротивление перемещению груза определяется из эмпирического выражения:

$$W_{общ} = kMg, \#(4)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от типа перемещаемого груза:  $k = 0,01$  – общий случай;  $k = 0,15$  – при страгивании тарно-штучных грузов;  $k = 0,07$  – при страгивании длинномерных грузов.

Под длинномерными грузами в данной работе принимают штучные грузы, имеющие соотношение длины и ширины более 2,0, под тарно-штучными грузами – все остальные. Данное выражение помогает осуществить быстрый (оценочный) расчет, но не раскрывает сопротивление на составляющие, как в других методиках.

Проанализировав имеющиеся методики и проведя сравнительный расчет на примере заданных параметров (см. табл. 1), можно сделать вывод о том, что динамическая составляющая в 4 раза превышает статическую. Максимальная разница значений общего сопротивления зависела от статической составляющей и равна 34%.

Табл. 1. Параметры груза и конвейера

Параметр	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Масса паллеты (поддон с грузом)	$M$	кг	1000
Габаритные размеры паллеты: длина x ширина	-	мм	1200x800
Материал паллеты	дерево		
Масса вращающейся части ролика	$m_p$	кг	10
Момент инерции вращающейся массы ролика	$J_{рол}$	кг*м <sup>2</sup>	0,02
Скорость перемещения паллеты	$v$	м/с	0,2
Частота вращения ролика	$n_{рол}$	об/мин	42,9
Время пуска (разгона) привода перемещения груза	$t_p$	с	0,5
Число роликов конвейера	$z$	шт.	25
Число роликов, находящихся под паллетой	$n$	шт.	8
Число грузов, находящихся на конвейере	$z_{гр}$	шт.	1
Коэффициент трения подшипника качения	$f$	-	0,0015
Коэффициент трения качения между поддоном и роликом	$\mu$	мм	1,2
Диаметр цапфы подшипника	$d$	мм	40
Диаметр ролика	$D$	мм	89
Отклонение от плоскостности	$\Delta h$	мм	0,85

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ рассмотренных методик расчета сопротивлений перемещению груза по приводному роликовому конвейеру, показал, что в них:

- Не рассматривается расчет сопротивлений перемещению деревянных паллет по роликовому полотну, груз принимается штучным, а из его характеристик учитывается лишь масса, коэффициенты трения скольжения и качения;
- Разнится набор учитываемых параметров, что приводит к различию значений общего сопротивления перемещению груза на конвейере;
- Величина динамической составляющей от общего сопротивления перемещению груза на роликовом конвейере превышает статическую в 4 раза, что говорит о важности точного определения динамических процессов в работе конвейера;
- Максимальная разница в показаниях общего сопротивления составила 34%;

• Динамические составляющие сопротивлений в большинстве рассмотренных методик учитывают только время разгона масс груза и роликов и не учитывают особенностей работы роликовых приводных конвейеров для паллет в старт/стопном режиме работы, изменения скорости движения паллет на разных участках конвейера, общее количество приводных роликов и количество роликов, находящихся под паллетой, схему запасовки приводной цепи, реверсивный режим работы и т.п.

Для корректного определения сопротивлений при перемещении деревянных паллет на приводных роликовых конвейерах необходимо проведение экспериментальных исследований.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Носко А. Л. Система паллетных модулей для складской интралогистики / А. Л. Носко, Е. В. Сафронов, В. А. Потанов // Вестник машиностроения. – 2016. – № 8. – С. 10-12.

2. Носко А. Преимущества использования типовых паллетных интралогистических решений при проектировании и эксплуатации складов / А. Носко, Е. Сафронов // Логистика. – 2016. – № 5(114). – С. 16-21.

3. Захарычев, С. П. Расчет привода роликового конвейера и выбор материалов пар трения / С. П. Захарычев, Д. В. Отмахов // Ученые заметки ТОГУ. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 7-17.

4. Машины непрерывного транспорта: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" направления подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" / Ш. М. Мерданов, Н. И. Смолин, А. А. Иванов, В. В. Шефер. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2010. – 208 с. – ISBN 978-5-9961-0207-5.

5. Ромакин, Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Е. Ромакин. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

6. Подъемно-транспортные машины: учебник / М.Н. Ерохин [и др.]. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 456 с.

7. Серов И. Н. Оценка местных сопротивлений при движении паллет по гравитационным роликовым конвейерам / И. Н. Серов // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12–13 мая 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 398-402.

8. Методическое пособие по подбору оборудования и расчета привода компании Sew-Eurodrive [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sew-eurodrive.ru/> (дата обращения: 15.01.2023).

9. Матвеев В. И. Машины непрерывного транспорта: учебно-методическое пособие / В. И. Матвеев, А. П. Смоляр. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2021. – 368 с.: ил. 2013.— 672 с.

10. ГОСТ 29320-92 Механическое оборудование груз распределительных систем. Основы расчета. Официальное издание М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год.

**СЕКЦИЯ 5.**  
**«АВТОМАТИКА И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИН,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ»**



## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВС В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

*Алеков С.Ф., магистрант 2-го курса группы 2 мПР ФГБОУ ВО «Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)  
Научный руководитель – Пегачков А.А., к.т.н., доцент каф. ПРАДМ, к.т.н.*

### **Аннотация**

Дизель-генераторные установки (ДГУ) могут использоваться для работы в качестве постоянных или резервных источников электроэнергии, способных функционировать в течение длительного периода времени (от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от емкости топливного бака). В составе данных электромеханических систем работают двигатели внутреннего сгорания, режимы работы которых рекомендуется подбирать производителями с целью обеспечения их максимальной долговечности.

Работа двигателей вне номинальных параметров из-за часто изменяющейся нагрузки – частое явление в таких системах. Использование дизель-генераторных установок, работающих совместно с подсистемами накопления энергии, является перспективным решением для оптимизации режимов работы двигателей внутреннего сгорания. По сути, внедрение в систему дополнительных источников энергии позволит использовать двигатель на оптимальных режимах работы, рекомендуемых производителем и при этом обеспечивать выработку электроэнергии на максимально возможном уровне. В данной статье рассмотрены варианты создания подобных систем с ДГУ, а также представлены базовые режимы работы данных устройств.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что наиболее эффективно двигатели внутреннего сгорания работают при нагрузках, близких к номинальным. Кроме того, ряд исследований доказали, что длительная работа дизель-генераторной установки (ДГУ) при нагрузке ниже 30% может привести к уменьшению срока службы двигателя и даже выходу из строя [1,2].

При этом, следует принять во внимание эксплуатационные особенности работы ДГУ, где в течение дня уровень нагрузки может существенно меняться. Именно поэтому, важно решить задачу поддержания оптимальных нагрузок на двигатель, входящий в состав ДГУ.

Системы или подсистемы накопления электрической энергии (СНЭЭ) – принципиально новые элементы энергетических систем, которые позволяют технологически оптимизировать режимы работы ДГУ, работающих в системе объектов передачи и потребления электроэнергии [5]. Использование различных схем СНЭЭ, используемых в составе ДГУ, является одним из способов решения проблем, описанных выше.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Активное начало научных и конструкторских работ по СНЭ оцениваются в 15 лет назад для Европы и 10 лет для России. На сегодняшний день, данное направление является одним из ведущих в области энергетики и транспорта.

Анализ мирового опыта применения подсистем накопления энергии в электроэнергетике говорит о определенном отставании России от ряда стран, в которых технологии накопления уже получили практическую реализацию. В современных реалиях, наибольший технологический и экономический эффект от применения систем накопления может быть получен в изолированных энергосистемах с распределённой генерацией, а также на автономных электростанциях. Отметим то подобные электростанции или ДГУ чаще всего работают в условиях резко меняющихся нагрузок, в связи с резким изменением внешних температур, поскольку используются в арктическом и субарктическом климатических поясах [6].

Кроме того, отметим, что электростанции и ДГУ применяются при невозможности подключения потребителя к централизованной электросети или при необходимости

резервного питания. Такая сеть или микросеть представляет собой генерирующую единицу и локальную нагрузку, работающих вместе как независимая энергосистема, изолированная от коммунальной сети ( в силу удаленности от крупных электростанций и линий электропередач) [1]. Такие системы довольно компактны, поэтому их область применения постоянно расширяется. Подобные ДГУ используются на объектах, в том числе транспортных или производственных. Кроме того, подобные мобильные электростанции могут использоваться при строительстве дорог между городами.

Известно, что наиболее эффективно, в том числе с точки зрения их долговечности, двигатели внутреннего сгорания работают при нагрузках, близких к номинальным (рекомендуемых производителем конкретного двигателя).

Отметим, что при нагрузках ниже номинальных значений часть энергии от генератора может быть использована и перенаправлена на заряд батарей или конденсаторов, входящих в дополнительные подсистемы накопления энергии.

Кроме того, при максимальной нагрузке на систему, ее генератор может быть разгружен системой накопления энергии, работающей параллельно с ДГУ.

В данной работе исследуются сети, использующие СНЭЭ, ДГУ, а также дополнительные солнечные батареи повышающие энергоэффективность комплекса в целом.

Отметим, что созданный комплекс может функционировать в трех основных режимах, которые и были нами исследованы: первый - в котором СНЭЭ является основным источником энергии, второй – когда основным источником является ДГУ, и третьем – комбинированном или одноранговым режиме.

Одноранговый режим – это алгоритм работы в котором не установлено одного источника, поэтому и ДГУ и СНЭЭ распределяют нагрузку между собой [3]. Управление системой для однорангового режима работы приведено на рис. 1 [3].

Центральный контроллер будет контролировать оставшийся уровень заряда батареи (ОУЗ) и предоставлять соответствующие команды для локального контроллера ДГУ.

Схемы управления будут следующие:

1. При уровне заряда батареи, находящемся в пределах от 30 до 80%, СНЭЭ будет являться основным источником тока;
2. При уровне заряда батареи, находящемся в пределах от 20 до 30% или от 80 до 90% система переключается в одноранговый режим;
3. При уровне заряда батареи менее 20% или более 90% основным источником является ДГУ.

Также отметим, что солнечная батарея работает в одинаковых режимах всегда, поддерживая заряд СНЭЭ и при необходимости, отдает заряд в систему.

На рис. 1 (а) - (в) показаны результаты исследований авторов [3], где исследовались различные режимы работы системы включающей в себя СНЭЭ, ДГУ и солнечную батарею.

Так, на рис. 1 (а) приводятся основные параметры в случае, когда СНЭЭ является основным источником, на рисунке 1 (б) моделируется работа при основном источнике в виде ДГУ, а на рис. 1 (в) приводятся характеристики системы в одноранговом режиме.

Изучив полученные показатели и параметры работы системы на различных режимах, можно сделать вывод, что при совместном использовании СНЭЭ, ДГУ и солнечной батареи появляется реальная возможность для оптимизации режимов работы ДВС в составе ДГУ.

Данная оптимизация позволит не только сократить общую наработку двигателя и снизить уровень его нагруженности, а также позволяет исключить его работу вне номинальных параметров, что в итоге напрямую повысит показатели долговечности как ДВС, так и ДГУ в целом.

Аналогичные исследования проводились авторами статьи [4], где система накопления энергии позволяла обеспечивать реактивную мощность нагрузки и снимать с дизель-генератора только реальную мощность.

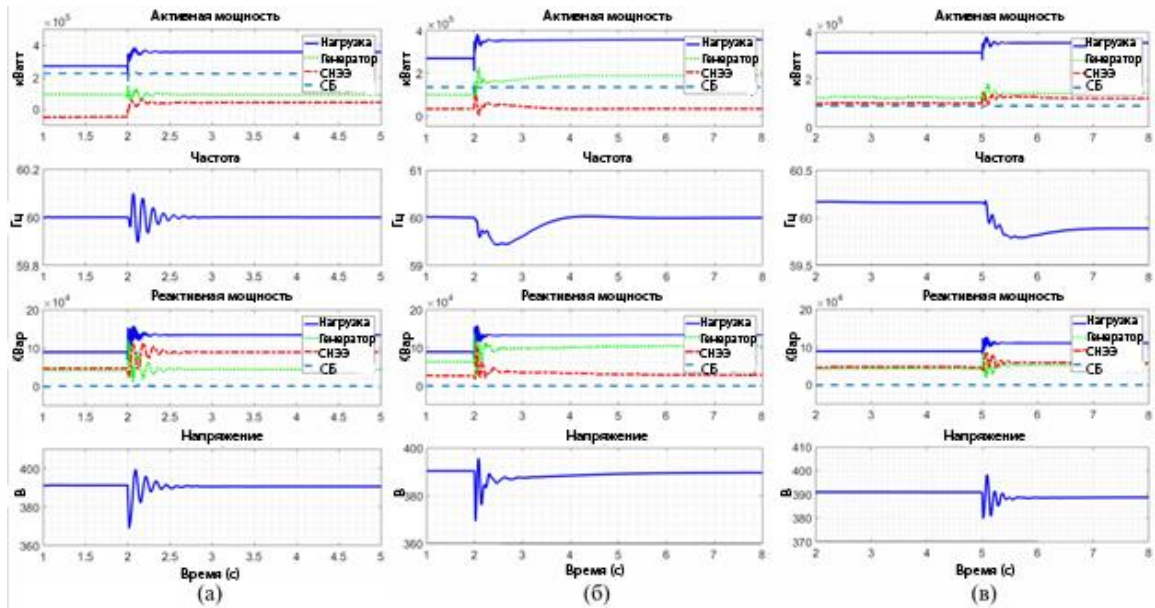


Рис. 1. Реакция параметров на изменение нагрузки

В данном исследовании СНЭЭ интегрировался на звено постоянного тока и выравнивал нагрузку на установку в целом. При таком решении не требовалось подбирать генератор с избыточной мощностью для снятия возможных скачков нагрузки. С ДГУ снималась только номинальная мощность, не допуская выход за пределы этой заданных характеристик (80-100% от номинала, заявленного производителем). Структура такой конфигурации показана на рисунке 2 [4].

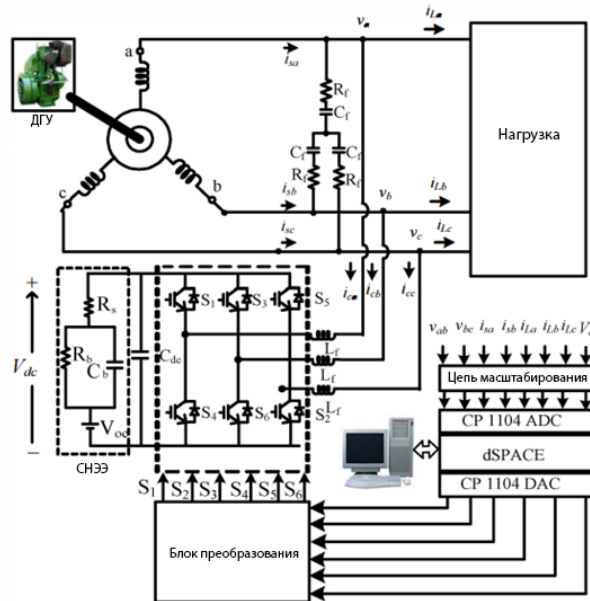
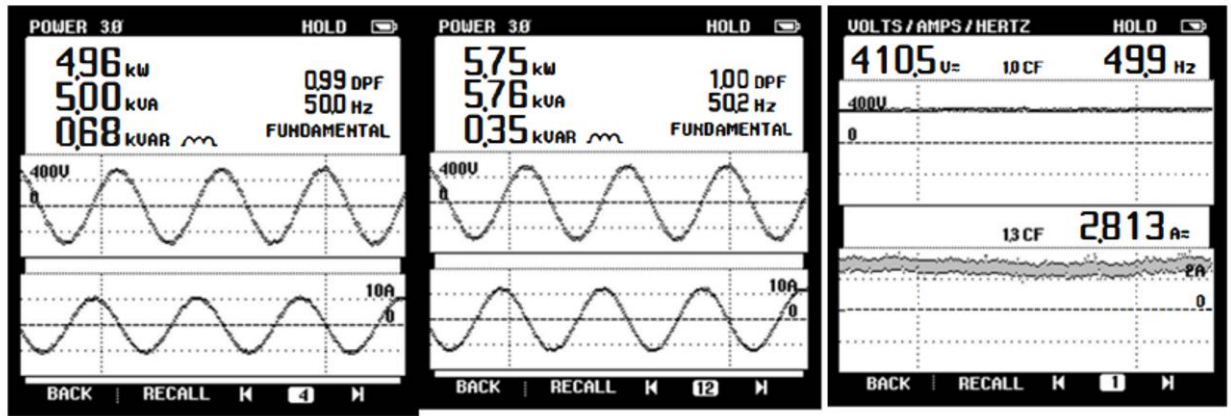


Рис. 2 Структура ДГУ

Работа такого комплекта проверена экспериментально при разных видах нагрузки. Результат авторов статьи [4] представлен на рис. 2 (а-в), где (а) – активная мощность генератора; (б) – мощность нагрузки; (в) – напряжение и ток СНЭЭ



(a)

(б)

(в)

Рис. 3. Результаты экспериментов ДГУ в установившемся режиме совместно со СНЭЭ при нагрузке больше номинальной мощности дизельного генератора

Работу такого комплекта можно признать удовлетворительной. Задуманные параметры находились в номинальном диапазоне.

Для поддержания номинальных параметров какого-то конкретного двигателя не требуется изменять конструкцию модуля СНЭЭ или полностью изменять алгоритмы работы, достаточно изучить номинальные режимы выбранного двигателя и внести их как исходные для системы управления. Например, на рисунке 4 представлена характеристика двигателя ЯМЗ-6502.10.

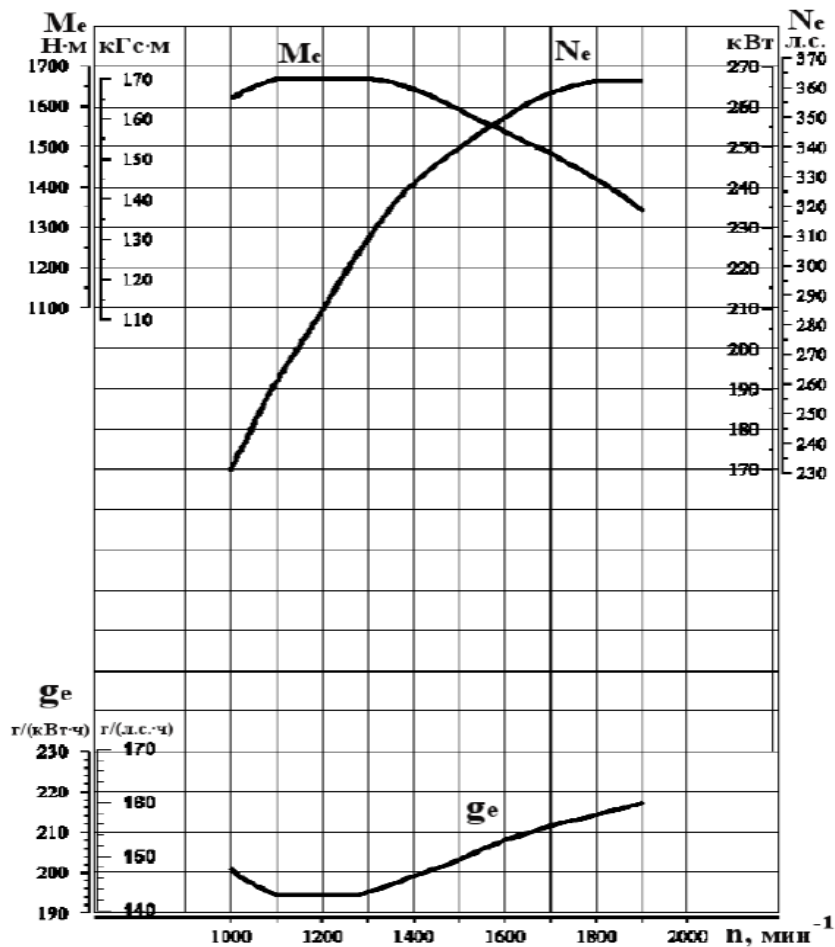


Рис. 4. Скоростная характеристика двигателя ЯМЗ-6501.10

При установке данного двигателя в ДГУ достаточно ввести в систему поддержание параметра, удовлетворяющего условию нагрузки на ДВС, таких как например – удельный расход топлива при подобранной величине частоты вращения ДВС.

Для СНЭЭ остаётся условие мощности и ёмкости. Эту задачу возможно решить путём создания модулей батарей с возможностью различного подключения – последовательного или параллельного. Таким образом можно регулировать мощность, ёмкость и характеристики используемых батарей.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В целом, дополнительное оснащение ДГУ модулями модуля СНЭЭ – не новое, но перспективное решение, позволяющее при той же энергоэффективности повысить долговечность двигателей, входящих в состав ДГУ. Данное решение особенно актуально, особенно для систем, которые находятся вне централизованных энергосистем. Самая эффективная реализация из рассмотренных – это система, состоящая из ДГУ, СНЭЭ и солнечных батарей, причем как с точки зрения энергоэффективности, так и с точки зрения поддержания работоспособности всей системы (электростанции).

Исходя из эффективного использования ресурсов двигателя, самым лучшим режимом работы признано управление, при котором устанавливается предварительно подобранный (номинальный) режим работы двигателя, при котором генератор практически не меняет своих режимов работы. При этом, количество запусков в и остановок ДВС, то есть моментов, в которых присутствует хоть и кратковременный, но максимальный износ шеек, сведены к минимуму. В совокупности, долговечность ДВС при использовании режимов на основе номинальных параметров повышается до максимальных значений, представленных производителем. Дополнительно отметим, что в связи с тем, что в разных ДГУ могут быть использованы различные ДВС, подбор оптимальных режимов рекомендуется проводить строго на основе режимов, рекомендованных производителем, в том числе с целью получения максимальной энергоэффективности.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Kuchak S.V. Autonomic Power Supply System Based on Diesel Generator Set and Storage of Electrical Energy from Li-ion Battery / 15th International conference on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2014, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia. 2014. 3p.*

2. *Voroshilov A.N., Khristolyubova A. I., Kuchak S.V. Diesel-Generator Set Working in Parallel with Electrical Energy Storage System / XIV international conference on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2013, LLC «Sistemy postojannogo toka», Novosibirsk, Russia. 2013. 5p.*

3. *Rabindra Maharjan, Feng Guo, Ratnesh Sharma. Control Strategy for Islanded Microgrid Integrating Renewable Energy With Storage and Diesel Generator / 2016 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Portland, OR, USA. 2016. 7p*

4. *Ram Niwas, Bhim Singh. Unity Power Factor Operation and Load Leveling of Diesel Generator Set using Battery Energy Storage System / 2016 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, Portland, OR, USA. 2016. 6p.*

5. Богачёв А.Н. Пояснительная записка к блочно-модульной системе накопления электроэнергии со сменными батарейными блоками для автономного энергоснабжения удаленных потребителей малой мощности / А.Н. Богачёв, А.Н. Ротанов. – М.,: ООО "Литэко", 2021. – 7 с.

6. Абрамов А. Ю. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры / А. Ю Абрамов, П.В. Богаченко, А.В. Куликов, И.Ю. Ряпин. – М.,: IDEА Библиотека, 2019. – 158 с.

7. Силовые агрегаты ЯМЗ-650 ЯМЗ-6501 ЯМЗ-6502 Руководство по эксплуатации

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ БИБЛИОТЕКИ**

*Барбошкина А.С., студентка 4 курса 31 группы ИИЭСМ, НИУ МГСУ  
Научный руководитель – Шилкина С.В., доцент каф. МиАС, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Библиотеки – здания социального назначения, это хранилища культурного наследия людей, хранилища знаний многих поколений. Главной задачей установок и автоматизации инженерных систем вентиляции и кондиционирования в здании библиотеки является поддержание благоприятных параметров воздушной среды помещений: температуры, влажности, содержания углекислого газа и других, а также обеспечение сохранности материальных ценностей библиотечного фонда для возможности использования разными возрастными группами населения. Библиотечные залы являются не только местом скопления сотен, а иногда и тысяч читателей, но и местом хранения большого количества книг. Предметом исследования в данной статье является разработка энергоэффективной системы приточно-вытяжной вентиляции с целью поддержания комфортного микроклимата помещений как для пребывания в них посетителей и персонала, так и для хранения книжного фонда библиотеки. В статье представлено исследование объекта управления, проводится сравнительный анализ разработанных вариантов, даётся технико-экономическое обоснование внедрения наилучшего энергоэффективного решения по автоматизации системы вентиляции библиотеки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Энергопотребление, приходящееся на долю жилых и административных зданий, (IEA/AIUC 49 1998) составляет в среднем 39% в 13 странах, участвующих в программе IEA "Энергосбережение в зданиях и коммунальном хозяйстве". В свою очередь, эта величина распределяется на административные здания примерно 38%. Энергия, потребляемая зданиями указанных категорий, расходуется в основном на обогрев и охлаждение помещений порядка 68%. Из составляющей энергозатрат, приходящейся на обогрев и охлаждение, 33% расходуется в системах вентиляции, включая затраты на нагрев инфильтрационного воздуха [1].

В данной статье объектом автоматизации является двухэтажная библиотека, располагающаяся в г. Санкт-Петербург. Важность обеспечения необходимых параметров микроклимата в библиотеке продиктована не только необходимостью обеспечения комфортного пребывания в ней посетителей и сотрудников, но особыми условиями хранения книг и документации (с контролируемыми параметрами влажности и температуры воздуха в помещениях архивов, читальных залов и так далее). СанПиН 2.2.4, СНИП 2.09.04.87 и 2.04.05.91 регламентируют условия работы сотрудников в подобных помещениях: влажность воздуха должна находиться в пределах 60% для диапазона температур 22-24 градуса; скорость движения воздуха должна составлять 0,1 м/с в помещениях всех категорий. Так, согласно СНИП 2.08.02-89, для библиотечных помещений и архивов предусматривается система рециркуляции воздуха. В помещениях соотношение объема воздуха к общему объёму подаваемого воздуха не должно превышать 10%, а также быть менее 20 м<sup>3</sup>/чел. Для читальных залов установлена температура в 18°C и интенсивность воздухообмена, кратная 20 кубометром в час на человека [2].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

#### **Энергетический баланс здания библиотеки**

Для определения существующей энергоэффективности здания библиотеки, необходимо произвести расчет энергетического баланса при следующих вводных данных: высота стены –



3,3 м., толщину наружных стен принимаем равной 400 мм, внутренних – 200 мм, перегородок – 100 мм. Размеры окон принимаются по оконному проёму. Для дальнейшего выполнения работы потребуются данные климатических характеристик района строительства [3]. Средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92:  $t_{нб} = -26^{\circ}\text{C}$ ; продолжительность отопительного периода:  $z_{от} = 220$  сут.; средняя температура наружного воздуха за отопительный период:  $t_{от} = -1,8^{\circ}\text{C}$ ; средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца:  $\phi_{хм}=84\%$ ; расчетная скорость ветра в холодный период года:  $v_{вн} = 3$  м/с; расчетная температура внутреннего воздуха для расчета системы отопления – минимальная из оптимальных в холодный период года:  $t_{в.от.} = 20^{\circ}\text{C}$ ; расчетная температура наружного воздуха в теплый период года по параметрам «А»:  $t_{нА}=22^{\circ}\text{C}$ . Общая площадь помещений –  $3231 \text{ м}^2$ . Отапливаемый объем –  $9693 \text{ м}^3$ . Площадь наружных стен без окон составляет  $857,4 \text{ м}^2$ . Расчетная энергетическая эффективность больше норматива на 9%, соответственно, необходимо ввести мероприятия по энергосбережению. Энергетический баланс приточно-вытяжной системы вентиляции с рекуператором для библиотеки представлен на рисунке 1 ниже:

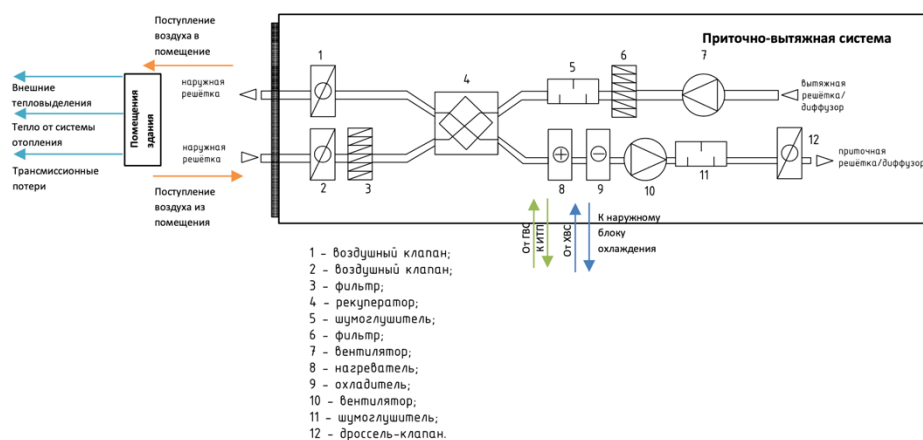


Рис. 1 Энергетический баланс приточно-вытяжной системы вентиляции

На рисунке 1 показана первичная энергия – тепло, подаваемое из ГВС на калорифер с горячей водой, а затем уводимое в ИТП; холодное водоснабжение, подаваемое от ХВС на кулер и уводимое к наружному контуру охлаждения, а также теплоснабжение, потери и затраты здания. Тепло от системы отопления – это теплотери помещений через наружные ограждения (окна, двери, углы) [4]. Проектирование системы автоматизации приточно-вытяжной системы требует большей проработки, использование в проекте различных контрольно-измерительных приборов и исполнительных механизмов приведет к повышению энергоэффективности и экономии тепло- и электроэнергии. А также требуется улучшить технические характеристики самого здания и оборудования системы теплоснабжения и водоснабжения. Для этого необходимо разработать и применить мероприятия программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Данная схема является распространенной и применяется, как и при проектировании жилых домов, так и муниципальных зданий. При этом, она не является энергоэффективной из-за большого расхода тепла на прогон воздуха по горизонтальным воздуховодам. Причина высокого уровня потребления тепловой энергии – не только низкое качество тепловой защиты ограждающих конструкций зданий, но и технологически устаревшее, часто физически изношенное оборудование, применяемое в традиционных системах отопления и вентиляции [5]. Для повышения эффективности использования энергии требуются разработка и внедрение энергоэффективных технологий, которые позволят задействовать потенциал вторичных и возобновляемых ТЭР для нужд теплообеспечения. Вместе с тем, обеспечивать воздухообмен в жилых/административных зданиях предпочтительнее за счет

централизованных вентиляционных систем. Для решения этих проблем предлагается система централизованной организованной приточно-вытяжной вентиляции ниже (рисунок 2).

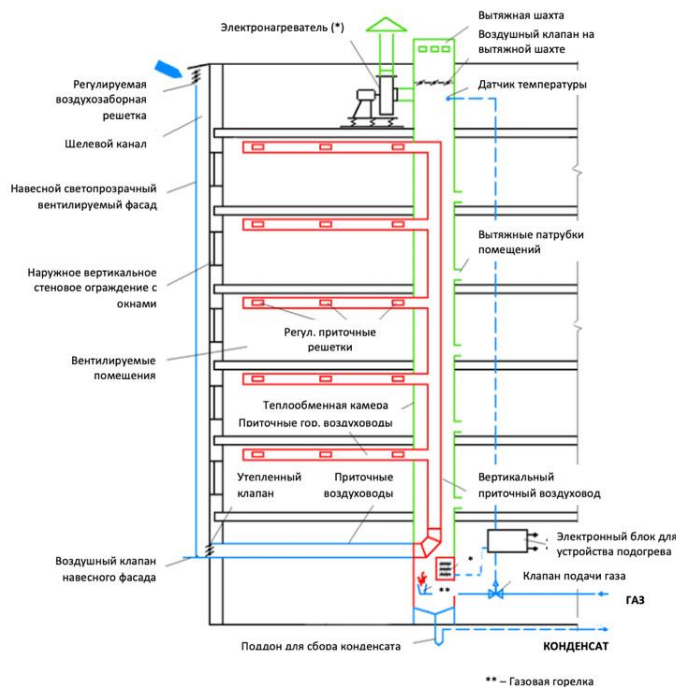


Рис. 2 Система вентиляции с естественной рециркуляцией

Данная система вентиляции с естественной рециркуляцией является максимально эффективной при применении в многоэтажных зданиях, но в этом случае эта система также имеет место быть как перспективный переход к более новаторским решениям [6]. Стоит отметить, что применение системы возможно из-за наличия у здания библиотеки светопрозрачных навесных фасадов, в которых и организуется щелевой канал для подачи приточного воздуха. ГОСТ 33079–2014 определяет светопрозрачные фасадные конструкции как «наружные несущие стены, состоящие из каркаса, крепежных элементов, уплотнителей и светопрозрачного и/или непрозрачного заполнения».

Для функционирования данной системы крайне важен показатель инсоляции, поскольку от солнечного облучения зависит нагрев поступающего воздуха. Максимальные затраты энергии на нужды отопления и вентиляции в отопительный период в зданиях с традиционными источниками энергии или в случае полного отсутствия солнечного облучения в зданиях с предлагаемой системой вентиляции составляют 14,71 Гкал (при нормируемом уровне утепления и 20,21 Гкал в зданиях без термореновации, то есть без достаточного утепления наружных конструкций у зданий из основного фонда).

В здании же с предлагаемой системой вентиляции в случае наличия устойчивого солнечного облучения максимальная экономия энергии на отопление и вентиляцию в отопительный период составит 12,40 Гкал при нормируемом уровне утепления и 6,30 Гкал в здании без термореновации (для домов с недостаточным уровнем утепления экономия энергии на отопление и вентиляцию в отопительный период получилась в 1,97 раза меньше, чем в домах с нормативным уровнем утепления). В случае применения предлагаемой системы вентиляции она будет работать экономичнее в два раза для здания с нормируемым уровнем тепловой защиты, чем для аналогичного по планировочной структуре здания постройки до 1993 г. Для данного здания такой вариант применим, так как оно было построено в 1997 и в ходе капитального ремонта в 2019 году было оснащено современным и необходимым уровнем утепления. Увеличение теплозащитных свойств ограждающих



конструкций происходит при одновременном использовании современных инженерных энергосберегающих методов и технологий в сочетании с компактной планировкой здания [7].

Чтобы понять, эффективно ли использование вентиляции с естественной рециркуляцией, произведем несколько расчетов. Располагаемый перепад гравитационного давления в системе возможно определить зависимостью (1.1):

$$P_e = 9,81 * h * (\rho_n - \rho_v), \text{Па} \quad (1.1)$$

где  $h$  – расстояние от интересующей нас горизонтальной плоскости до устья вытяжной шахты вентиляционной системы, м;  $\rho_n$  и  $\rho_v$  – плотность внутреннего и наружного (при +5 °С) воздуха. Таким образом,  $P_e = 3,48$  Па.

Помимо гравитационного давления весьма существенное влияние на аэрацию зданий оказывает и *ветровое давление*. Однако согласно СНиП П-33-75 при расчете естественной вентиляции принято учитывать только действие гравитационного давления, поскольку сила ветра непостоянна. Для рассматриваемой системы расчет перепада давлений показал, что внедрение системы вентиляции с естественной рекуперацией может быть целесообразно.

#### Расчет показателей энергоэффективности

Далее проведем табличный расчет потенциала энергосбережения электрической энергии для базового и нового вариантов. Стоит уточнить, что повышение энергоэффективности системы приточно-вытяжной вентиляции напрямую коррелируется с уменьшением расхода ХВС и ГВС, их расчет я не буду проводить в силу того, что влияние на эти показатели хоть и оказывается, но оно не значительно, приведу в пример основные ресурсы для расчета:

– Тепловая энергия: компания ООО «Энергогазмонтаж», тариф для 2 полугодия 2022 года: 1784,45 руб./Гкал;

– Электроснабжение: с сайта Администрации города Санкт-Петербург, одноставочный тариф для 2 полугодия 2022 года: 5,23 руб./ кВт\*ч.

– Газоснабжение природным газом: с сайта Администрации города Санкт-Петербург, 6979,93 руб./1000 м3.

При этом, природный газ рассматривается здесь дополнительно для дальнейшего расчета энергоэффективности варианта автоматизации, основанного на естественной рециркуляции и использующего подогрев природным газом в теплообменной камере вытяжной шахты вентиляции. Также стоит уточнить, что я привожу этот материал не только как пример автоматизации текущей системы принудительной приточно-вытяжной системы вентиляции, но и как пример замены этой системы на систему естественной рециркуляции воздуха для данного здания при условии, что на здании установлены светопрозрачные навесные фасады. Исходя из всего вышесказанного, для организации функционирования данной системы актуальнее рассчитывать экономию по газоснабжению. Здесь и далее базовый вариант приточно-вытяжной системы вентиляции будет обозначаться как БВ, вариант автоматизации системы – НВ, а вариант внедрения новой системы вентиляции с естественной рециркуляцией – НВ (2) [8].

Табл. 1. Капитальные затраты для трех вариантов системы вентиляции

Вариант	$K_{\text{тех}}$ , руб.	$K_{\text{куп}}$ , руб.	$K_{\text{тр}}$ , руб.	$K_{\text{инс}}$ , руб.	$K_{\text{эд}}$ , руб.	$K_{\text{об}}$ , руб.
БВ	130819	65409,52	49057,14	49057,14	32704,76	327 047,6
НВ	239707,8	119853,9	89890,43	89890,43	59926,95	719 123,4
НВ (2)	727030,8	363515,4	272636,6	272636,6	181757,7	1 817 577

В результате расчетов были получены прогнозные показатели, представленные в таблице 2.

Табл. 2 Прогнозные технико-экономические показатели для вариантов системы вентиляции

Год	Вариант	% индексации тарифов на энергоресурсы	Стоимость единицы ТЭР, руб./Гкал	Стоимость ТЭР в БВ/НВ после модернизации, руб./год	Амортизация, руб./год	Фонд заработной платы, руб./год	Расходы на сод. и эксплуат. оборуд., руб./год	С <sub>сип</sub> , руб./год
2023	БВ	4%	1 848,69	208 496,7	13 081,4	390 000	276 496,5	240 000
ИТОГО, руб./год				1 112 821,31				
2023	НВ	4%	1 848,69	94 569,34	22 867,8	250 000	139 847,3	240 000
ИТОГО, руб./год				720 838,00				

Результаты расчётов показали, что годовой экономический эффект от использования системы автоматизации НВ составит 325 005,28 руб., а срок окупаемости – 1,37 года, что ниже нормативного. Также в статье рассмотрен пример расчета показателей эффективности и окупаемости внедрения системы с естественной рециркуляцией НВ(2). По данному варианту расчеты показали, что по базовому варианту потребность в ТЭР у здания будет равняться 39 816 Гкал/год для обеспечения газоснабжения. Инвестиции по данному варианту составили 1 853 928,54 руб. Для приточно-вытяжной системы вентиляции с естественной рекуперацией НВ(2) срок окупаемости с учётом индексации составил 4,5 лет, показатель высокий в связи с необходимостью проведения монтажа нового оборудования и закладки всех видов работ с нуля, а также в связи с высокой стоимостью оборудования данного варианта.

Сравнительный анализ варианта автоматизации системы НВ и вариант внедрения новой системы с естественной рекуперацией НВ(2), а также расчет эффективности варианта внедрения новой системы НВ (2) не приводится в данной работе из-за того, что различаются используемые ресурсы: во варианте автоматизации НВ системы автоматизации используется теплоэнергия, а в новом варианте системы НВ(2) – природный газ, что делает расчет по предоставленной выше схеме нерациональным.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В зависимости от запросов потребителей услуг, в данном случае, речь может идти и об администрации города, можно будет реализовать систему автоматизации как на базе уже имеющейся системы, так и внедрить абсолютно новую систему, которая в дальнейшем позволит окупить вложенные в нее средства, позволит сэкономить энергетические ресурсы, и будет служить выполнению задач по поддержанию параметров микроклимата помещений здания.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Протасевич А. М.* Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна" / А. М. Протасевич. – Минск, Москва: Новое знание; Инфра-М, 2017. С. 285;
2. *Чалдаева Л. А.* Инновационное развитие российской экономики: стимулы и факторы роста / Чалдаева Л. А. – «Финансы и кредит» № 45, 2010. С. 5;
3. *Левчаев П.А.* Финансовое обеспечение и анализ хода реализации программ энергосбережения в регионе [Текст] / Левчаев П.А. – Журнал «Финансы и кредит» № 20 (500), 2012. С. 7;
4. *Самарин О. Д.* Гидравлические расчеты инженерных систем/ О. Д. Самарин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: АСВ, 2016. С. 132;

5. *Молодежникова, Л. И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / Л. И. Молодежникова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. С. 205;*
6. *Кузнецов, Ю. В. Энергосберегающие технологии и мероприятия в системах энергосбережения / Ю. В. Кузнецов, С. В. Федорова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. С. 356;*
7. *Клочко А.К. Инженерные системы зданий и сооружений в реставрации и реконструкции. Учебно-методическое пособие. / А.К. Клочко. – Москва. Издательство МИСИ-МГСУ, 2020. С. 24;*
8. *Обзор региональных программ энергосбережения// Общие сведения. URL: <https://bujet.ru/article/119915.php>.*

## **ПАРАМЕТРЫ ПРОГРАММ-СЛАЙСЕРОВ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ 3D ПЕЧАТИ**

*Варакин Д.А., студент 1 курса, группа 1мПР, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва*  
*Научный руководитель – Зорин В.А., заведующий кафедрой ПРАДМ, профессор, д.т.н.*

### **Аннотация**

В настоящей статье изучаются возможности внедрения аддитивных технологий в производство и находим наиболее эффективные методы аддитивного производства для промышленного применения. Проведен сравнительный анализ существующих технологий и сделан прогноз направлений развития аддитивных технологий в мире. Выполнен анализ экономических и статистических данных рынка аддитивных технологий для понимания дальнейшего развития данной области.

Несмотря на то, что аддитивные технологии находятся на стадии становления, результаты анализа показывают, что дальнейшие исследования в области внедрения аддитивных технологий необходимы. Ведь это новая и малоизученная область, в которой есть огромный потенциал для развития и применения в различных отраслях промышленности.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день исследование влияния программ-слайсеров на качество деталей машин, напечатанных на 3D принтере, является крайне важным в машиностроении. Аддитивные технологии (технологии послойного синтеза) представляют передовое направление цифрового производства, открывающее новые возможности для производства предметов, деталей, изделий на 3D принтере. Принцип работы прост: принтер считывает файл с компьютерной модели будущего изделия и последовательно наносит слои жидкого, порошкообразного, бумажного или иного материала. Эта технология нашла свое применение в быстром прототипировании и изготовлении изделий, позволяя легко повторять тестирование с последующей модернизацией объекта. Она также представляет недорогую альтернативу стандартным методам при создании мелкосерийных партий. Существует несколько видов аддитивных технологий, каждый из которых используется для решения разных производственных задач. Например, методы печати тонкими слоями, которые в несколько раз меньше человеческого волоса, применяются для прототипов ювелирных украшений и стоматологических протезов, а изготовление металлических деталей ракетных двигателей и самолетов происходит с помощью технологий для создания особо прочных объектов. Постепенно 3D печать внедряется в строительство. Преимущества технологий послойного синтеза - оперативность, экономия сырья на производстве и минимальное количество отходов, что делает ее еще более привлекательной для использования в различных отраслях. Несмотря на вышеперечисленное, стоит проблема в выборе программы

при 3D печати. Поскольку от этого будут зависеть свойства и структура изготавливаемой детали [1].

Решение данной проблемы позволит повысить качество изделий, изготавливаемых с помощью 3D печати по FDM технологии, путем оптимизации подбора программ-слайсеров при заданных параметрах

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Традиционное производство включает в себя большое количество технологических процессов, что влечет за собой увеличение сроков производства и стоимости, по сравнению с более коротким цифровым производственным процессом [2]. Аддитивные технологии – родовое название технологий, предполагающих изготовление изделия по цифровой модели (или CAD модели) методом послойного добавления материала. Изделие изготавливают послойно, шаг за шагом, путем формирования слоя материала, отверждения или фиксации этого слоя в соответствии с конфигурацией раздела модели САПР и соединения каждого последующего слоя с предыдущим. Модельные (строительные) материалы могут быть жидкими (фотополимерные смолы, воски и др.), сыпучие (песок, порошковые полимеры, металло-порошковые композиции), в виде тонких листов (полимерные пленки, листы бумаги и др.), а также в виде полимерной нити или металлической проволоки, расплавляемой непосредственно перед формированием слоя построения [3]. При использовании АФ технологии все этапы реализации проекта от идеи до материализации (в любой форме - в промежуточной или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепочке, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой системе CAD / CAM / CAE. На практике это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда в принципе не требуется изготовление деталей традиционной бумажной чертежной документации [4].

Для того, чтобы можно было достичь цели, существует ряд программ-слайсеров, которые могут помочь решить данный вопрос, такие как:

1. Ultimaker cura - универсальная программа для послойной нарезки моделей;

Плюсы:

- простой интерфейс;
- для начинающих есть встроенные шаблоны настроек;
- для продвинутых предлагаются тонкие регулировки параметров печати и скрипты-плагины;
- в список принтеров разрешено добавить самодельный экземпляр;
- отображает время печати и расход филамента.

Минусы:

- невысокое качество готового объекта при стандартных настройках;
- расширенные настройки сложны для начинающих.

2. Simplify 3D - профессиональная программа для работы с 3D-устройствами разных производителей [5];

- широкий список марок и моделей принтеров для подключения;
- конечный результат отличается качеством;
- стандартные и расширенные настройки, большой выбор инструментов и опций;
- дает возможность сформировать собственный шаблон;
- высокая скорость нарезки;
- поддержка нескольких экструдеров.

Минусы:

- для настройки принтера по марке требуется доступ в интернет и оплаченная лицензия;
- не русифицирован;
- высокая цена.

3. IdeaMaker - позиционируется разработчиками как программный продукт «выбери и печатай» [6].

Плюсы:

- понятный интерфейс;
- сохранение, импорт и экспорт профилей печати;
- удаленный контроль через Wi-Fi и управление несколькими печатающими устройствами;
- возможность резать крупные объекты на несколько частей.

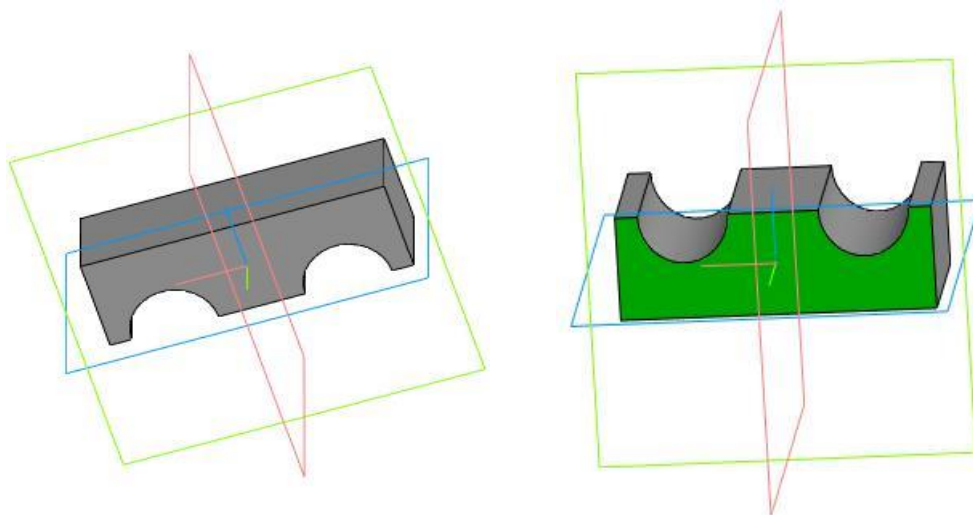
Минусы:

- из-за малой популярности ПО трудно найти помощь в сообществе пользователей.

Каждая из данных программ уникальна по-своему, но также есть что-то общее, что поможет изготовить деталь и понять в какой программе-слайсер самая большая востребованность. Для каждой программы будут задаваться одинаковые параметры, такие, как:

1. Толщина стенок;
2. Диаметр сопла;
3. Скорость печати;
4. Температурный режим;
5. Время изготовления.

На подготовительном этапе исследования принято рассмотреть изготовление зажимов для крепления гидравлической трубки верхней и нижней части (рисунок 1).



**Рис. 1.** Верхняя и нижняя часть зажимов для крепления гидравлической трубки

Целью исследования является повышение качества изделий, изготавливаемых с помощью 3D печати по FDM технологии, путем оптимизации подбора программ-слайсеров при заданных параметрах.

Для получения готовых изделий будет использоваться 3D Designer от компании Picaso — первый российский настольный 3D принтер. Это простое в использовании устройство позволяет создавать при помощи промышленного пластика АБС и экологически чистого пластика ПЛА реальные предметы на основе виртуальной 3D модели. В качестве материала будет использован Abs пластик [8].

АБС-пластик, это инженерный пластик, обладающий многими важными характеристиками, главной из которых можно назвать высокую ударопрочность, механическую прочность и жесткость [9]. По этим показателям пластиковые листы АБС

значительно превосходят даже ударопрочный полистирол, не говоря уже о других видах пластмасс (тот же лист ПП или полиэтилен, ПВХ) [10].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Применение 3-D печати позволяет с высокой эффективностью получать детали нормальной и высокой точности в очень короткие сроки. Представленные технологии позволяют улучшать качество производственных технологических процессов путем снижения трудоемкости, повышения качества продукции, снижения расходов и повышения экологичности, что впоследствии позволяет снизить затраты и повысить эффективность работы производства на предприятии.

Новые технологии производства оказываются особенно актуальными в сегментах, связанных с массовым покупателем, за счет чего повышается конкурентоспособность умных фабрик по производству автомобилей. Технология 3D-печати повысит экономический эффект, за счет большей производительности и гибкости производства 60-70%, 15–20% — за счет уменьшения процента брака, еще 10–15% — благодаря экономии на оплате труда сотрудников. Таким образом, 3D-печать нашла активное применение в машиностроении, 3D-печать не остановится на достигнутом, а станет революционным методом в решении сложных инженерных задач.

Что же касается разработок уже освоенных методов исследования влияния параметров программ-слайсеров, влияющих на качество деталей машин, изготовленных с помощью 3D печати, то проанализировав представленные в данной работе программы, можно обозначить следующие тенденции развития:

1. Большое количество деталей на автомобиль изготавливается на основании аддитивных технологий;
2. Широкая область применения аддитивных технологий в машиностроении;
3. Разнообразие материалов;
4. Удобство, большой выбор и функционал программ;
5. Влияние программы-слайсера на качество изготовления детали.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина, учебное пособие по аддитивным технологиям в машиностроении. С 86-89.
2. Шахабудинов, Н. (2019). Обзор технологии 3D-печати: технологии, материалы и области применения. ScienceDirect, С.1-11.
3. Рудской М.К. - 2016 - Аддитивные технологии (2). стр. 127
4. Виды автомобильных пластиков. URL: <https://kuzov.info/vidi-avtomobilnih-plastikov/>
5. Программы-слайсеры. URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/3d-obzory/chto-takoe-slayer/>
6. Функционал программ-слайсеров. URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/news/top-luchshikh-programm-slayerov-dlya-3d-pechati-v-2022-godu/>
7. Аддитивные технологии в действии. URL: <https://rostec.ru/news/additivnye-tehnologii-v-deystvii/>
8. Характеристики Picaso 3D Designer. URL: <https://picaso-3d.ru/ru/products/printers/picaso-3d-designer/>
9. Abs пластик. URL: <https://pplist.ru/infopolimer/abs-plastik/chto-takoe-abs-plastik.html>
10. Применение Abs пластика. URL: <https://www.hims.ru/articles/n9/>

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Волкова А.В., студентка 4 курса 30 группы НИУ МГСУ*

*Научный руководитель – Густов Д.Ю., зав. каф. МиАС, к.т.н., доцент*

### **Аннотация**

В работе рассмотрены вопросы проектирования системы, обеспечивающей автоматизацию технологического процесса производства асбестоцементных волнистых листов, в части проектирования системы диспетчеризации. В ходе работы были разработаны структурная схема, а также структура сети топологии mesh на основе полнофункциональных устройств поддержкой автоматической ретрансляции данных и сформирован алгоритм программной реализации управления системой диспетчерского контроля. Выполненная работа показывает, что предложенные решения соответствуют современному уровню развития систем автоматизации и могут быть взяты за основу для дальнейшего более детального решения поставленной задачи.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Повышение уровня и полноты систем автоматизации различных производственных систем могут рассматриваться как основной фактор технического прогресса применительно к большинству сфер производства. Внедрение систем диспетчеризации способно существенно повысить не только качество труда, но и его производительность. Процессы производства строительных материалов всегда сопряжены с точность соблюдения технологических процессов, что делает разработку систем их автоматизации актуальной.

В представленной работе рассматривается вопрос автоматизации технологического процесса производства асбестоцементных волнистых листов, в части проектирования системы диспетчеризации, которые обеспечивают: прием информации и мониторинг (отображение и регистрацию) состояния и параметров используемого оборудования; дистанционное управление, поддержание режимов работы и защиту, что связано в том числе с диагностикой большинства параметров работы системы (технологического процесса) в непрерывном текущем режиме и своевременным обнаружением отказов; а также обмен данными, формирование необходимых для эффективной и безопасной работы протоколов, и истории событий и действий оператора.

Решаемые производственные задачи направлены на увеличение скорости производства, сокращение затрат ресурсов и постоянную диагностику.

Цели и задачи системы заключается в непрерывном сборе, отображении и обработке показаний в режиме реального времени; удаленный контроль и управление процессами производства и формирование отчетов, а также единой базы технологических операций

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

При проектировании системы на начальном этапе была разработана структурная схема согласно ГОСТ 21.408-2013. Были определены уровни от нижнего к верхнему, при этом схема информационных потоков сформирована из нескольких необходимых уровней обработки и хранения информации: текущего, архивного и уровня КИС хранения.

Современные производственные системы большой протяженности могут быть построены по систем беспроводной передачи данных, что особенно важно для технологических процессов, связанных с высокими температурами, изменяемой влажностью и другими опасными факторам, характерными для отрасли производства строительных конструкций, материалов и изделий, когда проводные системы могут быть повреждены как механически, так и химически. Поэтому было решено использовать технологию развертывания mesh-сетей на основе полнофункциональных ZigBee Pro-модемов с учётом требований Решения ГКРЧ от 19 августа 2009 г. № 09-04-07 [1]. Такие системы обеспечивают ретрансляцию данных в автоматическом режиме, что особенно важно для

обеспечения работы систем учета, телемеханики и телеметрии. Примерная структура сети соответствующая описанной выше приведена на рис. 1. [2]

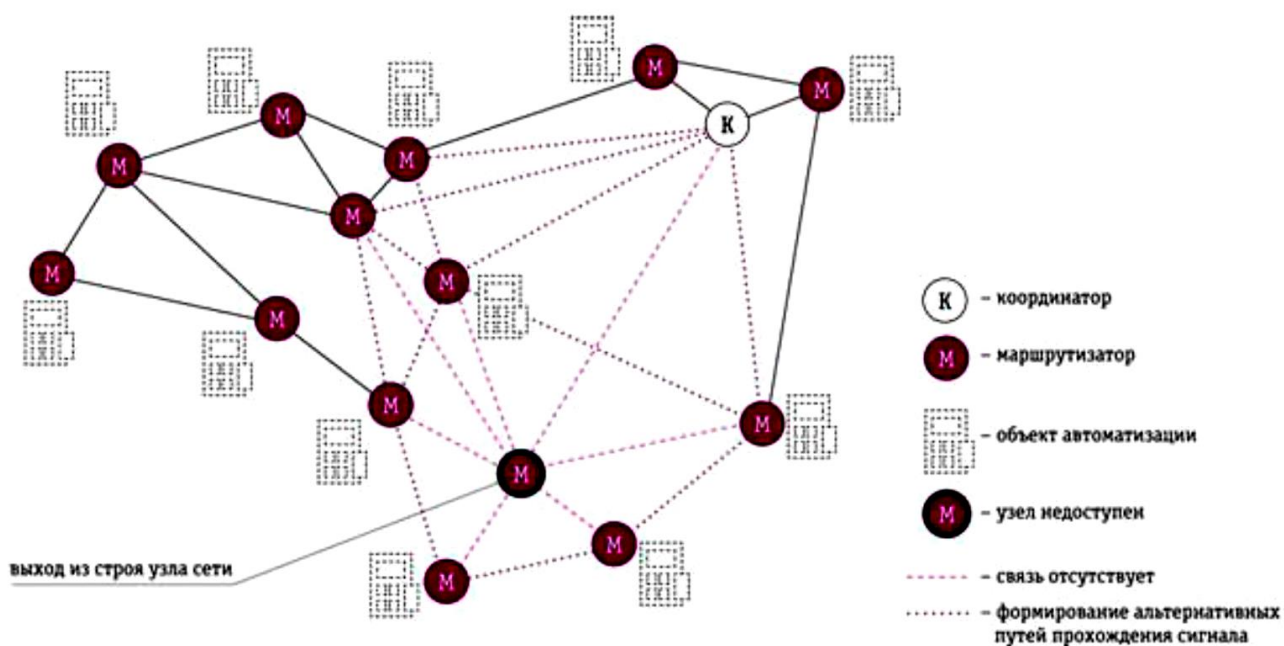


Рис. 1 – Структура сети топологии mesh, с использованием «маршрутизаторов» с автоматической передачей данных [2]

Персональная радиосеть ZigBee, обеспечивает дальность передачи сигнала, соответствующую требованиям разветвлённого производственного предприятия, обеспечивая пониженное энергопотребление, формируя при этом ячеистую структуру покрытия, характеризующуюся самоорганизацией и самовосстановлением.

Согласно возможностям передающего может быть широко используемый на практике алгоритм программного управления системой передачи данных (см. рис. 2).

Программа обеспечивает трехрежимный формат работы:

- сбор информации,
- генерация управляющих сигналов,
- выдача информации системе управления исполнительными устройствами.

Система может адаптироваться к большинству структур распределенных сетей, разнородному парку объектов промышленной автоматизации, управления, мониторинга и диспетчеризации. Это обеспечивается использованием стандартных решений и конструктивных исполнений как на уровне интерфейсов подключения к различным датчикам, в том числе охранно-пожарным.

Используемая индикация на базе светодиодов упрости процесс наладки работы оборудования и пуска его в эксплуатацию, и позволит в последующем проводить необходимый контроль за работой оборудования в простом визуальном режиме.

С целью детальной проработки проектируемой системы был определен ряд требований, среди которых требования по:

- техническому обеспечению (на базе существующей и распространенной элементной базы технических средств);



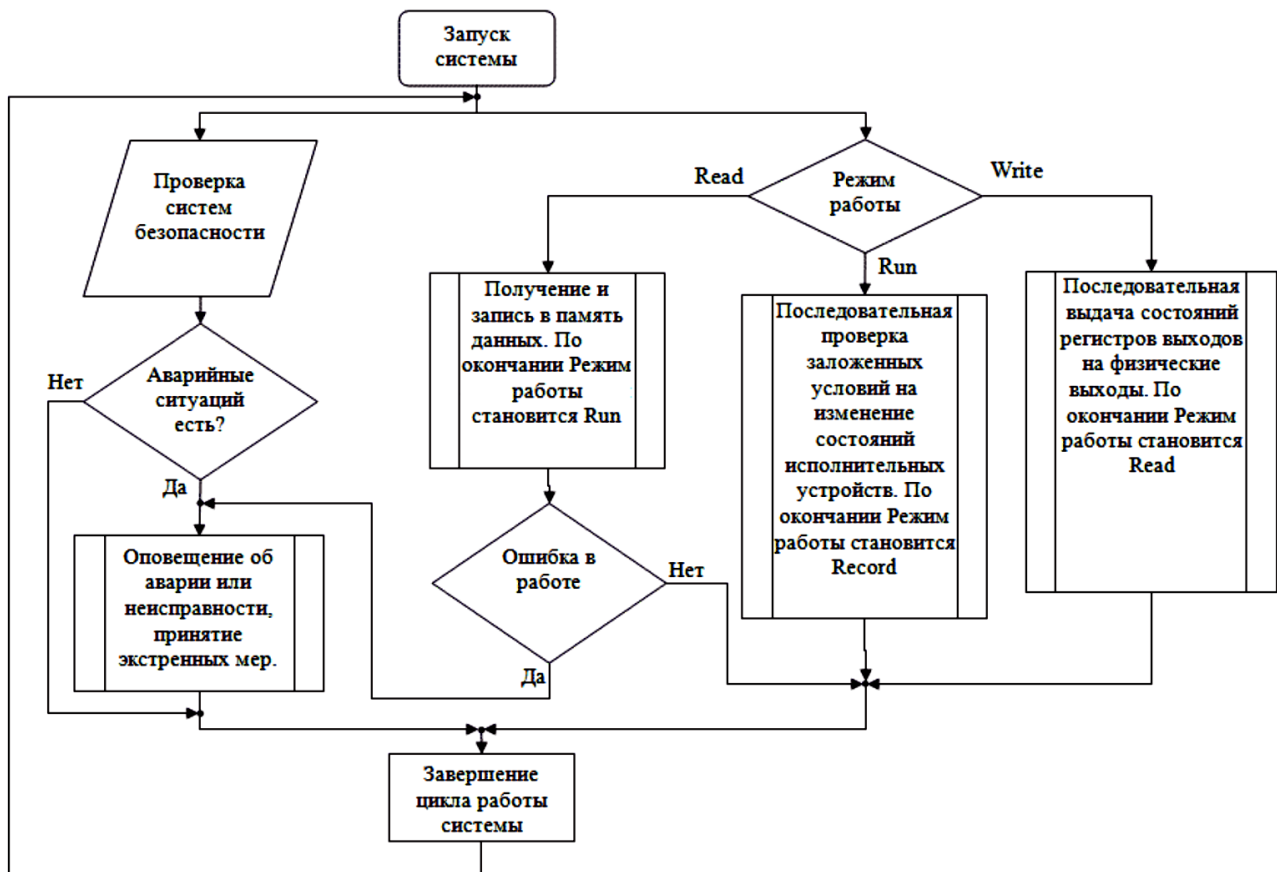


Рис. 2 – Типовой алгоритм программного управления системой передачи данных

- программному обеспечению (соответствие современному уровню развития программного обеспечения, согласно требованиям соответствовать стандарту МЭК 61131-3 [3] и включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки);
- метрологическому обеспечению (на базе существующей и распространенной элементной базы технических и метрологических средств);
- информационному обеспечению (соответствие современному уровню развития информационного обеспечения).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненной работы можно сделать вывод, что предложенные решения соответствуют современному уровню разработки систем автоматизации и могут быть взяты за основу для дальнейшей более детальной проработки системы автоматизации технологического процесса производства асбестоцементных волнистых листов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Решение* Государственная комиссия по радиочастотам (19.08.2009, № 09-04-07). URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/4031/> (дата обращения: 09.04.2023)
2. *Технология* развертывания локальных беспроводных радиосетей ZigBee в системах промышленной автоматизации и диспетчеризации URL: <http://www.analytic.ru/articles/lib393.pdf> (дата обращения: 09.04.2023)
3. *ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016* «Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135008/> (дата обращения: 09.04.2023)

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПОРТОВ. ВОПРОСЫ СТРАХОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ**

Дудолодов Р.Е., студент 4 курса, группа АЭМ-411 Академии водного транспорта РУТ (МИИТ).

Научный руководитель – Ганшкевич А.Ю., доцент каф. Водные пути, порты и портовое оборудование, к.т.н.

### **Аннотация**

В настоящей статье рассматриваются вопросы страхования производственных и инфраструктурных объектов и процессов технологических комплексов портов. Выполнен обзор законодательных актов РФ с определением основных категорий, по которым заключаются договора страхования в настоящее время. Автором рассмотрена схема принятия управленческих решений по эксплуатации технологического комплекса порта и его инфраструктуры, определено место страхования в этой схеме. Показаны возможные выгоды от более широкого внедрения страхования в практику эксплуатации объектов и процессов порта, приведены направления исследований, направленных на снижение страховых рисков и премий.

### **Введение**

В современных условиях санкционных ограничений и логистических связей требуется цифровая трансформация портов. Это подразумевает необходимость внедрения новых бизнес-процессов на основе цифровизации работы портов.

### **Основная часть**

В настоящее время – страхование стало неотъемлемой частью логистических процессов в порту. Страховые компании в основном заключают договоры страхования на следующие категории:

- Недвижимое имущество порта
- Гидротехнические сооружения порта
- Технологическое оборудование порта
- Железнодорожная инфраструктура порта
- Подвижной состав порта
- Грузы
- Персонал порта
- Суда
- Наземные транспортные средства

Существенными условиями договора страхования являются: страховая сумма, размер страховой премии, срок договора страхования, страховые риски. Для выбора оптимальных условий договора страхования необходимо обработать и проанализировать большое количество информации:

- О состоянии технологического оборудования с учетом истории его изменения
- О количестве оборудования
- О квалификации и опыте сотрудников, непосредственно осуществляющих эксплуатацию объектов порта

Как показывает практика, в настоящее время при страховании оборудования портов эти факторы не учитываются или учитываются не в полной мере.

В рисунке, представленном ниже, страхование представлено как фактор принятия решения блоком принятия решений (БПР) в плане использования объектов технологических комплексов (ТК) и их инфраструктуры (ИТК). Цифровая трансформация позволит упростить получение и использование информации, необходимой для определения существенных условий договоров страхования, что, в свою очередь, позволит владельцам более взвешено принимать решения по использованию оборудования и иных объектов инфраструктуры

порта. Цифровизация позволит быстрее обрабатывать информацию, что приведет к ускорению принятия правильных и рациональных решений, которые будут соответствовать условиям договоров страхования, а значит – уменьшит материальные потери порта по фактору страхования.



**Рисунок.** Страхование как фактор принятия решений.

Внедрение цифровой трансформации позволит потенциально уменьшить страховые риски при заключении договоров страхования с эксплуатантами портов, что повысит популярность страхования данных организаций. Потенциально, это приведет к большему покрытию расходов портов за счёт страховых выплат.

В качестве меры соблюдения договоров страхования можно использовать систему технического мониторинга оборудования в порту. Это позволит следить за техническим состоянием оборудования и потенциально избежать ответственности при авариях и инцидентах, так как данные мониторинга можно будет использовать в качестве доказательств со стороны порта. Использование технического мониторинга позволит представить порт как более безопасную и прозрачную логистическую площадку, что позволит ещё больше заинтересовать крупные страховые компании в договорах с портами.

#### **Заключение**

Для реализации цифровой трансформации необходимо определить контролируемые параметры объектов технологических комплексов и их инфраструктуры, процессов их эксплуатации, точность, объем и частоту их контроля, выбрать или разработать технические средства получения данных и принципы принятия решений на их основе.

#### **Список источников**

1. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» от 9.05.2017 №203.
2. "Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации" от 07.03.2001 N 24-ФЗ (ред. от 28.02.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 06.04.2023).

3. "Кодекс торгового мореплавания Российской Федерации" от 30.04.1999 N 81-ФЗ (ред. от 28.02.2023)

## ДИНАМИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ КВАДРАТНОГО УРАВНЕНИЯ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДА

Фадеев А.С., Ильина Е.А. Федоров М.П.

### Аннотация.

В статье рассмотрен метод моделирования остаточного срока службы газопровода по изменению пластичности и ударной вязкости металла, которые зависят от времени и режимов работы. Предложено применить метод квадратичной интерполяции с последующим нахождением корней квадратного уравнения. На основании данного метода построена вычислительная проблемно ориентированная модель, направленная на решение задачи прогнозирования надежности надземных и подземных газопроводов.

**Ключевые слова:** службы газопровода, изменение пластичности металла, ударная вязкость металла, квадратичная аппроксимация, квадратное уравнение, вычислительная модель

При эксплуатации газопровода необходимо с требуемой периодичностью проводить обследование и определять его остаточный ресурс. В инструкции по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов РД [1] описывается, методика оценки по деградиционным изменениям свойств металла труб. Особенность расчета остаточного срока службы газопровода по изменению пластичности и ударной вязкости металла заключается в его определении через квадратичную функцию от времени с учетом условий эксплуатации. В этом случае критическое время  $t_{кр}$  находится по пересечению квадратичной кривой (линия 1 рисунка 1) с постоянной величиной, характерной для используемого материала трубопровода (линия 2 рисунка 1). Остаточное время  $t_{ост}$  определяется как разность критического  $t_{кр}$  и фактического  $t_{ф}$

$$t_{ост} = t_{кр} - t_{ф}. \quad (1)$$

Фактическим временем считается момент времени, в который проводится расчет.

Таким образом, для моделирования остаточного срока службы газопровода необходимо найти решение квадратного уравнения относительно постоянной критической величины  $\sigma_{кр}$  в условиях нестационарности коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$ , численные значения, которых неизвестны, а известны статистические данные параметра  $\sigma$ .

$$at^2 + bt + c = \sigma_{кр} \quad (2^*)$$

По этим данным на основании известной методики [2, 3] с использованием известных данных можно определить коэффициенты квадратного уравнения:

$$a = \frac{(\sigma_3 - \sigma_1)(t_2 - t_1) - (\sigma_2 - \sigma_1)(t_3 - t_1)}{(t_3^2 - t_1^2)(t_2 - t_1) - (t_2^2 - t_1^2)(t_3 - t_1)}, \quad (2)$$

$$b = \frac{\sigma_2 - \sigma_1 - a(t_2^2 - t_1^2)}{(t_2 - t_1)}, \quad (3)$$

$$c = \sigma_1 - (at_1^2 + bt_1). \quad (4)$$

Подставим полученные выражения (2-4) в (2\*), решая которые получим корни квадратного уравнения.

$$t_{кр1} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4a(c - \sigma_{кр})}}{2a}, \quad t_{кр2} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4a(c - \sigma_{кр})}}{2a}. \quad (5)$$

Выполним численное моделирование путем реализации описанной методики в программной среде MatlabSimulink (рисунок 2). Для этого создадим подсистему Kvaдр\_interп, на вход которой подается постоянный сигнал с блока В2 и синусоидальный с

блока В1, имитирующий квадратичную зависимость. Остаточное время  $t_{ост}$ , на основании (1) формируется при помощи сумматора В3 и сигнала выводятся на блок В5.

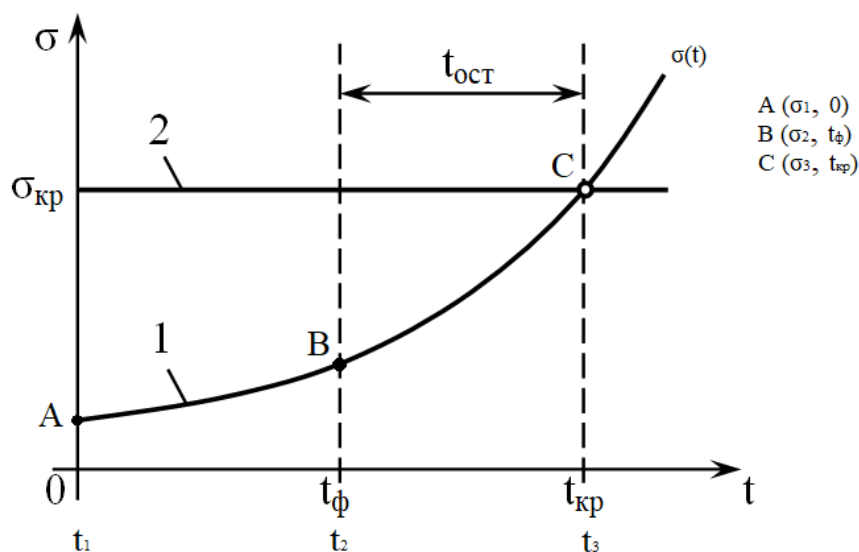


Рис. 1. График расчета фактического времени

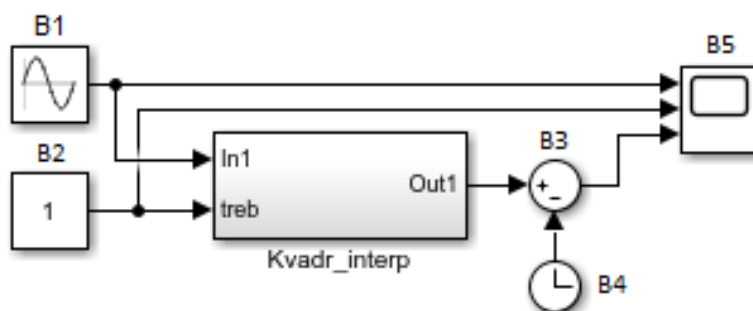


Рис. 2. Вычислительная модель нахождения остаточного срока службы газопровода

Подсистема Kvadr\_interp имеет два входа, один из которых «In1» используется для подачи текущего значения  $\sigma$ , на второй «treb», подается величина  $\sigma_{кр}$ . На выходе «out» формируется сигнал критического времени  $t_{кр}$ . Вычислительная модель подсистемы приведена на рисунке 3. В ней реализованы функции периодической фиксации сигналов  $\sigma$  в переменные  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$ , а также сигналов времени  $t$  в переменные  $t_1$ ,  $t_2$  и  $t_3$ . Периодичность записи задается с помощью генератора прямоугольных импульсов М1 и блоков запаздывания М2, М3.

Содержимое переменных формируется в матрице-векторе с помощью блока М4 и на основании выражений (2) – (4) с помощью блоков функций FcnF1, F2 и F3 определяются коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$  квадратного уравнения. Параметры Expressionблоков F1, F2 и F3 приведены в таблице 1.

По полученным коэффициентам  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и значению  $\sigma_{кр}$  (на основании выражений (5)) определяются корни квадратного уравнения. Выбор необходимого корня осуществляется с помощью переключателя М5, на выходе которого формируется критическое время  $t_{кр}$ . Параметры Expressionблоков F4 и F5 приведен в таблице 1.

В результате выполненных исследований вычислительной модели, показанной (рис. 2) получены графики, представленные на рисунке 4. Здесь зеленой линией характеризуется изменение сигнала  $\sigma$  в функции времени, синяя линия – значение  $\sigma_{кр}$ , красная – остаточное время  $t_{ост}$ .

Таблица 1

Имя блока	Expression
F1	$\frac{((u(6) - u(4)) * (u(2) - u(1)) - (u(5) - u(4)) * (u(3) - u(1)))}{((u(3)^2 - u(1)^2) * (u(2) - u(1)) - (u(2)^2 - u(1)^2) * (u(3) - u(1)))}$
F2	$\frac{(u(5) - u(4) - u(7) * (u(2)^2 - u(1)^2))}{(u(2) - u(1))}$
F3	$u(4) - (u(7) * u(1)^2 + u(8) * u(1))$
F4	$\frac{(-u(2) + \sqrt{u(2)^2 - 4 * u(1) * u(3)})}{(2 * u(1))}$
F5	$\frac{(-u(2) - \sqrt{u(2)^2 - 4 * u(1) * u(3)})}{(2 * u(1))}$

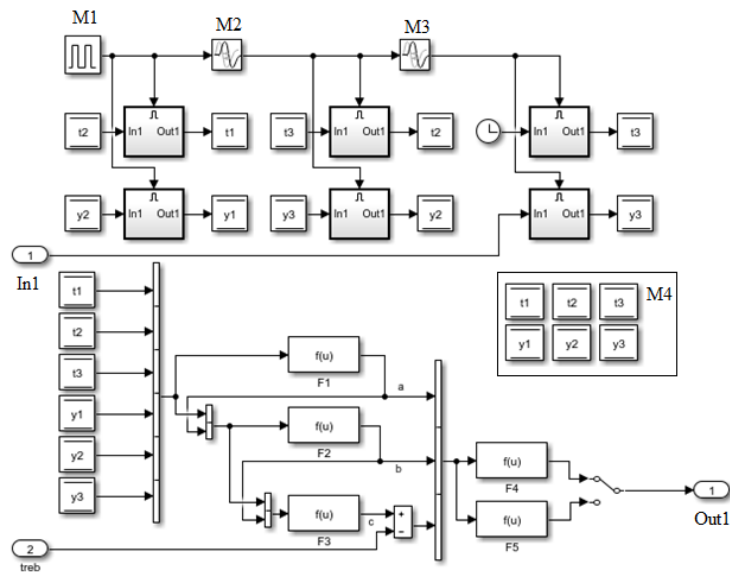


Рис. 3. Вычислительная модель подсистемы Kvadr\_interp

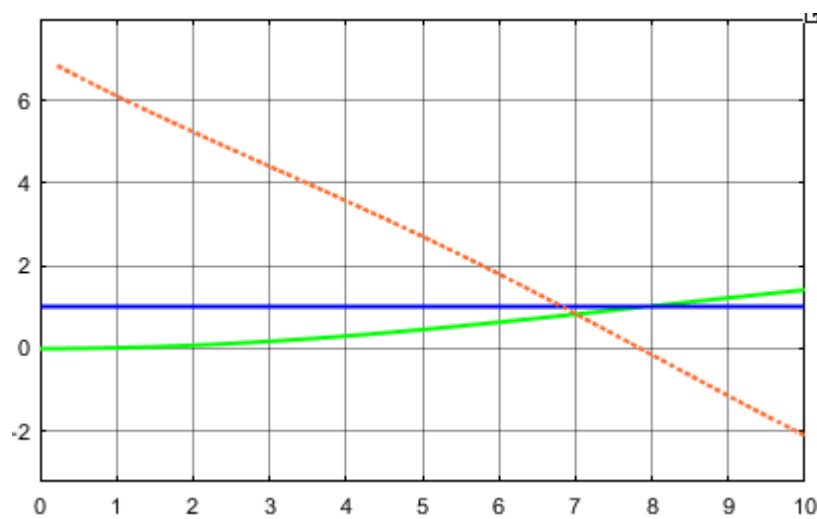


Рис. 4. Результат исследований вычислительной модели подсистемы Kvadr\_interp

При анализе полученных на вычислительной модели (рис.2) результатов (рис 4.) можно заметить, что при пересечении зеленой и синей линий графика красная проходит через ноль, т.е. до этого момента остаточное время было положительным и уменьшалось, а после этого момента стало отрицательным, показывая на сколько давно произошло пересечение линий. Также из графиков рисунка 4 видно, что значение остаточного времени имеет разрывы, т.е. значение в некоторые моменты времени отсутствует, что при работе такой подсистемы в общей системе управления надежностью трубопровода может привести к ошибкам. Для исключения возникновения возможных ошибок, а также возможности оценки работы синтезированной подсистемы с зашумленными значениями  $\sigma$ , имитирующими отклонения значений коэффициентов  $a$ ,  $b$  и  $c$  квадратного уравнения, вычислительная модель (рис. 5) дополненная блоком синусоидального сигнала В7 для наложения высших гармоник, и блоком имитации белого шума В6, добавлен фильтр В8 в виде аperiodического звена с постоянной времени сопоставимой с частотой генератора прямоугольных импульсов.

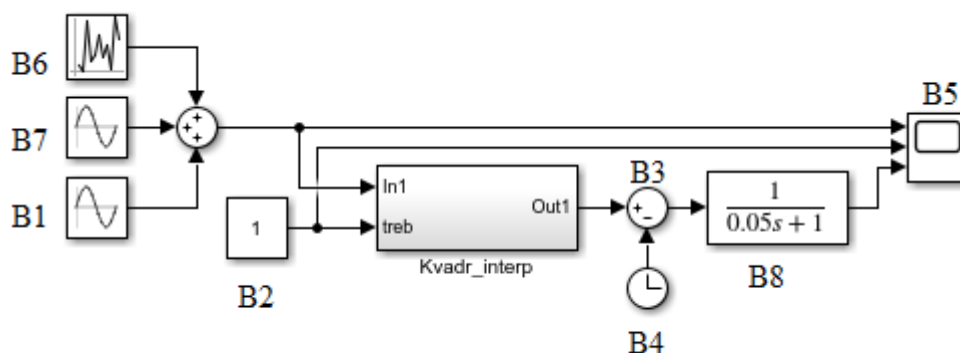


Рис. 5. Модернизированная вычислительная модель нахождения остаточного срока службы газопровода

Подсистема Kvadr\_interp (рис.3) модернизирована путём добавления ячейки памяти  $z$  для исключения разрывов выходного сигнала (см. рис. 6). Также в модель введем RS-триггер, обеспечивающий остановку записи значений в  $z$  при начале записи переменных  $y1 \div y3$  и  $t1 \div t3$  и возобновлении по окончанию этого процесса. Также в модель добавлен переключатель с начальным условием замены отсутствующего выходного сигнала единицей до момента времени 0,3 года.

Выполнены исследования на вычислительной модели (рис.5) в результате получены графики, показанные на рисунке 7. Здесь зеленой линией характеризуется изменение сигнала  $\sigma$  в функции времени, синяя линия – значение  $\sigma_{кр}$ , красная – остаточное время  $t_{ост}$ .

Анализируя графики можно отметить, что при пересечении зеленой и синей линий графика красная линия также переходит через ноль. Значение остаточного времени более не претерпевает разрывов и является непрерывной функцией времени.

При работе синтезированной подсистемы с зашумленными значениями  $\sigma$  подсистема показывает хорошие результаты, но случаются и ложные подходы графика к нулю. Например, в момент времени 6,8 лет.

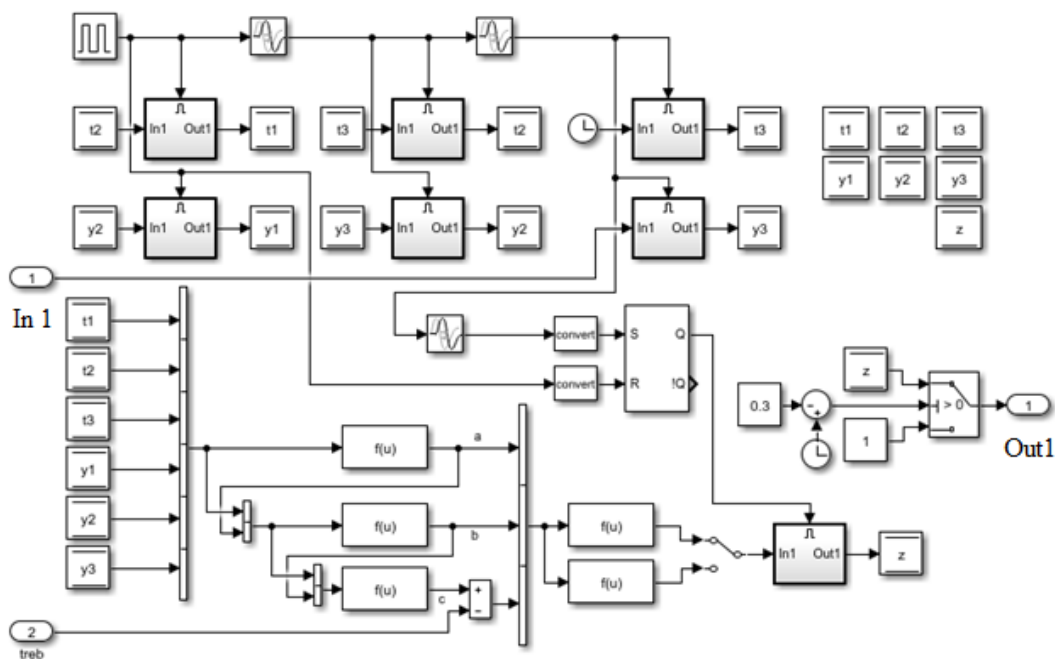


Рисунок 6 – подсистема Kvadr\_interp модернизирована путём добавления ячейки памяти

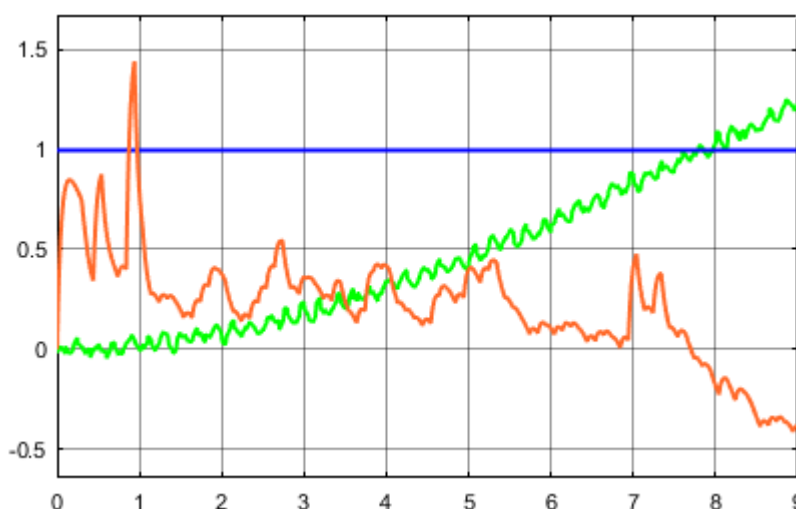


Рисунок 7 – результат исследований модернизированной вычислительной модели

Вывод. В работе синтезирована вычислительная модель подсистемы интерполяции входных зашумленных данных квадратичной зависимостью с последующим нахождением времени достижения критического значения входного параметра. Подсистема является проблемно ориентированной и направлена на решение задачи прогнозирования надежности надземных и подземных газопроводов.

#### Список источников

1. Руководство по безопасности. Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов / Пр. от 06.12.2017 №47 Ростехнадзора 2017. – 75 с.



2. Квадратичная интерполяция по трём точкам. URL: <https://erra.livejournal.com/266330.html> (дата обращения: 10.02.2023 г.).
3. Бабичева И.В., Болдовская Т.Е. Справочник по математике (в формулах, таблицах, рисунках): учебное пособие / И.В. Бабичева, Т.Е. Болдовская. – 2-е изд., исп. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 148 с.
4. Азметов Х. А. Прочность и устойчивость подземных трубопроводов / Х. А. Азметов, И. А. Матлашов, А. Г. Гумеров; под ред. А. Г. Гумерова. – СПб.: Недра, 2005. – 248 с.
5. Идрисова, Я. Р. Выбор модели взаимодействия трубопровода с грунтом при оценке напряженно-деформированного состояния [Текст] / Я. Р. Идрисова, В. П. Климов, Р. Х. Идрисов // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. – 2014. - Вып. 2 (96). – С. 126-133.

## **УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ MASA-Henke Maschinesfabrik**

*Мусин Е.С., генеральный директор ООО «ГИДРОХОУМ»*

*Научный руководитель – Шаранов Р.Р., д-р техн. наук, профессор, НИУ МГСУ*

### **Аннотация**

В стране идет активная постройка жилых домов, зданий и сооружений. Высокий темп строительства и максимальное количество сдачи объектов в эксплуатацию, требует также и максимальную скорость изготовления строительных материалов без потери качества.

На сегодняшний день наблюдается увеличение спроса на газобетонные блоки, которые используются при строительстве зданий, а именно при возведении стен для разделения помещения на несколько комнат. Предметом исследования является возможность увеличения выпуска количества газобетонных блоков. Для достижения цели, была поставлена основная задача увеличить скорость работы разделительной машины, не меняя ее конструкции и технологического процесса.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Промышленное изготовление строительных материалов является важнейшей отраслью для промышленного строительства. Одной из особенностей данного направления является, большое количество различных деталей, отличаются они друг от друга размерами и сложностью изготовления этих деталей [1, 2]. Для их изготовления в большом количестве необходимо увеличивать производственные мощности при помощи покупки нового или модернизации старого оборудования. Стоит принять во внимание, что покупка нового не всегда является быстрым решением для увеличения выпуска готовой продукции, так как для внедрения новых станков требуется масса капитала вложений, увеличения количества сотрудников и увеличения производственных помещений. Такой метод имеет место быть при долгосрочном планировании.

Так на одном из ведущих предприятий России, по изготовлению газобетонных плит был остро поднят вопрос по увеличению выпуска готовой продукции путем модернизации имеющегося оборудования. Один из основных узких мест был выявлен этап разделения этих плит после их разрезания по горизонтали и вертикали [3, 4]. Была поставлена задача изучить разделительную машину и увеличить скорость разделения плиты, что в конечном итоге приведет к увеличению выпуска готовой продукции.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Существуют различные разделительные машины, каждая машина отличается между собой конструктивными особенностями, типом управления, а также марками и странами производства. Разделительная машина производства *MASA-Henke Maschinesfabrik* (далее разделительная машина) немецкого производства, обладает следующими техническими параметрами:

мощность:  $P = 5,5 \text{ kW}$  400/660 V, 50 Hz;  
объемный поток:  $Q = 32 \text{ л/мин}$ ;  
макс. давление:  $p = 130 \text{ бар}$ ;  
продолжительность включения: ED = 100%;  
управляющее напряжение:  $U = 24 \text{ V}$ .  
Технические данные цилиндров:  
поворотный рычаг (2 шт) 50 / 28 x 260 мм;  
скорость выхода:  $v1 = 150 \text{ мм/сек}$ ;  
скорость входа:  $v2 = 130 \text{ мм/сек}$ ;  
сила выхода:  $F1 = 16 \text{ кН}$ ;  
сила входа:  $F2 = 11 \text{ кН}$ .

Разделительная машина см. рисунок, состоит гидравлического агрегата - 1, блока управления - 2, гидропривода - 3, цепь энергопитания - 4, гидравлический делитель потока - 5, инсталляция - 6, распределительная планка - 7, группа накопителя - 8.

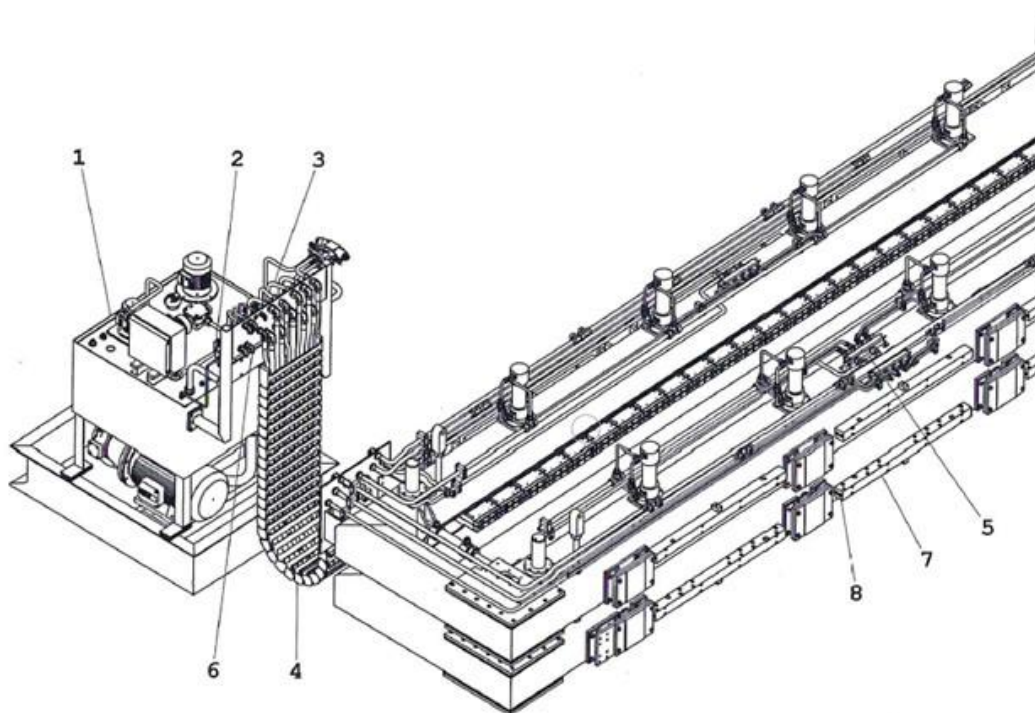


Рисунок. Разделительная машина

Модернизация разделительной машины обусловлена необходимостью увеличения скорости подачи гидравлической жидкости в систему, что приведет к более быстрому выдвигению гидроцилиндров.

Разработан следующий план модернизации:

1. Проверка системы управления на предмет компьютерного увеличения производительности. Зарубежные производители обычно выставляют настройки в пользу увеличения срока службы агрегата, снижая его производительность.

2. Проверить каждую группу цилиндров путем подачи всего потока в отдельно взятую группу гидроцилиндров и сделать контрольные измерения по скорости выполнения работы.

Если такой метод показывает более высокие результаты в скорости, можно сделать вывод о том, что в систему можно установить более производительный насос. Для его питания потребуются установка более мощного электродвигателя. Также, необходим перерасчет контура охлаждения и замена теплообменника на модель с большей площадью

охлаждения, так как работа на более высокой скорости будет приводить к более быстрому нагреву масла.

Предлагаемый способ модернизации – это установка дополнительной насос-моторной группы, бака и контура охлаждения. Дополнительный гидравлический агрегат будет установлен в помощь к основному насосному агрегату. Такой метод увеличения скорости будет более лёгким и дешевым за счёт простоты установки, потребуется менее производительный насос и менее мощный двигатель чем в первом случае, т. к. дополнительная машина будет работать «вместе» с основным приводом, а не «вместо».

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проделанного исследования можно сделать вывод, модернизация старого оборудования гораздо более эффективна в краткосрочном периоде, стоимость предложенной модернизации в разы ниже, чем в случае замены имеющегося оборудования, в связи с использованием стандартизированных узлов и механизмов средней мощности, предлагаемых на российском рынке в широком ассортименте, вместо специзделий повышенной мощности. При таком подходе гораздо быстрее будут достигнуты цели увеличения количества выпускаемых готовых изделий с минимальными потерями во времени и финансовыми средствами.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1981. 324 с.
2. 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.
3. 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.
4. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. М.: Альянс, 2009. 368 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ИНТЕГРАЦИИ КОНТРОЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Некрасов С. И., аспирант 2 курса, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева  
Научный руководитель – Горностаев В.И., доцент кафедры ТСМиО, к.т.н.*

### **Аннотация**

В статье рассматривается возможность внедрения современных IT-решений в транспортно-технологический процесс. Рассмотрены передовые информационные технологии, оказывающие положительный эффект на процесс. Предметом исследования является транспортно-технологический процесс. Цель данной работы заключается во внедрении контрольно-информационных систем. Задачи, поставленные для достижения цели, - анализ современных IT-решений, пути внедрения и оптимизация процесса за счет средств имитационного моделирования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Система функционирования транспорта, обеспечивает непрерывность работы предприятия. В свою очередь она формируется под влиянием группы факторов, определяющих состав и структуру парка, а также систему управления. Состав и структура формируется, исходя из объемов грузооборота и ресурсов, использующихся в процессе функционирования. По данным Транспортной стратегии Российской Федерации на период до

2030г., к 2030 году грузооборот автотранспорта общего пользования вырастет до 140 млрд. т-км (в 2015 году данный показатель составлял 95 млрд. т-км) [1].

Интеграция контрольно-информационных систем в конструкцию транспортных и технологических машин совершенствуется постоянно, в тоже время следует установить логику построения алгоритма передачи и приема информации в типовом формате, с учетом правил построения архитектуры блок-схем [2, 3].

Так в работе [4] предложено за целевую функцию принимать функциональную эффективность не только машины в целом, но и ее компонентов, при этом сочетая требования по обеспечению экологичности и безопасности эксплуатации (рис.1).

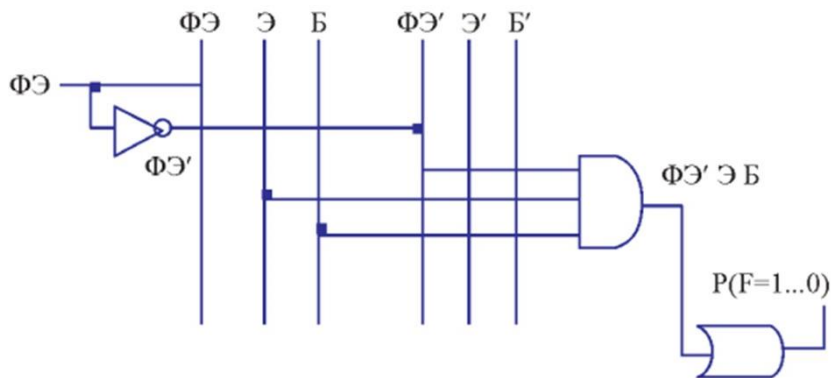


Рис. 1 Построение мультиплексной цифровой системы управления эксплуатацией транспортных и технологических машин с контролем: ФЭ- функциональная эффективность; Э – экологичность; Б – безопасность;  $P(F=1...0)$  – логико-вероятностная функция согласованности (фрагмент блок-схемы) [4]

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Логистические перевозки предполагают создание оптимальных условий доставки грузов, разработка маршрута, организация погрузочно-разгрузочных работ и подбор транспортного средства. В свою очередь вопрос информационной достаточности о качестве погрузки, состоянии транспортного средства, фактически способного перевозить заявленный груз остается в категории неопределенной информации, основная информация концентрируется на уровне заявленной производителем и зачастую учитывает фактических характеристик.

Дополнительно следует уточнить, что на рынке инновационных IT-решений встречаются некорректно составленные программы, проверить которые эксплуатанту не всегда представляется возможность. Также многие транспортные и технологические средства не оборудованы достаточным количеством систем автоматизации, что в совокупности приводит к различным проблемам, начиная со снижения функциональности, увеличения расходов (расходы содержания парка, на доставку, траты на ГСМ и др.), а в критических случаях возникновению нештатных и аварийных ситуаций (рис.2) [5, 6].

Всегда в процессе присутствует еще один человек – оператор перевозок, контролирующий все действия в процессе грузоперевозки. Принято считать, что в данной системе человек является “слабым звеном”.

Как показали проведенные аналитические исследования в рассматриваемом спектре решаемых задач эффективности перевозки различных грузов актуальным является применение качественного решения в части автоматизации управления транспортной и технологической машины, включив в конструкцию программно-аппаратных комплексов (ПАК).



Рис. 2 Нарушения в согласованности логистики с фактическим техническим состоянием транспортного и технологического средства может спровоцировать нештатную ситуацию, вплоть до тяжелых аварий

Применение данных комплексов позволяет решить задачу с выбором оптимальных решений, накоплением банка данных с целью адаптации к реальным условиям перевозок с учетом уже принятых ранее решений. Современные автоматизированные комплексные программно-аппаратные решения нашли широкое применение по диспетчеризации транспорта, мониторингу, управлению и при решении прочих коммерческих задач.

Следует выделить уникальные преимущества ПАК'а, такие как:

1. Снижение воздействия человеческого фактора при принятии случайных решений
2. Неограниченное количество пользователей использующих одновременно возможности облачной платформы
3. Собственная библиотека данных, с помощью которой мы насыщаем нейронную сеть правильными решениями
4. Большой объем контролируемых параметров и факторов
5. Облачный сервер с возможностью производить вычислительные задачи и сравнивать результаты с реальной обстановкой с целью оперативной корректировки
6. Наличие нескольких серверов для хранения отчетов и воспроизведения ситуаций, а также для бесперебойной работы

Удаленный контроль за всем списочным составом для эксплуатирующих организаций, осуществляющих перевозки, помогает повысить качество доставки и управляемость процессов. Контроль осуществляется удаленно, оператор производит мониторинг и корректировку и в случае возникновения экстренной ситуации и принятые решения с алгоритмом факторных воздействий сохраняются в библиотеке базы данных, для последующего изучения и при необходимости корректировки самих алгоритмов.

Формирования библиотеки решений позволит применить один из передовых методов оптимизации, а именно технологии имитационного моделирования. Имитационные модели бизнес-процессов создают виртуальный объект для оценки их эффективности и прогнозирования, как будет выполняться процесс с входными данными, не встречавшимися до сих пор в реальной работе предприятия [7].

Имитационные модели бизнес-процессов могут быть запущены на специальном программном обеспечении для автоматизации процесса с учетом факторного многообразия формируемых условий для модели. Данный продукт разработан в программной среде AnyLogic, фрагмент визуализации процесса представлен на рис.4 [8].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе проведенного исследования установлено, что применение современных методов оптимизации транспортно-технологических процессов, а именно ПАК'ов позволит снизить затраты, рационально распределять производственные ресурсы, уменьшить вероятность выбора неправильных решений оператора путем формирования базы решений и моделированию ситуаций.



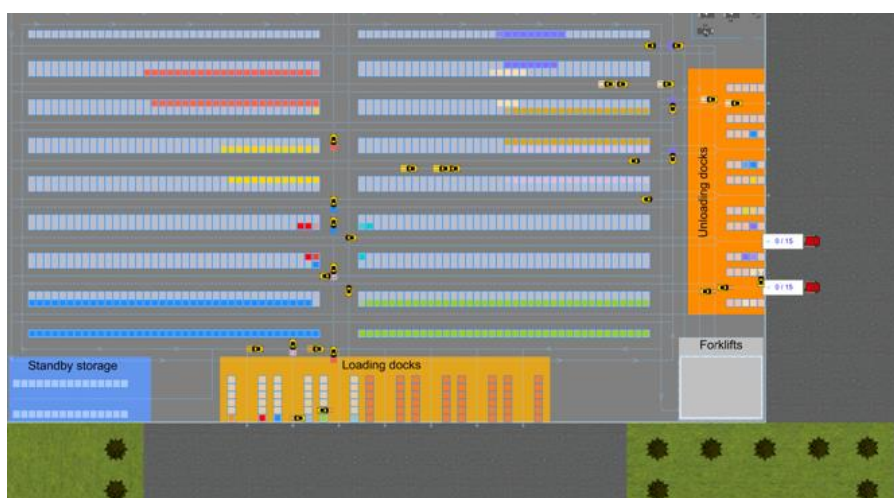
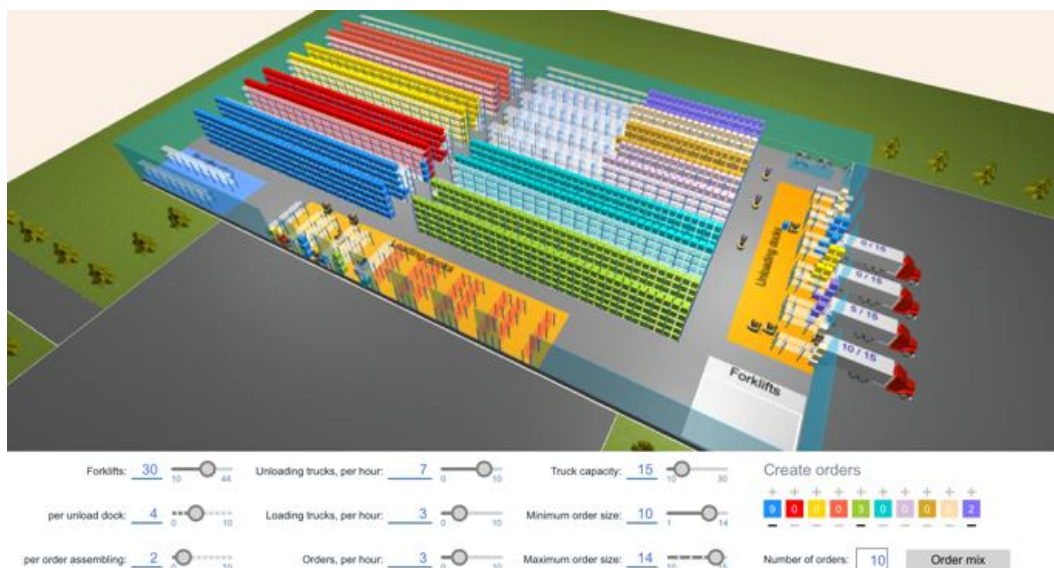


Рис. 3 Пример работы имитационной модели погрузо-разгрузочного терминала

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Горностаев В.И.* Повышение эффективности эксплуатации парка машин в природообустройстве с помощью информационно-экспертных систем : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2018. – 202 с.
2. *Новиченко А.И., Горностаев В.И.* Информационное обеспечение транспортного процесса в организациях агропромышленного комплекса // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 12 февраля 2015 года. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – С. 239-242.
3. *Фоменко Ю.В., Севрюгина Н.С., Вертнов А.Л.* Транспортная логистика как эффективно функционирование и развитие деятельности предприятия строительной отрасли // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сборник докладов (XIX научные чтения), Белгород, 05–08 октября 2010 года. Том 3. – Белгород, 2010. – С. 263-265.
4. *Севрюгина Н.С., Рузанов Е.В., Матвеев М.А., Апатенко А.С.* Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года. – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и

технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 378-383..

5. Венцель Е.С., Севрюгина Н.С. Методы оценки технической безопасности строительных, дорожных и других машин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – № 63. – С. 56-61.

6. Фомин А.Ю., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Система управления устойчивостью полуприцепа // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 8(302). – С. 12-16. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-8-12-16.

7. Евграфов В.А., Новиченко А.И., Подхватилин И.М. [и др.] Формирование технологического комплекса машин в мелиоративном строительстве с помощью имитационного моделирования / // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – № 3-4. – С. 44-50.

8. Некрасов С.И. Разработка программно-аппаратного комплекса для рационального распределения и контроля целевого использования производственных ресурсов в АПК // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 12–13 мая 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 373-376.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРЕБНЕСМАЗЫВАТЕЛЯ КОЛЕС МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Соболев Глеб Александрович, студент, Академия водного транспорта РУТ (МИИТ), E-mail: gl.sobolev2018@yandex.ru,*

*Загряднов Равиль Разинович, к.т.н. доцент, Академия водного транспорта РУТ (МИИТ), E-mail: ravilzagr.1962@yandex.ru*

**Аннотация.** Гребнесмазыватели колес по рельсам кранового пути является одним из основных показателей снижения изменения геометрии реборды колеса крана и рельса пути, снижаются затраты на техническое обслуживание портального крана, увеличиваются сроки эксплуатации трущихся частей колеса и рельса.

**Ключевые слова:** гребнесмазыватель колеса, смазывающие элементы, рельсы кранового пути.

### **Введение**

В данной статье производим исследование на повышение эксплуатационное время реборд колес и рельс кранового пути портального крана при использовании гребнесмазывателя.

### **Основная часть**

Рассмотрен вопрос обоснования установки гребнесмазывателей, схема которого показана на рис.1, на колеса механизма передвижения крана, путем проведения анализа. Изучены разные источники информации, технической литературы и исследований с целью изучения положительного влияния гребнесмазывателя на износ колес, их изготовлению, надежности и трудоемкости, точности установки, а также их стоимости. Результаты исследования показали, что основным критерием выбора гребнесмазывателя является геометрические размеры колеса и условия эксплуатации крана.

I. Причины использования гребнесмазывателя и его положительные стороны [1,2].

Пара трения «реборда колеса-боковая поверхность рельс» являются сложнейшей парой трения, которая ставит перед нами порой взаимоисключающие задачи, т.к. условиями работы

зоны контакта являются:

1. Нагрузки, возникающие в точке контакта, варьируются от нуля (отсутствие контакта) до максимально возможных (задир). Следовательно, для каждой зоны нагружения оптимально подходит свой тип смазки – жидкая, консистентная, твердая фаза;

2. Жесткое требование к отсутствию смазывающих веществ на головке рельса – дорожке качения;

3. Широкий диапазон внешних факторов: температура окружающей среды, влажность, запыленность, ограничение зоны контакта и т.д., Кроме того, система смазки должна иметь простую конструкцию, быть надежной в эксплуатации, экологически чистой, дешевой и эффективной во всем диапазоне нагрузок и действия внешних факторов.

Данное решение позволяет:

1. Получить гарантированную величину слоя вещества благодаря хорошей адгезии;

2. Исключить попадание вещества на дорожку катания колеса;

3. Получить гарантированное наличие в смазочном слое любого сочетания любых компонентов в любом физическом виде;

4. Практически исключить влияние внешних факторов (температура, влажность, запыленность и т.д.);

5. Получить саморегулируемость системы смазки: при отсутствии контакта реборда колеса-рельс происходит проскальзывание карандаша относительно нанесенного слоя благодаря находящейся в составе нанесенного слоя жидкой фазе. При выработке слоя после контакта реборда колеса-рельс происходит его быстрое восстановление до определенной величины (насыщение);

6. Минимизировать затраты по изготовлению и монтажу установки, так как подача карандаша осуществляется по простейшей механической схеме;

7. Получить высокую эффективность применения благодаря охвату всего диапазона нагрузок;

8. Увеличить надежность и безопасность эксплуатации портального крана;

9. Минимизировать затраты на расходные материалы – смазывающие карандаши;

10. Снизить затраты по обслуживанию системы;

11. Обеспечить экологическую чистоту.

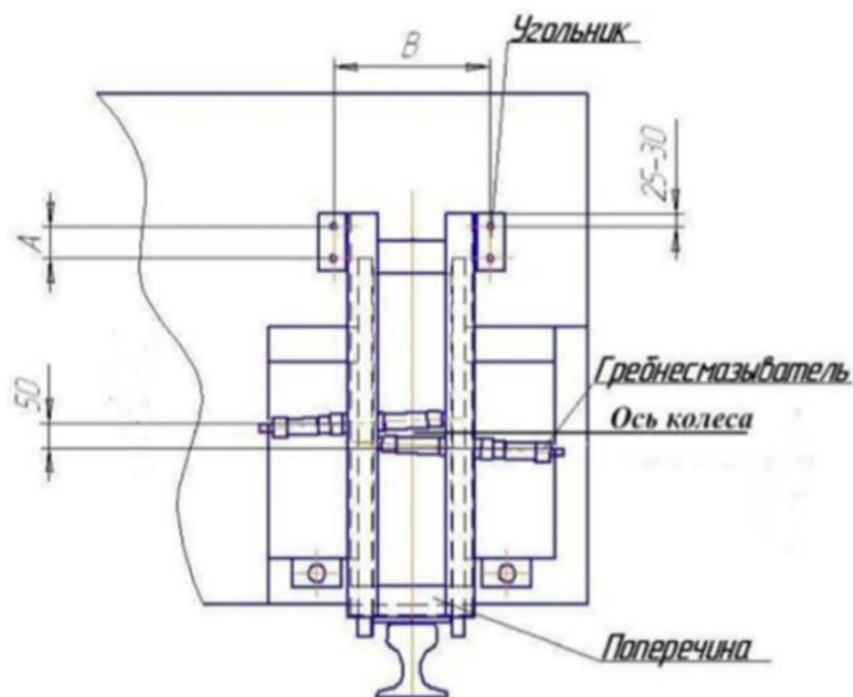


Рисунок 1. Схема установки гребнесмазывателя.



Недостатки:

- Образование на ребордах колес чрезмерно толстого слоя смазки (визуально скопление смазки вне зоны контакта реборды колеса и рельса)

- ТСЭ (тип смазывающего элемента) застрял и не смазывает реборду.

Новизна изобретения заключается в сочетании специальных смазочных карандашей и супер-смазки. В смазывающих карандашах, не соприкасаясь между собой, могут находиться несколько любых веществ в разных состояниях (жидкая, твердая, консистентная смазка, ревитализанты, металлокерамические и металлоплакирующие присадки, мелкодисперсные порошки и т.д.) в зависимости от поставленной задачи.

Применяя карандаши для смазки реборд крановых колес гарантирована требуемая толщина смазывающего слоя, играющего роль «третьего тела», разделяющего реборду и боковую поверхность рельса [3].

Универсальная система позволяет путем комбинации различных компонентов в любых количествах и фазах (состояниях) в смазочном карандаше достигать максимального эффекта.

Средства, вложенные в гребнесмазыватели крановых колес, окупаются в течение 1 месяца эксплуатации и в течение года могут принести 10-ти кратную прибыль, разгрузить производственные мощности, задействованные в обработке колес и высвободить обслуживающий персонал [4].

II. Виды гребнесмазывателя и их выбор, таблица 1.

В зависимости от конструкции крана существует несколько типов гребнесмазывателей: - тип 1: ГРС-1 для реборд колес с высотой реборды более 20 мм. и расстоянием от внутренней реборды до выступающих частей здания (галереи) более 500 мм.

- тип 2: ГРС-2 для реборд колес с высотой реборды более 20 мм и расстоянием от внутренней реборды до выступающих частей здания (галереи) от 350 - 500мм.

- тип 3: ГРС-3 для реборд колес с высотой реборды менее 20 мм. и расстоянием от внутренней реборды до выступающих частей здания (галереи) более 360 мм.

Таблица 1 - Характеристика гребнесмазывателя

Параметры	Тип 1: ГРС-1	Тип 2: ГРС-2	Тип 3: ГРС-3
Длина фактическая, мм.	395	295	305
Диаметр, мм.	42	42	33
Масса, кг.	2	1,5	0,75

В зависимости от условий эксплуатации крана (рабочая температура в зоне работы оборудования) [5], существует несколько типов смазывающих элементов (далее по тексту ТСЭ), ТУ 0254-001-15042719-2008, приведенных в таблице 2.

III. Требования к безопасности монтажа, эксплуатации, осмотр смазывающего узла и замену смазывающих стержней должен производить обученный и аттестованный персонал, в соответствии с нормами, изложенными в инструкции по охране труда для слесарей по ремонту и обслуживанию грузоподъемных машин [6], и в правилах по охране труда при работе на высоте [7].

### **Заключение**

Использование гребнесмазывателя повышает эксплуатационное время реборд колес и рельс кранового пути порталного крана.

Таблица 2 - Виды смазывающих элементов и подбор

Тип	Марка	Размер L/Ø, мм	Масса, кг.	Для использования в устройстве	Максимальный эффект при t эксплуатации
ТСЭ-01	ТСЭ-01- 180x19	180/19	0,052	ГРС-01	от -10 до +35°С*
ТСЭ- 01	ТСЭ- 01- 135x19	135/19	0,040	ГРС-02	
ТСЭ-01	ТСЭ-01- 135x12	135/ 12	0,015	ГРС-03	
ТСЭ-02	ТСЭ-02- 180x19	180/19	0,052	ГРС-01	от +65 до +80°С
ТСЭ- 02	ТСЭ- 02- 135x19	135/19	0,040	ГРС-02	
ТСЭ-02	ТСЭ-02- 135x12	135/12	0,015	ГРС-03	
ТСЭ-03	ТСЭ-03- 180x19	180/19	0,052	ГРС-01	от +35 до+45°С
ТСЭ- 03	ТСЭ- 03- 135x19	135/19	0,040	ГРС-02	
ТСЭ-03	ТСЭ-03- 135x12	135/12	0,015	ГРС-03	
ТСЭ-04	ТСЭ-04- 180x19	180/19	0,052	ГРС-01	от +45 до+55°С
ТСЭ-04	ТСЭ-04- 135x19	135/19	0,040	ГРС-02	
ТСЭ-04	ТСЭ-04- 135x12	135/12	0,015	ГРС-03	
ТСЭ-05	ТСЭ-05- 180x19	180/19	0,052	ГРС-01	от +55 до +65°С
ТСЭ-05	ТСЭ-05- 135x19	135/19	0,040	ГРС-02	
ТСЭ-05	ТСЭ-05- 135x12	135/12	0,015	ГРС-03	

#### Список источников

1. RU 123745 U1. Путьевой гребнесмазыватель. ОАО "Российские железные дороги" (RU) Бирюков А. Г.
2. Улучшение условий функционирования фрикционной системы «колесо-рельс». разработка госта для определения трибологических характеристик твердых смазочных материалов. Ростовский государственный университет путей сообщения, 2011 И.В. Колесников, А.М. Лубягов, Э.Э. Фейзов, В.А. Фейзова, А.А. Александров.
3. Руководство по монтажу и эксплуатации гребнесмазывателей мостовых кранов. ООО «Интелл Росс» г. Екатеринбург 2018г.
4. Техничко-экономическое обоснование применения систем смазки гребней колес локомотивов спп 12-5 в условиях промышленных предприятий. ООО "ЮГТЕХНОТРАНС", 2009
5. ГОСТ 32577-2013. Краны грузоподъемные. Краны порталные. Общие технические требования.
6. ТИ Р 015-2000. Типовая инструкция по охране труда для слесарей по ремонту и

обслуживанию грузоподъемных машин. Разработан: ВНИИМС. Утвержден: 17.03.2000 Минтруд России.

7. Приказ Минтруда России от 16.11.2020 N 782н "Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте". Зарегистрировано в Минюсте России 15 декабря 2020 г. N 61477

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПОРТОВ. ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Черняк О.А., студентка 4 курса группы АЭМ-411 Академии водного транспорта РУТ (МИИТ)

Научный руководитель – Ганшкевич А.Ю., доцент каф. Водные пути, порты и портовое оборудование, к.т.н.

### **Аннотация**

Одним из наиболее важных вопросов при эксплуатации технологических комплексов портов является вопрос технической эксплуатации перегрузочного оборудования. Перегрузочное оборудование представляет собой сложные технические системы, которые подразумевают систематическое обслуживание и ремонт. Цифровые технологии могут упростить и оптимизировать процессы обслуживания и ремонта оборудования, повысить уровень безопасности и снизить риски аварийных ситуаций. Основная цель цифровизации технологических комплексов портов заключается в повышении эффективности и безопасности работы порта за счет использования современных цифровых технологий.

### **Введение**

В современных условиях санкционных ограничений и нарушения логистических связей требуется цифровая трансформация портов. Это подразумевает необходимость внедрения новых бизнес-процессов на основе цифровизации работы портов.

### **Основная часть**

В настоящее время ресурсы используются не оптимально и нужен системный подход, в котором могут помочь грамотная расстановка объектов по местам работы, применение страхования и анализ системы эксплуатации и ремонта.

В существующих продолжительное время организациях, как управления механизации (далее – УМ), причиной простоев техники являются в основном частые поломки из-за изношенности парка машин, низкого уровня организации технической эксплуатации (далее – ТЭ). С переходом к рыночной экономике система технической эксплуатации в УМ не только не претерпела существенных положительных изменений, но и значительно утратила свой потенциал и ресурсы. [1]

Принятие решений с учетом факторов технической эксплуатации подразумевает учет параметров, определяющих состояние оборудования, истории событий (аварий, инцидентов, ремонтов и др.) с участием оборудования на всех этапах принятия решений. В приведенной блок-схеме (рисунок 1) представлена информация о том, как используются физические объекты (далее – ФО), взаимодействуя с технологическими комплексами (далее – ТК) и инфраструктурой технологических комплексов (далее – ИТК). Для обеспечения эффективности рабочих процедур необходимо связать процессы технической эксплуатации ТЭ физических объектов с процессами применения их по назначению в составе ТК и его инфраструктуры. Эта связь может быть обеспечена использованием автоматизированных систем контроля, учета, мониторинга и интеллектуальной системы управления технологическими процессами.

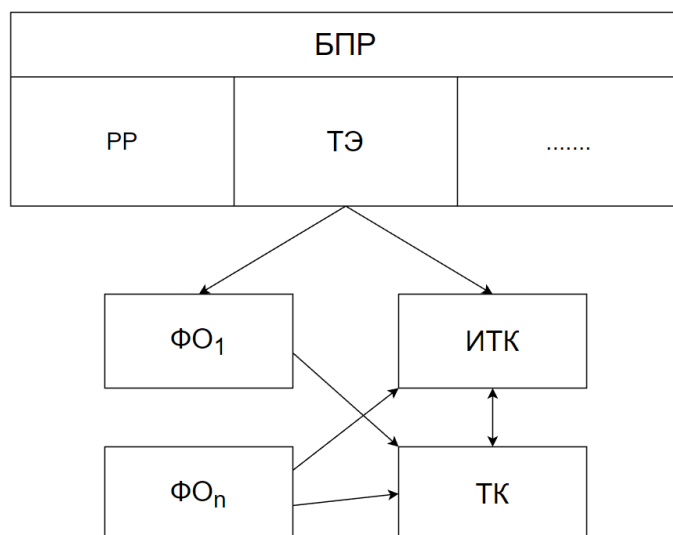


Рис. 1. Схема принятия решений с учетом факторов технической эксплуатации

Состояние оборудования является одним из основных факторов, определяющих условия и возможности его применения. При этом скорость изменения состояния оборудования зависит, в том числе, и от условий его применения.

Состояние оборудования изменяется с течением времени под действием различных факторов. В настоящей работе рассматриваются три основных состояния: рабочее, состояние ремонта и техническое обслуживание (далее – ТО2). Сроки перехода между состояниями и время нахождения объекта в каждом из перечисленных состояний определяется множеством факторов: ресурсы, которые могут быть использованы при выполнении работ (материальные и людские), состояние склада сменно-запасных частей и расходных материалов, снабжение и др. (рисунок 2). Основываясь на этой иерархии, цифровые технологии могут помочь собирать и анализировать большие объемы данных, что позволит оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность работы службы технической эксплуатации и порта в целом.

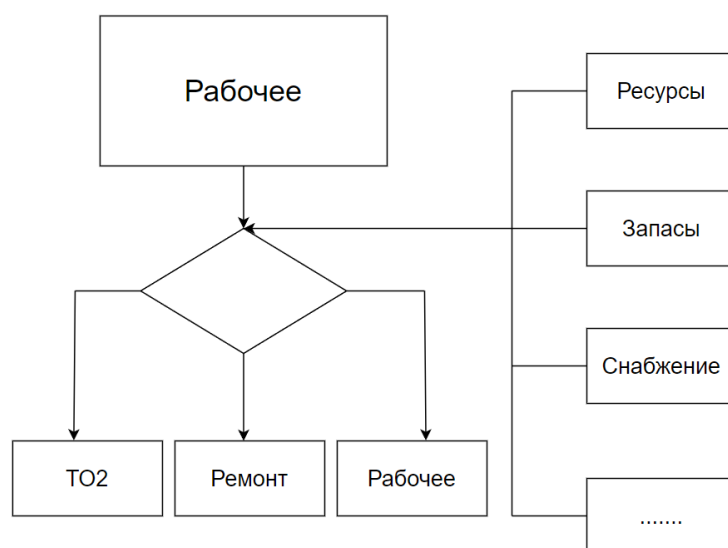


Рис. 2. Факторы, определяющие изменение состояния оборудования порта

Организация взаимодействия между различными подразделениями порта при внедрении цифровизации процессов технического обслуживания и ремонта может помочь устранять проблемы с оборудованием более эффективно. В результате применения цифровой трансформации порт может эффективнее использовать свое оборудование, избежать неожиданных поломок, оптимизировать затраты на техническое обслуживание, ускорить время ремонта, уменьшить время нахождения оборудования в состоянии ТО2 или ремонта и в целом повысить производительность порта.

#### **Заключение**

Для реализации цифровой трансформации необходимо определить контролируемые параметры системы технической эксплуатации оборудования, точность, объем и частоту их контроля, технические средства получения данных и принципы принятия решений на их основе.

#### **Список источников**

1. Репин С.В. Методология совершенствования технической эксплуатации строительных машин: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.04 / Репин Сергей Васильевич. – СПб., 2008. – 450с.

## **АВТОПИЛОТЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН АПК И ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

*Шабловский Я. Д., студент 4 курса, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
Научный руководитель – Тойгамбаев С. К., профессор каф. ТСМиО, д.т.н., доцент*

#### **Аннотация**

Дана оценка перспективности включения в конструкцию базовой технологической машины автоматических систем управления. Рассмотрен алгоритм принятия решения искусственным интеллектом и возможность ошибки в условиях сложности и многозадачности выполняемых технологических операций АПК на примере эксплуатации мелиоративных систем. Обосновано, что оптимизация операций, выполняемых технологическими машинами с применением автопилотов в полной мере зависит от качественного составления алгоритма с учетом всех факторов ошибочных действий, вызывающих нештатные ситуации эксплуатации машин.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Технология работ в АПК постоянно совершенствуются, в большей части из-за разработок новых материалов конструирования более функциональных технических средств, выполняющих работы [1-3]. Одним из видов технологических работ АПК являются мелиоративные, как показано на фото, рис.1 эта сфера требует поиска новых решений для повышения качества работ.



Рис. 1 Крепление рабочего оборудования технологической машины

Учитывая, что во всем процессе поддержания мелиоративных систем в работоспособном состоянии есть типовые операции предлагается рассмотреть возможность использования цифровых технологий и ресурсы искусственного интеллекта для автономного ведения работ [4, 5].

Целью исследований является оценка эффективности применения автопилотов при эксплуатации технологических машин с минимизацией неправильного решения выполнения заданных операций.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Примеры использования автопилотов на тракторах и прочей строительной техники уже есть. В общем виде изменения для базовой техники требуются несложные, в частности автопилот включает различные сенсоры и камеры, которые собирают информацию о дороге, окружающей среде и других объектах. Информация от сенсоров и камер обрабатывается с помощью алгоритмов машинного обучения, которые позволяют автопилоту создавать карту маршрута, определять расстояние до других объектов и принимать решения на основе этой информации об управлении с учетом заданной операции.

Принятие решений в автопилотах осуществляется с помощью алгоритмов, которые основаны на различных моделях машинного обучения. Например, нейронные сети, решающие алгоритмы глубокого обучения и т.д. Каждый алгоритм имеет свои преимущества и недостатки, а также свои области применения. Одним из главных преимуществ автопилотов, основанных на искусственном интеллекте, является их высокая точность и надежность. Благодаря алгоритмам машинного обучения автопилот способен анализировать большой объем информации и предсказывать возможные сценарии выполнения заданных технологических операций оптимизируя их [6, 7]. Это позволяет снизить риск нештатных ситуаций и повысить качество выполнения работ, экономить время, снижая непроизводительные затраты всего комплекса мелиоративных систем.



Рис.2 Алгоритм принятия решений автопилотом

Учитывая недостаточность статистических данных о технологических средствах с автопилотом, из-за их малого применения в отрасли, утверждение об обеспечении безопасности можно обосновать априорными данными по автопилотам используемых на транспортных средствах (рис.3).

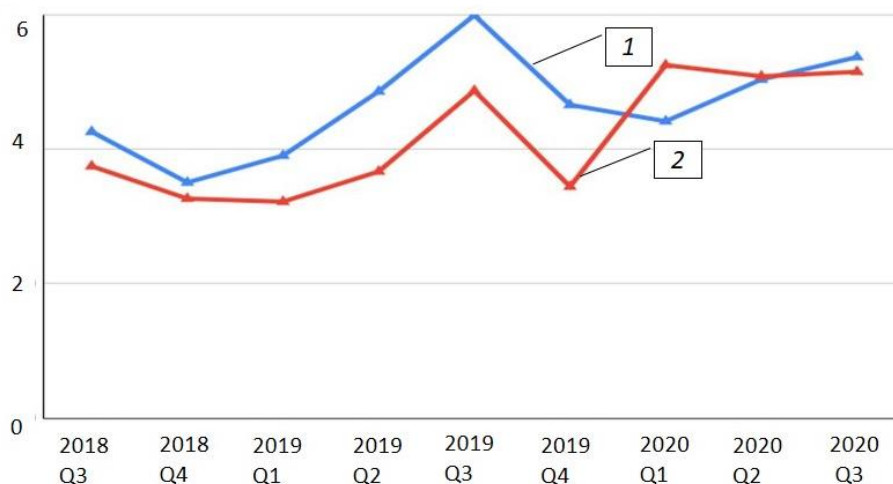


Рис.3 Статистический данные испытаний о безопасности электромобиля Tesla с включенным и выключенным автопилотом: 1- автопилот включен; 2 – автопилот выключен

На базе аналитических данных интернет ресурсов и ведущих фирм производителей получено представление о будущем технологических машин для АПК, концепты которых представлены на рис. 4.

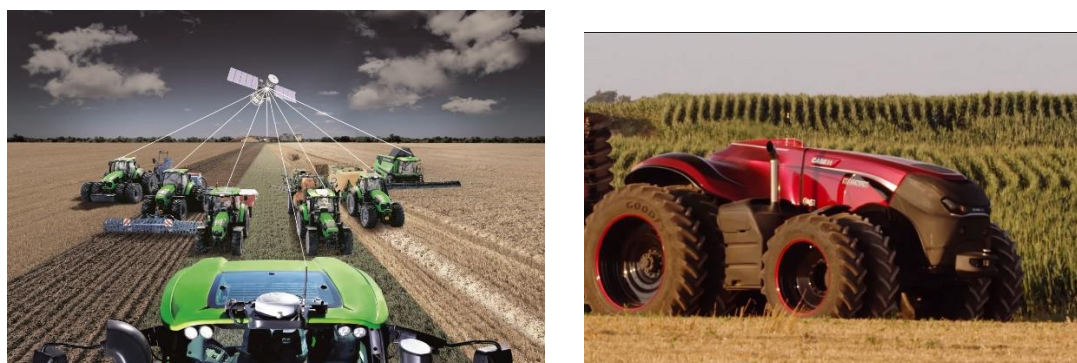


Рис.4 Беспилотный комбайн cognitive Agro Pilot (<https://cognitivepilot.com/products/cognitive-agro-pilot/>) и автономный концептуальный трактор Case IH (<https://robotrends.ru/robopedia/case-ih-magnum>) (Эл. Ресурсы открытого доступа. Дата обращения 02.04.2023г)

Также можно выделить следующие преимущества использования автопилота на технологических машинах в сельском хозяйстве:

1. Точность – автопилот определяет и учитывает положение трактора на поле, что позволяет достигнуть более точной посадки и уборки урожая. Таким образом, снижается вероятность повреждения растений и убытков от потери урожая.

2. Снижение нагрузки на водителя – автопилот в тракторе снижает интенсивность водительских маневров и позволяет сократить нагрузку на водителя, что уменьшает психологический стресс и усталость.

3. Экономия времени и сокращение затрат на производство – использование автопилота позволяет уменьшить время обработки полей, что позволяет увеличить производительность и снизить затраты на производство.

4. Уменьшение расхода топлива и отходов – применение автопилота позволяет более точно определять расход топлива трактора и уменьшить потери через остановки и количество резких маневров.



5. Точность навигации – автопилот позволяет определять наилучший маршрут движения трактора, что снижает затраты на время и топливо.

При всем своем потенциале, использование автопилота имеет определенные и риски, такие как насколько верно составлен алгоритм принятия решения и не будет ли результат работы технологической машины иметь в последствии отрицательное влияние. В данной проблеме опять же ведущую роль играет человек, который разрабатывая алгоритмы составляет прогнозные модели имитируя различные события. В настоящее время только грамотность проектировщика и его способность ситуационного моделирования с учетом всех факторов сложности и многозадачности выполняемых технологических операций АПК позволит избежать ошибочного решения автопилота [8, 9].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведены аналитические исследования развития конструктивных решений сельскохозяйственной техники. Установлено, что наиболее эффективным решением повышения производительности технологических машин является дополнение его конструкции автопилотом. Для АПК автопилот – это новая ступень в развитии и совершенствовании технологий производства.

Обосновано влияние человеческого фактора при начальном программировании автопилотов на выполнение различных технологических операций.

Предложено в программу обучения автопилота закладывать алгоритм обоснования принятого решения с учетом всех факторов оптимизации качества работ технологической машины.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Mcgregor, B. A., Kerven C., Toigonbaev S.* Sources of variation contributing to production and quality attributes of Kyrgyz cashmere in Osh and Naryn provinces: Implications for industry development // . – 2009. – Vol. 84, No. 1-3. – P. 89-99. – DOI 10.1016/j.smallrumres.2009.06.008.

2. *Mcgregor, B. A., Kerven C., Toigonbaev S.* Sources of variation affecting cashmere grown in the Pamir mountain districts of Tajikistan and implications for industry development / B. A. Mcgregor, C. Kerven, S. Toigonbaev // . – 2011. – Vol. 99, No. 1. – P. 7-15. – DOI 10.1016/j.smallrumres.2011.01.018.

3. *Тойгамбаев, С. К., Евграфов В. А.* Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации // Доклады ТСХА, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том выпуск 291, часть 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 317-322.

4. *Голубев И. Г., Мишуоров Н. П., Гольятин В. Я. [и др.]*. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники: Аналитический обзор – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2020. – 76 с. – ISBN 978-5-7367-1561-9.

5. *Гольятин В. Я., Мишуоров Н. П., Буклагин Д. С., Апатенко А. С.* Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: Аналитический обзор – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 88 с. – ISBN 978-5-7367-1648-7.

6. *Севрюгина Н. С., Апатенко А. С.* Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве// Техника и оборудование для села. – 2019. – № 7(265). – С. 35-38. – DOI 10.33267/2072-9642-2019-7-35-38.



7. Севрюгина Н. С., Прохорова Е. В., Дикевич А. В. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С. 90-96.

8. Севрюгина Н. С., Рузанов Е. В., Матвеев М. А., Апатенко А. С. Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года. – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 378-383.

9. Martynova N. B., Bondareva G. I., Toygambaev S. K., Telovov N. K. Machine for carrying out work on deep soiling with the simultaneous application of liquid organic fertilizers // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russian Federation, 25 сентября – 04 2020 года. Vol. 1679. – Krasnoyarsk, Russian Federation: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 42091. – DOI 10.1088/1742-6596/1679/4/042091.

## **ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПОРТАХ. ВОПРОСЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ИНЫХ РЕСУРСОВ.**

**Шевелёв А.И.**, студент 4 курса, группы АЭМ-411 Академии водного транспорта РУТ(МИИТ)

Научный руководитель – **Замолотчиков А.М.**, доцент каф. «Водные пути, порты и портовое оборудование», кандидат технических наук, доцент.

### **Аннотация**

Одним из наиболее важных вопросов при эксплуатации технологических комплексов портов является вопрос технической эксплуатации перегрузочного оборудования. Перегрузочное оборудование представляет собой сложные технические системы, которые подразумевают систематическое обслуживание и ремонт. Цифровые технологии могут упростить и оптимизировать процессы обслуживания и ремонта оборудования, повысить уровень безопасности и снизить риски аварийных ситуаций. Основная цель цифровизации технологических комплексов портов заключается в повышении эффективности и безопасности работы порта за счет использования современных цифровых технологий.

### **Введение**

В современных условиях санкционных ограничений и логистических связей требуется цифровая трансформация портов. Это подразумевает необходимость внедрения новых бизнес-процессов на основе цифровизации работы портов.[1]

### **Основная часть**

Цифровизация технических комплексов портов обусловлена возможностью сбора и обработки огромной информации, включающей данные о ресурсах, выполняющих производственные процессы, транспортных средствах, грузах и т.п. (являются внешними объектами для технологического комплекса порта), объектах инфраструктуры порта.

На представленном рисунке, показано возможное использование ресурсов-физических объектов (ФО) в порту на обработки внешних объектов (ВО), на объектах инфраструктуры (ОИ) и объектах технологического комплекса (Объекты ТК).

Примеры:

1. Портальный обрабатывает судно: в данном случае кран является физическим объектом, а судно – внешним объектом;

2. Контейнерный перегружатель перегружает контейнер из вагона на склад: в данном случае контейнерный перегружатель является физическим объектом, вагон будет внешним объектом, а склад – объект технического комплекса;
3. Погрузчик перемещает генератор из склада в мастерскую: в данном случае погрузчик является физическим объектом, мастерская будет объектом инфраструктуры, а склад – объект технического комплекса;
4. Генератор питает ремонтную мастерскую: в данном случае генератор является физическим объектом, ремонтная мастерская будет объектом инфраструктуры.

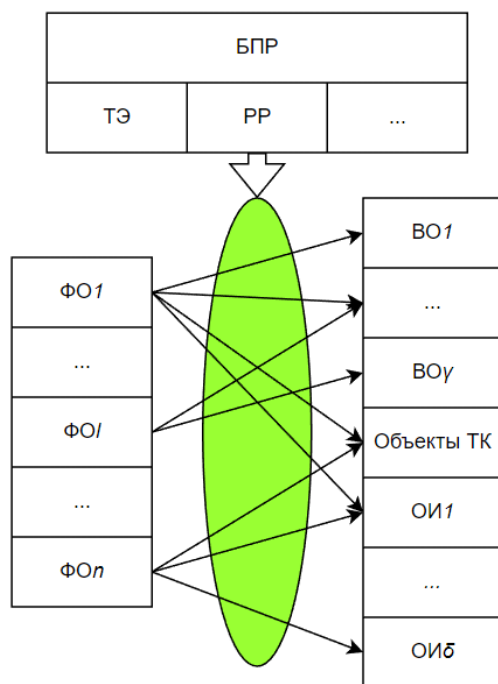


Рисунок. Схема принятия решений по расстановки оборудования в условиях цифровизации.

Различное распределение ресурсов отражается на качество обработки груза, сокращение времени обработки транспортных средств, снижение эксплуатационных расходов, повышение надёжности перегрузочного оборудования и т.д.

В последнее время к постановке и решению организационных проблем производства применяют системный подход. Это методология рассмотрения комплекса путём изучения их сущности: структуры, организации, закономерности развития, оптимальных путей и методов воздействия на их развитие. При системном подходе предполагается всесторонний учёт специфических характеристик объекта, определяющих его структуру и организацию. Под системой понимается группа или совокупность элементов, образующих связанное целое.

В организации производственного процесса как системы придерживаются определенных правил, процедур. Они не идентичны для разных портов, но на ряду со специфическими чертами имеются и общие. Планирование организации производственного процесса порта проводится путём определения круга взаимосвязанных задач с позиции обеспечения единства подхода к системе в целом. Затем по каждой задаче проводится оптимизация решения по общепринятой программе, включающей чёткую технико-экономическую формулировку задачи, сбор и обработку исходной информации, обоснование критерия оптимальности, разработку целевой функции, установление граничных условий.

С учётом этого условия требуется назначить наблюдателя, но при мониторинге мы будем получать множество параметров в больших объёмах, что делает человека не конкурентно способным по сравнению с искусственным интеллектом. Этим искусственным

интеллектом может выступать блок принятия решений (БПР). Он должен учитывать такие факторы как: техническую эксплуатацию (ТЭ), страхование и др. Помимо этого он должен хранить информацию о квалификации рабочего, опыте его работы на предприятии, техническое состояние оборудования, информацию об оборудовании и т.д.

#### **Заключение**

Для реализации цифровой трансформации необходимо определить параметры используемых производственных процессов портов технических средств и иных ресурсов, обрабатываемых транспортных средств и грузов, точность, объём и частоту их контроля, технические средства получения данных и принципы принятия решений на их основе.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Распоряжение Правительства РФ от 21 декабря 2021 г. № 3759-р об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации науки и высшего образования

**СЕКЦИЯ 6.  
«ПРИВОДА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»**

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ КАРДАННОГО ВАЛА

*Йылмаз М.Ю., студент 5 курса МГТУ им. Н.Э. Баумана в г. Москва.*

*Научный руководитель – Бословяк П.В., к.т.н., доцент кафедры РК4.*

*Научный консультант – Брылев А.В., старший преподаватель кафедры МТЗ.*

### Аннотация

В современном производстве возникают случаи, когда использование стандартной муфты для соединения электродвигателя с редуктором невозможно из-за слишком большого угла перекоса осей валов электродвигателя и редуктора соответственно. В таких случаях возможно использование карданной передачи, но из-за неравномерной скорости вращения валов, возникают вынужденные колебания [1]. В данной работе представлены некоторые зависимости для вычисления собственных частот карданного вала.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследования собственных частот различных элементов привода является актуальной задачей в современном производстве [2], так как совпадение собственной частоты источника и собственной частоты элемента привода приводит к возникновению резонанса. В подъёмно-транспортных системах резонанс считается вредным явлением, которое следует устранять. Резонанс ведет к сокращению ресурса работы элементов привода, а в некоторых случаях к преждевременному выходу из строя.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Карданные передачи служат для передачи крутящего момента от электродвигателя. Все чаще их используют в различных приводах механизмов из-за своих технических характеристик. Они способны выдерживать экстремальные эксплуатационные нагрузки, могут передавать момент между валами, перекос осей которых составляет до  $45^\circ$ , срок службы карданного вала при надлежащем обслуживании сопоставим со сроком службы всего привода, карданный вал обладает высокой ремонтпригодностью [3].

Рассмотрим колебания карданного вала, который передает крутящий момент от электродвигателя к редуктору. Изучив конструкцию карданного вала, можно сделать вывод, что вилки кардана через крестовину крепятся к крепежным элементам электродвигателя и редуктора. Поэтому для проведения расчета представим карданный вал как трубу, жестко закрепленную между двух заделок (рис. 1).

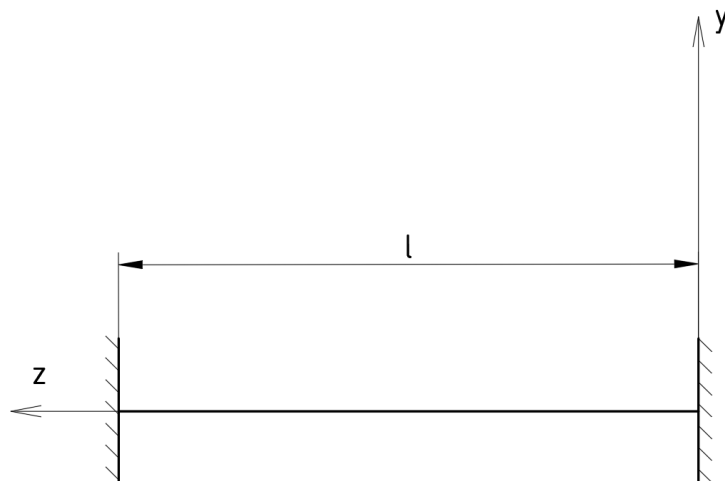


Рис. 1. Упрощенная схема закрепления карданного вала.

Запишем уравнение колебаний для такого стержня [4]:

$$GI_{кр} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} - I_0 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

где  $\varphi = \varphi_0 \cos(p_n t)$  – угол поворота карданного вала;

$I_0 = \rho I_p$  – момент инерции трубы;

$G$  – модуль упругости второго рода;

$I_{кр}$  – момент инерции при кручении;

$I_p$  – полярный момент инерции;

$\rho$  – плотность материала;

$p_n$  –  $n$ -ая собственная частота.

Подставляем  $\varphi$  и дифференцируем уравнение 1 и получаем уравнение 2:

$$GI_{кр}\varphi_0'' + p_n^2 I_0 \varphi_0 = 0 \quad (2)$$

Приводим уравнение 2 к каноническому виду и подставляем  $I_0$ :

$$\varphi_0'' + \frac{p_n^2 \rho I_p}{GI_{кр}} \varphi_0 = 0 \quad (3)$$

Проведем замену:

$$\alpha = \frac{p_n^2 \rho I_p}{GI_{кр}}, \quad (4)$$

отметим, что для трубы полярный момент инерции и момент инерции при кручении равны  $I_p = I_{кр} = \frac{\pi D^3 \delta}{4}$ , где  $D$  – средний диаметр трубы,  $\delta$  – толщина стенки трубы.

В итоге получаем уравнение 5:

$$\varphi_0'' + \alpha \varphi_0 = 0 \quad (5)$$

Решение данного дифференциального уравнения имеет вид:

$$\varphi_0 = C_1 \cos \alpha z + C_2 \sin \alpha z \quad (6)$$

Найдем константы  $C_1$  и  $C_2$ , для этого зададимся граничными условиями:

1)  $z = 0, \varphi_0 = 0$ ;

2)  $z = l, \varphi_0 = 0$ .

Подставляя граничные условия в уравнение 6 получаем ответ:

$$\alpha = \frac{\pi^2 n^2}{l^2} \quad (7)$$

Приравниваем уравнения 4 и 7 и выражаем собственную частоту:

$$p_n = \frac{\pi n}{l} \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (8)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования была получена формула для вычисления приближенных собственных частот карданного вала. Используя данную формулу, можно вычислять собственные частоты кардана и предотвращать их совпадение с собственными частотами источников для исключения резонанса.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Мачнев В.А.* Колебания карданной передачи // *Нива Поволжья*, 2009. №4. С. 79–81.
2. *Савельев В.А.* Определение частоты резонансных изгибных колебаний карданного вала при действии неуравновешенных сил инерции второго порядка рядного четырехцилиндрового двигателя // *Эксплуатационная безопасность автотранспортных средств 87-я международная научно-техническая конференция*, 2014. С. 143–148.
3. *Конструирование и расчет автомобиля. Расчет карданной передачи: метод. указания / Ю.А. Кузьмин.* Ульяновск: изд-во УлГТУ, 2008. 29 с.
4. *Кравчук А.С., Кравчук А.И., Тарасюк И.А.* Уравнение крутильных колебаний круглого продольно волокнистого, поперечно слоистого и структурно неоднородного композиционного стержня // *Вестник ВГУ*. №4. 2015. С. 147–159.

## **ВАРИАТИВНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА СИГНАЛОВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ МАШИН ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИЙ**

*Ступин О.А., аспирант 3 курса ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва  
Научный руководитель – Апатенко А.С., зав. кафедрой ТСМиО, д.т.н., доцент*

### **Аннотация**

Гидравлическая система является одним из наиболее сложных элементов технологических машин. Во время их эксплуатации могут возникать неисправности и отказы, которые ведут к простоям и нанести урон экологии. Для исключения нештатных ситуаций и отказов необходимо использовать современные средства мониторинга и диагностики, среди базовых выделена вибродиагностика. Предметом исследования является особенности использования вибродиагностики для мониторинга гидросистем технологических машин. Цель работы заключается в выполнении анализа особенностей выделения и отбора диагностических признаков в информационном потоке сигналов при мониторинге состояния машин на примере гидродиагностики. Задачи, поставленные для достижения цели, оценка эффективности выбранных методов диагностирования; анализ процесса вибромониторинга элементов машин, а также выделение особенностей методов получения диагностических данных.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время увеличивается количество строительных работ, следовательно повышается интенсивность применения различной строительной техники. Во время ее эксплуатации могут возникать различные нештатные ситуации, неисправности и отказы, которые ведут к простоям и экономическим потерям техники. Гидравлическая система строительных машин является одним из наиболее сложных и ответственных элементов обеспечивающих функционирование технологических машин. Аналитические исследования показывают, что количество отказов и неисправностей гидросистем составляет порядка 30-35% от общего числа отказов остальных систем машины [1, 2]. Для предотвращения их возникновения необходимо использовать современные средства мониторинга. В качестве типовых в оценке технического состояния машин в процессе эксплуатации применяются различные диагностических методов, среди которых в данных исследованиях выделена вибродиагностика.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

К методам выделения и обработки сигналов относятся: спектральный анализ, распределение Вагнера-Вилле, быстрое преобразование Фурье, преобразование Гильберта. Носителем информации о состоянии оборудования в вибродиагностике является виброакустический сигнал, который является собирательным понятием, включающим информацию о колебательных процессах и акустическом шуме. Реальный вибрационный сигнал имеет весьма сложную форму, и анализировать его непосредственно достаточно трудно [3]. Однако, например, если из широкополосного вибрационного сигнала с помощью полосового частотного фильтра выделить информативный диапазон частот, то форма сигнала становится пригодной для обнаружения дефектного состояния. На рисунке 1 показана общая схема процесса вибрационного мониторинга состояния оборудования.

Наиболее сложной и трудно формализуемой задачей при разработке методик контроля и диагностирования является поиск и выделение из виброакустического сигнала информативных диагностических признаков дефектов, по которым в дальнейшем осуществляется построение эталонов нормального и неисправного состояний, и принимаются решения о принадлежности текущего технического состояния объекта диагностирования к тому или иному классу состояний. При этом зависимость параметров вибрации от большого количества факторов и сложность выделения вибрационного сигнала,

обусловленного наличием неисправности, обычно относят к основным проблемам вибродиагностики.

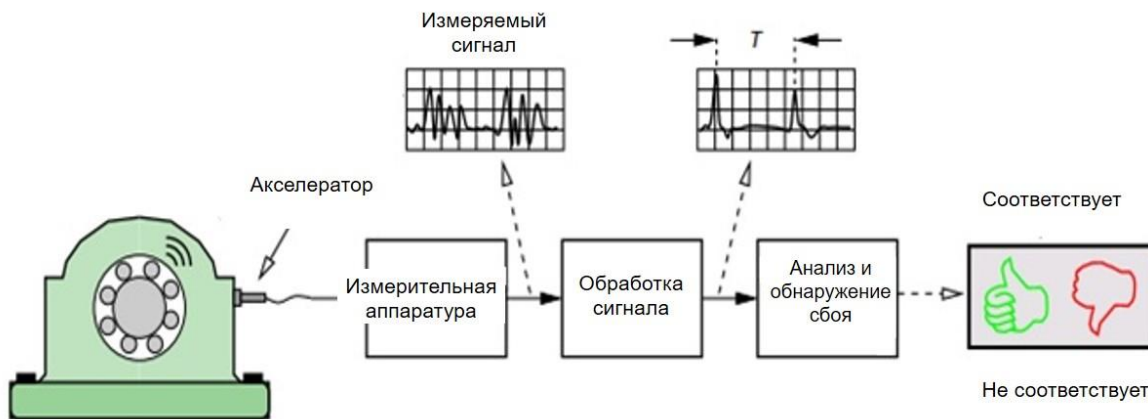


Рис. 1 Общая схема процесса мониторинга оборудования

Обработка данных включает сбор исходных данных, фильтрацию нежелательного шума и других сигналов, не представляющих интерес для последующего анализа, и представление сигналов в форме, требуемой для диагностирования.

Общая схема автоматизированного вибродиагностического процесса на основе интеллектуальных методов обработки и анализа данных показана на рисунке 2.

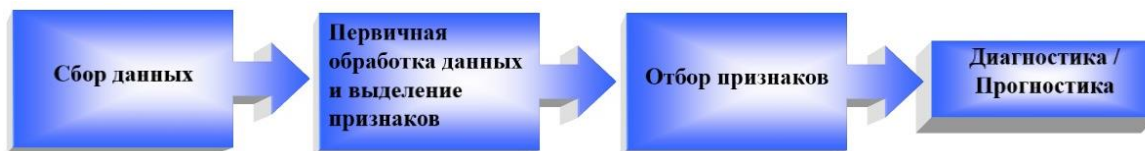


Рис. 2 Схема процесса интеллектуальной диагностики оборудования

Первым шагом является получение данных от контролируемых механизмов через датчик, являющийся одним из элементов комплекта штатного оборудования с программным обеспечением, что и реализовано производителями в виброанализаторах (рис.3).

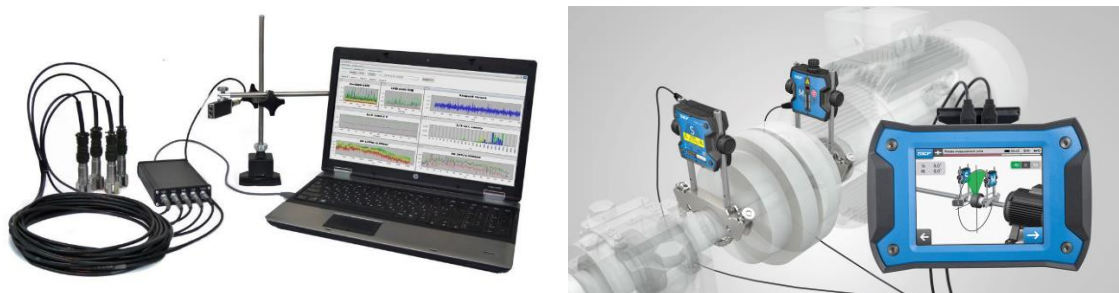


Рис. 3 Типовой комплект интеллектуального диагностического оборудования

Последующая предварительная обработка сигнала наряду с процессом выделения признаков должна обеспечивать снижение размерности необработанных данных для получения полезной информации из сигнала. Исходные данные всегда представлены в нелинейной, неоднородной и рассредоточенной форме. Соответствующая предварительная обработка данных обработка может улучшить результативность диагностики неисправностей.

В свою очередь, методы выделения признаков могут быть структурированы по трём областям – временной, частотной и частотно-временной области. Например, методы выделения признаков во временной области включают статистический анализ, который, в



свою очередь включает в себя среднее, стандартное отклонение, среднеквадратическое значение, асимметрию, эксцесс, максимум, минимум, и пик-фактор.

В общем случае нет необходимости использовать все признаки для диагностики неисправности. Некоторые признаки могут обладать значительной информацией о неисправности, в то время как другие предоставляют значительно меньше информации. Следовательно, необходимо обеспечить адекватный выбор признаков для повышения точности процесса диагностики неисправностей [4, 5].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выполнение диагностики неисправностей, во многом зависит от соответствия методов выделения и отбора признаков неисправностей из информационного потока сигналов. Вместе с тем многие методы с соответствующей интерпретацией могут использоваться на всех этапах интеллектуальной диагностики оборудования – выделение и отбор признаков, обнаружение и диагностирование неисправностей.

Дана оценка и выделены для отбора диагностических признаков в информационном потоке сигналов при мониторинге состояния машин на примере вибродиагностики.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Ступин О. А., Некрасов С. И., Кучинский Р. Г.* Вибродиагностика как современный метод контроля и диагностирования гидроприводов технологических машин // *Международный технико-экономический журнал.* – 2022. – № 5-6. – С. 75-86. – DOI 10.34286/1995-4646-2022-86-5/6-76-87.

2. *Тойгамбаев С. К., Апатенко А. С.* Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2020. – 25 с. – ISBN 978-5-6043722-6-5.

3. *Гольятин В. Я., Мишууров Н. П., Буклагин Д. С., Апатенко А. С.* Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: Аналитический обзор. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 88 с. – ISBN 978-5-7367-1648-7.

4. *Севрюгина Н. С., Рузанов Е. В., Матвеев М. А., Апатенко А. С.* Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства // *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года.* – п. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2019. – С. 378-383.

5. *Апатенко А. С., Алеев В. М.* Современные средства контроля параметров технической эксплуатации машин природообустройства // *Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть I.* – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 506-510.

## ОБЗОР ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОДОРОЖНОЙ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

*Гаркуша А.В., студент 1 курса магистратуры группы РК4-21М МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Научный руководитель – Гнездилов С.Г., доцент каф. Подъемно-транспортные системы,  
к.т.н., доцент*

### Аннотация

Многообразие логистических задач порождает большое количество модельных рядов транспортных средств, удовлетворяющих специфическим требованиям заказчиков. Для удовлетворения спроса на специальные перевозки производители тяжеловозной техники стремятся проектировать модели с максимальной грузоподъемностью при минимальном собственном весе, удовлетворяя всем возможным особым требованиям. Такие технические решения производят только под заказ. Предметом исследования являются транспортные средства для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов. Целью данной работы является описание устройства и принципа работы различных конструкций транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов, составление их классификации по отличительным признакам. Для достижения цели проведен анализ различных типов конструкций.

### ВВЕДЕНИЕ

Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов – явление относительно частое на сегодняшний день, а используемые для этого транспортные средства представляют собой особый сегмент машиностроения с собственным путем развития. Во время обновления основных мощностей и строительства новых объектов достаточно острым становится вопрос о поставке специального оборудования. Для транспортирования тяжелой строительной и горной техники, промышленных трансформаторов и генераторов, турбин гидроэлектростанций, химических реакторов и т.п. требуется специальная техника, и часто для этих целей используют модульное транспортное оборудование.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Представим описание устройства и принцип работы различных решений транспортных средств, предназначенных для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов, выделим для них некоторые отличительные классификационные признаки.

**Модульный принцип конструирования транспортных средств.** С каждым днем проекты реализации большегрузных перевозок становятся все более внушительными. Для решения разнообразных логистических задач требуется огромное количество вариантов конструкций транспортных средств. Чтобы адаптироваться к постоянно меняющимся требованиям заказчиков, производители применяют в своих технических решениях модульный принцип [1]. Модульный принцип формирования транспортного средства реализуется посредством трех основных типов модулей [2], представленных на рис. 1.

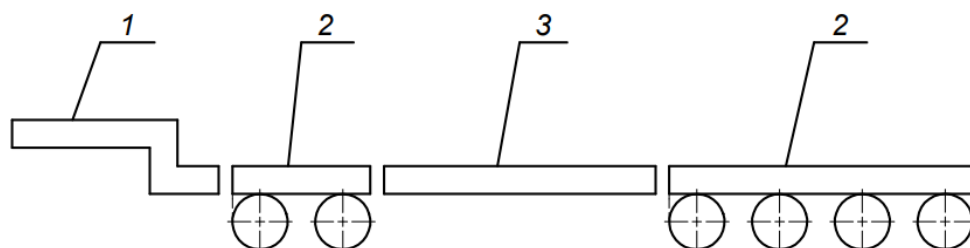


Рис. 1. Основные типы модулей:  
1 – цепное устройство, 2 – тележка, 3 – рама

Существует огромное число исполнений данных модулей, разные сочетания которых позволяют создавать транспортные средства требуемых габаритов и грузоподъемности. Модульная тележка представляет собой плоскую раму и имеет балочную конструкцию. Для реализации движения на раму устанавливаются колесные опоры – по две на каждую ось. Одна ось может содержать 2, 4 и даже 8 колес, а количество осей может быть от 2 до 20. Для улучшения маневренности тележки могут быть оснащены механическим или электронным рулевым управлением. В конструкции «рам» варьируются геометрические размеры грузовой платформы. Данные модули могут быть как «статичными», так и иметь раздвижную конструкцию. Сцепные устройства выбираются в зависимости от получившейся конфигурации модульного транспортного средства. Ими могут быть дышло или гусак. Сборка модульных транспортных средств различных конфигураций возможна благодаря стыковке модулей друг с другом с помощью узлов сочленения.

Рассмотрим принцип работы и устройство различных типов транспортных средств, а также возможность их конструирования посредством модульного принципа.

**Полуприцепы.** Полуприцеп – транспортное средство, которые не может двигаться без опоры на седельный тягач. Распространенная схема – это одноопорный полуприцеп. Существуют также двухопорные конструкции с двумя группами колес, обеспечивающие большую грузоподъемность. Полуприцеп соединяется с тягачом посредством гусака. Конструктивные схемы таких полуприцепов представлены на рис. 2 и 3.

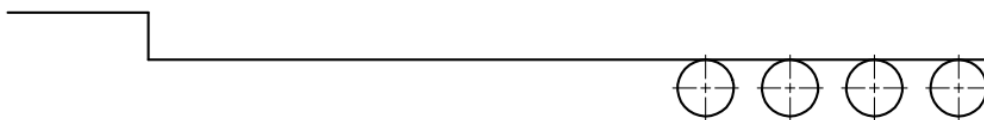


Рис. 2. Одноопорная схема полуприцепа

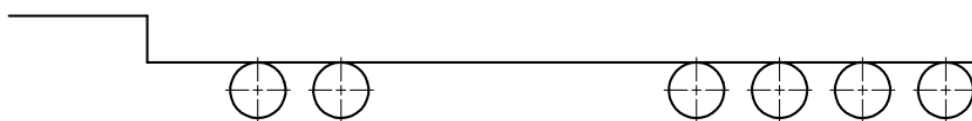


Рис. 3. Двухопорная схема полуприцепа

К преимуществам полуприцепа можно отнести хорошую маневренность, а также равномерное распределение веса между тягачом и полуприцепом. При конструировании посредством модульного принципа используются модули тележка и рама, а в качестве сцепного устройства устанавливают гусак [3].

**Прицепы.** Прицеп – универсальное транспортное средство, которое полностью опирается на собственные оси, что является основным преимуществом. Благодаря этому прицеп можно привести в движение посредством любой техники при возможности сцепки дышлом, а процесс сцепки происходит намного проще, чем у полуприцепа. Для прицепа основным модулем является тележка. В отличие от полуприцепов, стыковка модулей может осуществляться как по длине, так и по ширине, в результате чего формируется многоопорная составная платформа. Существуют модули половинной ширины, которые содержат один ряд колесных опор. В случаях сборки транспортного средства для перевозки грузов значительных габаритов при стыковке модулей используют промежуточные вставки, что позволяет уменьшить собственный вес прицепа. Для буксировки прицепов можно использовать несколько тягачей в зависимости от полной массы автопоезда. Тягачи можно расположить таким образом, чтобы одни были тянущими, а другие – толкающими.

**Самоходные платформы.** Отличительная особенность самоходных платформ заключается в их способности самостоятельно передвигаться без помощи тягача. Такие транспортные средства собираются из модульных тележек, которые можно классифицировать на активные и пассивные. В активных все колесные опоры или их часть

являются ведущими, а в пассивных все колесные опоры ведомые. При формировании платформы модули стыкуются друг с другом как в продольном, так и поперечном направлении. Аналогично прицепам используют варианты стыковки модулей через дополнительную раму или непосредственно через перевозимый груз.

Для самоходной платформы обязательным условием является наличие силового блока, который содержит двигатель и насосную станцию гидрообъемной передачи с системами обеспечения. Блок может быть расположен в различных местах платформы. На рис. 4 изображен один из вариантов расположения силового блока.



Рис. 4. Силовой блок, закрепленный на самоходной тележке  
(Источник: *faymonville.com*)

**Транспортные средства типа «модульная балочная ферма».** В отдельную категорию стоит отнести специализированные транспортные средства типа «модульная балочная ферма» (МБФ), посредством которых возможно перевозить крупногабаритные тяжеловесные грузы, такие как промышленные трансформаторы и генераторы, турбины ГЭС, химические реакторы, на большие расстояния и делать это безопасно [4, 5]. Конструкция данного транспортного средства представляет собой две тележки, к которым посредством шарнирных опорно-седельных устройств устанавливается пространственная балочная рама. Схема МБФ представлена на рис. 5.

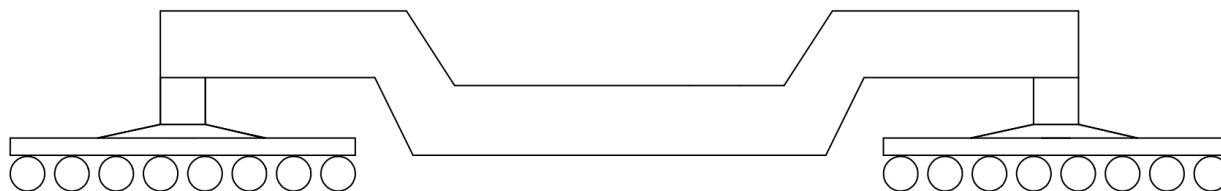


Рис. 5. Схема транспортного средства типа МБФ

При перевозке тяжеловесных грузов важно получить минимально возможный вес автопоезда, поэтому технические решения, используемые для конструирования МБФ, позволяют добиться минимального собственного веса при максимальной грузоподъемности. Количество осей тележки подбирается отдельно для каждого груза, чтобы нагрузка на ось была в пределах допуска. Для транспортных средств этого класса обязательным условием является наличие «управляющей балки», которая содержит гидроцилиндры системы поворота колес. Гидроцилиндры используются для дистанционного управления поворотом колес платформ, не имеющих непосредственной связи с механическими рулевыми приводами. МБФ можно классифицировать по следующим признакам:

- конфигурация балочной рамы: конструкция может быть как неизменяемой, так и изменяемой; во втором случае раму удлинить за счет соединяемых балок, изменяя тем самым габарит в продольном направлении, а изменение габарита в поперечном направлении достигается за счет установки раздвижных балок;

- возможность изменения высоты расположения груза: то есть загрузочная секция может иметь фиксированную высоту, либо изменять вертикальный ход посредством гидроцилиндров. Второй вариант имеет преимущество, так как иногда при перевозке

возникает необходимость опустить груз как можно ниже для проезда тоннелей и дорог под мостами, либо приподнять груз для преодоления препятствий при маневрировании;

– ориентация гидроцилиндров при подъеме рамы: гидроцилиндры могут быть установлены вертикально, либо менять угол наклона в зависимости от высоты подъема загрузочной секции;

– исполнение несущей части: в зависимости от конфигурации груз можно разместить поверх главной балки, на грузовых подвесах с поперечными балками, на грузовых подвесах с Z-образными балками, либо функцию рамы может выполнять и перевозимый груз в случае, если он достаточно прочный.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе рассмотрены различные исполнения транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов, описаны устройство и принцип работы, проведен анализ, на основе которого составлена их классификация.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. *Высоцкий М.С., Кочетов С.И., Пожиток В.Н., Харитончик С.В.* Реализация принципов модульности для перспективных магистральных автопоездов / Механика машин, механизмов и материалов. 2008. Т. 4. № 3. С. 5–8.

2. *Сизанов А.В.* Модульный принцип создания подвижных агрегатов транспортно-перегрузочного и транспортно-установочного оборудования ракетных комплексов / Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2014. № 2. С. 5–15.

3. *Koszańska G., Niewczas A., Kaczor M., Taratuta L.* A modular low-bed semi-trailer for transportation of machines and other heavy and big loads /Journal of KONES. 2013. №3. С.237–244.

4. Faktor 5 — новое модульное оборудование Goldhofer для транспортировки тяжеловесных негабаритных грузов / Основные средства. 2012. № 8. С. 92–93.

5. Goldhofer: Neue Rotorblattgenerationen sicher transportiert in ganz Europa / Wind Kraft J. und Natur. Energien. 2020. т. 40. № 6. С. 32.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ АВТОМОБИЛЬНОГО КРАНА**

*Сунбо Го ., магистрант 2 курса группа рк4-41м филиала МГТУ им.Н.Э.Баумана  
Научный руководитель – Бословяк П.В., доцент каф рк4.*

### **АННОТАЦИЯ**

Предложен новый вариант конструкции стрелы и поворотной платформы автомобильного крана. Данная конструкция отличается от существующей дополненным числом шарнирных опор, что позволяет распределить напряжения в металлоконструкции стрелы и поворотной платформы более равномерно. Для пятишарнирного варианта конструкции стрелы и поворотной платформы автокрана составлена расчетная геометрическая схема. Выполнены расчеты и сравнить наиболее нагруженных вариантов работы автокрана с исполнением пяти шарнирной, три шарнирной конструкции стрелы и их поворотной платформы, результаты которых сведены в таблицу. Обоснована целесообразность применения пятишарнирной конструкции стрелы и поворотной платформы автомобильного крана, как наиболее предпочтительной.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В машиностроительной отрасли периодически происходит модернизация и реконструкция деталей и узлов машин, разработка новых методик расчета, оптимальное

проектирование конструкций. Важными вопросами является изучение надежности и долговечности узлов механизмов и машин [2, 3] и другое.

Одним из наиболее распространенных и мобильных типов подъемно-транспортных машин является автомобильный кран (рис. 1) [1].



Рис. 1. Автомобильный кран компании Liebherr [6]

Данный вид машины имеет разнообразные конструктивные варианты исполнения, а также различные грузоподъемности. Поэтому целесообразно рассмотреть и проанализировать данные узлы конструкции автомобильного крана.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В существующих конструкциях механизма подъема стрелы используются три опорных шарнира, позволяющих осуществлять подъем-опускание стрелы (рис. 1). В разработанной и предлагаемой конструкции количество шарниров увеличено до пяти, что позволяет повысить грузоподъемность крана, а также за счет избыточного количества шарниров более равномерно распределить напряжения, возникающие в конструкции стрелы.

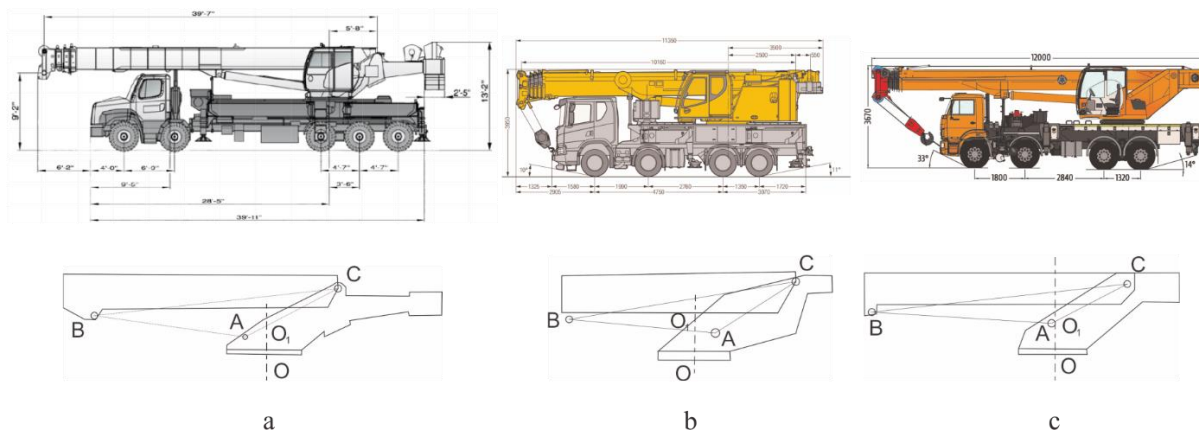


Рис. 1. Производители автокранов и схемы их трехшарнирных конструкций механизма подъема стрелы [5-7]: а – Terex; б – Liebherr; в – Клинцы



Отличительная особенность конструкции пятишарнирного механизма подъема стрелы (рис.2) заключается в изменении фиксированной точки шарнира, соединяющей конец стрелы с поворотной платформой, на скользящую точку шарнира Е, добавлении точки шарнира С на конце телескопической стрелы и соединении ее с поворотной платформой крана (точка шарнира О) рычагом ОС. Звено скользящей шарнирной точки Е превращает всю конструкцию в кинематическую систему со скользящим звеном.

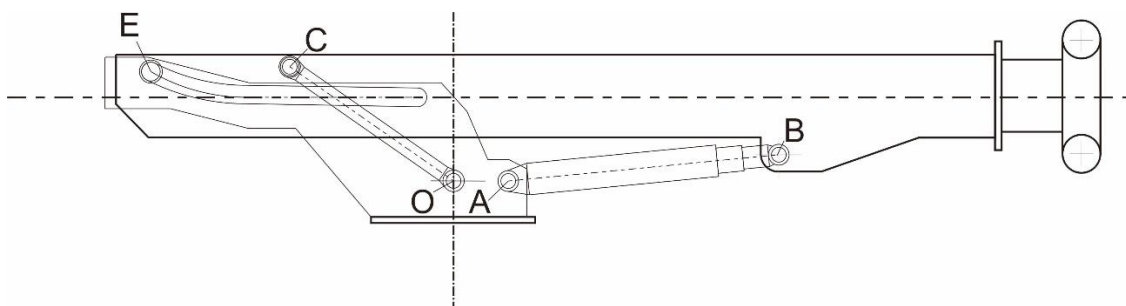


Рис.2. Схема пятишарнирной конструкции механизма подъема стрелы

При выдвижении звена гидроцилиндра (перемещение шарнирной точки В вправо) происходит подъем стрелы (против часовой стрелки) с одновременным перемещением шарнирных точек Е (в правую сторону) по скользящим опорам и поворотом шарнирных точек С относительно неподвижной точки шарнира О по часовой стрелке (рис. 2).

Поскольку подобная конструкция подъема стрелы никогда не применялась к автокранам, то для того, чтобы сравнить разницу в производительности, в тексте для лучшего представления высочайшего уровня производства российских автокранов ГАЛИЧАНИИ 70Т автокран КС-75721 в качестве эталона данных используется и так же телескопическая стрела для расчета конструктивных размеров.

На рисунке 3 представлены 3D-модели применяемой трехшарнирной и разработанной конструкции механизма подъема стрелы с пятью шарнирами.

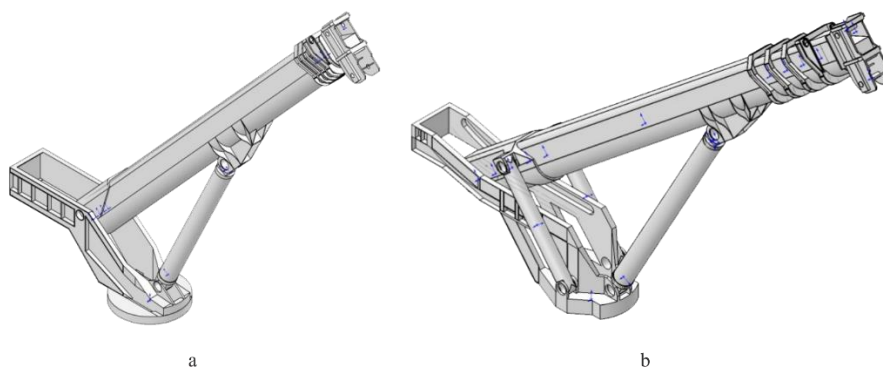


Рис. 3. Модель конструкции механизма подъема стрелы:  
а – трехшарнирная; б – пятишарнирная

Выбрано классическое рабочее состояние крана для проведения силового анализа и сравнения двух моделей с помощью ANSYS.

Расчетный случай – стрела автокрана расположена относительно горизонта под углом – 20 градусов; нагрузка от поднимаемого груза – 16.66 кН.

Необходимо отметить, что нагрузка от поднимаемого груза для каждого расчетного случая принималась в зависимости от результатов расчета внутренних силовых факторов,

суммарный результат которых не должен был превышать предельного значения напряжений 230 МПа.

Результаты расчетов каждого расчетного случая представлены на рисунках 4-5.

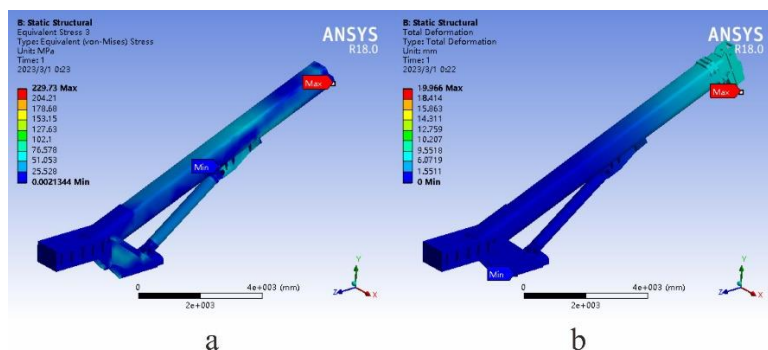


Рис. 4. Результаты расчета первого расчетного случая:  
а – эквивалентные напряжения; б – деформации

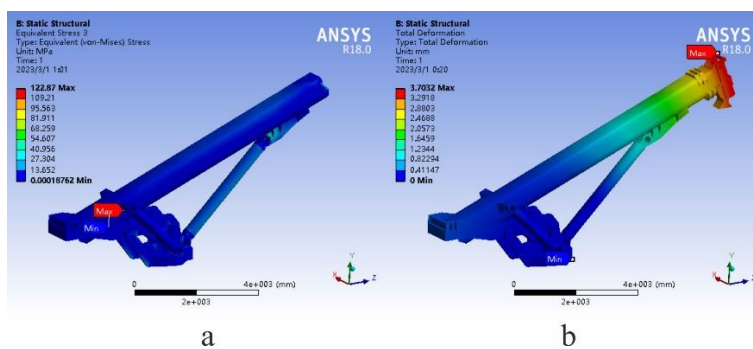


Рис. 5. Результаты расчета второго расчетного случая:  
а – эквивалентные напряжения; б - деформации

Полученные результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Табл. 1. Сравнить результаты расчеты случаев пятишарнирной и тришарнирной конструкции механизма подъема стрелы

Расчетный случай No	Нагрузка от поднимаемого груза,кН	Эквивалентные напряжения $\sigma$ , МПа	Деформации (прогиб) $f$ , мм
1	16,66	229,7	19,67
2	16,66	122,9	3,7

Деформация представляет собой прогиб  $f$ , предельное значение которого определяется зависимостью [4]:

$$f_u = l / 600,$$

$$f_u \geq f,$$

где  $l$  – длина стрелы автокрана, равная 12 метрам

Из чего можно заключить, что во всех трех расчетных случаях конструкция механизма подъема стрелы удовлетворяет условиям жесткости.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании представленных результатов работы можно заключить, что предложенный вариант пятишарнирной конструкции стрелы и поворотной платформы автомобильного крана обладает новой кинематикой движения и является альтернативной



заменой существующего трехшарнирного варианта конструкции, при соблюдении прочностных и жесткостных требований в процессе поднятия груза.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беккер Р. (2009). Большая книга о самоходных кранах. Ридштадт, KM Verlags GmbH.
2. Ivannikov, V., Leontiev, M., Degtyarev, S., Popov, V. (2022). Analysis of Radial Roller Bearing Rating Life in Complex Loading Conditions. JOURNAL OF TRIBOLOGY-TRANSACTIONS OF THE ASME, Vol. 144, No. 3.- Art.no 031201.
3. Sadykhov, GS; Kudryavtseva, SS (2022). Calculation and Assessment of the Average Residual Life of Unrecovered Objects Dependent on a Given Level of Reliability. JOURNAL OF MACHINERY MANUFACTURE AND RELIABILITY, Vol. 51, No. 2: 103-111.
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. М., 2016. 85 с.
5. <https://www.terex.com/>
6. <https://www.liebherr.com/>
7. <https://oaokaz.ru/>

### МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ СТРЕЛОВЫХ САМОХОДНЫХ КРАНОВ

**Горелова М. В.**, ассистент каф. НТТС  
**Сладкова Л. А.**, профессор каф. НТТС, д.т.н, профессор  
**Фокин В.В.**

### АННОТАЦИЯ

В статье предложено теоретическое обоснование обеспечения безопасной работы стреловых самоходных кранов в процессе эксплуатации. При исследовании динамики стрелового самоходного крана следует учитывать изменения центров тяжести его элементов (стрелы), угла наклона стрелы в вертикальной плоскости, а также угол поворота в горизонтальной плоскости. Получены зависимости (математические модели), позволяющие определить моменты опрокидывания, возникающие в опорах крановой конструкции в зависимости от положения стрелы крана в пространстве.

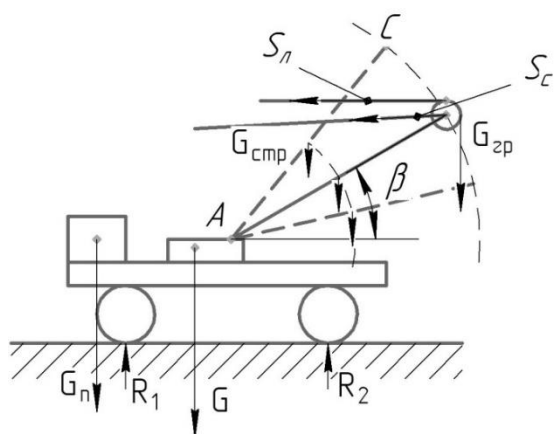
### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Безопасность работы стреловых самоходных кранов (ССК) прописана в нормативных документах, инструкциях, ГОСТ [1, 2, 3, 4], но тем не менее среднестатистическая интенсивность аварийности кранов, по крайней мере, за последние 20 лет остается на том же уровне [5]. Исходя из сказанного, для исследования нагрузок в ССК актуальной является научная задача определения траектории движения груза в процессе рабочего цикла крана.

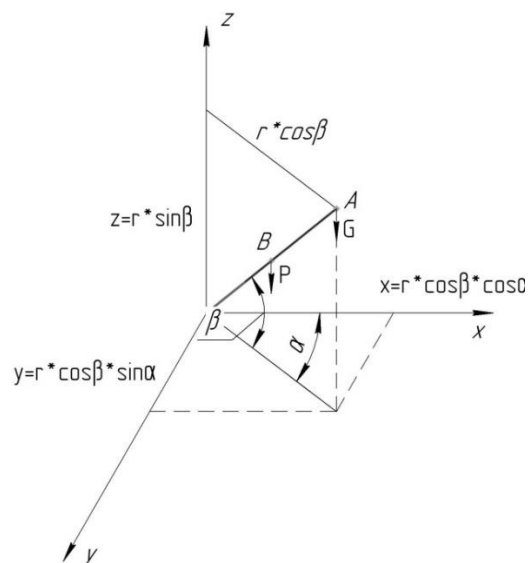
Проведенные исследования кинематики и динамики движения стрелы крана при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в сферической системе координат [6] в соответствии с расчетной схемой (см. рисунок 1), стрела крана (см. рисунок 2) представлена в виде стержня, наклоненного под углом  $\beta$  к горизонту (ось  $x$ ), который вращается вокруг вертикальной оси  $z$ . Отклонение при вращении в произвольный момент времени от оси  $x$  на угол  $\beta$ , который характеризует отклонение (подъем-опускание) стрелы от начального положения в вертикальной плоскости, происходит одновременно с изменением угла  $\alpha$  – угла, который характеризует поворот стрелы в горизонтальной плоскости (рисунок 2). При изменении угла поворота  $\alpha$  относительно вертикальной оси происходит изменение нагруженности стрелы крана.

Учитывая совмещение операции подъема груза и разворота стрелы, было выявлено, что точки изменения положения центра тяжести стрелы крана при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, перемещаются по сферической поверхности. Другими словами,

траектория перемещений точек стрелы зависит от высоты подъема груза (угол  $\beta$ ) и является величиной переменной.



**Рис. 1.** Расчетная схема стрелового самоходного крана



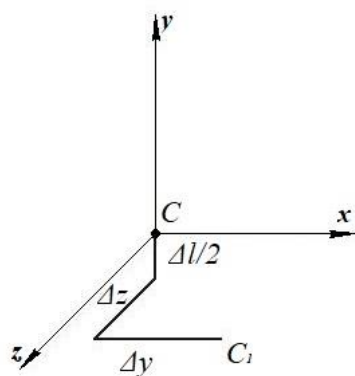
**Рис. 2.** Расчетное положение стрелы крана в сферической системе координат

В этом случае, при исследовании динамики стрелового самоходного крана следует учитывать изменения центров тяжести его элементов (стрелы), угла наклона стрелы в вертикальной плоскости, а также угол поворота в горизонтальной плоскости.

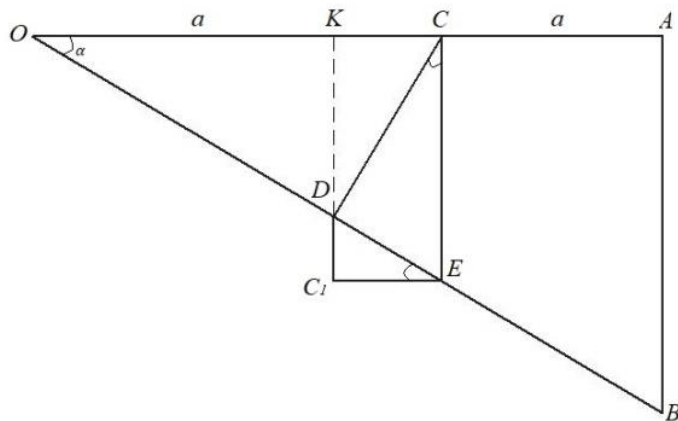
Исследуем аналитически потерю устойчивости стрелового самоходного крана.

При этом было необходимо учитывать неравномерность распределения давления под опорами крана [6, 7], ведущую к неравномерности погружения выносных опор в грунт, что является одной из причин потери устойчивости кранов в процессе эксплуатации.

В [6, 7, 8] было установлен факт смещения концов рамы в результате неравномерности распределения давления под опорами. Это, в свою очередь, неизбежно приведет к нарушению центровки (смещению центра тяжести) всей конструкции в пространственной системе координат в зависимости от величины этих усилий (рисунок 3, а).



а)



б)

**Рис. 3.** Схема перемещения центра тяжести сечения:  
а – в пространстве; б – на плоскости

Другими словами, если проседание одной из опор произойдет на величину  $\Delta l$ , то центр тяжести машины (точка  $C$ ) переместится в пространстве по всем осям в декартовой системе координат в точку  $C_1$ . Перемещение центра тяжести  $C$  в проекции на плоскость  $xCy$  показано на рисунок 3, б.

На рисунок 3, а видно смещение центра тяжести  $C$  в точку  $C_1$ , которое определим из геометрических соотношений.

$$AB = \Delta l = 2asina\alpha;$$

$$CE = \frac{\Delta l}{2} = asina\alpha;$$

$$DC = CE\cos\alpha = \frac{asin2\alpha}{2};$$

$$DE = CE\sin\alpha = asin^2\alpha;$$

$$C_1D = DE\sin\alpha = asin^3\alpha;$$

$$C_1E = DE\cos\alpha = asin^2\alpha\cos\alpha.$$

Тогда положение точки  $C_1$  можно определить по зависимостям (рисунок 3, б):

по оси  $x$   $C_1E = CK = asin^2\alpha\cos\alpha;$

по оси  $y$   $C_1K = C_1D + KD.$

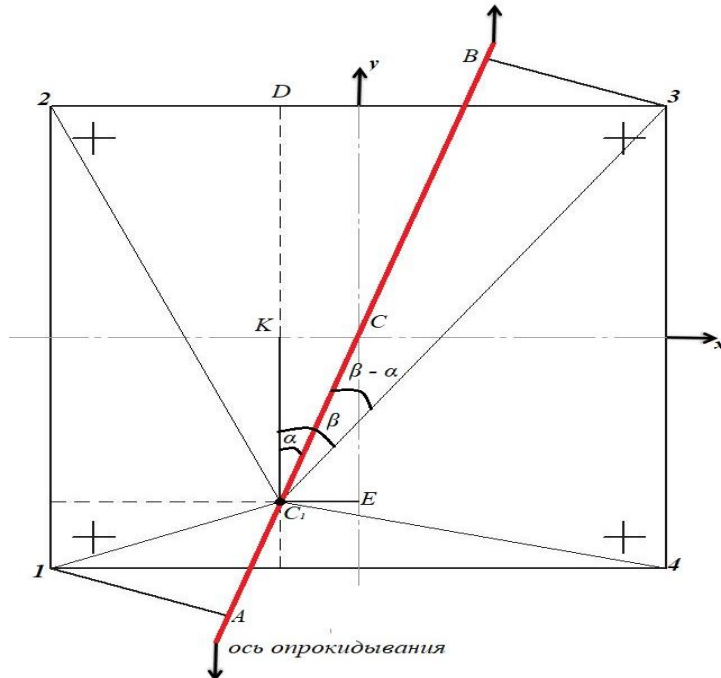
Величину  $KD$  определим из пропорции на рисунок 3, б.

$$KD = \frac{\Delta l}{2}(1 - \sin^2\alpha\cos\alpha).$$

Тогда  $C_1K$  будет равно:

$$C_1K = asin^3\alpha + \frac{\Delta l}{2}(1 - \sin^2\alpha\cos\alpha).$$

Очевидно, что если смещение, (см. рисунок 3, б) произойдет в указанном направлении, то линия вдоль которой будет происходить опрокидывание будет лежать на прямой  $MN$  (рисунок 4).



**Рис. 4.** Схема к определению линии опрокидывания

На рисунке 4 видно, что относительно геометрического центра тяжести конструкции  $C$ , возникают моменты относительно «граничных» точек опоры, величины которых зависят от величины реакции  $R$  в опоре транспортного средства.

Обеспечение равномерности нагружения опорных точек транспортного средства возможно при наличии контроллеров (датчиков) давления или перемещения, установленных в опорных точках конструкции.

В этом случае, нагрузка, приходящаяся на тензодатчики, размещенные по краям опоры с размерами  $b \times b$  будет равна:

$$\begin{aligned} M_1 &= R\sqrt{(b - C_1E)^2 + (b - C_1K)^2}; \\ M_2 &= R\sqrt{(b - C_1E)^2 + (b + C_1K)^2}; \\ M_3 &= R\sqrt{(b + C_1E)^2 + (b + C_1K)^2}; \\ M_4 &= R\sqrt{(b + C_1E)^2 + (b - C_1K)^2}; \end{aligned}$$

Условие устойчивости опоры относительно смещенного центра тяжести будет иметь вид:

$$\begin{aligned} AC_1 &\leq C_1B \\ \text{Или} \\ \frac{AC_1}{C_1B} &\leq 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Величину смещения определим из геометрических соотношений рисунок 2.11:

$$\begin{aligned} tg\beta &= \frac{D3}{C_1D} = \frac{b + C_1E}{b + CK_1}; \\ C_1B &= C_13 \cdot \cos(\beta - \alpha); \\ C_1A &= C_11 \cdot \cos(\beta - \alpha) \end{aligned}$$

Тогда зависимость (1) будет иметь вид:

$$\frac{AC_1}{C_1B} = \sqrt{\frac{(b - C_1E)^2 + (b - C_1K)^2}{(b + C_1E)^2 + (b + C_1K)^2}} \quad (2)$$

Полученное выражение (2) позволит регулировать изменение давления в датчиках, установленных в точках, указанных на рисунке 4.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Недостатком указанных способов обеспечения безопасной работы стреловых самоходных кранов (ССК), прописанных в нормативных документах, отсутствуют сведения о вариантах эксплуатации при поворота стрелы в вертикальной плоскости и учет изменения траектории центра тяжести при подъеме груза, что не позволяет учитывать появление дополнительных усилий в крановом оборудовании.

2 Установлено перемещение центра тяжести в результате проседания опор по причине просадки грунта. Зависимость (1) позволяет определить моменты опрокидывания, возникающие в опорах крановой конструкции. Для регулирования усилия при проседании опрос была получена зависимость (2), а для снятия текущих значений усилий в опорах используются различные датчики, которые вне зависимости от типа крановых конструкций являются неотъемлемой частью приборов безопасности.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ 34463.1-2018. Краны грузоподъемные. Безопасная эксплуатация. Часть 1. Общие положения. - Москва : Изд-во стандартов. Дата введения 2020-06-01
- ВСН 274-88. Правила техники безопасности при эксплуатации стреловых самоходных кранов. – Москва : Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР. - 1989. [Электронный ресурс] // Источник: [https://znaytovar.ru/gost/2/VSN\\_27488\\_Pravila\\_texniki\\_bezo.html](https://znaytovar.ru/gost/2/VSN_27488_Pravila_texniki_bezo.html)
- РД 10-74-94. Утверждена Госгортехнадзором России от 02.08.94 г. Типовая инструкция для крановщиков (машинистов) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов (автомобильных, пневмоколесных, на специальном шасси

автомобильного типа, усеничных, тракторных) (РД 10-74-94) "С Изменениями N1 (РДИ 10-426(74)-01), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 06.12.01 N 60".

4. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // 1997-2020 КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_15234](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234) , свободный – (дата обращения: 12.01.2020).

5. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс] // РОСТЕХНАДЗОР 2013-2019. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/index.php?sphrase\\_id=1656336](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/index.php?sphrase_id=1656336), свободный – (дата обращения: 01.10.2019).

6. Сладкова, Л.А. Моделирование устройства горизонтирования поверхности транспортных средств при работе на слабонесущих грунтах / Л.А. Сладкова, П.А. Григорьев // Профессорский форум 2019 «Наука. Образование. Регионы». – 2019. – С.164-170.

7. Методические указания по расчёту устойчивости стреловых самоходных кранов с телескопической стрелой: РД 36.22.17-08. – М.: ВКТИМонтажстроймеханизация, 2009. – 26 с.

8. Краны стреловые самоходные. Нормы расчёта устойчивости против опрокидывания: РД НИИКраностроения - 05-07. – М.: НИИКраностроения, 2007. – 29 с.

## **СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ НАГРЕВА ВЫГЛАЖИВАЮЩЕЙ ПЛИТЫ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА**

*Довгань В.Д., студент группы 4ДМ МАДИ, Будин Е.Е., студент группы 4ДМ МАДИ,  
Иванов И.В., студент группы 4ДМ МАДИ.*

*Научный руководитель – Погонина А.М., к.т.н., доцент каф. ДСМ.*

### **АННОТАЦИЯ**

В данной работе авторы рассматривают проблемы температурной сегрегации асфальтобетонной смеси. Работа является актуальной потому, что неравномерный нагрев асфальтобетонной смеси сказывается на качестве вновь укладываемого дорожного покрытия. Целью работы является определение температурных параметров модернизируемого рабочего оборудования асфальтоукладчика. В работе был выполнен обзор существующего оборудования дорожно-строительных машин и выявлены их преимущества и недостатки. На основании этого авторами разработана модернизированная конструкция рабочего оборудования асфальтоукладчика, моделирующая процесс нагрева асфальтобетонной смеси и проведен эксперимент. В ходе исследования опытным путём были определены параметры модернизированного оборудования и проведено сравнение их с параметрами существующего оборудования. Опыт проводился в реальных условиях с использованием комплекта измерительного оборудования. В качестве результатов авторами выведены рекомендации по разработке методики расчетов представленного оборудования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В связи с тем, что отрасль дорожного строительства непрерывно развивается, наиболее острой проблемой является качество верхнего слоя асфальтобетона. Качество покрытия дороги зависит от применяемой дорожно-строительной техники.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В работе был проведен анализ существующих способов нагрева выглаживающей плиты, таких как: газовый способ, электрический и нагрев с помощью инфракрасного нагревающего элемента [1,2,3,4,5,6]. Были выявлены преимущества и недостатки каждого из способов. В качестве цели для дальнейших исследований было определено следующее: для оценки качества нагрева необходимо экспериментально рассчитать и сравнить показатели

площади нагретых участков при использовании газового способа нагрева и модернизированного способа.

Разработанная для экспериментальных исследований модель представляет собой железный короб с помещенной в него медная трубка с отверстиями малых диаметров, по которой подается газ, и нижняя полости короба нагревается, имитируя выглаживающую плиту асфальтоукладчика. Установка в сборе представлена на рисунке 1.

Для определения площади нагретых участков была проведена серия лабораторных экспериментов на сконструированной модели. Она включает в себя замеры температуры разных участков нагревающий плиты с помощью пирометра и составление температурной карты нагрева. Для определения площади нагретых участков была использована программа КОМПАС-3D. Для построения графиков зависимости температуры от времени нагрева использована программа MS Excel.



Рис. 1. Экспериментальная установка

После включения подачи газа нижняя часть короба начинает нагреваться за счёт выхода газа из отверстий медной трубки. Для определения температуры нагрева было проведено 3 эксперимента с 5 замерами в диапазоне времени нагрева времени нагрева 3, 10 и 15 минут. Усредненные значения температуры занесены в таблице 1.

Табл. 1. Зависимость температуры от времени нагрева

п/п	Время нагрева, мин	Средняя температура поверхности плиты, °С
1	3	112,7
2	10	133,5
3	15	155,4

Результаты эксперимента сведены в графический вид для оценки эффективности модернизированного способа нагрева (рис. 2).

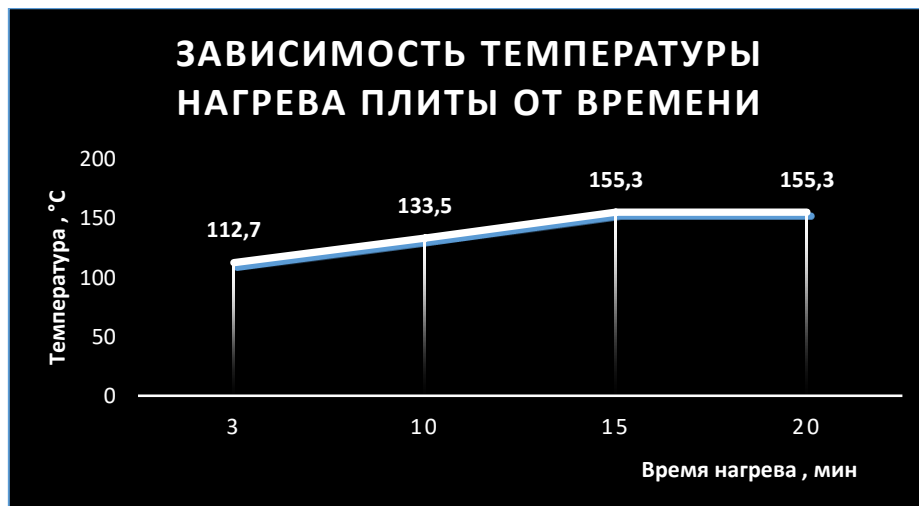


Рис. 2. График зависимости температуры нагрева плиты от времени

Далее были получены температурные карты нагрева при использовании инфракрасного способа нагрева (рис 3.) и рассматриваемого (рис.4).



Рис. 3. Температурная карта нагрева плиты газовым способом до модернизации

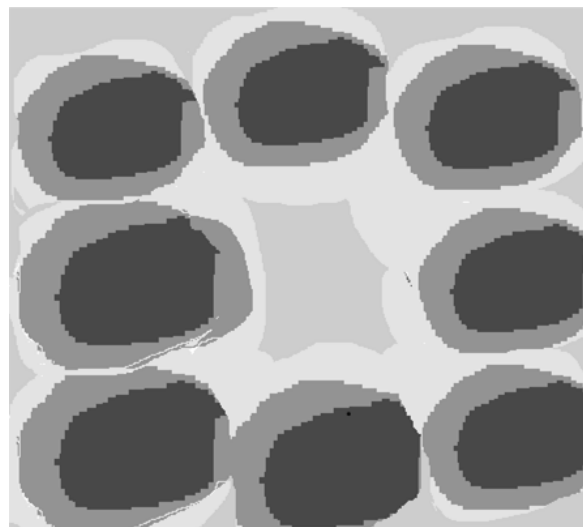


Рис. 4. Температурная карта нагрева плиты газовым способом после модернизации

С помощью программы КОМПАС-3D были автоматически посчитаны значения площадей слабонагретых участков:

В случае до модернизации значение составляет  $S_1 = 5394,7 \text{ мм}^2$

В случае после модернизации значение составляет  $S_2 = 2494,5 \text{ мм}^2$

Для определения разницы площадей слабонагретых участков используем формулу:

$$\Delta S = \frac{S_2}{S_1} * 100\% = 46,2\% \quad (1)$$

где  $S_1$ - площадь поверхности слабонагретых участков при не модернизированном способе нагрева,  $\text{мм}^2$ ;  $S_2$ - площадь поверхности слабонагретых участков при модернизированном способе нагрева,  $\text{мм}^2$ .

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, по результатам исследования нагрева выглаживающей плиты различными способами, установлено, что при использовании модернизированного способа нагрева площадь слабонагретых участков снижается почти в 2 раза, что положительно влияет на равномерность нагрева выглаживающей плиты, благодаря чему снижается вероятность сегрегации уложенной асфальтобетонной смеси.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Проектирование асфальтоукладчиков: учебно-метод. Пособие. – Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2009. – 70 с.
2. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация): учебное пособие для вузов / В.Б. Пермяков, В.И. Иванов, С.В. Мельник и др. / под ред. В.Б. Пермякова. – М.: «ИД «БАСТЕТ»», 2014 – 752 с.
3. Потеряев, И.К. Оптимизация системы «асфальтоукладчик – транспортные средства – асфальтосмесительная установка» при строительстве асфальтобетонных покрытий: дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Потеряев Илья Константинович. – Омск, 2013. – 195 с.
4. Кудяков, А.И. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий / А.И. Кудяков // Вестник ТГАСУ. – 2009. – № 1. – С. 116-122.
5. Кудяков, А.И. Новые подходы в нормировании свойств компонентов и технологии приготовления асфальтобетона / А.И. Кудяков, А.К. Эфа, И.Н. Трофимов, А.Л. Базилевич // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2009. – № 1. – С. 18-21.
6. Пат. № 2406793 Р.Ф. Устройство для перевозки и выгрузки термопластичных материалов / В.И. Иванов, И.К. Потеряев; СибАДИ. – № 2009146392/03; заявл. 14.12.2009; опубл. 20.12.2010, Бюл. № 35.

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ МАЯТНИКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ КОВША С ЖИДКИМ МЕТАЛЛОМ ЛИТЕЙНОГО КРАНА НА ГИБКОМ ПОДВЕСЕ**

*Жаворонков М. А., студент*

*Научный руководитель – Абрамов Б. Н., канд. техн. наук, доцент*

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана*

### **АННОТАЦИЯ**

В процессе работы литейных кранов возможно возникновение маятниковых колебаний ковша с расплавленным металлом на гибком подвесе около своего положения равновесия. Раскачивание ковша вызывают дополнительные динамические нагрузки, воздействующие как на приводные электродвигатели механизмов передвижения, так и на элементы крана. Раскачивание ковша затрудняет также управление краном, так как в процессе наводки ковша требуется дополнительное время на успокоение колебаний. Кроме того, раскачивание ковша



приводит к интенсивному износу канатов, вследствие трения их о реборды направляющих блоков. Таким образом, явление маятниковых колебаний ковша уменьшает надежность и производительность работы всего крана.

### ВВЕДЕНИЕ

Для ограничения нежелательных последствий раскачивания ковша на гибком подвесе необходимо принимать специальные меры по подавлению этих колебаний. Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является применение специальных систем для активного демпфирования колебаний подвеса [1–5]. Однако применение подобных систем в литейных кранах в широких масштабах возможно только в тех случаях, если эти системы (устройства) будут возможно более простыми. Этим требованиям отвечают методы, основанные на использовании параметрических явлений, которые рассматриваются в данной работе: управление колебаниями ковша путем горизонтальных или вертикальных перемещений точки подвеса груза, а также периодическим изменением длины его подвеса.

**Цель** данного исследования заключается в выявлении наиболее эффективного метода из вышеперечисленных.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Расчетные схемы рассматриваемых методов подавления маятниковых колебаний показаны на рис. 1. Положение груза относительно неподвижных в пространстве осей XOY определяется координатой  $S$  точки подвеса и углом отклонения каната  $\varphi$ . Таким образом, система имеет две степени свободы.

Для каждого расчетного случая составлены соответствующие уравнения Лагранжа, принимая  $S$  и  $\varphi$  за обобщенные координаты. По результатам решения соответствующих уравнений для метода а) получена зависимость времени затухания маятниковых колебаний от длины подвеса и амплитуды

горизонтального перемещения точки повеса груза. Аналогично для задачи б) получена зависимость времени затухания от длины подвеса и амплитуды перемещения точки подвеса груза, а также зависимость времени затухания от длины каната и амплитуды перемещения точки подвеса для задачи в). Соответствующие графики для всех расчетных случаев для сравнения результатов представлены на рис. 2.

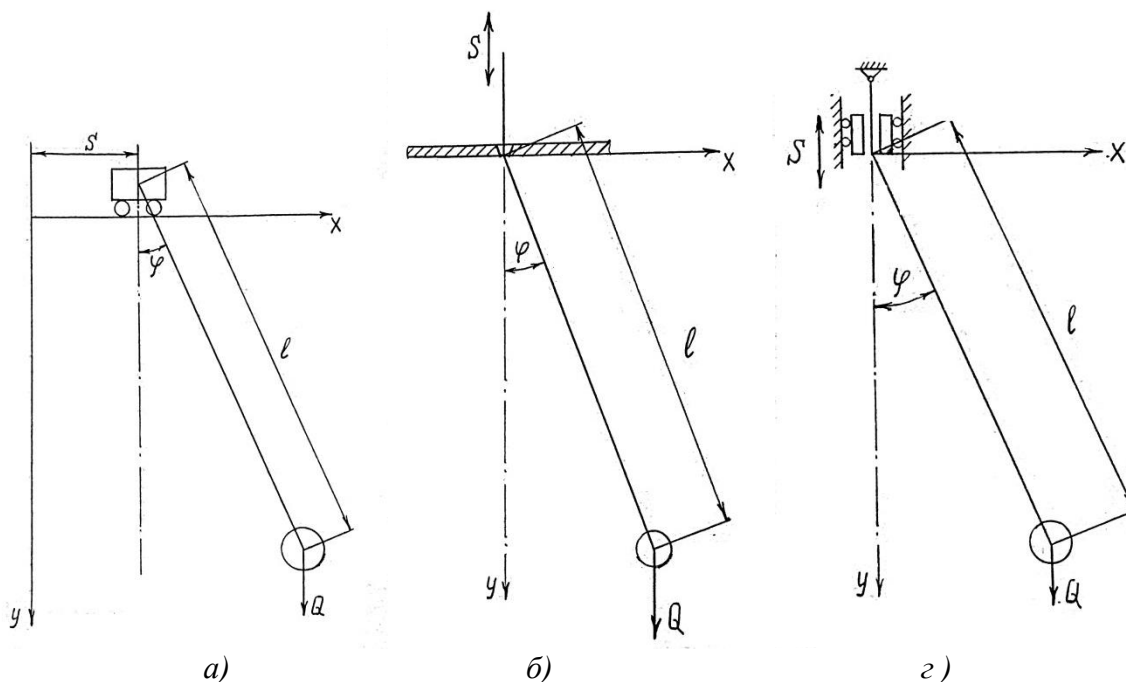


Рис. 1. Методы, обеспечивающие затухание колебаний маятника:

а – путем горизонтальных перемещений точки подвеса; б- путем вертикальных перемещений точки подвеса; в – путем периодического изменения длины подвеса

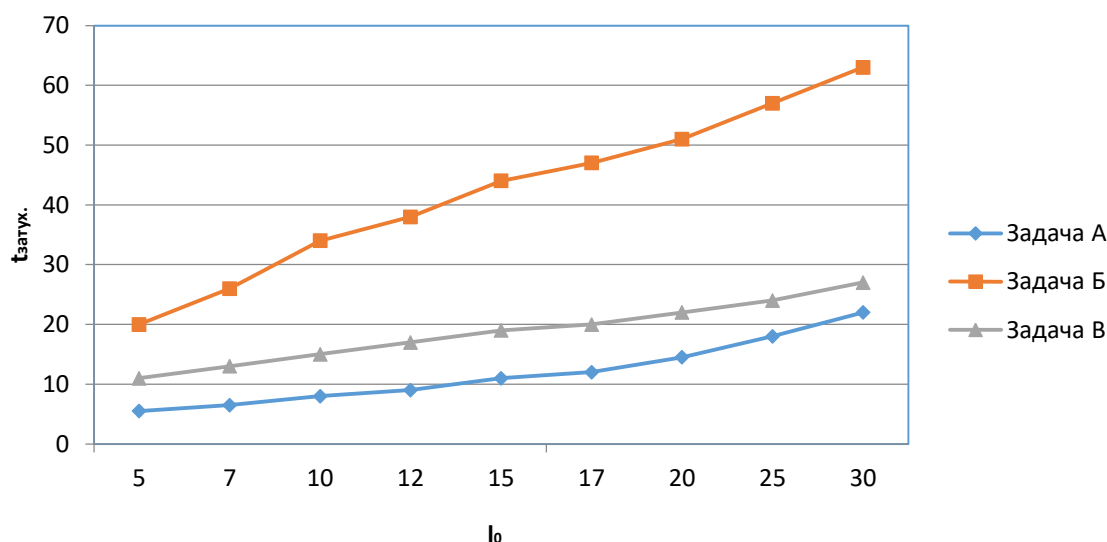


Рис. 2. Зависимости времени затухания маятниковых колебаний груза для рассматриваемых активных методов их подавления: задача А – путем горизонтальных перемещений точки подвеса; задача Б – путем вертикальных перемещений точки подвеса; задача В – путем периодического изменения длины подвеса

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Методом математического моделирования доказан принцип активного подавления колебаний груза способом горизонтального и вертикального перемещения точки подвеса каната, и за счет изменения длины отвеса каната. Определены параметры оптимального воздействия для каждого рассматриваемого способа. Положительным свойством первого и третьего способов гашения колебаний является отсутствие дополнительных инерционных нагрузок в вертикальной плоскости, в то же время преимущество второго и третьего способа заключается в возможности гашения колебаний как в плоскости стрелы, так и в перпендикулярном к ней направлении. Последнее свойство является полезным, так как при вращении крана (экскаватора типа «драглайн») колебания груза могут проходить из одной плоскости в другую. Можно сделать результирующий вывод, что наиболее целесообразными способами гашения колебаний груза являются первый (задача А) и третий (задача В) способы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бугарич У., Вукович И. Оптимальное управление движением систем, аналогичных математическому маятнику переменной длины // Вестник машиностроения. 2006. № 5. С. 40-45.
2. Казак С. А. Маятниковые колебания груза и длительность разгона механизма передвижения крановой тележки // Вестник машиностроения. 1991. № 8 С. 30-32.
3. Заремба А. Т. Оптимальное перемещение маятника при фазовом ограничении на скорость точки подвеса // Изв. АН СССР. МТТ. 1982. №3. С. 28-34.
4. Болотник Н. Н., Чыонг Н. Об оптимальной длине подвеса при перемещении маятниковой системы // Изв. АН СССР. МТТ. 1983. № 6. С. 28 -34.
5. Соколов Б. Н. Синтез оптимального управления энергией маятника // Изв. АН СССР. МТТ. 1985. №6. С. 28-34.

# ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВИБРОУДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Лукьянов М. А., Невзорова Е. В., студенты*

*Научный руководитель – Абрамов Б.Н., канд. техн. наук, доц.*

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана*

## АННОТАЦИЯ

В процессе эксплуатации строительных машин, в частности гидравлических экскаваторов и других землеройных машин, ввиду износа и пластических деформаций элементов шарнирных соединений их рабочего оборудования происходит прогрессирующее увеличение зазоров. По этой причине в данных шарнирах при чередовании замкнутого и незамкнутого состояний кинематических цепей происходят многократные соударения, обуславливающие виброударный режим работы и повышение динамических нагрузок (реакций). Вызванные соударениями звеньев динамические нагрузки могут достигать значительных величин, что приводит к интенсивному износу сопряжений, перенапряжению звеньев рабочего оборудования и выходу их из строя.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования заключается в том, что шарнирные соединения являются одними из наиболее важных элементов в конструкции механизмов и оборудования. Они обеспечивают передачу сил и моментов от одного элемента к другому, а также позволяют осуществлять повороты и перемещения в различных направлениях. В связи с этим, точность и надежность работы шарнирных соединений критически важны для эффективной эксплуатации механизмов и оборудования [1].

Исследование виброударного нагружения шарнирных соединений позволяет оценить их динамическое поведение в условиях реальной эксплуатации и выявить возможные проблемы, связанные с их работой. Такой анализ помогает определить оптимальные характеристики конструкции и выбрать наиболее подходящие материалы и технологии производства. Это, в свою очередь, позволяет увеличить надежность и срок службы механизмов и оборудования, а также повысить их эффективность и производительность строительных машин.

**Цель** данного исследования заключается в проведении специального исследования виброударного нагружения шарнирных соединений, что позволяет проводить полный анализ динамического поведения элементов рабочего оборудования как конструкции многоцелевого назначения. Такой уточненный анализ конструкции, приближенный к реальным условиям, является основой при определении ее оптимальных характеристик.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для моделирования виброударного взаимодействия элементов шарнирного соединения [2] использована модель с кинематическим возбуждением.

Рассматривается симметричная кусочно-линейная система с двумя степенями свободы. Жесткость и коэффициент демпфирования контактного взаимодействия принимаются конечными. Это позволяет определять усилия и длительность контактного взаимодействия, что необходимо для оценки динамического режима узла и, в конечном итоге, определять коэффициент динамичности нагружения. Уравнения движения составлены отдельно для двух этапов: в отсутствие контакта и при контакте между двумя массами.

Входное воздействие, приложенное к одному из элементов сопряжения, задавали в виде

$$x(t) = L(t) \sin(\omega t + y), \\ L(t) = Le^{-Et},$$

где  $E > 0$  – малый параметр, введение которого обосновано затухающим характером колебаний.

Изложенный алгоритм расчета виброударного процесса реализован в программе на ЭВМ. Блок-схема программы состоит из двух основных блоков. Первый отвечает за расчет максимального относительного перемещения и других характеристик в зависимости от заданных величин длительности интервала контакта. Второй блок – блок построения графических зависимостей. По существу, данный блок является управляющим менеджером для блока расчета в режиме построения графиков. В результате расчетов получили значения усилия при заданной длительности контактного взаимодействия, что весьма важно для оценки износа в соединении.

Для оценки правильности теоретической модели удара результаты моделирования сравнивались с экспериментальными данными. Экспериментальная установка представляла собой радиальную упругую балку трубчатого сечения с жестким хвостовиком, закрепленным на вращающемся валу. Балку сбрасывали с различной высоты, при этом ее свободный конец ударял по наковальне полуцилиндрической формы, жестко связанной с основанием установки. Для измерения упругих колебаний использовались тензорезисторы, установленные в среднем сечении балки. Изменения зазоров в шарнирном соединении осуществлялось с помощью сменных втулок с различным по величине диаметром расточки под вал. В дополнение к экспериментам с обычными металлическими втулками были проведены исследования с использованием специальных упругодемпфирующих втулок, приготовленных методом холодного прессования свитых из тонкой стальной проволоки пружин малого диаметра. Обладая нелинейной зависимостью силы от деформации, материал втулок (получивший условное название МР-металлорезина позволяет воспринимать кратковременные большие нагрузки, не допуская при этом больших перемещений в соединении. Используемая экспериментальная установка, может служить моделью различных реальных конструкций, таких как, например, рукоять одноковшового экскаватора при особых условиях работы – дроблении негабаритов, дорожного покрытия или при сбросе ковша в забой.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате экспериментов выявлено, что удар балки по наковальне представляет из себя последовательность убывающих по силе соударений. Удар передается в шарнирное соединение и тоже имеет многократный характер. Анализ данных, полученных в ходе эксперимента, показал, что увеличение зазора в шарнире в два раза вызывает увеличение ударной нагрузки в два с половиной раза. Применение упругодемпфирующих втулок приводит (при сопоставимых условиях) к снижению напряжений на 50...60 %.

В сочетании с экспериментальными данными вычислительная модель может быть использована для оценки уровня износа в шарнирных соединениях в зависимости от различных факторов и прогнозировать их ресурс.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Харламов Ю.И., Жильцов А.П., Вишневский Д.А. и др. Систематизация сопряжений деталей узлов трения машин по условиям их контакта // Известия высших учебных заведений. Машинстроение. #11 (752). 2022. С. 12-24.
2. Городилов Л.В., Коровин А.Н. Анализ конструкций ковшей активного действия карьерных и строительных экскаваторов. Интерэкспо Гео-Сибирь, № 3, 2021. С. 171–179.

## МАШИНА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

*Минаков В.Ю., магистрант второго года обучения группы мДМ МАДИ  
Кустарев Г.В. к.т.н, заведующий кафедрой ДСМ МАДИ.*

### Аннотация

Данная статья посвящена проблеме температурной сегрегации асфальтобетонной смеси при её доставке. Автором выполнен анализ конструкций, представленных на рынке спецтехники. Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что на сегодняшний день существует ряд специализированной техники для доставки горячих асфальтобетонов разных категорий, но ни одна из них не может гарантировать отсутствие теплопотерь материала. Целью данной разработки является проект конструкции машины, которая позволит производить доставку асфальтобетонных смесей на большое расстояние с поддержанием постоянной температуры смеси для исключения негативного влияния температурной сегрегации на качество асфальтобетона. В статье приводится сравнение машин по различным параметрам, на основе которых делается вывод о целесообразности проектирования нового типа машин.

### ВВЕДЕНИЕ

В России асфальтобетон является основным и наиболее распространенным материалом для укладки дорожных покрытий, тротуаров, площадок и т.д. Однако в связи с возрастающим транспортным потоком срок службы асфальтобетонных покрытий сокращается. В связи с этим требуется повышение качества производящихся асфальтобетонов с заранее заданными свойствами, которые позволят обеспечить требуемые характеристики и долговечность дорожного покрытия[1,2].

Для достижения этой цели необходимо решить задачи, связанные с совершенствованием машин для доставки готовой смеси от места производства до места строительства автодороги.

Целью создания машины по транспортировке и приготовлению асфальтобетонной смеси лежит необходимость устранения проблем, связанных с температурной и фракционной сегрегацией, а также возможность работать со всеми существующими типами асфальтобетонов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Машина для транспортировки и приготовления асфальтобетонных смесей (далее МТПАБ), (рис.1.) применяется для сохранения заданных параметров смеси в процессе её транспортирования от завода изготовителя до места строительства.

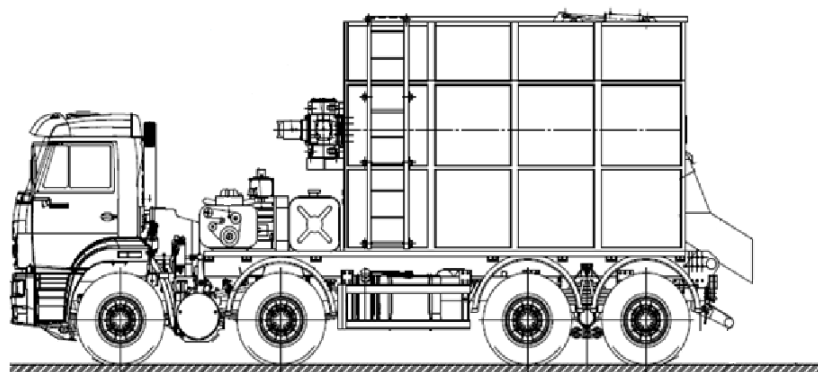


Рис. 1. МТПАБ

Новая машина может применяться для доставки асфальтобетона в осенний период времени, когда понижение температуры создает большую проблему для доставки горячих АБ. Также машину можно эффективно применять при ямочном ремонте дорог, когда дорожно-строительная техника вынуждена делать остановки и перемещаться с места на место. МТПАБ может длительное время сохранять требуемые характеристики смеси. Еще одним плюсом является возможность машины производить приготовление смеси, требуется только подвоз компонентов. Что позволяет сократить затраты на доставку от асфальтобетонного завода (АБЗ) [3,4].

Термос-миксер состоит из наружного корпуса и обечайки смесителя, полости заполнены утеплителем типа минеральная вата. Корпус имеет несущий каркас выполненный из стальных, профильных труб. Стенки корпуса выполнены из листа горячекатаного.

Барaban закреплен внутри бункера на сварных опорах. Под днищем смесителя расположена замкнутая, система жидкостного подогрева барабана.

Основным рабочим органом машины является смеситель принудительного действия, представленный на рисунке 2.

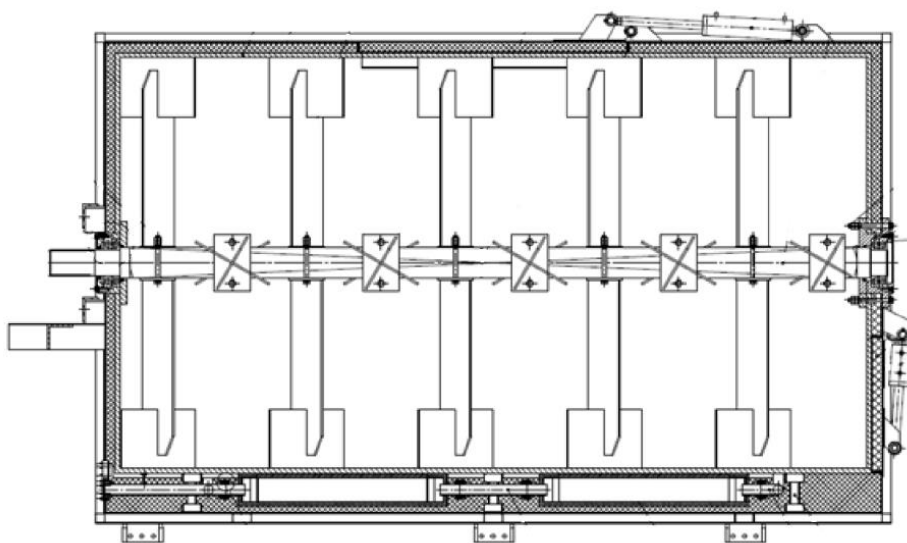


Рисунок 2. Установка смесительная с подогревом

Он оснащается валом, на который установлены специальные перемешивающие лопасти, которые обеспечивают закручивание и перемещение смеси в двух противоположно направленных, взаимопроникающих потоках, находящихся по периферии и по центру смесительной емкости.

Подогрев смеси нужен для устранения такого неблагоприятного фактора как температурная сегрегация, который вызывает преждевременное разрушение асфальтобетонных покрытий. Сегрегация возникает при перевозке асфальтобетона из-за интенсивного обдува набегающими потоками воздуха.

Для решения этой проблемы кузов машины закрывают тентом, что немного снижает скорость остывания, но не исключает проблему полностью. Также теплопотери происходят в месте контакта с кузовом самосвала. Самосвальная надстройка выполнена из стали, которая имеет хорошую теплопроводности никак не изолирована от окружающей среды. В движении наружная поверхность кузова обдувается потоком воздуха что значительно ускоряет отвод тепла от стенок, что приводит к ускоренному остыванию смеси [5].

В МТПАБ установлена система подогрева смеси, состоящая из: насоса, предохранительной и контролирующей системы, нагревательного радиатора и блока подогревателей бака смесителя, её можно рассмотреть на рисунке 2 ниже смесительного барабана.

Система в рабочем состоянии находится под давлением для повышения температуры нагрева теплоносителя, в выключенном состоянии, когда машина переходит на длительную стоянку давление может сбрасываться, для уменьшения нагрузок, воздействующих на соединения и обновления теплоносителя.

В рабочем положении насос работает в режиме циркуляции, прогоняя теплоноситель по всему контуру, через радиатор дизельного нагревателя, затем через радиаторы подогревателей смесителя.

Произведем сравнение МТПАБ с разработанной ранее машиной по доставке АБ смеси БЦМ-186 от завода изготовителя “Бецема”. Ниже в таблице 1 представлены основные характеристики БЦМ-186 и МТПАБ.

Таблица 1 – Сравнение характеристик машин

Параметры машин	БЦМ-186	МТПАБ
Полная масса а/м, кг	25200	41000
Модель двигателя	Cummins ISB6.7e5 300	Cummins ISB6.7E5 285
Грузоподъемность, кг, не менее	12 575	30000
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	2,42	7,5
Привод мешалки	от КОМ через гидронасос	гидромеханический с отбором мощности от автономного двигателя
Частота вращения мешалки, об/мин	0 - 10	0-20
Температура подогрева, град	180 - 240	0-300
Мощность подогревателей, кВт	45	291
Масса установленного оборудования, кг	3 600	7648
Вместимость смесительного барабана по выходу готовой смеси типа А, м <sup>3</sup>	3,8	9,4

При сравнении МТПАБ с БЦМ-186, производительность, объём готовой смеси и мощность подогрева выше у МТПАБ. Так же стоит отметить, что МТПАБ оборудована более технологичной нагревательной установкой за счет того, что используется жидкостный теплоноситель, циркулирующий по замкнутому контуру, а радиаторы установлены непосредственно на корпус смесителя. Данное конструкторское решение позволяет добиться минимальных потерь энергии теплоносителя за счет теплоизоляционных экранов и применения медных радиаторов для наилучшей теплопередачи.

Недостатком БЦМ-186 является применение малоэффективного нагревателя для подогрева корпуса смесителя за счет потока воздуха от дизельных горелок. Малая эффективность обусловлена низкой теплопроводностью воздуха, большими потерями энергии в окружающее пространство и не возможностью точной регулировки температуры.

Вследствие этого производительность всей установки снижается. Так же минусом является отсутствие теплоизоляции загрузочных и разгрузочных люков.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате новая машина по доставке и приготовлению асфальтобетона с перемешиванием и подогревом смеси, осуществляемые непосредственно на базе машине, без задействования другой техники, может использоваться как передвижной АБЗ малого типа, с возможностью приготовления любой из существующих типов смесей.

Предлагаемая конструкция позволит повысить качество дорог с асфальтобетонным покрытием что увеличит срок службы дорожного полотна, так же позволит снизить энергозатраты асфальтобетонных заводов на окончательное перемешивание смеси, что позволяет использовать меньшие по размерам АБЗ при сохранении производительности.

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Антонова, В. В. Влияние температурного режима на показатели качества укладки асфальтобетонной смеси / В. В. Антонова, А. В. Ушков // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2019. – № 2(20). – С. 5.

2. Дамдинова Д.Р. Машины для перемешивания материалов ч.2. Смесители периодического действия. ВСГТУ, 2012. – 12с.

3. Кустарев, Г. В. Обоснование применения комплекса машин для скоростного строительства, ремонта и реконструкции асфальтобетонных покрытий / Г. В. Кустарев, А. В. Ушков, С. А. Павлов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2017. – № 4. – С. 14-17.

4. Совершенствование конструкции строительной машины, снижающей сегрегацию асфальтобетонной смеси / С.В. Савельев, И.К. Потеряев, А.Б. Летопольский, В.В. Михеев // Вестник СибАДИ. - 2016. - № 2 (48). - С. 31-37.

5. Ушков А. В., Собченко Е. В., Кустарев Г. В. Комплекс машин для инновационной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий // Транспортное дело России. 2014. № 1. С. 188-191.

### **СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*Невзорова Е.В., Кузнецов М.А., Иванов Н.Д., студенты МГТУ им. Н. Э. Баумана  
Научный руководитель – Гнездилов С.Г., к. т. н., доцент*

#### **Аннотация**

Представлен обзор примеров практического применения систем диспетчеризации и управления комплексами беспилотных транспортных средства на конкретных рудниках.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Повышение эффективности промышленных предприятий посредством внедрения беспилотных транспортных средств является перспективным направлением автоматизации, обеспечивающим повышение эффективности и безопасности грузоперевозок [1]. В связи с этим актуальны вопросы создания и интеграции систем управления комплексами беспилотников, способных контролировать работу большого числа транспортных средств в режиме реального времени.

#### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В рамках настоящей работы рассмотрим некоторые преимущества и недостатки систем диспетчеризации и управления беспилотным транспортом (англ. *autonomous haulage system*), разберем примеры их использования.

Под «беспилотным транспортным средством» понимают [2] транспортную единицу, обладающую системой автономного управления и способную выполнять поставленные



задачи без непосредственного нахождения человека внутри нее, а под «системой диспетчеризации и управления беспилотным транспортом» будем понимать систему оперативного контроля и координации комплексов беспилотных транспортных средств, обеспечивающая согласованную работу всех единиц системы.

К основным преимуществам систем диспетчеризации и управления беспилотным транспортом относят [3, 4]: оптимизацию грузоперевозок, снижение издержек на эксплуатацию, снижение затрат на нецелевое использование топлива, увеличение коэффициента технической готовности, минимизацию времени простоев, повышение безопасности производственных процессов и др.

В то же время стоимость разработки и включения в структуру производства весьма высока и в ряде случаев интеграция таких систем требует государственного участия. Положительный эффект от внедрения таких систем достигается не сразу: первое время готовность беспилотных транспортных средств невысока, что отрицательно отражается на общей производительности [3].

Системы диспетчеризации и управления находят применение в разных областях: оптимизация работы таксопарка (система беспилотных такси *Yandex Self-Driving Cars* [5]), сельскохозяйственная промышленность (беспилотные тракторы и комбайны [6]), горнорудное производство (система автономной транспортировки *Hitachi Autonomous Haulage System* [7, 8]), военные космические и авиационные проекты (комплекс беспилотных российских летательных аппаратов «Пчела» [9]), добыча и переработка нефти и газа (беспилотные КАМАЗы на Восточно-Мессояхском месторождении [10]), складское хозяйство (беспилотные роботы компании *Nissa* [11]) и др.

Рассмотрим ряд примеров применения системы диспетчеризации и управления в области горнорудного производства, для которых выделяют [22]: подсистему мобильного позиционирования горнотранспортных машин, подсистему диспетчерского контроля и подсистему программного обеспечения.

Подсистема мобильного позиционирования включает: мобильные спутниковые комплексы связи, установленные на экскаваторах и большегрузных самосвалах. Мобильный комплект связи самосвала обеспечивает периодическое определение и передачу его координат на базовую станцию, а также прием управленческих решений, таких как: следования на погрузку, разгрузку, техническое обслуживание, пересменку и др. В состав мобильного комплекта связи входят: мобильный *GPS*-приемник, бортовой индустриальный компьютер, радиомодем, мультиплексор, цифровая радиостанция, графический дисплей [12, 14].

Рассмотрим некоторые примеры применения следующих систем диспетчеризации и управления беспилотным транспортом: *Komatsu FrontRunner*, *Hitachi* и система «КАРЬЕР».

Основу создаваемой компаниями *Komatsu Ltd* и *Modular Mining Systems* системы *FrontRunner* составляют роботизированные карьерные автосамосвалы *Komatsu 930E* с электроприводом, оснащенные аппаратным и программным обеспечением, необходимым для связи с диспетчером. Другое оборудование – специализированные транспортные средства: погрузочные устройства, вспомогательное оборудование и т.п., управляемые вручную. Связующее звено – коммуникационная сеть. Централизованный контроль над всей системой осуществляется на пункте управления [15]. Эта система впервые введена в эксплуатацию в 2008 году на руднике *West Angelas* месторождения Ист-Пилбара в Западной Австралии компанией *Rio Tinto*. С 2009 года организовано управление горнотранспортным оборудованием из единого диспетчерского центра, находившегося на расстоянии 1300 км от места проведения горных работ. Система *FrontRunner* введена также в эксплуатацию на медных рудниках компании *Codelco* в Чили, что позволило снизить влияние на рабочий процесс человеческого фактора. При этом обеспечивается не только движение по трассе между пунктами загрузки и разгрузки, но и требуемое маневрирование в местах разгрузки.

Система *Hitachi*, нашедшая применение на угольной шахте *Stanwell Corporation Meandu* в Квинсленде (Австралия), позволяет эксплуатировать беспилотные самосвалы на открытых карьерах. Структура этой системы схожа с *FrontRunner*. Она включает [7]: комплекс центрального управления, отвечающий за контроль транспортного движения, планировку и менеджмент производства, парк экскаваторов и другой вспомогательной техники, управляемой людьми, а также сети беспроводной связи и беспилотных автосамосвалов, оснащенных спутниковыми системами навигации, лидарами, радиоантеннами и радиолокационными станциями миллиметрового диапазона.

В основе данной системы – принцип контроля решений, основанный на разбиении маршрута беспилотных автосамосвалов на участки и разрешения перемещения только одной транспортной единицы по одному участку. При приближении к границе участка грузовик отправляет в центральную систему управления запрос на разрешение въезда на него и, если разрешение получено, продолжает свой путь. Такая система разрешений предотвращает пересечение путей движения техники и позволяет повысить плотность транспортных потоков до 1,7 раза по сравнению с методами управления, основанными на определении местоположения транспортных средств, реализованных в некоторых других системах [8].

Созданная российской компанией «ВИСТ Групп» (входит в ГК «ЦИФРА») система управления горнотранспортным комплексом «Карьер» внедряется на предприятиях России и СНГ с 1990-х годов. Она поддерживает применение безлюдных технологий добычи полезных ископаемых. В 2010 году, совместно с «БЕЛАЗ», «ВИСТ Групп» приступила к разработке роботизированных горнотранспортных комплексов. В 2019 году система прошла успешные испытания в лабораторных, заводских (полигон) и полевых условиях на угольном разрезе «Черногорский» («СУЭК – Хакасия») [3, 17].

Роботизированная карьерная техника, работающая в составе системы диспетчеризации «Карьер», непрерывно обменивается диагностическими данными о состоянии узлов и агрегатов с диспетчерским центром, а также обеспечивает дистанционный и автономный режимы выполнения технологических циклов работ. Это возможно благодаря установке цифровых бортовых роботизированных систем управления [12].

Такая система состоит из бортового транспортного оборудования, программного обеспечения и систем связи. На все мобильные объекты (самосвалы, экскаваторы, бульдозеры, топливозаправщики, буровые станки и т.д.) устанавливается бортовое оборудование системы — датчики, системы диагностики, навигационное оборудование, интеллектуальная панель для операторов горной техники. Обработанные контроллером, данные с датчиков, по беспроводному каналу связи, передаются в диспетчерский центр. В результате обработки и анализа информации автоматически составляются отчетные документы о работе предприятия, его участков, отдельных машин и персонала [18].

Особенностью системы является реализация одновременного движения двух самосвалов на одном участке на основе специальных алгоритмов, выбирающих наиболее оптимальный вариант движения. Помимо этого, маршрут беспилотных самосвалов пересекает технологическую дорогу общего пользования, поэтому программа автономного движения умеет взаимодействовать со светофорами и шлагбаумами на перекрестках [16].

Интеграция системы диспетчеризации «Карьер» в структуру Стойленского ГОКа позволила добиться снижения потребления удельного расхода топлива на 5%, увеличить производительность работы самосвалов на 6%, повысить их среднюю эксплуатационную скорость на 7,8%, выровнять показатели качества сырья, поданного на переработку, создать безоператорную АЗС [18].

Первые системы диспетчеризации беспилотных транспортных средств в горнорудной промышленности начали применять на принадлежащих компании *Rio Tinto* железных рудниках Яндикугина и Наммулди в Пилбаре (Австралия), управляемых в режиме реального времени из расположенного в 1200 км операционного центра [19].

Система диспетчеризации от *Rio Tinto* способна управлять сразу несколькими беспилотными системами, такими как автономные самосвалы, буровые установки, железнодорожная линия и дроны. Для вывоза руды, используется более 130 автономных грузовиков, управляемых системой диспетчеризации и центральным контроллером, а не водителем. Система использует заранее определенные *GPS*-маршруты для автоматической навигации по дорогам и перекресткам и всегда знает фактическое местоположение, скорость и направление движения всех транспортных средств [20, 21]. По оценкам, в 2018 году каждый грузовик проработал в среднем на 700 часов больше, чем обычные самосвалы, при этом затраты были на 15% ниже [24].

*Rio Tinto* имеет 26 автономных установок для взрывного бурения скважин на расстоянии. Диспетчер, находящийся в операционном центре, может планировать последовательность действий каждого бурения в течение всей смены дистанционно без выезда на место. Помимо этого, используются интеллектуальные зарядные устройства, которые автоматизируют процесс закачки взрывчатых веществ в буровые скважины. Грузовики, с помощью компьютерных систем анализа данных, определяют необходимое количество взрывчатых веществ для каждой скважины [23].

Еще одним видом автономного транспорта, используемого в Пилбаре, является *AutoHaul* — автономная железнодорожная линия для перевозки железной руды на портовые сооружения *Rio Tinto*. Сеть насчитывает около 200 локомотивов на более чем 1700 км пути.

*AutoHaul* повышает безопасность перевозок за счет автоматического реагирования на ограничения скорости и аварийные сигналы. Это устраняет необходимость в перевозке водителей к поездам и обратно, экономя почти 1,5 миллиона км пути ежегодно. Поезд также использует информацию о рельефе железнодорожной сети для расчета и обеспечения безопасной и последовательной стратегии вождения [24].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры показывают, что структуры большинства систем диспетчеризации и управления беспилотного транспорта обладают схожими чертами. Основные отличия проявляются в принципе реализации данных систем на практике и методах подхода к решению основных проблем беспилотников, таких как навигация и обмен данными.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сайкин А.М., Туктакиев Г.С., Журавлев А.В., Зайцева Е.П. Развитие наземных беспилотных транспортных средств, систем помощи водителю и компонентов по данным патентных публикаций // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 315 012025. М.: IOP Publishing Ltd, 2018. С. 1–2.
2. Brown C. Autonomous Vehicle Technology in Mining // Engineering & Mining Journal. 2012. №12.
3. Клебанов А.Ф. Автоматизация и роботизация открытых горных работ: опыт цифровой трансформации // Горная Промышленность. 2020. №1. С. 8.
4. Integrating Autonomous/Automated Mining Equipment Throughout the Life of Mine Plan. – Текст: электронный // Okane: [сайт]. – URL: <https://www.okc-sk.com/integrating-automated-mining-equipment/> (дата обращения: 21.10.2022).
5. Let us do the driving. – Текст: электронный // Yandex Self-Driving Cars: [сайт]. – URL: <https://sdg.yandex.com/> (дата обращения: 23.10.2022).
6. Мирончук А.А., Ганджа Н.А. Эффективность внедрения беспилотных автомобилей в сельское хозяйство // Молодой исследователь Дона. 2019. №1. С. 16.
7. Hitachi working to enable safer, sustainable and more productive mining environment. – Текст: электронный // Hitachi: [сайт]. – URL: <https://social-innovation.hitachi/en-au/about/our-social-innovators/autonomous-haulage-system/> (дата обращения: 22.10.2022).

8. *Tomoyuki Hamada, Shinjiro Saito* Autonomous Haulage System for Mining Rationalization // Driving Forward with Future Vehicles: Toward a Safe, Comfortable Car Society Compatible with the Environment: Volume 67 Number 1. 2018. p. 88–89.

9. Российская «Пчела» в Сирии // Военное обозрение URL: <https://topwar.ru/126483-rossiyskaya-pchela-v-sirii.html> (дата обращения: 27.10.2022).

10. *Алифурова Е.* Газпром нефть тестирует беспилотный автомобильный транспорт в ХМАО и ЯНАО. – Текст: электронный // Neftegaz.RU: [сайт]. – URL: <https://neftegaz.ru/news/Oborudo-vanie/544695-gazprom-neft-testiruet-bespilotnyy-avtomobilnyy-transport-v-khmao-i-yanao/> (дата обращения: 23.10.2022).

11. Складские роботы. – Текст: электронный // NISSA Engineering: [сайт]. – URL: <https://nissa-eng.ru/category/baza/skladskie-roboty/> (дата обращения: 23.10.2022).

12. Владимиров Д.Я., Клебанов А.Ф., Кузнецов И.В. Цифровая трансформация открытых горных работ и новое поколение карьерной техники // Горная промышленность. 2020. №6. С. 10.

13. *Ranjan, Alok & Sahu, Himanshu & Misra, Prasant & Panigrahi, Bighnaraj.* (2020). Leveraging Unmanned Aerial Vehicles in Mining Industry: Research Opportunities and Challenges. 10.1007/978-3-030-38712-9\_7.

14. *Jianguo Li, Kai Zhan* Intelligent Mining Technology for an Underground Metal Mine Based on Unmanned Equipment // Engineering Volume 4, Issue 3. Beijing: BGRIMM Technology Group, 2018. p. 389-390.

15. Mines – Mining Engineering Department (2020) Automating Progress – Overview of Komatsu’s Autonomous Haulage System [Видео совещание] // YouTube. 27 октября (<https://www.youtube.com/watch?v=M-dUy2EkCX4>) Просмотрено: 20.10.2022.

16. *Егоров А.Н., Бигель В.Н., Гучек Е.М.* Роботизированный карьерный самосвал БЕЛАЗ-75131 – реальный шаг на пути интеграции в роботизированный горнодобывающий комплекс // Тезисы научно-практической конференции «ТЕХГОРМЕТ–21», 15–16 ноября 2012 г.

17. *Владимиров Д.Я., Клебанов А.Ф., Перепелицын А.И.* Система диспетчеризации «КАРЬЕР»: от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горно-транспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере // Горная промышленность. 2004. №4.

18. Автоматизированные системы управления горным транспортом. — Текст: электронный // dprom.online: [сайт]. – URL: <https://dprom.online/mtindustry/vsyo-pod-kontrolem/> (дата обращения: 23.10.2022).

19. Diss, K. Driverless trucks move all iron ore at Rio Tinto's Pilbara mines, in world first / K. Diss. – Текст: электронный // ABC News: [сайт]. – URL: <https://www.abc.net.au/news/2015-10-18/rio-tinto-opens-worlds-first-automated-mine/6863814> (дата обращения: 30.10.2022).

20. *Robins, C.* Driverless trucks move all iron ore at Rio Tinto’s Pilbara mines, in world first / C. Robins. – Текст: электронный // Robins Consulting: [сайт]. – URL: <https://www.robinsconsulting.com/driverless-trucks-move-all-iron-ore-at-rio-tintos-pilbara-mines-in-world-first/> (дата обращения: 30.10.2022).

21. *Gleeson, D.* Why the Pilbara leads the way in haul truck automation / D. Gleeson. – Текст: электронный // International Mining: [сайт]. – URL: <https://im-mining.com/2019/08/06/pilbara-leads-way-haul-truck-automation/> (дата обращения: 30.10.2022).

22. *Куценко С. В., Мазнев Е. С.* Системы управления горнотранспортным комплексом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции, 2015, №5, (16-3). - Воронеж: 2015. С. 264–267.

23. Pilbara. – Текст: электронный // RioTinto: [сайт]. – URL: <https://www.riotinto.com/operations/australia/pilbara> (дата обращения: 08.12.2022).

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЕЁ ПРОВЕРКА

*Рудь Е. Г., аспирант*

*Сладкова Л. А., профессор каф. НТТС, д.т.н, профессор*

### Аннотация

Импортозамещение, с которым Россия столкнулась после введения санкций со стороны недружественных стран требует пересмотра подходов к созданию конкурентоспособных видов техники в области дорожной и строительной техники. Эта позиция напрямую связана с разработкой методического подхода к вопросам обеспечения надежности надёжности механической системы и её верификацией, связанной с исследованием влияния внешних параметров.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Графическая интерпретация способности типовой надёжной системы или модуля функционировать в заданных условиях в течение определенного периода времени представлена верхней кривой на рис.1 [1, 2].



Рис. 1. Кривая надёжности и прямая линия с наклоном  $\beta$  к концу срока службы изделия

Здесь выделены три характерные зоны:

Первая характеризует введение изделия в эксплуатацию, когда наблюдается снижение частоты отказов.

Вторая характеризует стабилизацию работы с неизменяющейся среднестатистической частотой отказов.

Третья характеризуется резким увеличением числа отказов по мере того, как срок службы изделия подходит к концу. Если бы такая картина наблюдалась в начале срока службы изделия, то система была бы практически непригодной к эксплуатации.

Проведение систематического тестирования способствует повышению надежности системы и позволяет снизить частоту отказов, характерную для представленной на рис. 1

диаграммы до частоты отказов, представленной плоской прямой линией с параметром формы  $\beta$  на рисунке 1.

Что касается второй кривой, то частота отказов невелика на протяжении всего срока службы системы или компонента, пока по достижении конца срока их полезного использования частота отказов не начнет увеличиваться.

Функция надежности изделия может быть количественно определена на основе ожидаемого срока службы  $\lambda$  изделия и частоты отказов.

В практическом смысле эта пропорциональность применима ниже примерно 20% совокупной частоты отказов. Улучшение конструкции механической системы для повышения ее надежности может быть достигнуто путем количественной оценки целевого срока службы изделия и частоты отказов  $\lambda$  путем нахождения соответствующих управляющих параметров, влияющих на надежность, а затем модификации конструкции с учетом результатов параметрических ускоренных испытаний на долговечность.

В качестве задания общего плана параметрических ускоренных испытаний на долговечность проектирование надежности изделия может быть достигнуто путем получения целевых показателей надежности изделия – срока службы и частоты отказов  $\lambda$  после нахождения недостающих управляющих параметров и изменения дефектной конфигурации конструкций [3].

Изделие (или модуль) с измененной конструкцией может соответствовать заданному целевому показателю надежности. Поскольку изделие (модуль) проходит тестирование в течение значительно более длительного времени, параметрические алгоритмы могут получить недостающие расчетные параметры на этапе проектирования механической системы. В условиях потребительского использования эти новые методологии обеспечения надежности в процессе проектирования, основанного на внедрении надежности, обеспечат спецификации количественных испытаний надежности механической конструкции, которые соответствуют целевому показателю надежности.

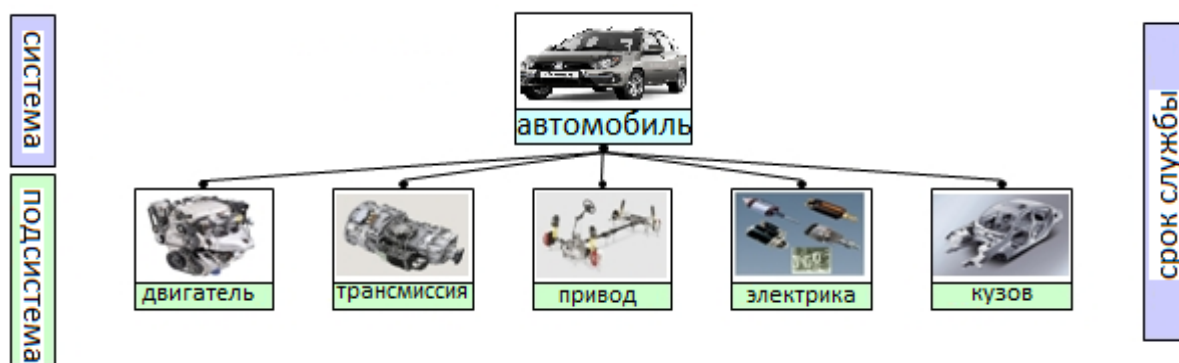
Рассмотрим это на примере (рис. 2).

Как показано на рис. 2, а, блок-схема надежности представляет собой графический метод, который описывает, как система и основной модуль соединены в изделии. Конфигурации сложной системы, такой как автомобиль, могут быть сгенерированы из последовательных или параллельных соединений между модулями. На блок-схеме надежности компоненты обозначены прямоугольными блоками, которые соединены прямыми линиями в соответствии с их логическими взаимосвязями. В зависимости от цели системного анализа блок может представлять компонент, модуль, подсистему и систему самого низкого уровня. Он рассматривается как блок, для которого физические детали, возможно, не обязательно знать. Надежность объекта, который представляет блок, является единственным входным сигналом, который подключает оценку надежности системы.

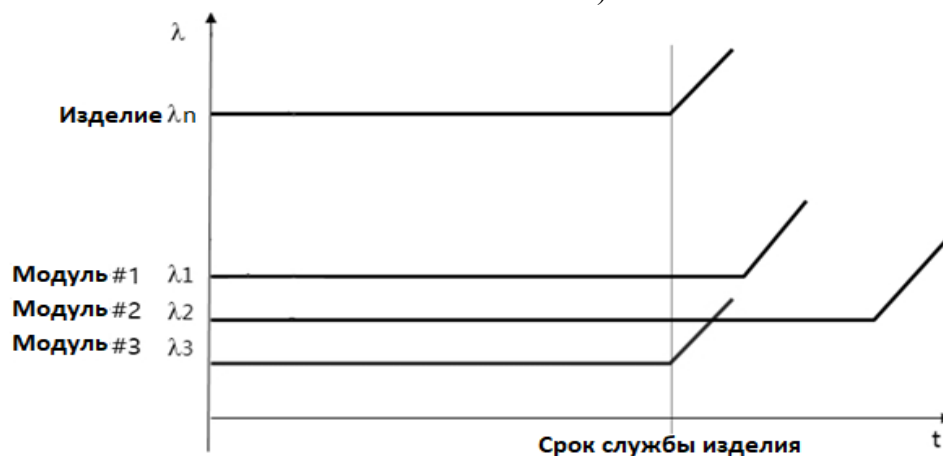
При построении блок-схемы надежности последовательные или параллельные физические конфигурации не указывают на одни и те же логические соотношения с точки зрения надежности. Система называется последовательной системой, если отказ одного или нескольких модулей внутри системы приводит к отказу всей системы. Разнообразные механические изделия представляют собой последовательную систему на двух иерархических уровнях, состоящую из множества модулей.

Предположим, что механическая последовательная система, подобная автомобильной, состоит из  $n$  взаимно независимых модулей. Взаимная независимость подразумевает, что отказ одного модуля не влияет на срок службы других модулей. По определению, для успешной работы системы требуется, чтобы все компоненты были функциональными.

Разбивка изделия на модули проводится в зависимости от функций, выполняемых элементами системы (рис. 2, а). Это двигатель, трансмиссия, привод, электрические части и кузовные детали [4, 5, 6].



а)



б)

**Рис. 2.** Срок службы изделия и частота отказов  $\lambda_n$  с несколькими модулями:  
а – разбивка автомобиля с несколькими модулями;  
б – срок службы изделия и частота отказов  $\lambda$  с несколькими модулями

Срок службы изделия и частота отказов  $\lambda_n$  состоящего из нескольких модулей, определяется для каждого модуля. Например, предположим, что первоначальных сбоев в изделии не было, срок службы изделия может быть представлен сроком службы изделия для модуля # 3 на рис. 2, б. Совокупная частота отказов изделия за весь срок его службы будет равна сумме частоты отказов каждого модуля. Очевидно, что один основной модуль № 3 серьезно повлияет на надежность всего изделия и определит его срок службы.

Если срок службы изделия был указан через  $Y$ , а общая частота отказов была равна  $X$ , ежегодную частоту отказов можно рассчитать, разделив общую частоту отказов  $X$  на срок службы изделия  $Y$ .

Надежность продукта может быть задана как надежность  $(1 - 0,01X)$  с ежегодной частотой отказов  $X/Y$ .

На основе данных об отказах, полученных в условиях эксплуатации, для вновь спроектированного модуля и любого модифицированного модуля может быть составлен план параметрических ускоренных испытаний изделия на долговечность.

В таблице 1 показаны параметрические параметры для нескольких модулей.

Из табл. 1 видно, что для модуля  $D$ , модифицированного модуля, годовая частота отказов составляла 0,2 % в год, а срок службы, согласно условиям эксплуатации, составил 6 лет. Поскольку это была модифицированная конструкция, ожидаемая частота отказов составила 0,4% в год, а ожидаемый срок службы – 3,0. Чтобы увеличить целевой срок службы изделия, срок службы новой конструкции был рассчитан на 12 лет ( $x = 1,2$ ) при ежегодной частоте отказов 0,1%. Надежность продукта может быть определена путем суммирования частоты отказов каждого модуля и сроков службы каждого модуля.



Надежность изделия должна превышать 1,1% отказов в год, а срок службы ( $x = 13,2$ ) - 12 лет (таблица 1).

**Табл. 1.** Общий параметрический альтернативный план изделия

№	Надежность	Данные эксплуатации		Ожидаемый проект			Целевой проект		
	Модуль	Годовая частота отказов, %/год	Срок службы (год)	Годовая частота отказов, %/год		Срок службы (год)	Годовая частота отказов, %/год	Срок службы (год)	
1	Модуль А	0.34	5.3	Новое	x5	1.70	1.1	0.15	12 (x=1.8)
2	Модуль Б	0.35	5.1	Дано	x1	0.35	5.1	0.15	12 (x=1.8)
3	Модуль В	0.25	4.8	Новое	x2	0.50	2.4	0.10	12 (x=1.2)
4	Модуль Г	0.20	6.0	Новое	x2	0.40	3.0	0.10	12 (x=1.2)
5	Модуль Д	0.15	8.0	Дано	x1	0.15	8.0	0.1	12 (x=1.2)
6	Другие	0.50	12.0	Дано	x1	0.50	12.0	0.5	12 (x=6.0)
	Итого	1.79	7.4	-	-	3.60	3.7	1.10	12 (x=13.2)

Таким образом, для модуля А ожидаемая частота отказов составит 1,7% в год, а его ожидаемый срок службы – 1,1 года, поскольку не было данных эксплуатации надежности новой конструкции. Предполагалось, что надежность новой конструкции составит более 12 лет ( $x = 1,8$ ) при ежегодной частоте отказов 0,15%. Чтобы обеспечить ожидаемый срок службы изделия, параметрический анализ должен помочь определить конструктивные параметры, которые могут повлиять на надежность изделия.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследования показали, что при определении надежности нового модуля там, где не было данных о надежности на местах, в качестве эталона часто используются данные для аналогичных модулей. Если модуль был серьезно переработан, можно ожидать, что частота отказов в условиях эксплуатации будет выше. Таким образом, прогнозируемая частота отказов будет зависеть от того, насколько хорошо новый проект сохраняет структуру, аналогичную предыдущему проекту изделия в механической системе и насколько технологические изменения и дополнительные функции включены в новый проект.

2. По результатам исследования предложен методический подход к проектированию надёжности в механической системе и её поверка.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Проников А.С.* Параметрическая надёжность машин – М.: Изд-во МГТУ имени Баумана, 2003. – 536 с.
2. *Труханов В.М.* Надежность изделий машиностроения. Теория и практика: М.; Машиностроение, 1996г., – 336 с.: ил.
3. *Степнов М.Н., Шаврин А.В.* Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
4. *Скойбеда А.Т.* Детали машин и основы конструирования / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик. - Минск: Высшая школа, 2000. - 584 с.
5. *Дунаев П.Ф., Леликов О.П.* Конструирование узлов и деталей машин.- М.: Издательский центр "Академия", 2008.- 496 с.
6. *Детали машин и основы конструирования: учебник / М.Н. Ерохин [и др.]; под ред. М.Н. Ерохина. – М.: Колос С, 2005. – 462с.*



# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УСИЛИЙ КОПАНИЯ ГРУНТА РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Сладкова Л.А., пр. каф. НТТС, д.т.н., профессор, РУТ (МИИТ), г. Москва

Григорьев П.А., доц. каф. НТТС, к.т.н., доцент, РУТ (МИИТ), г. Москва

## Аннотация

В статье проведен анализ изменения основных показателей физико-механических свойств грунтов и их влияние на усилия копания различными органами землеройных машин, а также установлена связь влияния адгезионно-когезионных свойств грунтов на усилия копания связных грунтов. Проведенный анализ показал существенное расхождение в результатах исследований различных авторов и соответственно рекомендуемых исходных данных для проведения расчетов, что свидетельствует о необходимости проведения специальных экспериментальных и теоретических исследований в области липкости грунтов.

## ВВЕДЕНИЕ

Процесс разработки грунта различными рабочими органами землеройных машин практически невозможно идентифицировать даже по величинам удельных показателей сопротивления грунта резанию. Причиной этому является то, что грунты, как объект разработки рабочими органами землеройных машин это не просто трехфазная система (для талых грунтов), но система, которая имеет свои собственные законы, которые определяют ее физико-механические свойства и которые находятся во взаимной связи друг с другом. Изменение одной из этих фаз, например, скелета грунта (содержание твердых частиц) приведет к изменению другой фазы – виду воды в грунте, а, следовательно, и к изменению физико-механических свойств грунта. Изменение пористости изменит показатели сцепления частиц грунта и, как следствие, сопротивление усилиям сдвига.

Исследования и оценка физико-механических свойств грунтов являются одним из важных направлений развития науки в областях строительства и разработки грунтов рабочими органами землеройных машин. Имеющиеся в настоящее время численные характеристики грунтов отличаются разбросом данных. Особенно это характерно для грунтов, рассматриваемых как объект разрушения рабочими органами землеройно-транспортных машин.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Нормативный документ (ГОСТ 12248-2010) [1] устанавливает методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости полускальных, дисперсных и мерзлых грунтов при их исследовании *для строительства*, исходя из чего следует, что показатели физико-механических свойств, методов и средств их определения будут отличаться от тех показателей, которые должны быть регламентированы при разработке грунтов рабочими органами землеройных машин. В первом случае (1) физико-механические свойства грунтов ориентированы на условие их неразрушаемости, а во втором (2) – наоборот. Говоря языком сопротивления материалов это оценивается из условия прочности зависимостями:

$$\sigma \leq [\sigma]; \quad (1)$$

$$\sigma \geq [\sigma], \quad (2)$$

где  $\sigma$  и  $[\sigma]$  – напряжения, возникающие в результате действия на него рабочим органом землеройной машины и напряжения, соответствующие нормативным показателям прочности грунтов в соответствии с типом грунта и категорией трудности его разработки [2, 3].

При кинематическом режиме нагружения скорость  $v$ , мм/мин деформации среза грунта, определяют по формуле [1]:

$$v = \frac{l_f}{t_f}, \quad (3)$$

где  $l_f$  – ожидаемая горизонтальная деформация (смещение) при разрушении, мм;

$t_f = 13t_{100}$  – время до разрушения, мин;

$t_{100}$  – нормативное время разрушения грунта, мин.

Полученные указанными способами цифровые значения для определения физико-механических свойств грунта приведены в табл. 1.

Табл. 1. Значения удельных сопротивлений резанию для машин с ножевым рабочим органом

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления грунта $k_p$	Удельное сопротивление грунта резанию $K_p$ , кПа	
				бульдозер	скрепер
Песок рыхлый, сухой	I	1,2...1,6	1,05...1,1	10...30	20...40
Песок влажный, супесь, суглинок разрыхленный	I	1,4...1,7	1,1...1,2	20...40	50...100
Суглинок, мелкий и средний гравий, легкая глина	II	1,5...1,8	1,15...1,25	60...80	90...180
Глина, плотный суглинок	III	1,6...1,9	1,2...1,3	100...160	160...300
Тяжелая глина, сланцы, суглинок со щебнем, гравием	IV	1,9...2,0	1,25...1,3	150...250	300...400

Анализ табл. 1 показывает очевидную закономерность увеличения плотности грунта коэффициента разрыхления грунта в зависимости от его типа и категории трудности разработки. Аналогичная картина наблюдается и по данным относящимся к удельному сопротивлению грунта копанию. Обратим внимание на различия в усилиях удельного сопротивления грунта копанию различными органами землеройных машин.

Исследования, проводимые авторами [3] о соотношении сил копания в процессе разработки грунта, приведенные в табл. 2 свидетельствуют о неравномерности их перераспределения.

Табл. 2. Значения составляющих силы сопротивления копанию (в процентах от общего сопротивления копанию)

Категория	Удельное сопротивление грунта резанию $K_p$ , кПа			
	Рабочий орган	$P_p$	$P_{mp}$	$P_{np}$
I	Драглайн	22	46	32
	Скрепер	23	31	46
	Прямая лопата	42	51	7
II	Драглайн	38	36	26
	Скрепер	7	36	28
	Прямая лопата	63	31	6
III	Драглайн	58	22	20
	Скрепер	46	17	37
	Прямая лопата	77	18	5
IV	Драглайн	63	17	20
	Скрепер	53	15	32
	Прямая лопата	83	12	5

Самое высокое усилие резания (отделение стружки от массива) присуще рабочему органу типа прямая лопата, что вызывает интерес. Учитывая, что в соответствии с формулой Домбровского Н.Г. усилие резания определяется как произведение удельного сопротивления грунта резанию (табл. 3) [4] и площади вырезаемой стружки, очевидно, что для одного и того же типа грунта у скрепера эта величина должна быть выше.

Результаты, приведенные в табл. 2 свидетельствуют об обратном и противоречит зависимости описанной выше, так как режущая кромка скрепера имеет большую длину. На наш взгляд, цифры, приведенные в этой таблице, требуют проведения дополнительных исследований с целью их уточнения.

Табл. 3. Значения удельных сопротивлений копанию  $K_p$  для машин с ковшовым рабочим органом

Наименование грунта	Удельное сопротивление грунта резанию $K_p$ , кПа			
	Категория	Прямая лопата	Струг и драглайн	Скрепер
Песок рыхлый, сухой	I	15...25	30...50	20...40
Песок влажный, супесь, суглинок разрыхленный	I	30...70	60...120	50...100
Суглинок, мелкий и средний гравий, легкая глина	II	60...130	100...190	95...180
Глина, плотный суглинок	III	125...195	160...600	150...250
Тяжелая глина, сланцы, суглинок со щебнем, гравием	IV	200...300	260...400	320...490

Данные исследований, приведенные авторами в [5], свидетельствуют о том, что распределение усилий копания грунта рабочим органом отвального типа для бульдозерно-рыхлительного агрегата ДЭТ-320Б1Р2 показало следующий результат:

- резание –  $W_p = 86190$  Н (36%);
- перемещение призмы волочения –  $W_{np} = 111540$  Н (47%);
- перемещение грунта по отвалу –  $W_g = 41815$  Н (17%);
- суммарное сопротивление грунта копанию равно –  $\sum W = 239545$  Н.

Такое расхождение в показателях удельного сопротивления грунта копанию, на наш взгляд, определяется изменениями физико-механических свойств грунтов при оценке вышеуказанных показателей. Существенное влияние здесь оказывают адгезионно-когезионные свойства грунта, которые напрямую зависят не только от объемной массы грунта, но и от размера поверхности с контактирующими частицами грунта, т.е. с теми частицами грунта, которые составляют с поверхностью рабочего органа адгезионный слой [6]. Очевидно, что в свою очередь адгезионный слой во многом определяется влажностью грунта (наличие жидкой фазы), что ведет естественно к изменению составляющих показателей сцепления частиц грунта, что особенно характерно для глин, где, в основном, присутствуют капиллярная и гравитационная вода.

Подтверждение сказанного, приведено в табл. 4, предложенную авторами в работе [7].

Табл. 4. Способность грунтов удерживать влагу

Наименование грунта	Влажность грунтов, %			
	Гигроскопическ.	Молекулярн.	Капиллярн.	Гравитационн.
Песок	1,5÷3	5÷6	7÷8	7÷10
Супесь	3÷6	8÷12	12÷15	12÷15
Суглинок	6÷8	12÷15	15÷25	15÷20
Глина	8÷13	15÷20	20÷28	25÷35

Соответственно величины удельного  $\sigma_{уд}$  налипания для:

- глин  $\sigma_{уд} = 7 - 8 \text{ кН/м}^2$ ;

- суглинков  $\sigma_{уд} = 5 - 7 \text{ кН/м}^2$ ;

Поэтому для изменения структуры связей воды в грунте автором [8] предлагается проводить подогрев поверхности контакта с грунтом до температуры 70...75 °С, что позволит снизить прочность сцепления грунта с поверхностью рабочего органа.

Из исследований авторов [9] очевидна связь между усилиями копания грунта рабочим органом отвального типа и налипаемостью грунта на поверхность рабочего органа. Оба эти параметра связаны с прочностью грунта (показателем трудностью экскавации) – числом  $S$ . Однако, по материалам исследований этих авторов трудно оценить достоверность исследований о связи налипаемости грунта на поверхность рабочего органа и исследуемыми параметрами. Изменения приведенных авторами результатов могут изменяться аналогичным образом при изменении угла резания и глубины копания грунта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Все данные, приведенные в статье, относятся к копанию связных грунтов. Проведенный анализ показал существенное расхождение табличных данных, определенных нормативными документами, и результатов исследований. Основной причиной этого является неучтенность влияния липкости грунтов, перманентно связанной с их адгезионно-когезионными свойствами.

## **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. ГОСТ 12248.1-2020. Грунты. Определение характеристик прочности методом одноплоскостного среза: введ. впервые: дата введения 2021-06-01. М.: Стандартинформ, 2020. 14 с.
2. Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. М.: Машиностроение, 1978. 368 с.
3. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1975. 576 с.
4. Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом // 2007-2022 © baurum.ru. О строительстве - для строителей, застройщиков, заказчиков, проектировщиков, архитекторов. URL: <http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464> (дата обращения: 09.03.2023).
5. Шемякин С.А., Гамоля Ю.А., Шишкин Е.А. Анализ процесса копания связного грунта // Вестник ТОГУ. Транспортное, горное и строительное машиностроение. 2016. № 24 (41). С. 75-78
6. Сладкова Л.А., Григорьев П.А. Разработка липких грунтов рабочими органами землеройных машин: монография. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2022. 207 с.
7. Ивкин В.С., Алашев М.О. Влияние физико-механических свойств грунтов на работу машин для земляных работ // Вестник УлГТУ. 2015. № 3. С. 68-72.
8. Зеньков С.А. Определение рациональных параметров оборудования интенсифицирующего действия к ковшам экскаваторов для снижения адгезии грунтов при отрицательных температурах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1987. 24 с.
9. Ильин, И.В. Влияние процесса налипания грунта на сопротивление копанию отвала бульдозера // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы международной научно-практической конференции, Москва, 29-30 марта 2016 года. Москва, 2016. Т. 2. С. 21-26.