



СБОРНИК СТАТЕЙ

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



**26-Я МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
МЕЖВУЗОВСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, МАГИСТРАНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

Москва, 2022

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА ИМЕНИ К.А.ТИМИРЯЗЕВА
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В.П. ГОРЯЧКИНА

**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
(г. Москва, 12-13 мая 2022 г.)

Москва

2022

УДК 621.8

ББК 39.9

П45

Под редакцией:

Дидманидзе Отари Назирович – академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Апатенко Алексей Сергеевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

П 45 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы: сборник статей 26-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Москва, 12-13 мая 2022 г.); под ред. О.Н. Дидманидзе, А.С. Апатенко. – М-во образования и науки Рос. Федерации, М-во сельск. хоз. Рос. Федерации, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. — Электрон. дан. и прогр. (57,5 Мб). — Москва : Изд-во ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniyaotkrdostupa/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-00166-694-3

В сборнике представлены результаты научных исследований студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых по результатам проведенной 26-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы».

Сборник предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений, может использоваться в учебном процессе.

Все статьи сборника прошли рецензирование, сохраняют авторскую редакцию, всю ответственность за содержание несут авторы.

УДК 621.8

ББК 39.9

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Трухачев В. И., Дидманидзе О. Н., Парлюк Е. П., Пуляев Н. Н.</i> Будущее тракторостроения в России.....	15
<i>Ивашков В.И., Сафонова Е.Н., Вершинский А.В.</i> Бауманский университет – основатель отечественной школы инженеров по подъемно- транспортным машинам.....	22

СЕКЦИЯ 1. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

<i>Боровиков С.С.</i> Модернизация транспортно-технологической системы подачи щебня.....	32
<i>Ботогов Е.О.</i> Перспективы добычи и развития техники для добычи железомарганцевых конкреции.....	36
<i>Булдаков Н.Л.</i> Расчет металлоконструкции мостового крана.....	41
<i>Бурмага И.А., Ганикевич А.Ю.</i> Системный подход к цифровизации портов. Мониторинг состояния мобильного стрелового крана.....	45
<i>Веденеева А.С., Сорокина И.И.</i> Определение защитной поверхности для предотвращения опрокидывания автокрана.....	49
<i>Владимиров Н. А.</i> Механизация участка переработки мелкокускового гипса с разработкой механизмов ленточного конвейера.....	52
<i>Глухов П.А., Яфаев Д.Р., Храмцов А.В.</i> Обоснование возможности модернизации мостового крана с целью повышения его грузоподъемности.....	56
<i>Гудков К.В.</i> Механизация производственных процессов участка литейного производства.....	61
<i>Дмитриев А.С.</i> Разработка концепции контрольно-измерительной системы для SBL ENERPAC.....	65
<i>Егоров Н.М.</i> Пути и перспективы развития техники для добычи минерально-сырьевых ресурсов на глубоководье.....	70
<i>Ефимов А.М.</i> Расчет грузоподъемника вилочного погрузчика с боковым захватом.....	74
<i>Закорчемный Н.Т.</i> Применение пружинно-тросовых амортизирующих систем в загрузочных узлах ленточных конвейеров.....	79
<i>Зуев Н.И.</i> Влияние способа подвеса груза на эксплуатационные параметры механизма передвижения.....	81

<i>Иванов В.В.</i> Метод контроля планово-высотного положения подвесных крановых путей с использованием диагностического измерительного комплекса.....	87
<i>Кашайкин Е.А.</i> Исследование зависимости передаточного числа от геометрических параметров планетарного редуктора, встраиваемого в барабан ПТМ.....	92
<i>Киреева В.Д.</i> Мониторинг состояния ГЗУ на примере гидравлического грейфера.....	96
<i>Комисаров М.Е., Ганишкевич А.Ю.</i> Системный подход к цифровизации портов. Мониторинг состояния одноковшового погрузчика	101
<i>Кузнецов Ф.А., Горелова М.В.</i> Программные платформы при моделировании технических систем башенных кранов.....	104
<i>Локтюшина М.А.</i> Системный подход к цифровизации портов. Мониторинг технологических операций, выполняемых перегрузочными машинами и оборудованием.....	111
<i>Лукашук А.Д., Андреева Д.В., Швецов В.В.</i> Устройство и расчет спирального ленточного конвейера.....	113
<i>Ляскин Д.Г.</i> Исследование системы изменения вылета с прямой стрелой и уравнительным полиспадом, совмещенным с уравнивающим устройством.....	118
<i>Матвеев А.П.</i> Мобильные средства доставки путевого инструмента на участки пути при их текущем содержании.....	123
<i>Мирзоев С.Г.</i> Динамическая модель расчёта грузоподъёмности башенного крана с изменяемым положением противовеса.....	127
<i>Мустафин А.Р.</i> Реализация автоматического вычисления сечения главной балки мостового крана с подбором наименьшей массогабаритной характеристики.....	131
<i>Невзорова Е.В., Кузнецов М.А.</i> Исследование лабораторного симметричного клещевого захвата.....	134
<i>Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В.</i> Конечно-элементный анализ и проектирование подъемных сооружений в сейсмическом исполнении	139
<i>Повереннов Е.В.</i> Механизация погрузочно-разгрузочных работ на участке изготовления объемных секций с разработкой узлов настенного поворотного крана.....	144
<i>Попов А.А., Якунчиков В.В.</i> Применение частотного преобразования для управления электродвигателями подъёмного оборудования.....	148
<i>Поповченко А.А.</i> Исследование влияния геометрических параметров ферменной конструкции телескопического судопогрузчика с сечением прямоугольной трубы на концентрацию напряжений в сварных узлах.....	151

<i>Ратников С.А., Петров Д.М.</i> Усовершенствование конструкции опорной кран-балки, для применения в технологическом процессе на объектах диагностики и ремонта рам (остовов) автотракторной техники.....	157
<i>Рейхер Н.Д.</i> Оптимальное проектирование механизма подъема лифта	160
<i>Ткачев Ю.А.</i> Системный подход к цифровизации портов. Мониторинг состояния ГЗУ на примере одноковшового погрузчика.....	165
<i>Фадеев Ф.О., Антипов Д.А.</i> Мониторинг механизмов порталного крана с применением вибродиагностики.....	169
<i>Харитонов М.Г</i> Системный подход к цифровизации портов. Мониторинг перегрузочных машин и оборудования.....	175
<i>Шепелина П.В., Рудь Е.Г.</i> Автоматизированные перегрузочные транспортно-технологические комплексы в современных условиях.....	177
<i>Шиков И.А.</i> Консервация и антикоррозионная обработка металлоконструкций грузоподъемных машин работающих в АПК.....	185
<i>Шкодюк В.И.</i> Современные направления модернизации лифтового оборудования.....	189
<i>Шумилкин Г.В.</i> Оптимизация быстроходной ступени цилиндрического двухступенчатого редуктора при помощи программной среды kissoft.....	194

СЕКЦИЯ 2. ПУТЕВЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ МАШИНЫ

<i>Maalaoui Hamed.</i> On the significance of developing new strategies and methods for increasing the technical efficiency of rotary excavators.....	200
<i>Азаров В.С., Редькин Д.А.</i> Дифференциальное уравнение движения землеройно-транспортной машины при полном буксовании движителей..	203
<i>Бурцева А.А.</i> Обоснование выбора типов снегоуборочных машин на железных дорогах ОАО РЖД.....	208
<i>Вагабов А. Ф.</i> Методы тестирования износостойкости подшипников скольжения стрелы автобетононасоса.....	212
<i>Голубев И.Г., Гольтяпин В.Я., Болотина М.Н.</i> Анализ функциональных характеристик глубокорыхлителей.....	215
<i>Гольтяпин В.Я., Голубев И.Г., Болотина М.Н.</i> Основные направления совершенствования тракторов.....	220
<i>Григорьев П.А., Сладкова Л.А.</i> Исследование налипания грунтов при их разработке рабочими органами землеройных машин.....	225
<i>Жавыркин В.В.</i> Моделирование прочности оболочки на примере головного вагона высокоскоростного электропоезда Valaro Rus.....	228

<i>Ильенко А.А., Фомин Н.А., Степанченко К.А.</i> Возможные сочетания нагрузок на ложементы транспортные при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов.....	234
<i>Каранкевич М.С.</i> Устранение напряжений в стыках ж/д путей.....	237
<i>Карташов А.В.</i> Влияние гранулометрического состава щебеночного балласта на рабочие процессы выправочно-подбивочно-рихтовочных машин.....	243
<i>Луис Гильермо Дипотет Моллинедо</i> Моделирование основных характеристик землеройно-транспортных машин в условиях Кубы.....	246
<i>Леонов А.М., Валитов А.И.</i> Оптимизация конструктивных параметров скреперного ковша.....	250
<i>Лепилин Н.А.</i> Актуальность применения многоковшевых цепных экскаваторов при выполнении мелиоративных работ.....	253
<i>Лосев А.А., Дегтярев С.Н., Чубаркин В.А.</i> Эффективность применения спецтехники для уборки пляжей с учетом территориальной специфики...	257
<i>Медведева Е.А.</i> Управление параметрами работы робота-питателя головной машины СМ-2 в составе снегоуборочного поезда в зависимости от внешних условий.....	260
<i>Протасов Д.С.</i> Выявление направлений повышения качества уплотнения пути при подбивке.....	265
<i>Раилко М.Ю.</i> Малогабаритный бетоносмеситель с уменьшенным трением поверхности барабана.....	270
<i>Редькин Д.А., Азаров В.С.</i> Интенсивность возрастания сопротивления копанию ковшем скрепера.....	273
<i>Рузанкин П.А., Баурова Н. И.</i> Оценка способов ремонта гидравлических линий с применением полимерных композиционных материалов, используемых для ремонта дорожно-строительных машин.....	279
<i>Садовникова Я.С.</i> Дисковый распределитель противогололедных материалов с симметричным способом подачи: обоснование преимуществ и эффективность.....	284
<i>Сафонов Е.С.</i> Модернизация выгребного устройства щебнеочистительного комплекса ЩОМ-1400.....	289
<i>Сесин В.М., Тюремнов И.С.</i> Модернизация вибрационного катка ДМ-10-VD.....	293
<i>Скосарев Г.С., Польшин А.А., Голубева Н.Д., Рязанцев В.Г.</i> Режимы вибраций в различных технологических процессах.....	297
<i>Ступин О.А., Ковалева Е.В.</i> Анализ экономической методики эффективности внедрения новых технологических машин.....	301

<i>Ступин О.А., Ковалева Е.В.</i> Современные аспекты оценки качества технологических машин.....	306
<i>Трофимова К.Р.</i> Влияние и оценка рисков при эксплуатации строительных машин.....	310
<i>Трошин В.А., Скукин А.А., Маньков П.А.</i> Улучшение силовых параметров механизма привода ковша гидравлического экскаватора.....	316
<i>Фомин Н.А., Степанченко К.А., Ильенко А.А.</i> Современные транспортные системы большой грузоподъемности.....	320
<i>Честнова А.А.</i> Показатели надежности путевых машин, восстанавливаемые в процессе их применения в течение календарного времени.....	324
<i>Харитонов С.С., Шухмина Л.А.</i> Расчет параметров торможения вагона служебно-технического типа.....	330
<i>Швецов В.В.</i> Определение устойчивости автотрисы при установке опор контактной сети без аутригеров при аварийной ситуации.....	334
<i>Шухмина Л.А., Харитонов С.С.</i> Расчет тормозного пути грузового вагона	338

СЕКЦИЯ 3. СКЛАДСКАЯ И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

<i>Бурцев И.А., Шепелина П.В.</i> Развитие транспортно-технологических комплексов в системе мультимодальных перевозок.....	342
<i>Владимирова Н.И.</i> Рациональное перераспределение непроизводственных запасов предприятий сервиса технологических машин в АПК.....	349
<i>Исаков А.В.</i> Стратегия обновления автопарка для перевозки пассажиров в России.....	352
<i>Коротких Ю.С.</i> Современное состояние и развитие дорожной сети в РФ..	355
<i>Ли Сю Ань</i> Методика оценки рисков проекта второго транспортного кольца.....	359
<i>Меркулов В.Д., Виноградов О.В.</i> Перспективы применения многозвенных модульных автопоездов в процессах транспортной логистики.....	365
<i>Моргунов А.С., Махова Н.Б.</i> Особенности загрязнения окружающей среды при перегрузочных операциях в порту с навалочно-насыпными грузами.....	370
<i>Некрасов С.И.</i> Разработка программно-аппаратного комплекса для рационального распределения и контроля целевого использования производственных ресурсов в АПК.....	373

<i>Кузнецов М.А., Невзорова Е.В.</i> Применение машинного зрения на основе камер глубины для определения расположения грузов на паллете	377
<i>Рудь Е.Г.</i> Анализ интеллектуального управления складскими операциями.....	381
<i>Рудь Е.Г.</i> Оценка рисков при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с применением погрузчиков в складских помещениях.....	386
<i>Рузавин И.П.</i> Обзор складских роботов для обработки паллет на евро-поддонах.....	394
<i>Серов И.Н.</i> Оценка местных сопротивлений при движении паллет по гравитационным роликовым конвейерам.....	398
<i>Сорокин В.С.</i> Математическая модель оценки устойчивости многозвенной машины.....	402
<i>Ткачук В.Д.</i> Анализ аварий на РЖД на участке Казанского направления...	406

СЕКЦИЯ 4. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

<i>Александров Р.С.</i> Об использовании фрикционных материалов в нормально замкнутых колодочных тормозах грузоподъемных машин.....	412
<i>Антонова-Антипова М.А., Ширшиков А.Г.</i> Анализ динамики механизмов выдвигания и подъема робота-перегрузчика и влияние на работу привода компенсационной пружины.....	419
<i>Бородин А.А.</i> Роботизированный погрузчик с системой машинного зрения.....	425
<i>Краснобаев Т.А.</i> Параметризация быстроразворачиваемых пространственных конструкций оригами.....	428
<i>Кузин Д.А.</i> Разработка сенсорной системы для измерения волнообразного износа рельсов на основе конструкции путеизмерительной техники.....	431
<i>Летопольский А.Б., Тетерина И.А.</i> Определение устойчивости экскаватора при демонтаже трубопровода.....	434
<i>Лосев А.А.</i> Особенности применения коллаборативных роботов для промышленной сферы в АПК.....	438
<i>Мазикин А.И.</i> Обзор алгоритмов полета для беспилотных летательных аппаратов.....	442
<i>Мазикин А.И.</i> Разработка интеллектуального алгоритма полета для беспилотных летательных аппаратов.....	446
<i>Макаров А.Д.</i> Роботизированная ячейка для установки кузовов легковых автомобилей.....	449

<i>Михалев А.В. Расчет напряженно-деформированного состояния тензометрического датчика.....</i>	451
<i>Морозова Д.В., Морозова К.В., Ведяков М.И. Робототехнические системы для подводных работ.....</i>	455
<i>Пискун К.М. Обеспечение качества лифтового оборудования путем дилерского сопровождения этапа эксплуатации.....</i>	460
<i>Поляков Д.С. Модернизация стреловых кранов серии «Пионер».....</i>	463
<i>Разинков А.Ю. Обзор взаимодействия конвейерных систем и промышленных роботов в современном производстве.....</i>	465
<i>Ситников С.В. Разработка конструкции аутригеров для работы автокрана на малосвязных грунтах.....</i>	470
<i>Файзуллин Т.Т. Роботизированная покраска подвижного состава.....</i>	473
<i>Харьков А.В. Актуальность роботизации обслуживания станков с ЧПУ....</i>	477
<i>Харьков А.В. Применение систем машинного зрения для обслуживания станков роботами.....</i>	480
<i>Хренов М.А. Роботизация контроля геометрии кузовов автомобилей.....</i>	485
<i>Шалабай А.С. Роботизированный способ нанесения герметика на сварные швы кузовов легковых автомобилей.....</i>	490

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДЪЕМНО - ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ, МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

<i>Агапова Д.Б. Совершенствование путевых гидравлических инструментов как средства малой механизации при текущем содержании пути.....</i>	494
<i>Болотников И.С. Анализ режущего инструмента, применяемого при механической обработке полимерных композиционных материалов.....</i>	499
<i>Быков В.В., Голубев М.И., Спицын И.А. Контроль качества деталей машин 3D сканированием.....</i>	503
<i>Дворянкин А.О., Баурова Н. И. Оценка зависимости качества поверхностей деталей дорожно-строительных машин от режимов 3d – печати мастер-моделей.....</i>	508
<i>Дундуков Н.Д. Применение альтернативных видов топлив на автомобильном транспорте.....</i>	513
<i>Егунова Т.Н., Баурова Н. И. Определение влияния качества подготовки поверхности на адгезионные свойства эпоксидно-песчаных композитов..</i>	517

<i>Евдокимов С.В., Соловьева М.В., Андреев М.С.</i> Использование коэрцитиметрии при диагностике сварных швов металлоконструкций порталных кранов.....	522
<i>Котомчин А.Н.</i> Усовершенствование технологии электролитического хромирования для восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании.....	525
<i>Ле Чонг Туан</i> Исследование пластичных смазочных материалов для дорожно-строительных машин, работающих в тропических условиях.....	529
<i>Лихтарев А.Д.</i> Выбор экологически чистых жидкостей для гидросистем спецтехники.....	533
<i>Ляхов Е.Ю.</i> Анализ долговечности подшипниковых узлов автомобилей, восстановленных порошковыми полимерными композиционными материалами.....	537
<i>Маренков И.Г., Баурова Н. И.</i> Оценка влияния анаэробных пропитывающих составов на деформационно-прочностные характеристики пневматической рессоры.....	543
<i>Маркевич В.Н.</i> Коэффициенты трения скольжения трибосистем строительной техники.....	547
<i>Мухин В.В.</i> Оценка защитных свойств полимерных композиционных материалов, используемых для ремонта машин.....	552
<i>Редько А.С.</i> Обоснование потребности в техническом сервисе машинно-тракторного парка МТП.....	557
<i>Сапрунова Д.А., Нефёлов И.С.</i> Сравнительный анализ прочностных характеристик полимерных композиционных материалов formax и total cf5.....	560
<i>Серегина А.А.</i> Исследование температурных полей при деформации образцов с концентратором напряжений.....	564
<i>Скосарев Г.С.</i> Исследование качественных характеристик поверхностей изделий полученных методом аддитивного производства.....	567
<i>Скосарев Г.С., Тихонов А.А., Шуринов А.А., Меленьтьев Н.А.</i> Оборудование для постобработки при аддитивном производстве.....	570
<i>Ступин О.А.</i> Современные аспекты вибродиагностики.....	573
<i>Тимофеева А.Г.</i> Статистический анализ исследования свойств абс-пластика модифицированного кремнийорганическим соединением.....	577
<i>Тюрин А.С.</i> Мехатронная установка антикоррозионной обработки кузовов легковых автомобилей.....	582
<i>Янута А.С.</i> Применение гальванического покрытия сплава на основе железа для восстановления изношенных деталей дорожно-строительной техники.....	585

СЕКЦИЯ 6. ИННОВАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

<i>Бурцева А.А.</i> Цифровой паспорт выпускника как инструмент оценки подготовки специалиста.....	590
<i>Неклюдов А.Н., Трошко И.В., Григорьев П.А.</i> Опыт реализации проектной деятельности при подготовке обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».....	595
<i>Лосев А.А., Дегтярев С.Н., Чубаркин В.А.</i> Проектная деятельность и разработка модели робота для очистки малых рек и водоемов.....	600
<i>Сорокин В.С., Чайков Д.Д.</i> Альтернатива эмуляторов симуляторам при разработке обучающих тренажеров.....	603
<i>Ступин О.А., Чайков Д.Д.</i> Обучающие компетенции конструкторской деятельности через техническое творчество на примере моделирования каркаса машины проекта «Формула-студент».....	608
<i>Ступин О.А., Чайков Д.Д.</i> Разработка обучающих VR программ сервиса и ремонта технологических машин.....	612

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

26-ая Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы» впервые проводится в стенах ведущего аграрного университета России, который в 2020 году отметила 155-летний Юбилей: от Петровской земледельческой и лесной академии с 3 декабря 1865г до Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева наших дней.

Исторически, сельскохозяйственная инженерная школа закладывалась с 1876 года, когда была разработана программа опытной станции для испытания сельскохозяйственных машин и орудий при Петровской земледельческой и лесной академии. В июне 1894 года был учрежден Московский сельскохозяйственный институт, перед которым ставилась цель «доставлять учащимся в нем высшее образование по сельскому хозяйству и по сельскохозяйственному инженерному искусству».

Родоначальник инженерного сельскохозяйственного образования, профессор Василий Прохорович Горячкин, будучи студентом, в 1890 году окончил с дипломом 1-й степени физико-математический факультет Московского университета (МГУ имени М.В. Ломоносова), а в 1894 году — Императорское Московское техническое училище (МГТУ имени Н.Э. Баумана).

Неоценимую роль В.П. Горячкина к привлечению творческой молодежи к инженерному образованию сыграло предложение в Совет Московского сельскохозяйственного института о том, что при приёме студентов следует руководствоваться только степенью их подготовки, а не сословным или имущественным положением.

Преподавательскую деятельность В.П. Горячкин начал 7 сентября 1896 года на кафедре почвоведения и земледелия; с 1896 по 1930 годы возглавлял кафедру сельскохозяйственных машин. С 1899 года — адъюнкт-профессор, с 1913 года — профессор. С 1913 года заведовал созданной им машиноиспытательной станцией. На инженерном отделении В. П. Горячкин читал также курс лекций «Учение о двигателях».

История мирового тракторостроения и машиностроения тесно переплетаются и берут свое начало с середины 19 века, так в 1930 году на базе факультетов Тимирязевской сельскохозяйственной академии создается Институт инженеров сельскохозяйственного производства, и в этом же году открывается головной институт подъемно-транспортного машиностроения ВНИИПТМАШ.

В 1996 году по инициативе Межрегиональной общественной организации «Подъемно-транспортное научно-техническое общество: Региональные объединения специалистов» (РОСПТО) и Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана) для обмена научными знаниями и широкого привлечения молодежи к инженерному творчеству в мае месяце проведена 1-ая Московская международная межвузовская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы».

Конференция объединяет в себе многогранность промышленной и сельскохозяйственной отраслей в части механизации и технического вооружения хозяйствующих комплексов. Ежегодная ротация мест проведения позволяет знакомиться с материально-техническим оснащением профильных кафедр, обмениваться научным опытом, расширяя как студенческую, так и преподавательскую мобильность.

Уважаемые студенты, магистранты, аспиранты, молодые ученые и их наставники очень хотелось бы, чтобы связка инженерного образования сложившаяся между ведущими ВУЗами России (Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Московским государственным техническим университетом имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет); Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Российский университет транспорта (МИИТ), Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ) и др.), традиции, заложенные их вековой историей только крепки, а база старейших научных школ стали драйвером инженерной мысли для прорывных научных решений в технике и технологиях сельскохозяйственного и промышленного машиностроения.

**Ректор университета,
академик РАН, профессор Владимир Иванович Трухачев**

БУДУЩЕЕ ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Трухачев В. И., Дидманидзе О. Н., Парлюк Е. П., Пуляев Н. Н.

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Производство сельскохозяйственной продукции, как одной из наиболее важных отраслей экономики страны не может решаться без использования современной сельскохозяйственной техники. Основным источником продовольствия является растениеводство, и здесь главную роль играет трактор. Производство тракторов, силовых агрегатов, запасных частей относится к одной из отраслей машиностроительного комплекса страны – тракторостроению.

Современный сельскохозяйственный трактор – это высокотехнологичное инженерное тягово-транспортное средство, предназначенное для обеспечения высокого тягового усилия на низких скоростях и используемое для выполнения работ в агропромышленном комплексе с максимальной производительностью и экономичностью.

В течение всей истории тракторостроения разработка конструкции сельскохозяйственного трактора велась в направлении повышения производительности и снижения себестоимости работ в соответствии с выполнением требований по агрономии. К настоящему времени эти требования определяются показателями, которые можно отнести к четырем основным группам:

1. производительность;
2. агротехнические требования;
3. экономические требования;
4. экологические требования.

Разделение на группы позволяет, с одной стороны, оценить эффективность работы трактора в эксплуатации, и с другой – создавать машину, отвечающую уровню существующих требований. Некоторые показатели, выражающие комплексную оценку, могут быть отнесены как к одной группе, так и к другой. Например, показатели, характеризующие надежность работы трактора, оказывают влияние на его производительность в процессе эксплуатации, экономические затраты, экологическую безопасность и др.

Показатели производительности трактора, в первую очередь, определяются мощностью двигателя, реализуемой в выполняемой работе. Для трактора, выполняющего тяговые задачи, вспашка, культивация и т.п., в качестве такого показателя рассматривается крюковая мощность.

Поэтому трактор, имеющий большую крюковую мощность, при прочих равных условиях будет иметь больше и производительность. Повышение производительности трактора потребовало увеличение мощности двигателя, которая ограничивается сцепными качествами машины с опорной поверхностью.

Увеличение сцепных качеств движителя для повышения тягового усилия остается актуальным и в настоящее время. Лучшими сцепными характеристиками обладает гусеничный движитель, однако сложность конструкции и обслуживания, высокая стоимость и материалоемкость по сравнению с колесным движителем ограничивают его широкое использование на сельскохозяйственных тракторах. Низкая покупательная способность сельхозтоваропроизводителя и подавляющее большинство колесных тракторов на рынке, привело к тому, что в последнее время на полях России уже редко встречается гусеничный трактор, несмотря на его преимущества для сельскохозяйственного производства, связанные с возможностью расширения сроков полевых работ меньшим уплотнением почвы.

Разработка и появление новой техники, ее конкурентоспособность с существующей, во многом определяются ее экономическими показателями. Перспективная техника должна иметь преимущества по эксплуатационному расходу топлива, уровню затрат на ее эксплуатацию, времени восстановления работоспособного состояния и вероятности выхода из строя. Повышение стоимости техники по мере роста технического уровня должно окупаться новыми конструкторско-технологическими решениями и возможностями трактора.

В процессе развития тракторостроения внешний облик тракторов сельскохозяйственного назначения имеет сходство между собой (рисунок 1).



Рис.1. Современные образцы колесных тракторов

Это подтверждается оптимизацией конструктивного решения для выполнения сельскохозяйственных работ. На современных тракторах устанавливаются дизельные двигатели с турбонаддувом и электронным

управлением, имеются системы снижения токсичности отработавших газов. Трансмиссия тракторов либо с роботизированной коробкой передач без разрыва потока мощности, либо бесступенчатая, что лучше позволяет оптимизировать режим работы.

Ходовая часть тракторов имеет упругую подвеску, малую базу, чаще оба ведущих моста, кабина имеет хорошую обзорность, комфортабельное рабочее место, систему кондиционирования и вентиляции, шумо- и термоизоляции. Рабочее место оснащено универсальным терминалом, контролирующим состояние рабочих систем трактора, выводящего рекомендации для водителя по улучшению режима работы машины.

Тракторы могут оснащаться системами автоматизации от управления курсовым движением до беспилотного автоматического управления. Имеется возможность работы в системе информационного согласования трактора с сельскохозяйственной машиной (орудием). Работа тракторов с навигационным оборудованием позволяет использовать технологии точного земледелия. Подобное оборудование позволяет обеспечить точность прохода машины до 3 см. Для этого телеметрические устройства взаимодействуют со спутниками на геостационарной орбите и системами дифференциальной коррекции, с целью получения дополнительных данных.

Новый толчок в разработке тракторов с гусеничным движителем, обладающим хорошими сцепными качествами для создания тягового усилия без существенного повреждения почвы и невысоким давлением на почву, позволяющим в ранние сроки весной начинать полевые работы при большей влажности почвы и позже их заканчивать осенью, дало развитие резиноармированных гусениц.



Рис.2. Современные образцы гусеничных тракторов

Исключение жесткого звена из рабочей части гусеницы позволило гусеничной технике свободнее перемещаться по территории с разветвленной сетью дорог с твердым покрытием. Применение резиноармированной гусеницы упрощает процесс переезда гусеничной техники с одного поля на другое, что сокращает время выполнения вспомогательных операций, увеличивая

производительность полевых работ. Скорость движения в транспортном режиме может быть повышена до 40...50 км/ч. При этом снижаются шум и вибрация при движении машины.

Гусеничные тракторы также оснащаются современными дизельными двигателями с электронным управлением, системами снижения токсичности отработавших газов, имеют бесступенчатые трансмиссии, системы управления и контроля состояния трактора, режимов его работы, комфортабельное рабочее место и т. д.

Одним из направлений развития тракторостроения стало использование электрической тяги в конструкции тракторов. Первые работы в нашей стране проводились еще в 20-х – 40-х годах прошлого века. Тогда разработчики столкнулись с такой проблемой, как сложность подвода электроэнергии к трактору.

В 21-м веке производители техники вновь вернулись к электротяге в сельскохозяйственных тракторах. Этому способствовало развитие электронных систем управления процессами в машине, разработки в области создания энергоемких аккумуляторных батарей для портативных электронных устройств массового производства, ужесточающиеся экологические требования к силовым установкам.



Рис.3. Трактор МТЗ-3023 с электромеханической трансмиссией

Среди причин перехода на электрический силовой привод тракторов можно назвать следующие:

1. необходимость обеспечения экологических требований к силовым агрегатам на длительную перспективу;
2. активное развитие электрического автомобильного транспорта и доказанные преимущества его использования;
3. появление на рынке накопителей электроэнергии с высокими удельными показателями по доступным ценам;

4. доступные цены на электрические узлы и электронные системы;
5. интенсивное развитие электростанций на возобновляемых ресурсах, которые обеспечивают широкое покрытие территорий и могут быть использованы для энергообеспечения сельскохозяйственной техники;
6. широкое внедрение электронных систем управления и оптимизацию работы систем трактора, диагностику и их защиту;
5. появление электродвигателей с высокими удельными энергетическими характеристиками и КПД, способными работать в широком диапазоне частот вращения;
6. получение техники с новыми техническими характеристиками.

Электрические тракторы различных силовых схем, создаются в основном на базе техники, которая использовала ДВС в качестве источника механической энергии.

Несмотря на экологическую чистоту электрических тракторов, остается нерешенным вопрос о возможности получения экологически чистого и ресурсосберегающего процесса получения электроэнергии. Основная доля электроэнергии получается на тепловых электростанциях, которым требуется в 2...3 раза больше ископаемых энергоресурсов для получения такой же работы электрических тракторов по сравнению с дизельными тракторами. Решение этой проблемы возможно при использовании электростанций на возобновляемой энергетике или при появлении недорогих топливных элементов.

В настоящее время, в условиях экономических санкций Запада и США, отечественной машиностроительной отрасли, в том числе отрасли тракторостроения, необходимо развивать производство собственных комплектующих, передовых технологий, основанных на цифровизации и автоматизации, необходимо развертывание полноценного производства тракторов на собственных мощностях.

Производство сельскохозяйственной техники в России позволит заводам-изготовителям снизить производственные затраты за счет локализации и оптимизации логистических процессов и увеличить свою долю на рынке тракторов. В соответствии со Стратегией развития сельхозмашиностроения до 2030 года, доля импортных компонентов техники к 2030 году не должна превышать 10 %. Поэтому взаимодействие отечественных высокотехнологичных предприятий машиностроения, которые обладают огромной производственно-технологической и научно-исследовательской базой является одной из стратегий развития промышленности России.

Заключение. Подводя итог краткого рассмотрения развития тракторов сельскохозяйственного назначения, можно следующие выводы:

1. Новые тракторы будут оснащены двигателями, имеющими мощность, превышающую требуемую для решения тяговых задач в 2 раза.

2. Тракторы будут комплектоваться бесступенчатой трансмиссией, позволяющей оптимизировать режим работы трактора и двигателя. Эти задачи уже сейчас решаются электронной системой управления, которая согласует работу рабочих орудий с навигационным оборудованием, способна использовать технологии точного земледелия и участвовать в «интеллектуальном» сельском хозяйстве.

3. Трактор с гусеничным двигателем станет востребованным наряду с колесными тракторами. Изменение гусеничного движителя для сельскохозяйственных тракторов пойдет в направлении создания резиноармированной гусеницы или ее аналога с целью снижения стоимости и повышения ресурса.

4. По мере развития сети электростанций из возобновляемых энергоресурсов (солнечные, ветряные, гидравлические, тепловые и т. п.) станут востребованы тракторы на электрической тяге. На переходном этапе развития будут создаваться тракторы с гибридными силовыми энергетическими установками, имеющими преимущества по управляемости процессами в машине и орудии, способностью обеспечивать электроэнергией агрегируемые сельскохозяйственные орудия.

5. Отечественное машиностроение будет стремиться к разработке собственных инновационных технологий производства, что позволит снизить затраты производителей, уменьшить конечную стоимость продукта и увеличить долю отечественных производителей на рынке сельскохозяйственной техники.

Несмотря на разработки новых технологических процессов производства продуктов питания для населения планеты, земледелие еще долго останется основным процессом производства продовольствия, и машины для обработки почвы будут востребованы. Основную долю среди них составят те, которые обеспечат наибольшую производительность работ и продуктивность производства продовольствия без нанесения ущерба окружающей среде, обеспечивая высокую экономическую эффективность.

Библиографический список

1. Трухачев, В. И. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин // Чтения академика В. Н. Болтинского: семинар: сборник статей, Москва, 22–24 января 2020 года. – Москва: ООО "Мегаполис", 2020. – С. 11-19.

2. Дидманидзе, О. Н. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовыми установками на транспортно-тяговых

средствах / О. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов, Н. А. Большаков // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 4. – С. 52-59.

3. Пуляев, Н. Н. Направления развития сельскохозяйственных тракторов / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков // Чтения академика В. Н. Болтинского: семинар, Москва, 20-21 января 2021 года. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 88-94.

4. Пуляев, Н. Н. Инновационное развитие сельского хозяйства / Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов // Доклады ТСХА, Москва, 02-04 декабря 2020 года. – М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2021. – С. 186-188.

5. Дидманидзе. О. Н. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра / О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Е. П. Парлюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21. – № 1. – С. 74-85.

6. Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев // Чтения академика В. Н. Болтинского: семинар, Москва, 20–21 января 2021 года. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «Сам Полиграфист», 2021. – С. 10-19.

7. Дидманидзе О. Н., Дорохов А. С., Катаев Ю. В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11 (281). – С. 39-43.

8. Цифровая экономика в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://spravochnick.ru/ekonomika/cifrovaya_ekonomika_v_selskom_hozyaystve/

9. Перспективы развития электромобилей в России / С. Н. Девянин, В. А. Марков, А. А. Савастенко, Э. А. Савастенко // 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса: сборник докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 29 января 2021 года. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. – С. 114-121.

10. Девянин, С. Н. Системы управления двигателем / С. Н. Девянин, В. Н. Щукина // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 6. – С. 65-70.

11. Девянин, С. Н. Телематика в сельском хозяйстве / С. Н. Девянин, В. Н. Щукина // Доклады ТСХА, Москва, 06–08 декабря 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. – С. 17-18.

БАУМАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ – ОСНОВАТЕЛЬ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ШКОЛЫ ИНЖЕНЕРОВ ПО ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫМ МАШИНАМ*

Ивашков Н.И., канд. техн. наук

*Подъемно-транспортное научно-техническое общество РОСПТО,
г. Москва, Россия*

Сафонова Е.Н.

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва,
Россия*

Вершинский А.В., д-р техн. наук, профессор

*ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана», г. Москва, Россия*

Формирование подъемно-транспортного направления в МГТУ им. Н.Э. Баумана неразрывно связано с именами крупнейших деятелей машиностроения профессоров **Александра Карловича Эшлимана**, **Петра Кондратьевича Худякова** и **Анатолия Ивановича Сидорова**, которые во второй половине XIX века вели для студентов училища курс «Грузоподъемные машины» [1, 2]. С 1900 года этот курс, продолжившийся новыми специальными курсами «Транспортирующие устройства» и «Детальное проектирование грузоподъемных машин», начал читать по оригинальному конспекту лекций видный ученый, конструктор и педагог, впоследствии заслуженный деятель науки и техники РСФСР доктор технических наук профессор, **Людвиг Генрихович Кифер** [1-7]. Созданием по его инициативе в 1924 году кафедры «Подъемно-транспортные сооружения» было положено начало подготовки в СССР инженеров-конструкторов по подъемно-транспортным машинам.

Подъемно-транспортное машиностроение начало создаваться в стране в двадцатые годы прошлого века, сразу после окончания гражданской войны. Формирование этой отрасли сопровождалось запуском большого числа специализированных производств многих видов грузоподъемного и транспортирующего оборудования, организацией научно-исследовательских институтов, проектных организаций и конструкторских бюро в сфере механизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ. Уже к середине тридцатых годов это позволило отказаться от закупок подъемно-транспортной техники за рубежом [8]. Значительный вклад в создание и развитие инженерной сферы подъемно-транспортного машиностроения внесли в те годы многие учебные заведения технического профиля, приступив к целенаправленной подготовке специалистов в области разработки, производства

и эксплуатации машин и оборудования для механизации перемещения различных грузов.

Многие из выпускников кафедры вошли в элиту инженерных кадров отечественного подъемно-транспортного машиностроения.

Ученик Л.Г. Кифера, выпускник 1926 года, выдающийся инженер, педагог, организатор промышленности и образования по подъемно-транспортным машинам и оборудованию профессор **Иосиф Исаакович Абрамович** [2, 3, 5-7, 9] сохранился в памяти многих поколений инженеров как соавтор наиболее известного учебного пособия с атласом конструкций по грузоподъемным машинам. Его исключительный вклад в создание комплекса авиационных заводов в городе Куйбышеве в предвоенные и военные годы был отмечен Сталинской премии за 1943-1944 годы и высшей наградой государства – орденом Ленина.

В 1929 году окончил МВТУ крупный специалист в области конструирования и расчетов машин непрерывного транспорта доктор технических наук профессор **Константин Васильевич Алферов** [7, 10, 11], был соавтором первого печатного труда, выпущенного этим институтом - книги, посвященной конструкциям и расчетам ковшовых элеваторов.

Созданию оригинальных проектов грузоподъемных кранов, совершенствованию их конструкций и методов расчета была посвящена творческая биография одного из первых выпускников кафедры **Петра Алексеевича Кудрявцева** [2, 3, 7, 11], талантливого конструктора и расчетчика, работавшего во ВНИИПТМАШ со времени основания института. Он был автором многих проектов грузоподъемной техники: типажного ряда опорных од-нобалочных кранов, плавучего крана грузоподъемностью 250 тонн, специальных мостовых и стреловых кранов различных конструкций и назначения и др.

Со времени организации ВНИИПТМАШ в нем работал выпускник кафедры «Подъемно-транспортные сооружения» незаурядный конструктор и руководитель проектов различных грузоподъемных и транспортирующих машин **Сергей Иванович Крапоткин** [3, 7, 11, 13]. За участие в разработке лифтового вагоноподъемника паромной переправы через реку Амур, предназначавшегося для погрузки на паром и выгрузки с него вагонов весом до 90 тонн при перепаде уровней водной поверхности до 5 метров, он стал лауреатом Сталинской премии за 1951 год.

За создание этого вагоноподъемника Сталинской премией был отмечен еще один воспитанник кафедры **Павел Иванович Бурмистров** [3, 7, 11, 13], окончивший Московский механико-машиностроительный институт (МММИ) им. Н.Э. Баумана в 1932 году. Внес большой вклад в укрепление кадрового потенциала и материальной базы института, его превращение в ведущий

инженерный и научный центр в области подъемно-транспортного машиностроения.

Выпускник 1930 года **Николай Сергеевич Лейкин** [2, 3, 7, 14] пришел на московский завод «Подъемник», став впоследствии главным конструктором этого предприятия, участвовал в создании оборудования и агрегатов наземной подъемно-транспортной техники для обслуживания ракетных стартовых комплексов, которое впоследствии было преобразовано в Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения (ЦКБ ТМ). За участие в подготовке запуска космического корабля «Восток-1» с первым в мире космонавтом Ю.А. Гагариным награжден орденом Ленина.

Воспитанник кафедры видный деятель в сфере создания оборудования ракетных стартовых комплексов кандидат технических наук **Николай Афанасьевич Кривошеин** [3, 5, 7, 13, 14] после окончания в 1934 году МММИ им. Н.Э. Баумана работал инженером-конструктором на Московском машиностроительном заводе «Красный металлист». Его участие в разработке технологического процесса и оборудования для высокопроизводительного цементного завода с мощными вращающимися печами было отмечено Сталинской премией второй степени за 1949 год. За создание пусковой установки первой отечественной ракеты Р-1 получил в 1948 году орден Ленина.

Сокурсник Н.А. Кривошеина **Илья Самойлович Сегаль** [7, 11, 13] в 1932 году, еще студентом МММИ, поступил на работу во ВНИИПТМАШ. Был руководителем группы пневмотранспорта, начальником отдела машин непрерывного транспорта, главным конструктором института. Известен как один из ведущих специалистов в области исследований, создания и совершенствования конструкций машин и оборудования пневмотранспорта различного назначения [15].

Выпускник кафедры **Артемий Георгиевич Лобов** [7, 11, 13] с 1937 года работал во ВНИИПТМАШ, в начале 1939 года стал его главным инженером, а в сентябре 1940 года был назначен директором института, которым руководил до февраля 1943 года. [16].

Значительный вклад в развитие различных видов подъемно-транспортной техники и современных технологий погрузочно-разгрузочных работ внес обучавшийся на кафедре крупный инженер-машиностроитель **Александр Генрихович Берлинблау** [3, 7, 17, 18]. Учебу он успешно совмещал с работой в проектно-конструкторском отделе Транстехконторы, преобразованной в дальнейшем в трест Союзпроммеханизация. В Союзпроммеханизации прошел путь до главного инженера проекта средств механизации литеных и сборочных производств автотракторной, танковой и авиационной промышленности.

Окончив МММИ им. Н.Э. Баумана, видный специалист в области машин непрерывного транспорта кандидат технических наук **Владимир Константинович Дьячков** [3, 7, 11] приобрел практический опыт конструктора и расчетчика конвейерного оборудования в тресте Союзпроммеханизация. После перехода в 1947 году во ВНИИПТМАШ организовал в этом институте лабораторию конвейеров, приступив к систематическим исследованиям различных видов этих машин.

Инженерный путь воспитанницы кафедры «Подъемно-транспортные сооружения» доктора технических наук **Ирины Осиповны Спицыной** [3, 7, 11, 13, 23], окончившей МММИ им. Н.Э. Баумана в 1938 году, с середины тридцатых годов, более полувека, был связан с ВНИИПТМАШ. Под ее руководством в 1946 году был разработан типажный ряд электрических талей серии ТВ грузоподъемностью от 0,25 до 5,0 тонн, выпускавшихся до начала шестидесятых годов заводами «Красный металлист» в Москве и Харьковским ПТО. На основе ее исследований долговечности и надежности деталей и узлов крановых механизмов были даны рекомендации и осуществлены работы по улучшению их конструкций и технологий изготовления, результаты которых были закреплены в государственных и отраслевых стандартах.

В 1940 году диплом о высшем образовании получил выпускник кафедры **Алексей Константинович Шевлягин** [3, 7]. Ко времени окончания института он был уже видным специалистом в области конвейерной техники и канатных дорог, с 1929 года работал в Транстехконторе, в 1938 году был назначен ее главным инженером. С этой наиболее авторитетной в СССР проектно-конструкторской организацией по машинам непрерывного и канатного транспорта, переименованной впоследствии в ГПКИ Союзпроммеханизация, была связана вся его инженерная биография, в ней он трудился до 1973 года. Проекты, разработанные под его руководством, стали основой для комплексной механизации различных производств крупнейших предприятий страны: Уральского, Новокраматорского и Электростальского заводов тяжелого машиностроения; большинства отечественных автозаводов – ГАЗ, ЗИЛ, АЗЛК, ВАЗ, КАМАЗ; Волгоградского, Челябинского, Харьковского, Владимирского и других тракторных заводов.

Заслуженный строитель РСФСР **Георгий Семенович Хромов** [7, 26] в 1943 году, после защиты дипломного проекта, был направлен в Проектное управление строительства Дворца Советов, занимался разнообразными задачами механизации различных процессов, связанных с обеспечением функционирования этого уникального сооружения. В последующем его инженерная карьера и творческая работа многие годы были связаны с возведением и реконструкцией нестандартных строительных объектов. В течение многих лет преподавал на кафедре «Подъемно-

транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, делаясь со студентами обширными знаниями и богатым опытом конструкторской работы.

В 1944 году МВТУ им. Н.Э. Баумана окончил видный конструктор, начальник СКБ ВНИИПТМАШ **Сергей Павлович Маркин** [7, 11]. Под его руководством в шестидесятые-восемидесятые годы выполнялись проекты стационарных и мобильных опорно-поворотных устройств (ОПУ) для радиолокационных станций гражданских и военных аэродромов. В семидесятые годы под его руководством была осуществлена разработка механического оборудования радиотелескопа ТНА-1500 с параболическим зеркалом диаметром 64 метра для исследований дальнего космоса. ОПУ телескопа, масса которого с учетом несущих конструкций составляла около 3400 тонн, обеспечивало поворот зеркала вокруг вертикальной оси, качание относительно горизонтальной оси и поворот относительно собственной оси. Две подобных антенны были смонтированы и успешно эксплуатировались в Подмоскowie и на Верхней Волге в районе Калязина.

Диплом инженера по подъемно-транспортным машинам и оборудованию получил в 1949 году выпускник кафедры кандидат технических наук **Борис Родионович Аксютин** [3, 7, 14]. По распределению он был направлен в ЦКБ ТМ, в котором прошел все этапы конструкторской работы, став начальником и главным конструктором этого предприятия. Участвовал в разработках наземного оборудования для первых советских ракет Р-1 и Р-2, пусках этих ракет с полигона «Капустин Яр», руководил разработками защитных устройств для ракет Р-12У, Р-14У, УР-100, агрегатов обслуживания ракет «Космос» и «Протон», установщиков для ракет Р-12У, УР-100, Н-1 и др.

Известный ученый и педагог, заслуженный деятель науки и техники РСФСР и Удмуртской АССР доктор технических наук профессор **Николай Васильевич Воробьев** [3, 5, 7, 13, 27] окончил МММИ им. Н.Э. Баумана в 1932 году. На кафедре «Подъемно-транспортные сооружения» он, впервые в стране, начал экспериментальные исследования изнашивания шарнирных цепей и цепных передач, которые позволили выявить многие закономерности работы этих элементов и дать рекомендации по их расчету и выбору. Результаты его научной деятельности нашли отражение в неоднократно переиздававшейся в СССР и за рубежом книге «Цепные передачи» [28] и других публикациях.

Доктор технических наук профессор **Иван Петрович Крутиков** [3, 5, 7, 11, 17, 27, 29], выпускник кафедры 1936 года, в 1934 году поступил на работу во ВНИИПТМАШ. За пять лет прошел путь от инженера до главного конструктора и главного инженера этого института. В начале 1939 года был назначен директором харьковского завода «Серп и молот». В 1944 году в качестве главного конструктора ВНИИПТМАШ руководил разработкой

вагоноподъемника для паромной переправы через Амур, занимался исследованиями канатных грейферов. В 1952 по 1965 год заведовал кафедрой «Подъемно-транспортные машины и оборудование», а впоследствии, как профессор этой кафедры, вел авторский курс по экскаваторам и самоходным кранам [30].

Крупная фигура машиностроительной науки и высшего образования, заслуженный деятель науки и техники УССР доктор технических наук профессор **Михаил Степанович Комаров** [3, 5] после окончания в 1938 году ММИ им. Н.Э. Баумана был оставлен для работы на кафедре. По его инициативе на кафедре была организована подготовка инженеров по специальности «Динамика и прочность машин», создана и плодотворно работала научная школа по динамике приводных устройств. Он – автор хорошо известных специалистам трудов по динамике машин [24] и др.

Большой вклад в развитие подъемно-транспортного машиностроения, машиноведения и технического образования в высшей школе внес выпускник кафедры 1940 года заслуженный деятель науки и техники РСФСР доктор технических наук профессор **Михаил Павлович Александров** [3, 5, 7, 11, 27, 29, 32, 33]. Ему и его многочисленным ученикам принадлежит приоритет в развитии методов исследования трения и изнашивания фрикционных пар тормозов и оценки их тепловой нагруженности. Результаты исследований положены в основу современных инженерных методик расчета и выбора тормозов [34]. В 1975 году на базе Научно-методического совета по машиностроению Минвуза СССР он организовал и возглавил Методический совет по подъемно-транспортному машиностроению. Этот орган, в виде Научно-методического совета в составе Федерального учебно-методического объединения в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Техника и технологии наземного транспорта», работает и теперь.

Заметный след в подъемно-транспортной отрасли и других отраслях машиностроения, а также инженерном образовании оставил известный ученый, организатор промышленности и высшей школы заслуженный деятель науки и техники РСФСР доктор технических наук профессор **Илья Ильич Ивашков** [3, 5, 7, 11, 37]. После окончания в 1946 году МВТУ им. Н.Э. Баумана по кафедре «Подъемно-транспортные сооружения», был принят инженером в лабораторию конвейеров и подъемных машин ВНИИПТМАШ. Участвовал в создании типажного ряда эскалаторов для метрополитенов, занимался разработками и исследованиями по усовершенствованию эскалаторных деталей и узлов: ступеней, тяговых цепей и др. Руководил Специальным научно-исследовательским отделом ВНИИПТМАШ.

Являясь крупным специалистом в области шарнирных цепей [38, 39] и др., возглавил в 1961 году созданное по его инициативе ЦКБ цепных передач и устройств (ЦПиУ). Под его руководством ЦКБ ЦПиУ была проведена коренная реконструкция цепных производств с внедрением технологий и оборудования для выпуска массовых деталей. Им был предложен и сформирован новый учебный курс «Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин» и выпущен оригинальный учебник по этой дисциплине [40], написаны известные учебники и учебные пособия для вузов [41, 42].

Значительные результаты за первые четверть века существования кафедры говорят о большой эффективности ее работы, способности обеспечивать потребности экономики страны в качественных инженерных кадрах высокой квалификации. В обзоре приведены данные лишь о некоторых выпускниках кафедры профессора Л.Г. Кифера – конструкторах, научных работниках, руководителях промышленности и деятелях технического образования, оставивших наиболее заметный след в подъемно-транспортном деле. Но могущество нашей Родины прирастало общим трудом и талантом сотен высокообразованных и энергичных специалистов, получивших дипломы инженеров по подъемно-транспортным машинам и оборудованию в МММИ-МВТУ-МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Библиографический список

1. Основатели научных школ Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана: Краткие очерки / Под ред. Е.Г. Юдина, К.Е. Демихова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 632 с.
2. Ивашков Н.И. У истоков научной и инженерной школы по подъемно-транспортным машинам Бауманского университета: Ч. 1 // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – №3-4. – С. 39-42.
3. Подъемно-транспортная техника: словарь справочник: в 2 т. Т. 2 / Л.Н. Горбунова, Н.И. Ивашков, А.А. Короткий и др.; ред.: К.Д. Никитин, Л.Н. Горбунова. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 598 с.
4. Ивашков Н.И., Сафонова Е.Н., Вершинский А.В., Борзенко М.В. Людвиг Генрихович Кифер – ученый, конструктор и педагог, основоположник отечественной школы инженеров по подъемно-транспортным машинам и оборудованию // Подъемно-транспортное дело. – 2017. – №6. – С. 21-24.
5. Научные школы Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. История развития / Под ред. И.Б. Федорова, К.С. Колесникова. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 464 с.
6. Ивашков Н.И. Видные инженеры, конструкторы и ученые –

основоположники отечественного подъемно-транспортного машиностроения // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – №1-2. – С. 26-31.

7. Ивашков Н.И. Начало подготовки отечественных инженеров по подъемно-транспортным машинам и оборудованию. К 95-летию кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ имени Н.Э. Баумана // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – №3-4. – С. 3-11.

8. Очерки развития техники в СССР: Машиностроение. Автоматическое управление машинами и системами машин. Радиотехника, электроника и электросвязь / редкол.: акад. И.И. Артоболевский [и др.]. – Академия наук СССР, Институт истории естествознания и техники. – М.: Наука, 1970. – 442 с.

9. Профессор И.И. Абрамович // Подъемно-транспортное дело. – 2005. – №1. – С. 31-32.

10. Неклюдов А.Н., Трошко И.В., Ивашков Н.И. 95 лет начала подготовки инженеров по механизации подъемно-транспортных работ в Российском университете транспорта (МИИТ) // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – №3-4. – С. 13-17.

11. Зерцалов А.И., Ивашков Н.И., Лалаянц Р.А. К 70-летию ВНИИПТМАШ // Подъемно-транспортное дело. – 1999. – №3. – С. 2-37.

12. Кудрявцев П.А. Расчет пространственных стержневых систем на кручение // Сб. трудов ВНИИПТМАШ, кн. 5. – М.: Машгиз, 1950. – С. 3-95.

13. Ивашков Н.И. У истоков научной и инженерной школы по подъемно-транспортным машинам Бауманского университета: Ч. 2 // Подъемно-транспортное дело. – 2018. – №6. – С. 24-28.

14. Полянский В.И., Тищенко В.Г. Создание и развитие подъемно-транспортной техники для боевых и космических ракетных стартовых комплексов. 70 лет Корпорации «Стратегические пункты управления – Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения» // Подъемно-транспортное дело. – 2017. – №4-5. – С. 8-13.

15. Сегаль И.С. Методика расчета установок пневматического транспорта. Пневмопочта / ред. И.С. Сегаль // Труды ВНИИПТМАШ, вып. 2 (24). – М.: ОТИ, 1962. – 131с.

16. Абрамович И.И. Создание и производство башенных строительных кранов в СССР // Подъемно-транспортное дело. – 2010. – №5-6. – С. 46-48.

17. Ивашков Н.И. У истоков научной и инженерной школы по подъемно-транспортным машинам Бауманского университета: Ч. 3 // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – №1-2. – С. 30-33.

18. Взгляд в прошлое. Воспоминания А.Г. Берлинблау // Подъемно-транспортное дело: – 2009. – №5-6. – С. 36-39; – 2010. – №1. – С. 24-27; – 2010. – №2. – С. 27-31; – 2010. – №3. – С. 24-29.

19. А.с. 83105 (СССР). Подвесной многоопорный мостовой кран / Берлинблау А.Г., Пахомов Н.И., Новоселов А.П. – 1950. – Заявл. 24.12.1948.
20. Дьячков В.К. Подвесные конвейеры. – 3-е изд.. – М.: Машиностроение, 1976.- 320 с.
21. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроит. вузов. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
22. Ивашков Н.И. У истоков научной и инженерной школы по подъемно-транспортным машинам Бауманского университета: Ч. 4 // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – №6. – С. 17-21.
23. Зерцалов А.И., Боголюбов Л.Л., Липатов А.С. Тали электрические канатные и краны с таями: Справочник. – М.: Ассоциация «Подъемтранстехника», 2004. – 158 с.
24. Расчеты крановых механизмов и их деталей / ВНИИПТМАШ. – М.: Машиностроение, 1971. – 496 с.
25. Отраслевые расчеты кранов (руководящие технические материалы): Проект / Под общ. ред. А.Х. Комашенко; научн. ред. И.О. Спицына. – М.: ВНИИПТМАШ, 1974. – 190 с.
26. Вершинский А.В., Никольская Т.А. Инженер с большой буквы // Подъемно-транспортное дело. – 2007. – №3. – С. 33-35.
27. Вершинский А.В. Кафедре «Подъемно-транспортные системы» – 85 лет // Подъемно-транспортное дело. – 2009. – №5-6. – С. 2-3.
28. Воробьев Н.В. Цепные передачи. 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1968. – 252 с.
29. Ивашков Н.И. Наши учителя: 1966-1972 годы. К 90-летию кафедры «Подъемно-транспортные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана // Подъемно-транспортное дело. – 2014. – №3-4. – С. 7-12.
30. Крутиков И.П. Экскаваторы. – М.: Машиностроение, 1964. – 369 с.
31. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин. – Киев-Москва: Машгиз, 1962. – 267 с.
32. Вершинский А.В., Ивашков Н.И. Михаил Павлович Александров – выдающийся ученый и педагог. К 100-летию со дня рождения видного деятеля науки и образования // Подъемно-транспортное дело. – 2016. – №3. – С. 2-3.
33. Ромашко А.М., Носко А.Л. Весомый вклад в подготовку специалистов для подъемно-транспортной отрасли СССР // Подъемно-транспортное дело. – 2016. – №3. – С. 22-26.
34. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1976. – 383 с.
35. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учебник для

машиностроительных специальностей вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1985. – 520 с.

36. Александров М.П. Грузоподъемные машины: учебник для вузов. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 500 с.

37. Ивашков Н.И. Об отце. К 90-летию Ильи Ильича Ивашкова // Подъемно-транспортное дело. – 2013. – №5-6. – С. 38-42.

38. Ивашков И.И. Пластинчатые цепи. Конструирование и расчет. – М.: Машгиз, 1960. – 264 с.

39. Ивашков И.И. Основы расчета, конструирования, повышения качества и экономичности конструкций пластинчатых цепей: Автореферат дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук. – М.: Моск. станкоинструм. ин-т, 1968. – 56 с.

40. Ивашков И.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин: Учебник для студентов вузов. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.

41. Ивашков И.И., Бовин Г.М., Меклер А.Г., Тушмалов В.А. Подъемники. – М.: Машгиз, 1957. – 311 с.

42. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

СЕКЦИЯ 1.

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЩЕБНЯ

Боровиков С. С., студент

Научный руководитель: Шепелина П. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Применение машин непрерывного транспорта позволяет повысить уровень комплексной механизации и производительность перегрузочных работ при выполнении таких операций, как обработка судов, вагонов, автомашин, складировании, взвешивании и т.п. с груза и широкой номенклатуры (навалочных, наливных, штучных). На строительно-производственных объектах и в транспортно-складских структурах действуют целые механизированные комплексы на основе машин непрерывного транспорта [1].

По схеме механизации, принятой для рассмотрения в проекте, щебень, добытый из карьера перерабатывающего завода, поступает на склад, образуя два штабеля разных фракций, откуда отправляется на автомобильный транспорт.

В результате деления материала, получаются две фракции щебня: $20 \div 40$ мм и $40 \div 80$ мм, что составляет соответственно 40% и 60% от общего объема производства, общей мощностью потока - 450 т/ч. Расстояние от узла дробления до склада - 90 метров. На основе доли двух фракций щебня, способность транспортера будет 180 т/ч и 270 т/ч, соответственно.

Щебень укладывают в отдельные штабеля призматической и обелисковой формы по сортам и маркам. Размеры штабелей выбирают в зависимости от зоны действия перегрузочных машин и необходимых разрывов между штабелями, чтобы не допустить смешивания грузов разных марок и сортов. В зоне призмы обрушения высота штабелей выбирается с таким расчётом, чтобы не допустить превышения допускаемой нагрузки на основание склада [2].

Основным транспортирующим элементом, независимо от бункера, является ленточный конвейер. Груз протекает по основной конвейерной ленте, с которой через разгрузочный агрегат перегружается на конвейерную ленту свалки, подавая узел в штабель.



Рис. 1. Отвалообразователь на рельсовом ходу

Для разделения по размеру сыпучих материалов применяют грохот. Грохот разбивает любые сыпучие материалы на частицы разного размера с помощью экранирующих поверхностей с откалиброванными отверстиями. Грохоты изготавливаются на стационарных или подвижных опорах или подвеске [2].

Схема и описание варианта перед модернизацией с двумя основными транспортерами и двумя штабелерами представлена на рис. 2.

Щебень сортируется на дробильно-сортировочной секции 1, доставляется на перерабатывающий завод, двумя фракциями, каждая из которых подается по основной конвейерной ленте 2 и 3 через штабелеры 4 и 5 на открытые склады 6 и 7.

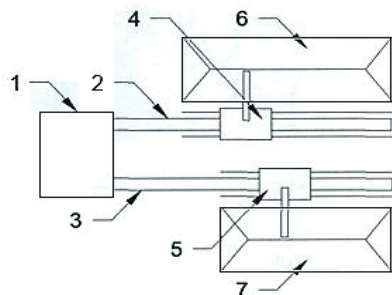


Рис. 2. Схема механизации для варианта 1

Схема и описание модернизированного варианта с одним магистральным конвейером и одним консольным штабелееукладчиком представлена на рис. 3.

Щебень, без разделения на фракции, от обогатительного завода 1 подается одним магистральным ленточным конвейером 2 на двухконсольный штабелееукладчик 3, оснащенный грохотом, с помощью которого происходит разделение щебня на две фракции. После разделения каждая фракция щебня поступает на соответствующий отвальный конвейер и перемещается в штабель склада 4 и 5 [3].

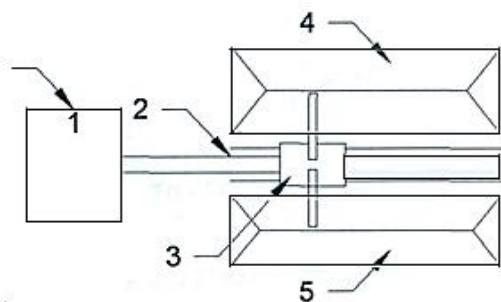


Рис. 3. Схема механизации для варианта 2

Цель работы – обоснование целесообразности модернизации транспортной технологической системы, первоначально состоящей из:

- добычного комплекса поставки гранитного щебня.
- сортировочной установки, разделяющей щебень на две товарные фракции 20÷40 мм., 40÷80 мм., подающей его с общей производительностью 800 т/ч в транспортную зону
- двух магистральных конвейеров, транспортирующих соответствующие фракции на штабелеукладчики.
- двух штабелеукладчиков, каждый из которых подает груз в соответствующий штабель склада.

В результате модернизации, транспортной технологической системы с целью снижения удельных энергозатрат на транспортно-технических операциях, предлагается осуществить:

- перенос сортировочной установки в зону штабелеукладчиков и таким образом замену двух магистральных конвейеров одним конвейером, транспортирующим щебень фракций 20÷80 мм с производительностью 450 т/ч;
- замену одноступенчатого узла передачи груза на отвальный стреловой конвейер с дуплексной системой, состоящей из минимизированного по высоте барабанного разгрузателя и промежуточного конвейера с углом наклона 35°.

Определена оптимальная структура комплекта, т.е. оптимальные размеры и количество узлов необходимое для того, чтобы удельные приведенные затраты были минимальны (критерий оптимизации) [4-5].

По результатам расчетов было выявлено оптимальное количество механизмов для каждого случая: 1 магистральный конвейер, 1 промежуточный и 2 штабелеукладчика.

Для первого комплекта минимальным удельным приведенным затратам соответствует применение двух промежуточных, двух магистральных конвейеров и двух штабелеукладчиков в комплекте. Для второго – применение двух штабелеукладчиков, одного промежуточного и одного магистрального конвейеров [6-7].

При сравнении двух комплектов в одинаковых условиях можно выявить:

1. Количество машин непрерывного транспорта в первом комплекте больше чем во втором в 1,5 раза.

2. Приведенные удельные затраты в первом случае составляют 8611 руб./час, во втором случае 5773 руб./час, следовательно, разница составляет 2838 руб./час. Во втором случае удельные приведенные затраты значительно меньше. При использовании схемы модернизированного варианта с одним магистральным конвейером и одним консольным штабелеукладчиком экономия за один месяц, учитывая, что работа происходит в 2 смены, составит 950 тыс. рублей по сравнению с двумя основными транспортерами и двумя штабелерами.

4. Время цикла меньше во втором комплекте, т.к. используется общий конвейер для двух видов щебня. За счет того, что до магистральных конвейеров щебень не нужно распределять на фракции, потом он так же будет проходить сортировку в грохоте. Грузопоток во втором случае больше.

5. Общая производительность во втором случае больше, чем в первом.

6. Так если груза на одном из конвейеров недостаточно, то конвейеру приходилось бы простаивать. В модернизированном же варианте магистральные конвейеры идут с потоком не сортированного щебня, что не позволит работать в холостую или простаивать при отсутствии определенной фракции. Так же во втором случае можно обойтись минимальными простоями.

7. С точки зрения эксплуатации машин непрерывного транспорта второй случай выгоднее. Т.к. для первого случая требуется 2 промежуточных конвейера и 2 магистральных, а для второго по одному. Следовательно, затраты, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом, во втором случае сократятся в 2 раза. Если рассмотреть базу, где находятся конвейеры, то ее площадь также во втором случае будет меньше, что влечет за собой экономию средств.

Вывод: Рассмотрев два комплекта машин: с двумя основными транспортерами и двумя штабелерами и с одним магистральным конвейером и одним консольным штабелеукладчиком в одних и тех же условиях можно сделать следующий вывод: с экономической точки зрения и с точки зрения эксплуатации комплект, по сравнению с первым наиболее эффективный.

Библиографический список

1. Шепелина, П. В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 2. – С. 45-49.

2. Потапов, М.Г. Карьерный транспорт. Учебник для учащихся горных техникумов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – 264 с.

3. Птускин, А. С. Методика расчета показателей эффективности проекта внедрения инструментов бережливого производства / А. С. Птускин, В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2014. – № 5-1. – С. 253-266.

4. Шепелина, П. В. Способы оптимизации строительства посредством подбора и эффективной эксплуатации машинного парка предприятий / П. В. Шепелина // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1(64). – С. 38-45.

5. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х томах: 8-е изд. Под редакцией И.Н. Жестковой – М.: Машиностроение, 2001 г. – 912 с.

6. Волотковский, В.С. Выбор оборудования карьерного конвейерного транспорта / В.С. Волотковский, Г.Д. Кармаев, М.И. Драя – М.: Недра, 1990. – 192 с.

7. Шепелина, П. В. Ленточные конвейеры с промежуточными приводами / П. В. Шепелина, В. И. Галкин, Н. И. Ивашков // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – № 6(99). – С. 8-12.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫХ КОНКРЕЦИЙ

Ботогов Е. О., студент

Научный руководитель: **Вершинский А. В.** д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

В настоящее время, после долгих лет простоя, растет интерес к возможностям коммерческой добыче морских минералов. Этот рост связан с появлением ряда новых технологий по добыче и переработке полезных ископаемых со дна океана, а также с увеличением долгосрочного спроса на полезные ископаемые, обусловленным процессами глобализации и индустриализации в мире. Использование исключительно материковых месторождений становится всё более затруднительно: стремительный рост населения планеты способствует увеличению спроса, а легкодоступные залежи руды быстро истощаются. Развитие вторичной переработки металлов в некоторой степени облегчит ситуацию, но так и не позволит удовлетворить ожидаемый в долгосрочной перспективе рост спроса [1].

Железомарганцевые конкреции представляют собой сферические образования темного цвета диаметром 20см концентрически-слоистого строения, сложенные слабокристаллизованными гидроксидами железа и марганца (Fe_2O_3 , MnO) [2]. 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 колоссальными цифрами – до 35 млрд [3]. тонн. Залежи ЖМК условно можно разделить на шельфовые и глубинные по глубине их залегания.



Рис. 1. Железомарганцевые конкреции
<https://bigenc.ru/geology/text/2625175#>

Образование железомарганцевых конкреций (ЖМК) – это природное явление, происходящее в сложной пограничной природной системы вода – дно, где взаимодействуют гидродинамические, физико-химические, биологические и микробиологические процессы. По данным из открытых источников железо и марганец поступают в конкреции континентального шельфа из толщи осадков [4]. Но общего мнения по появлению конкреций и источника поступления рудных элементов и микроэлементов к поверхности ЖМК у научного сообщества пока нет.

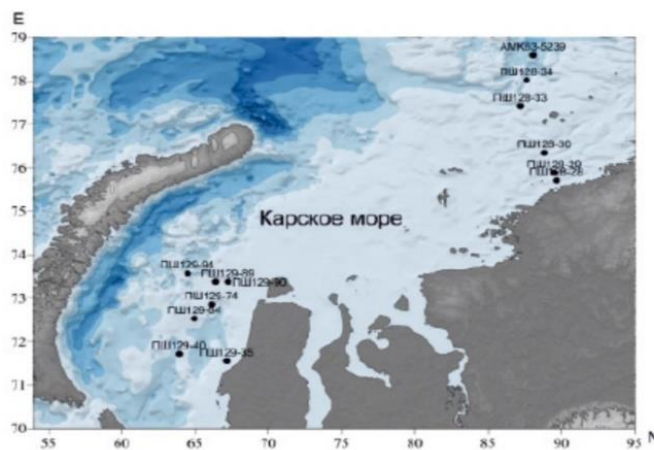


Рис. 2. Карта с местами взятия проб в Карском море
https://applied-research.ru/i/2018/3/droz1_fmt.jpeg

Россия тоже заинтересована в освоение минеральных ресурсов мирового океана. Российская Федерация по Конвенции по морскому дну имеет доступ к трем районам добычи. Только одна зона Кларифон-Клиппертон, находящаяся в восточной части Тихого океана на глубине от 3500 до 5500 метров сопоставима по своим запасам полезных ископаемых со всеми месторождениями марганца, никеля и кобальта на суши [1].

Железомарганцевые конкреции встречаются и в российских территориальных водах, например существенный интерес представляет Карское море. По состоянию на 2016 год здесь обнаружено два участка скоплений ЖМК, площадью 16,4 и 6,9 тыс. км² их запасы ЖМК оцениваются в 24,6 и 10,3 млн т соответственно. За время исследований получен обширный материал по гидромеханическим, геохимическим и физическим, характеристикам экосистемы Карского моря. С целью изучения состава ЖМК Карского моря в 78-м рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (2016 г.) в центральной части Чаунской губы (Восточно-Сибирское море) были отобраны образцы конкреций, для выявления факторов, влияющих на концентрирование элементов в ЖМК. Конкреции представляли собой шаровидные образования тёмно-коричневого цвета (рис. 1) не превышающие 5 см в диаметре. Глубина залегания конкреций – 17 м.[4] Наличие залежей ЖМК в территориальных водах дает Российской Федерации возможность независимо от международных конвенций заниматься добычей, но для добычи необходимо специализированное оборудование способное работать на больших глубинах.

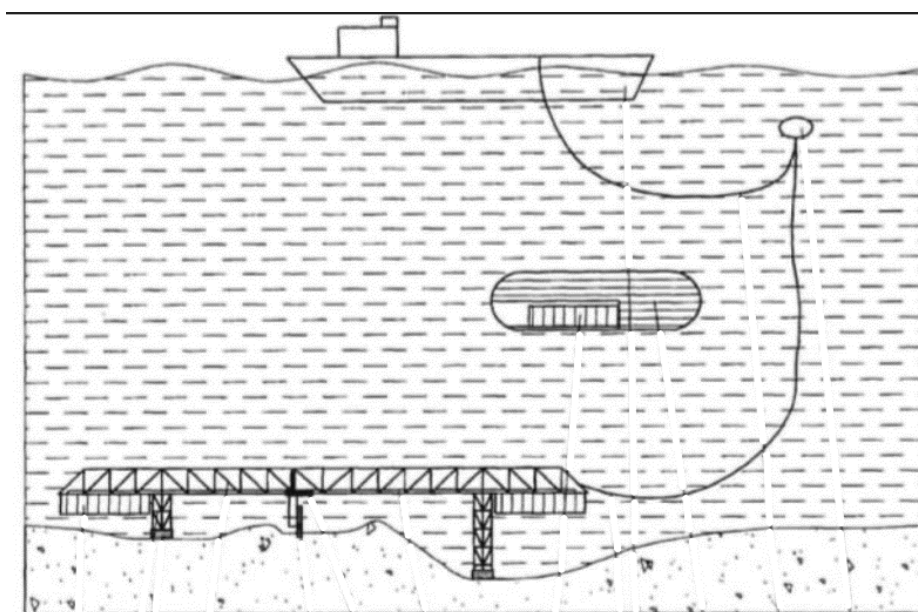


Рис. 3. Схематическое изображение полезной модели.

Одним из примеров реализованных роботов способных добывать ЖМК с глубин до 5 км является робот Patania II оборудована системой для отделения

конкреций и сброса отходов. В отличие от других систем глубоководной добычи, Patania II способна отделять конкреций от субстрата прямо на морском дне, что безусловно ведет к меньшему пагубному влиянию на экосистему в районе добычи [5]. К сожалению, Patania II, который проходил испытания в Тихом океане на глубине более 4 км, перестал выходить на связь и пропал, сообщила бельгийская компания-разработчик робота GSR. На данный момент испытания приостановлены. Если испытания пройдут успешно, предварительный прототип станет самой передовой системой сбора полиметаллических конкреций, когда-либо опробованной на глубине добычи.

МГТУ им Н.Э. Баумана так же занимается разработкой технологий для подводной добычи. Одним из таких изобретений является: добывающий агрегат для комплекса глубоководного сбора твердых полезных ископаемых (рис.3) патент RU 130344 U1 [6]. Данный комплекс включает в себя надводное плавсредство и придонную добычную установку с опорами переменной высоты и гусеничным шасси.

На сегодняшний день остаются нерешенными следующие проблемы: до сих пор не совсем понятна технология переработки ЖМК для получения металлов, но остро стоит проблема с истощение месторождений полезных ископаемых. Поэтому сейчас активно идет разработка всевозможных устройств для добычи на различных глубинах. Если с добычей на относительно небольших глубинах серьезных проблем с технической точки зрения не наблюдается, то с глубинами 3-5км, на которых сосредоточены огромные залежи ЖМК, дела обстоят иначе.

Первая и наверно самая главная проблема – это колоссальное давление окружающей среды (30-50 МПа) которое будет непосредственно влиять на добывающее устройство и приводить к неизбежным поломкам требующих поднятия устройства на поверхность для ремонта или проектирования специального робота способного проводить легкий ремонт на глубине, что ведет к снижению производительности или полной остановки добычи.

Также существует проблема с поднятием ЖМК на поверхность с помощью рукава, который по причине высокого давления приходится делать небольшого сечения. Это может приводить к закупориванию рукава крупными конкрециями и иловыми отложениями, а также маленькое сечение рукав не способствует увеличению производительности. Не самой последней является проблема сохранения природы при добыче это связано с залеганием конкреций в густой илистой массе. Рост концентрации взвеси в результате сбора конкреций со дна приводит к уменьшению прозрачности воды, что в свою очередь негативно отразится на продуктивности фитопланктона. Доказано, что повышение

содержания взвеси в воде до 26 г/м³ уменьшает скорость фотосинтеза вдвое (В.В. Бульон, 1983) [7].

Переработка больших объемов грунта способна привести к изменениям в экосистеме. Также большая концентрация минеральной взвеси окажет негативное влияние на рыбодобывающую отрасль в районах добычи ЖМК.

Библиографический список

1. The international Seabed Authority and Deep Seabed Mining, Michael Lodge <https://www.un.org/ru/chronicle/article/21824>

2. Кириченко Ю.В./ Технология добычи железомарганцевых конкреций с помощью кастного трала/ Кириченко Ю.В., Каширский А.С., 2015 <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiyadobychizhelezomargantsevyh-konkretyiy-s-pomoschyu-kassetnogo-trala/viewer>

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. http://www.ras.ru/news/news_release.aspx?ID=98313105-1fd5-4f09-b3b9-c27d37ffdd63

4. Дроздова А.Н., Шульгина Н.А. Железомарганцевые конкреции Карского моря// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 3 – С. 115-120. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12160>

5. MiningImpact 2 Open Discussion Virtual Meeting | 21 January 2021 https://miningimpact.geomar.de/documents/1082101/1433168/Smith_StakeholderID_2021.pdf/392bba75-469e-41ea-af34-3f41ad1fa021

6. 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 <https://patents.google.com/patent/RU130344U1/ru>

7. Питулько В. М./ Экологическая безопасность морских природно-охранных систем российской Прибалтики/ В. М. Питулько, В. В. Иванова, В. В. Кулибаба – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 317с. <https://studref.com/630590/ekologiya/dobycha>

РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА

Булдаков Н. Л., студент

Научный руководитель: Горынин А. Д., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

Мостовые краны - это наиболее распространенные средства механизации различных производств, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Они не занимают полезной площади цеха или склада, перемещаясь над землей, при этом обеспечивая обслуживание практически любой точки.

Благодаря применению разнообразных типов подъемно - транспортных машин и механизмов, обеспечивающих непрерывность и ритмичность производственных процессов на поточных и автоматизированных линиях, на складах при выполнении погрузочно-разгрузочных работ удалось достичь высокой эффективности современного производства.

Кранами называются грузоподъемные устройства для вертикального и горизонтального перемещения грузов на большие расстояния. По особенностям конструкций, связанным с назначением и условиями работы, краны разделяются на мостовые, порталные, козловые, башенные и др.

Высокая надежность работы металлоконструкций грузоподъемных машин в процессе эксплуатации обеспечивается их грамотным проектированием. Современные средства автоматизированного проектирования и расчета позволяют создавать металлоконструкции грузоподъемных машин с наиболее рациональным использованием материалов, при этом обладающих заданной степенью прочности, устойчивости и жесткости.

Задачи данной работы – это расчет элемента металлоконструкции мостового крана в системе автоматизированного проектирования для мостового крана, проанализировать прочность, жесткость и устойчивость полученной металлоконструкции. Исходные данные: грузоподъемность - 10 тонн, пролет - 16,5 м, скорость передвижения крана - 1,25 м/с.

Высоту балки назначают в зависимости от размера пролета по соотношению:

$$H = \left(\frac{1}{16}\right)L = \left(\frac{1}{16}\right)16,5 = 1,03\text{м}, \quad (1)$$

где L - пролет крана, м.

Высоту опорного сечения балки рекомендуется принимать в пределах:

$$h_{\text{оп}} = (0,6)H = (0,6) * 1,03 = 0,61\text{м} \quad (2)$$

Длину скоса рекомендуется принимать в пределах:

$$C = (0,1...0,2)L = (0,1...0,2)16,5 = 1,65\text{м}...3,3\text{м} \quad (3)$$

$$C = 2,25\text{м}$$

Нагрузка от собственного веса рабочей площадки является равномерно-распределенной по всей длине балки, приложенной к собственному весу главной балки. Интенсивность распределенной нагрузки от собственного веса рабочей площадки определяется по формуле:

$$q = \frac{n_1 m_{pn} g}{L} = \frac{1,1 * 3400 * 9,81}{16,5} = 2223,6 \quad (4)$$

где n_1 - коэффициент перегрузки для собственного веса металлоконструкции и элементов крана, принимаем его в соответствии с указанным выше $n_1=1,1$;

m_{pn} - масса рабочей площадки;

g - ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$;

L - пролет крана.

Вес грузовой тележки отечественных двухбалочных кранов с листовой конструкцией грузоподъемность $5 \dots 100 \text{ т}$. с приемлемой точностью можно оценить по формуле:

$$m_T = 1 + 0,12Q^{1,2} = 1 + 0,12 * 40^{1,2} = 11 \text{ т} \quad (5)$$

где Q - грузоподъемность крана, т.

Подвижная нагрузка от ходового колеса тележки (рисунок 3) для комбинации нагрузок Pa определяется по формуле:

$$N_1 = N_2 = \frac{n_3 G_3 + n_4 \Psi_{II} P}{4} = \frac{1,3 * 11 * 9,81 + 1,1 * 1,88 * 40000}{4} = 206835 \text{ Н} \quad (6)$$

где Ψ_{II} - динамический коэффициент, который определяется основе данных, характеризующих жесткость конструкции главной балки моста крана;

P - грузоподъемная сила крана, Н.

Значение динамического коэффициента для кранов мостового типа общего назначения удобно определять в зависимости от типа привода и скорости механизма подъема (формулы получены аппроксимацией графиков:

- двигатель с короткозамкнутым ротором $\Psi_{II} = 1,05 + V = 1,88$;

Подвижная нагрузка от ходового колеса тележки для комбинации нагрузок Pb определяется по формуле:

$$N_1 = N_2 = k_m (n_3 G_3 + n_4 P) / 4 = \frac{1(1,3 * 11 * 9,81 + 1,1 * 40000)}{4} = 110035 \text{ Н} \quad (7)$$

где k_m - коэффициент толчков

В среднем отсеке критическое напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_{кр} = 630 (\delta_{cm} / H)^2 * 10^4 = 630 * (0,008 / 1,03)^2 * 10^4 = 380 \text{ МПа} \quad (8)$$

H - высота балки.

В том отсеке, где действуют и касательные, и нормальные напряжения, для обеспечения устойчивости должно выполняться условие:

$$\sqrt{(\sigma / \sigma_{кр})^2 + (\tau / \tau_{кр})^2} \leq 0,9 \quad (9)$$

Кроме вертикальных ребер жесткости для обеспечения местной устойчивости стенок могут потребоваться продольные ребра жесткости. Если

$$\frac{H}{\delta_{ст}} \leq 200 \sqrt{\frac{210}{R_p}} \quad (10)$$

$$\frac{1,03}{0,008} = 128,75 \leq 200 \sqrt{210/320} = 162,02$$

то продольные ребра не требуются.

Если

$$200 \sqrt{\frac{210}{R_p}} \leq \left(\frac{H}{\delta_{ст}}\right) \leq 300 \sqrt{\frac{210}{R_p}} \quad (11)$$

то требуется одно продольное ребро жесткости.

Прочность рельса обеспечивается, если выполняется условие:

$$\sigma_p = \frac{M_p}{W_x^{\min}} \leq [\sigma_p] \quad (12)$$

где σ_p - допускаемое напряжение растяжения в подошве рельса, для легких рельсов $\sigma_p=230$ МПа;

W_x^{\min} - наименьший момент сопротивления сечения рельса, м⁴.

После несложных преобразований из формул и можно получить формулу для определения расстояния между малыми диафрагмами, которое необходимо для обеспечения условия:

$$l \leq \frac{6W_x^{\min}[\sigma_p]}{N_1} \quad (13)$$

$$W_x^{\min} = b^3/6 = 0,07^3/6 = 0,000057 \quad (14)$$

$$l \leq \frac{6 \cdot 0,000057 \cdot 230}{0,206835} = 0,4 \text{ м}$$

Высота малых диафрагм принимается равной (0,20...0,25) Н. = (0,2...0,25) * 1,03 = 0,2 м...0,26 м. Принимаем 0,23 м

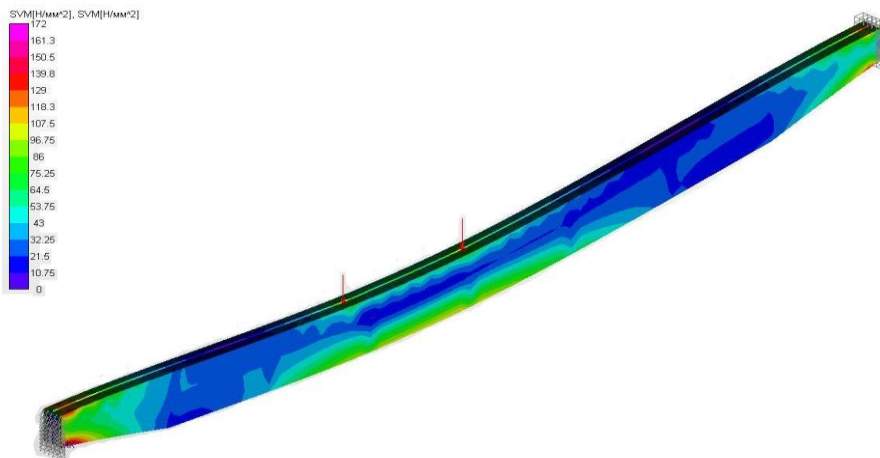


Рис. 1. Результат анализа напряженно-деформированного состояния конечно-элементарной модели металлоконструкции главной балки

Полученные результаты анализа напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели металлоконструкции главной балки позволят сделать вывод о достаточной степени прочности, жесткости и устойчивости спроектированной конструкции.

Условие прочности по методу предельных состояний имеет вид:

$$\sigma \leq \gamma_n \gamma_d \gamma_m R_n, \quad (15)$$

где σ – максимальные напряжения действующие в проектируемой конструкции при статическом приложении нагрузки, МПа; $\sigma = 172$ МПа.

γ_n – коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента; в зависимости от последствий повреждений при расчете на прочность колеблется в пределах от 0,95 до 1; γ_d – коэффициент условий работы; для пролетных балок двухбалочных мостовых кранов $\gamma_d = 0,8 \dots 0,9$; γ_m – коэффициент надежности по характеристике материала; $\gamma_m = 0,9$; R_n – нормативное сопротивление материала, узла, элемента конструкции, соединения, МПа; для материала проектируемой конструкции $R_n = 240$ МПа.

Таким образом $\sigma = 172 \leq 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 240 = 174,42$ МПа – прочность обеспечена.

Условие жесткости имеет вид:

$$f/L < [f/L], \quad (16)$$

где f/L и $[f/L]$ - оценка фактического относительного упругого прогиба от переменных нагрузок и его допускаемое значение; для кранов заданного режима работы при установке кабины управления у края балки $[f/L] = L/600$;

f/L - величина прогиб конструкции, полученная в процессе статического расчета; $f/L = 0,0079$ м;

L - коlea крана, м;

$f/L = 0,01486 < [f/L] = L/600 = 16,5/600 = 0,0275$ - жесткость обеспечена.

В ходе работы был произведен расчет главной балки мостового крана с помощью САПР АРМ WinMachine. Так как расчетное сопротивление 174,42 МПа, а напряжение, возникающее в балке 172 МПа, то прочность балки обеспечена.

Библиографический список

1. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Норенков. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.

2. Голованов, А.И. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций / А.И. Голованов, О.Н. Тюленева, А.Ф. Шигабутдинов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 392 с.

3. Грешилов, А.А. Математические методы принятия решений: учеб. пособие для вузов / А.А. Грешилов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 584с.
4. Дементьев, Ю.В. САПР в автомобиле- и тракторостроении: учебник для вузов / Ю.В. Дементьев, Ю.С. Щетинин. - М.: Академия, 2004. - 224с.
5. Анцев, В. Ю. Система анализа риска возникновения отказов мостового крана / В. Ю. Анцев, А. С. Толоконников, А. Д. Горынин // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. – 2014. – № 7. – С. 239-245.
6. Соколов, С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: учебное пособие для вузов / С.А.Соколов. - СПб.: Политехника, 2005.- 423с.
7. Горынин, А. Д. Методика анализа риска отказа мостового крана на базе статистического моделирования нестационарного нагружения / А. Д. Горынин, В. Ю. Анцев, А. С. Толоконников // 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. 62-67.
8. Шафорост А.Н., Абрамов Г.В. Роль систем автоматизированного проектирования в процессе создании продукции машиностроения // Молодёжный вестник Политехнического института: сб. статей. В 2-х частях. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. Ч.2. С. 250-252.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ПОРТОВ. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ МОБИЛЬНОГО СТРЕЛОВОГО КРАНА.

Бурмага И. А., студент

Ганикевич А. Ю., к.т.н., доцент

Научный руководитель: Замолотчиков А. М., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия.

Эффективность деятельности терминалов в наибольшей степени зависит от состояния используемого перегрузочного оборудования, поэтому мониторинг состояния является наиболее перспективным направлением в повышении

эффективности использования оборудования. Для перегрузки навалочных грузов в портах на фронте используются мобильные стреловые краны [1-2].

Применение регистраторов параметров позволяет получать объективную информацию о режимах работы кранов и данные для анализа причин отказов их узлов и механизмов; при проведении экспертизы промышленной безопасности продлевать срок службы кранов и снижать расходы на их обслуживание на основании оценки выработанного ресурса; проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту в зависимости от фактической наработки крана; использовать информацию, как оперативную так и долговременную, для оценки проектного рабочего периода крана (механизмов), в том числе при сдаче крана в аренду или лизинг. [3]

Но не всегда регистраторы параметров позволяют получать нам нужную информацию, необходимую для мониторинга состояния перегрузочной машины. Чтобы дополнить регистратор параметров, мы выбрали приборы и системы мониторинга, которые позволят нам получать ту информацию, которая нужна.

Таблица 1. Системы мониторинга [3]

	Датчик веса на грузовом канате	Датчик угла наклона	Датчик электрического поля	Координатная защита	Датчик положения	Мониторинг и определение координат	Датчик уровня топлива	Датчик вибрации	Датчик температуры	Датчик скорости ветра	Датчик положения ауригеров	Регистратор параметров
АС-АОГ-01м	+	+	+	+	·	·	·	·	·	·	·	+
АМС-L GR-EXSeries_B	+	+	·	·	+	+	+	·	·	·	+	·
Smartcran	+	·	+	·	·	+	·	·	+	+	·	·

Таблица 2. Приборы мониторинга [6-8]

Модель	Мониторинг состояния оборудования	Датчик вибрации и температуры	Универсальный датчик механизмов	Ультразвуковой датчик топлива	MT-860 LITE	DriverID	Датчик положения механизмов	
Мовирег АТ-5800	·	·	·	·	·	·	·	Датчик веса на грузовом
	·	·	+	·	·	·	·	Датчик угла наклона ступицы
	·	·	·	·	·	·	·	Датчик электрического поля
	·	·	·	·	·	·	·	Координатная защита
	·	·	·	·	·	·	+	Датчик положения механизмов
	·	·	·	·	·	+	·	Устройство идентификации водителя
+	·	·	·	·	+	·	·	Мониторинг и определение координат
	·	·	·	+	·	·	·	Датчик уровня топлива
	·	+	·	·	·	·	·	Датчик вибрации
	·	+	·	·	·	·	·	Датчик температуры
	·	·	·	·	·	·	·	Датчик скорости ветра
	·	·	·	·	·	·	·	Датчик положения датчиков
	+	·	·	·	·	·	·	Вибродиагностика
	·	·	·	·	·	·	·	Датчик состояния масла
	·	·	·	·	·	·	·	Видеонаблюдение

HLB 1300 [6]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
RDT- M7009 [7]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
MDVR [8]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Параметрами, которые необходимо мониторить для наиболее полной оценки состояния мобильного стрелового крана, являются [4-5]:

1. уровень и температура топлива;
2. положение и состояние стрелы и грузозахватного органа;
3. уровень шума в кабине;
4. температура поверхности;
5. состояние аккумуляторов;
6. вибрация;
7. уровень и состояние масла;
8. металлоконструкцию;
9. уровень и состояние масла;
10. датчик положения аутригеров.

Рассмотрев системы приборы мониторинга, предлагается объединить совместно систему мониторинга АС-АОГ-01м с приборами мониторинга Универсальный датчик механизмов 4.5, Датчик вибрации и температуры с цифровой обработкой сигналов, HYDACLAB HLB 1300, RDT-M7009, MDVR , для того чтобы обеспечить более точный мониторинг мобильного стрелового крана.

Библиографический список

1. ГОСТ 33713-2015. Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров работы. Общие требования.
2. Замолотчиков, А. М. Сравнительный анализ использования порталных и мобильных кранов в речных портах / А. М. Замолотчиков, С. В. Егоров // 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. 320-321.

3. Научно-производственный комплекс Автоматизированные Системы: [сайт]. – URL: <https://asnpk.ru/page-32.html> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный

4. HYDAC: [сайт]. – URL: <https://www.hydac.com/ru-ru/produkcija/datchiki/datchiki-sostojanija-masla/hydaclab.html> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный

5. AutoTuninggroup: [сайт]. – URL: <http://www.autotuninggroup.ru/product/rdt-m7009-monitor-7-videoregistraor-dlja-transporta-1-kamera-komplekt/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный

6. AutoTuninggroup: [сайт]. – URL: <http://www.autotuninggroup.ru/product/komplekt-transportnogo-videoregistratora-mdvr-3-kamery-/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАЩИТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОПРОКИДЫВАНИЯ АВТОКРАНА

Веденеева А. С., студент

Научный руководитель: Мокин Д. Г., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Грузовая характеристика представляет собой графическую зависимость грузоподъемности крана Q [т] от вылета L [м] и высоты подъема H [м], при этом выход за рамки ограниченной области ведет к опрокидыванию крана. Для каждого автокрана грузовая характеристика строится по значениям, полученным эмпирически, что дорого и трудоемко, так как требует применения дополнительно оборудования. Учитывая вышеизложенное задача данного исследования получение аналитических зависимостей на основе известных экспериментальных данных, с помощью которых возможно спрогнозировать поведение автокранов подобного типа с целью построения в перспективе защитной поверхности без дополнительных исследований и снятия грузовых характеристик.

В рамках исследования в результате обработки грузовой характеристики автокрана КС 65719 – 1К построены графики зависимости грузоподъемности от высоты подъема груза при фиксированном вылете стрелы крана (рис.1). Для обработки полученных результатов применена аппроксимация степенного ряда,

более точно описывающая аппроксимирующую функцию. В результате многовариантного расчета выбрана 4 степень полинома, при которой точность аппроксимации близка к 1, т.е. задавая значение h при фиксированном вылете стрелы, по указанным зависимостям можно определить грузоподъемность крана.

1 – при вылете 10 м: $y = -9E - 05x^4 + 0,0079x^3 - 0,2527x^2 + 3,5101x - 6,1104$;

2 – при вылете 12 м: $y = -9E - 05x^4 + 0,007x^3 - 0,1974x^2 + 2,4162x - 1,7016$;

3 – при вылете 14 м: $y = -1E - 04x^4 + 0,0072x^3 - 0,1946x^2 + 2,2021x - 1,5416$;

4 – при вылете 16 м: $y = -8E - 05x^4 + 0,0054x^3 - 0,1372x^2 + 1,4692x + 0,3552$;

5 – при вылете 18 м: $y = -7E - 05x^4 + 0,0046x^3 - 0,1171x^2 + 1,2556x + 0,112$.

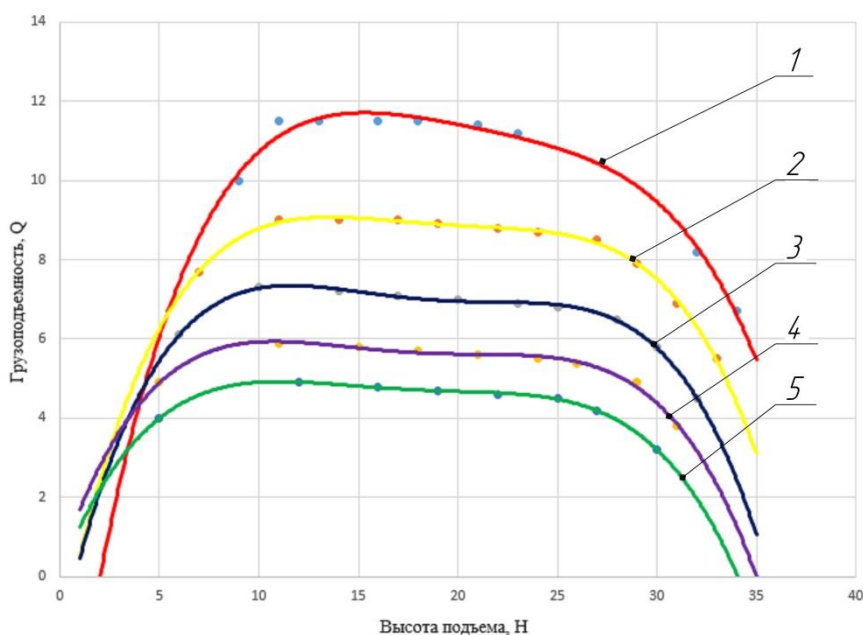


Рис. 1. Графики полиномов 4 степени $Q = f(H, L)$

Общий вид функциональной зависимости:

$$Q = AH^4 + BH^3 + CH^2 + DH + E, \quad (1)$$

где A, B, C, D, E коэффициенты перед соответствующими степенями полинома, зависят от вылета стрелы L

Для дальнейшей обработки и прогнозирования значений указанных коэффициентов, полученные массивы данных для каждого из них также аппроксимировались. В качестве примера на рис. 2 представлено исследование свободного коэффициента E , анализ которого показывает, что аппроксимация

степенного ряда с 3 степенью полинома более точно описывает аппроксимирующую функцию, чем остальные. Указанная функциональная зависимость позволяет при задании вылета стрелы получить значение свободного коэффициента полинома.

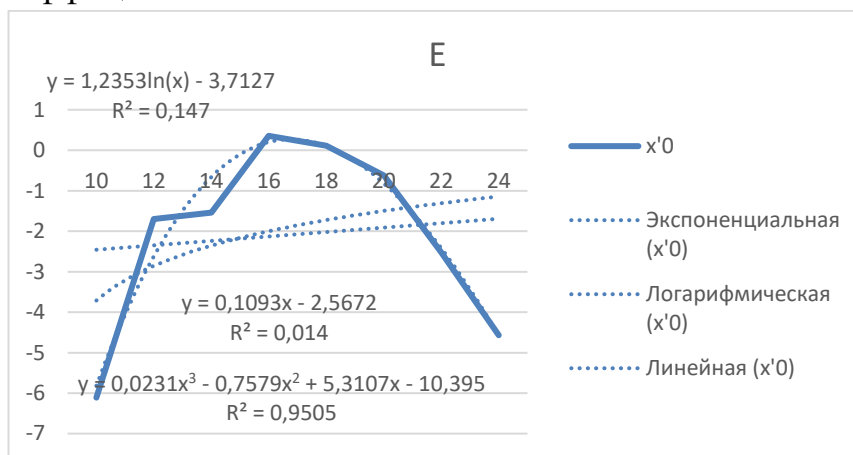


Рис. 2. Изменение значений коэффициента E полиномиальной аппроксимации данных грузоподъемности по изменению вылета

Для остальных коэффициентов во всей области исследования были получены подобные зависимости.

Для получения грузовой характеристики достаточно подставить конкретное значение вылета L в выражения для соответствующих коэффициентов, значения которых далее подставляются в (1).

Результаты аппроксимации позволяют получить аналитическую зависимость грузоподъемности крана от его характеристик $Q = f(H, L)$. Полученные функциональные выражения могут быть использованы для построения поверхности опрокидывания, которая будет получаться автоматически при изменении параметров машины. Ее применение позволяет контролировать приближение к опасному режиму работы крана по текущему положению груза, при котором может произойти его опрокидывание.

Возможна программа для расчета и построения.

Библиографический список

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: Высшая школа, 2000. 552 с.
2. Бердышев В.И., Петрак Л.В. Аппроксимация функций, сжатие численной информации, приложения Екатеринбург: УрО рэн, 1999. - 296 с.
3. Горбунов И.В., Лобзин А.Ф. Устройство и эксплуатация автомобильных кранов с электрическим и гидравлическим приводами М.: ДОСААФ, 1986. 342 с.

4. Данилов А.М. Интерполяция, аппроксимация, оптимизация: анализ и синтез сложных систем: моногр. / А.М. Данилов, И.А. Гарькина. — Пенза: ПГУАС, 2014. – 168 с.
5. Кобзев, А.П. Специальные краны: учебное пособие / А.П. Кобзев, Р.А. Кобзев. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 472 с.
6. Мокин Д.Г. Системы автоматизации управления подъемно-транспортными, строительными и дорожными машинами: лабораторный практикум, — КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 66 с.
7. Смирнов О.А., Улитенко И.П. Гидравлический автомобильный кран — М.: Стройиздат, 1985. — 96 с.

МЕХАНИЗАЦИЯ УЧАСТКА ПЕРЕРАБОТКИ МЕЛКОКУСКОВОГО ГИПСА С РАЗРАБОТКОЙ МЕХАНИЗМОВ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Владимиров Н. А., студент

Научный руководитель: Шафорост А. Н., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

В работе решается задача упрощения добычи мелкокускового гипса с помощью ленточного конвейера. Целью было разработать ленточный конвейер, замещающий человеческий ресурс, связанный с поставкой гипса в дробилку, а также транспортировать большой объем груза.

Современные ленточные конвейеры отличает небольшая трудоёмкость обслуживания, высокая надёжность работы и безопасность труда. Расширение объёмов и области применения ленточных конвейеров связывается с дальнейшим улучшением конструктивно-технологических характеристик установок. Начато применение промежуточных приводов для ленточных конвейеров, позволяющих повысить длину ставов и тем самым уменьшить количество промежуточных перегрузок (или полностью исключить их), снизить оборачиваемость ленты и повысить срок её службы. Усовершенствование погрузочных устройств, роlikоопорных и опорных конструкций ставов, а также создание новых специальных типов ленточных конвейеров (ленточно-тележечных) даёт возможность повысить кусковатость перемещаемых конвейерами скальных грузов. Применение лент из морозостойкой резины, специальных сортов смазки и новых конструкционных материалов для зубчатых передач привода расширяет область применения ленточных конвейеров до районов Крайнего Севера. В современных экономических условиях большое

значение имеет себестоимость добычи гипса, которую необходимо снижать, что реально при снижении затрат на вспомогательные работы. Рост добычи гипса обусловил мировое применение конвейерного транспорта, обладающего рядом преимуществ: высокая производительность, работа с автоматизированным управлением, низкая трудоемкость обслуживания, возможность бесступенчатой транспортировки горных масс. Ленточные конвейеры широко используются в металлургической, горнодобывающей и других видах промышленности для транспортировки насыпных и штучных грузов как на небольшие расстояния, так и в отдаленные технологические пункты предприятий. Простота и надежность их конструкции обеспечивает работу в течение длительного времени. Ленточные конвейеры используются как в закрытых, так и на открытых участках, что объясняет их широкое использование в промышленности. Конвейеры относятся к машинам непрерывного типа действия и характеризуются непрерывным перемещением грузов по заданной трассе без остановок для загрузки и разгрузки. Перемещаемый насыпной груз располагается сплошным слоем на несущем элементе машины – ленте или отдельными порциями. Благодаря непрерывности перемещения груза, отсутствию остановок для загрузки и разгрузки и совмещению рабочего и обратного движений грузонесущего элемента машины непрерывного действия имеют высокую производительность, что очень важно для современных предприятий с большими грузопотоками.

Для решения задачи был проанализирован технологический процесс добычи гипса. Описан технологический процесс, по добыванию гипса с описанием оборудования, используемом на данном производстве.

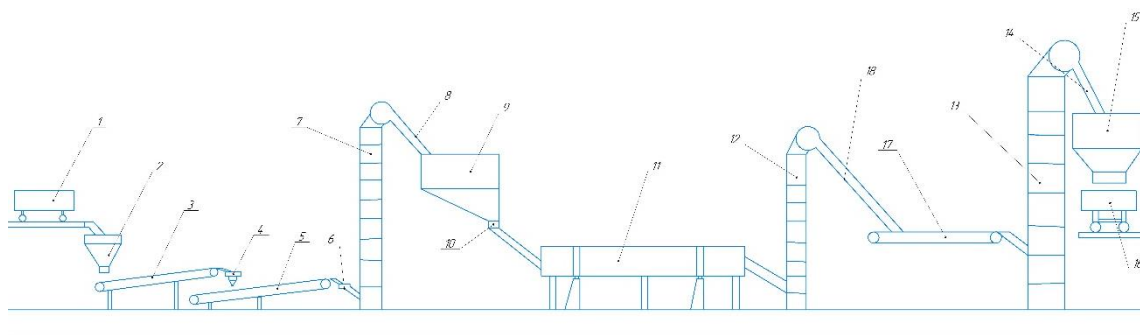


Рис. 1. Технологическая схема

- 1 – вагонетка опрокидная; 2 – питатель; 3,5 – ленточный конвейер(наклонный);
 4 – питатель; 6–молотковая дробилка; 7–элеватор; 8–струнное сито; 9–бункер гипса;10–тарельчатый питатель;11–сушильный барабан;12,13–элеватор;
 14–струнное сито;15–бункер готовой продукции;16–загружаемый вагон;
 17–ленточный конвейер18–элеватор наклонный.

Был произведён расчёт и выбор таких элементов конвейера, как лента, натяжное устройство, электродвигатель, редуктор, тормоз. Специфика работы позволила выбрать коэффициенты и определить местные силы сопротивления движению ленты.

Расчетная производительность конвейера в соответствии с формулой составит:

$$Q_P = Q(K_H/K_B),$$

где $K_H = 1,1 \dots 1,2$ - коэффициент, учитывающий неравномерность подачи материала на конвейер;

$K_B = 0,8 \dots 0,95$ - коэффициент использования машины во времени.

Необходимую ширину ленты определяют из выражения:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_P}{K_{II} \cdot v \cdot \gamma \cdot K_B}} + 0,05 \right), \text{ м}$$

где K_{II} - коэффициент площади поперечного сечения груза на ленте;

K_{δ} - коэффициент уменьшения площади поперечного сечения груза на наклонном конвейере.

Расчетную толщину ленты определяют по формуле:

$$\delta_{II} = i_{II} \cdot \delta_{II} + \delta_1 + \delta_2,$$

где i_{II} и δ_{II} - число прокладок и расчетная толщина одной прокладки;

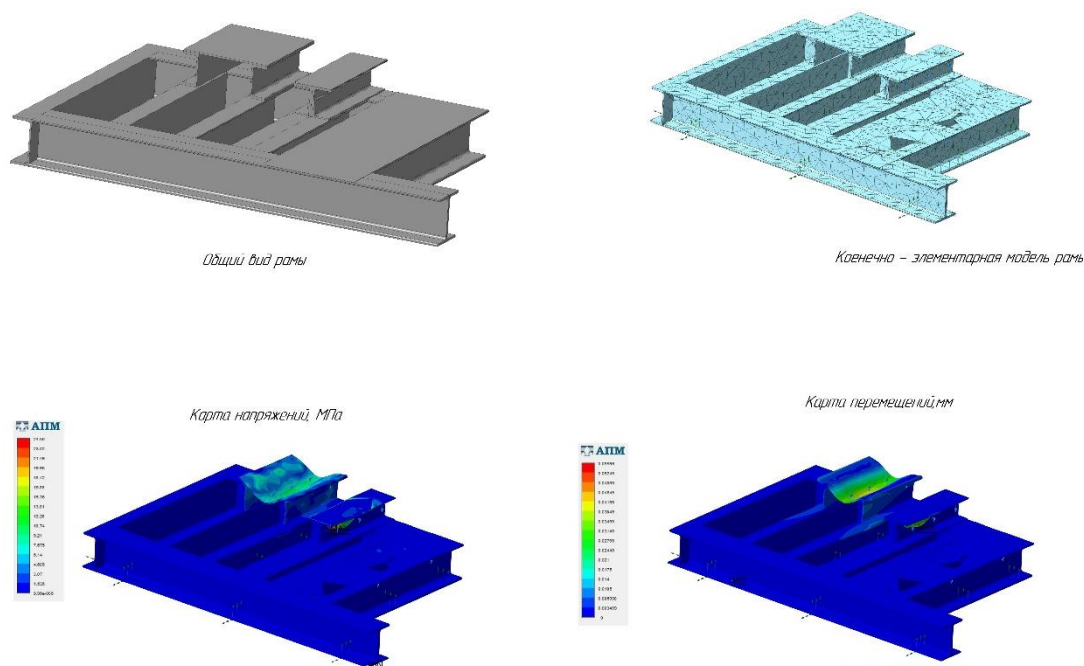
δ_1 и δ_2 - толщина рабочей и нерабочей обкладок, мм.

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

$$W = K_{OB} \cdot L_z \cdot g \left[(q_z + q'_P + q_{II})w_P + (q''_P + q_{II})w_X \right] \pm q_z \cdot H \cdot g,$$

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

Также для проверки нагрузок на раму была создана 3D модель рамы из предварительно созданных двутавров и швеллеров. Были наложены нагрузки. Произведено наблюдение на перемещение рамы и ее напряжение. Данную задачу мы выполнили с помощью программы APM Structure3D. Она позволяет проводить расчет и проектирование механического оборудования и конструкций в области машиностроения. Из полученных результатов, представленных ниже видно, что рама с запасом справляется с нагрузками



.Рис. 2. Расчёт нагрузок в программе APM Structure3D.

Можно сделать вывод о том, что цели по упрощению добычи гипса, а также уменьшению затрат человеческого ресурса были достигнуты в полном объеме. Наглядно, с помощью 3D модели, можно увидеть, что данная конструкция справляется со своей поставленной задачей.

Библиографический список

1. Александров М.Н. Подъемно-транспортные машины: атлас конструкций / М.Н. Александров, Д.Н. Решетов. Москва: Машиностроение, 1973. 256 с.
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. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины / А.А. Вайнсон. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1989. 535 с.
4. Волков Д.П. Строительные машины и средства малой механизации / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. 8-е изд., стер. Москва: Академия, 2012. 477 с.
5. Птускин, А. С. Методика расчета показателей эффективности проекта внедрения инструментов бережливого производства / А. С. Птускин, В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2014. – № 5-1. – С. 253-266.
6. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко. Киев: Высшая школа, 1978. 576 с.

7. Кузьмин А.В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А.В. Кузьмин, Ф.Л. Марон. Минск: Высшая школа, 1983. 350 с.

8. 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

9. 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.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ МОСТОВОГО КРАНА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Глухов П. А., студент

Яфаев Д. Р., студент

Храмцов А. В., инженер ШЛЗ

Научный руководитель: Леонова О. В., к.т.н. профессор

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

В связи с изменением массы перегружаемого груза на складе металла лифтостроительного завода было решено модернизировать конструкцию имеющегося мостового крана в связи с увеличением его грузоподъемности с 10 тонн до 12 тонн. Поставленная задача решалась путем конструктивных проработок эксплуатирующегося мостового крана с целью оценки возможностей работы механизмов крана и силовых элементов металлоконструкции в условиях повышенной грузоподъемности.

Расчеты механизмов выполнялись по методике [6]. Расчеты механизмов подъема, передвижения тележки и передвижения крана при повышении грузоподъемности до 12 тонн показали, что имеющиеся на мостовом кране механизмы обеспечивают его безотказную работу при повышении грузоподъемности. В случае их отказа был рассмотрен вопрос о возможности их замены на выпускающиеся в настоящее время элементы приводов. А именно,

было предложено – для механизма передвижения крана: двигатель МТН012-6, редуктор 7Ц2-350, для передвижения тележки двигатель МТН012-6 и редуктор ВКУ-350, для механизма подъема двигатель МТКН412-6 и редуктор 7Ц3-486.

При этом был проработан вопрос монтажа новых механизмов на прежние участки элементов металлоконструкции моста.

Решение вопросов о необходимости усиления металлоконструкции моста выполнялось на основании анализа величины возникающих в основных силовых элементах напряжений при увеличении грузоподъемности.

Отрисовка металлоконструкции выполнялась с помощью программы Autodesk Fusion 360 являющейся комплексным облачным САД/САЕ/САМ инструментом. Эта программа объединяет все процессы разработки проекта в рамках одного программного продукта.

Ниже приведены результаты исследований изменения напряженно-деформированного элементов металлоконструкции при повышении грузоподъемности крана до 12 тонн. На рисунках (1-3) и в таблице (1) представлены результаты величин напряжений, прогибов и коэффициента запаса для металлоконструкции исходного крана (г/п 10 тонн) при его нагружении до 12 тонн.

Как видно из таблицы (1) металлоконструкция исследуемых элементов требует усиления.

На рисунке (4-6) представлены результаты тех же исследований (напряжений, прогибов и коэффициента запаса) для модернизированного усиленного варианта металлоконструкции. Усиление заключалось в установке накладок 400x400x8. Как видно из таблицы, напряженно-деформированное состояние изменилось в сторону увеличения коэффициента запаса и уменьшения напряжения и прогибов. Коэффициент запаса возрос с 0.9-1.9, что свидетельствует о корректности выполненного усиления.

Показанные ниже рисунки (1-6) даны для примера и отражают величины изменения напряжений, прогибов и коэффициента запаса при условии приложении силы по середине длины моста.

- Кроме выполненных расчетов были проведены
- усталостный расчет на неограниченную долговечность
- расчет долговечности по критерию трещиностойкости

Проверка по условию неограниченной долговечности выполнялось по нормальным напряжениям по зависимости (1) и показала, что условие неограниченной долговечности выполняется

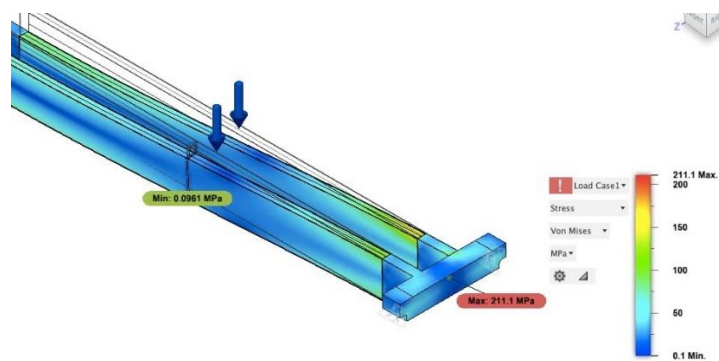


Рис. 1. Зависимость напряжений от массы поднимаемого груза (без усиления)

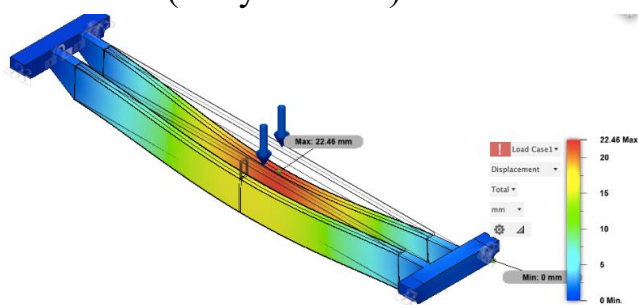


Рис. 2. Зависимость прогиба балки от массы поднимаемого груза (без усиления)

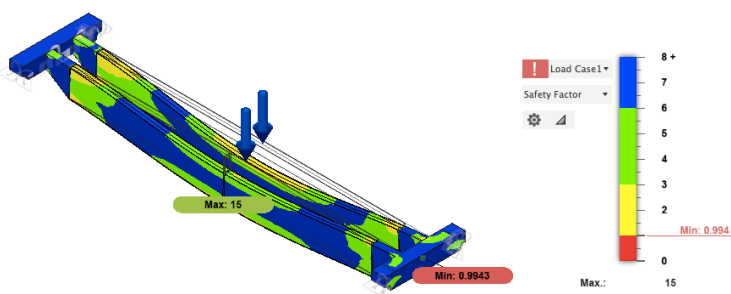


Рис. 3. Зависимость коэффициента запаса (без усиления)

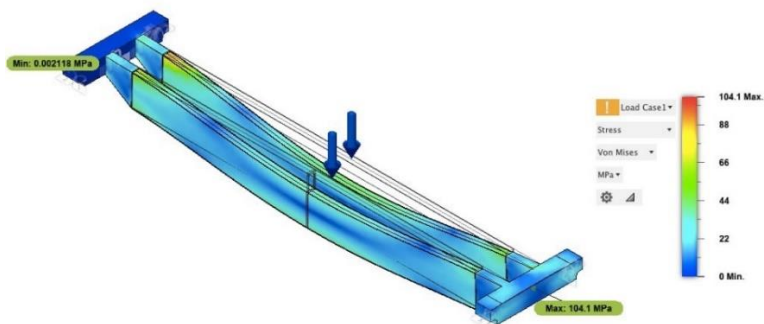


Рис. 4. Зависимость напряжения от массы поднимаемого груза (с усилением)

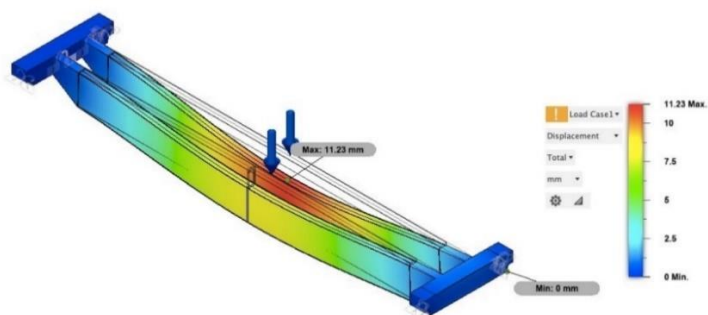


Рис. 5. Зависимость прогиба балки от величины массы поднимаемого груза (с усилением)

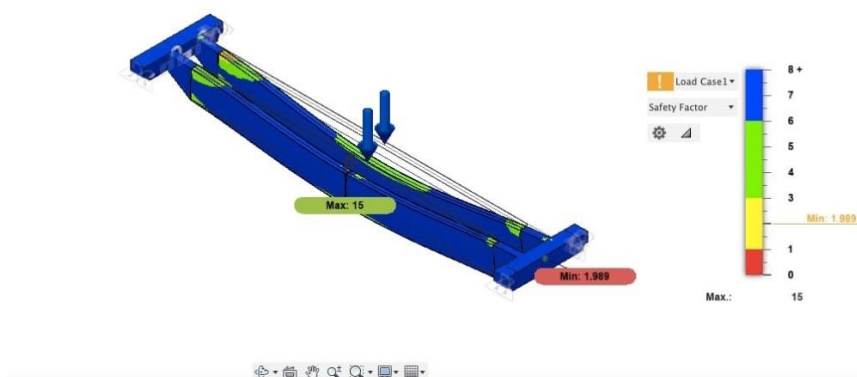


Рис. 6. Зависимость коэффициента запаса (с усилением)

Результаты выполненных исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 Изменения напряженно-деформированного состояния металлоконструкции мостового крана 12 тонн до и после ее усиления

	Без накладок	С накладками 400x400x8	Допустимое значение (предел текучести)
Напряжение	211.1 МПа	104.4 МПа	210 МПа
Прогиб балки	22.4 мм	11 мм	32 мм
Коэф. запаса	0.9	1.9	1,2

$$\sigma_{-1\text{действ}} \leq [\sigma_{-1д}] \dots \quad (1)$$

где, $\sigma_{-1\text{действ}}$ - действующие усталостные напряжения

$[\sigma_{-1д}]$ - допускаемое усталостное напряжение, определенные по пределу усталости(1)

Значение $[\sigma_{-1д}]$ определялось на основании изложенных в литературных источниках результатов многочисленных испытаний[1,2,3,4]

Кроме расчета ресурса, был выполнен анализ живучести, т.е. было оценено время развития трещины от начальной длины 4 мм до конечной. Расчеты проводились [5] на основании уравнения Пэриса (2)

Исходными данными для расчета являлись характеристики нагруженности, полученные как отмечалось ранее, на основании конечно-элементной модели моста, и характеристики трещиностойкости материала.

Расчет проводился по зависимости

$$V = \frac{dl}{dN} = C(\Delta K)^n \quad (2)$$

где C, n – характеристики материала

ΔK – коэффициент интенсивности напряжений

Расчет по критерию трещиностойкости позволил определить время развития трещины в усиленных элементах металлоконструкции от начальной длины 4мм до критической, которая определялась по условию статической трещиностойкости K_s , равному 80 Мпа $\sqrt{М}$. Расчет показал, что усиление разработанными накладками обеспечит живучесть исследуемых участков до трёх лет. Расчёт времени развития трещины выполнялся в предположении времени использования крана – 2 часа в день в течении всего года. Продолжительность характеристического технологического цикла (ХТЦ) составляла 70 циклов нагружения. Трещина в усиленном элементе металлоконструкции при этих условиях развивается 3 года, что представляется вполне приемлемым. Таким образом, расчёты показали, что эксплуатация мостового крана г-п 10 тонн с повышением г-п до 12 тонн может быть разрешена при условии выполнения предложенных конструктивных проработок

Библиографический список

1. Зарецкий АЛ. Алгоритм оценки выработки нормативного срока службы грузоподъемного крана. Отчет о научной работе. ЗАО «Автопартнер». М., 1998.
2. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. СПб.: Политехника, 2005. 423 с
3. СТО. Ассоциация портов и судовладельцев речного транспорта. 032.03.1-08 Оценка остаточного ресурса порталных кранов. Политех Санкт-Петербург. 2005 год
4. Техническая диагностика и оценка остаточного ресурса грузоподъемных кранов: сб. ст. / под общ. редакцией А. В. Вершинского. Екатеринбург: ЗАО «УЭЦ», 2007. 164 с

5. Пустовой, В.Н. Metalлоконструкции грузоподъемных машин. Разрушение и прогнозирование остаточного ресурса. М: Транспорт, 1992. -256 с
6. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов.- М.: Изд-во во МГТУ им. Н.Э. Бауман; Высшая школа, 2000.-552 с.

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ УЧАСТКА ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гудков К. В., студент

Научный руководитель: Шафорост А. Н., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

На предприятии проводится работа по обновлению парка подъемно-транспортных машин. Одним из этапов этого процесса является подбор подъемно-транспортного оборудования для механизации погрузочно-разгрузочных в литейном цеху. Для выгрузки из транспорта прибытия, складирования и хранения материалов для выплавки моделей в песчаные модели предполагается использовать в качестве грузоподъемной машины полукозловой кран. Материалы для выплавки поступают на предприятие в тягачах с полуприцепом, грузоподъемная машина служит для перегрузки поступающего груза из полуприцепа на склад.

Полукозловые краны - краны, у которых только одна сторона опирается на опорную стойку (или стойки), вторая же - на ходовые тележки, называют полукозловыми. Для таких кранов прокладывают два уровня рельсовых путей: один на уровне земли или пола, второй – на большей высоте, на эстакаде или колоннах. Спектр применения и конструктивные особенности полукозловых кранов в целом сходны с аналогичными для кранов козловых. Они предназначены для погрузочно-разгрузочных и монтажных работ, а также для специальных. Краны бывают бесконсольными, одно- и двухконсольными и могут перекрывать железнодорожные пути, автомобильные проезды и площади складов.

Задачей данной работы является расчет механизмов подъема груза и перемещения крана, расчет элемента металлоконструкции в системе автоматизированного проектирования для полукозлового крана грузоподъемностью 1 тонна.

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

При расчете механизма подъема на первоначальном этапе производится выбор полиспаста, а именно рассчитывается его кратность, определяется усилие в канате набегающего на барабан, выбирается канат и проверяется его фактический запас прочности, определяется требуемый диаметр блоков и барабанов, выбирается крюковая подвеска, рассчитывается рабочая длина барабана, выбирается материал для барабана по проверке прочности стенки барабана, рассчитывается мощность привода из чего производится подбор двигателя, по передаточному числу привода подбирается редуктор, по расчетным крутящим моментам на быстроходному и тихоходном валах подбираются муфты, по расчетному тормозному моменту на тормозном валу подбирается тормоз, а так же определяются пусковые и тормозные характеристики, проверяется их соответствие допустимым значениям.

По результатам расчетов, принятые нами комплектующие проходят проверку.

Произведен расчет механизма передвижения крана, исходными данными для которого были такие характеристики, как: грузоподъемность крана, пролет крана, скорость передвижения, режим работы.

На первоначальном этапе выбирается тип привода, определяется количество ходовых колес, строится кинематическая схема механизма передвижения крана, определяется масса крана, определяется диаметр ходовых колес, рассчитывается сопротивление передвижению крана, подбирается двигатель, по частоте вращения ходовых колес выбирается передаточное число привода, подбирается редуктор, по расчетным крутящим моментам на быстроходному и тихоходном валах подбираются муфты, по расчетному тормозному моменту на тормозном валу подбирается тормоз, а также определяются пусковые характеристики и проверяется путь торможения.

По результатам расчетов, принятые нами комплектующие проходят проверку.

Произведено построение и расчет главной балки полукозлового крана на напряженно- деформированное состояние в APM Structure 3D. А также был произведен расчет прочности по условию прочности по методу предельных состояний, а также проводится расчет жесткости конструкции главной балки.

Построение производилось при помощи графического редактора и инструментов программы КОМПАС-3D. Результат построения - трехмерная модель главной балки (рис. 1).

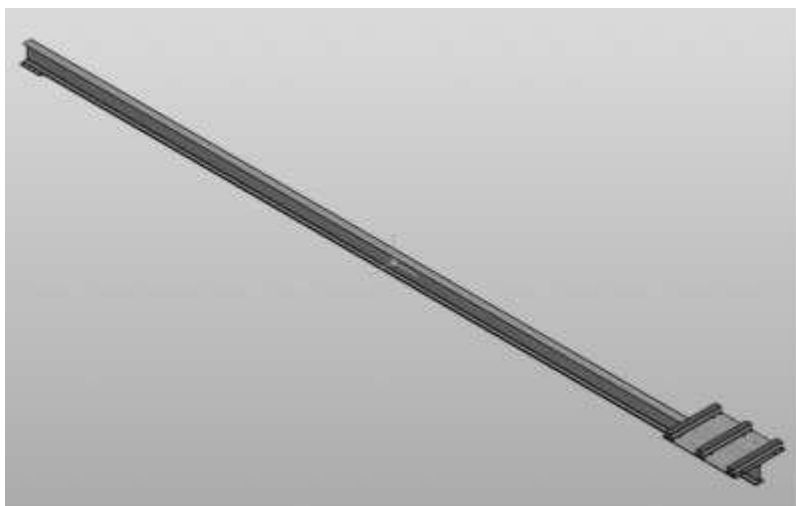


Рис. 1. Трехмерная модель главной балки полукозлового крана в КОМПАС-3D



Рис. 2. Карта напряжений

После построения модель импортируется в APM Structure 3D, где задаются места жёсткого закрепления балки к тележке и опорной стойке, материал конструкции; задаются необходимые параметры для разбиения конструкции на конечные элементы; прикладываются необходимые нагрузки и производится линейно-статический расчет. Результат расчетов в виде карты напряжений и карты перемещений представлен на рис. 2 и 3.

Полученные результаты анализа напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели металлоконструкции главной балки позволят сделать вывод о достаточной степени прочности, жесткости и устойчивости спроектированной конструкции.



Рис. 3. Карта перемещений

Условие прочности по методу предельных состояний имеет вид:

$$\sigma \leq \gamma_n \gamma_d \gamma_m R_n,$$

где σ - максимальные напряжения действующие в проектируемой конструкции при статическом приложении нагрузки, МПа; $\sigma = 59,39$ МПа; γ_n - коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента; в зависимости от последствий повреждений при расчете на прочность колеблется в пределах от 0,95 до 1; γ_d - коэффициент условий работы; для пролетных строений козловых кранов $= 0,8 \dots 0,9$; γ_m - коэффициент надежности по характеристике материала; $\gamma_m = 0,9$; R_n - нормативное сопротивление материала, узла, элемента конструкции, соединения, МПа.

$$\sigma = 59,39 \cdot 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 250 = 182 \text{ МПа} .$$

Условие жесткости имеет вид:

$$f / L < [f / L],$$

где f / L и $[f / L]$ - оценка фактического относительного упругого прогиба от переменных нагрузок и его допускаемое значение; для кранов заданного режима работы при установке кабины управления у края балки $[f / L] = L / 400$; f / L - величина прогиб конструкции, полученная в процессе статического расчета; $f / L = 0,0026$ м; L - колея крана, м. $f / L = 0,00266 < [f / L] = L / 400 = 54 / 400 = 0,135$. По результатам расчетов, главная балка крана проходит проверку на прочность и жесткость

Библиографический список

1. Кузьмин А.В, Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 350 с.
2. Голутвин В.А. Грузоподъемные машины: Атлас конструкций:

учеб. пособие для вузов / В.А. Голутвин, В.Д. Соловьёв, Ю.Е. Семёнов; под ред. Г.Г. Дубенского; ТулГУ. - Тула: Изд-во ТулГУ. 2012. – 123 с.

3. Александров М.П., Гохберг М.М., Ковнин А.А. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг., А.А. Ковнин и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.

4. Соколов С.А. Строительная механика и металлические конструкции машин: учебник / С.А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2011. – 450 с.

5. Шафорост А.Н., Абрамов Г.В. Роль систем автоматизированного проектирования в процессе создании продукции машиностроения // Молодёжный вестник Политехнического института: сб. статей. В 2-х частях. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. Ч.2. С. 250-252.

6. Грешилов, А.А. Математические методы принятия решений: учеб. пособие для вузов / А.А. Грешилов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 584с.

7. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Норенков. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ SBL ENERPAC

Дмитриев А. С., студент

Научный руководитель: Назаров А. Н., ассистент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Данная работа посвящена повышению безопасности использования гидравлического порталного подъемника SBL. Системы SBL применяют для подъема и перемещения грузов массой до 1068 тонн [1, 2]. Состоит система из четырех независимых блоков (самоходных гидродомкратов), перемещающихся по направляющим путям (рис. 1). Блоки попарно соединены поперечными балками, на которых установлены модули бокового смещения. Подвес груза осуществляют кольцевыми стропами, один конец которых крепится к строповочным фланцам груза, а второй к модулям бокового смещения.

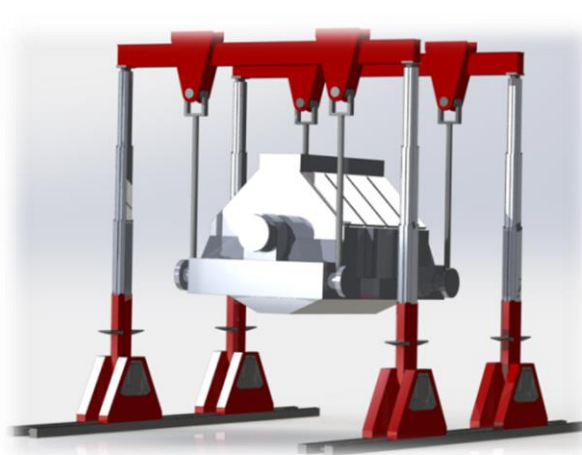
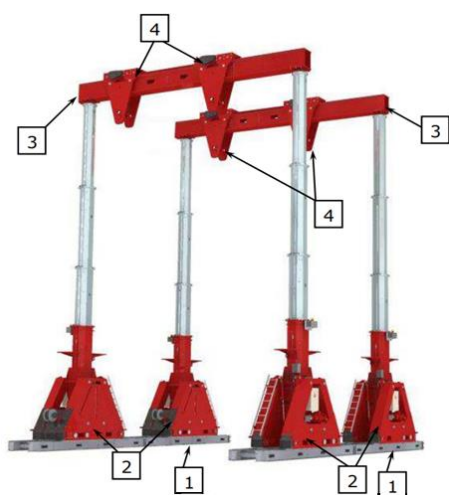


Рис. 1. Портальный гидравлический подъемник SBL-1100. 1 – направляющие пути; 2 – блок SBL; 3 – поперечная балка; 4 – модуль бокового смещения.

Несмотря на разработанность технологии применения SBL систем и богатый опыт по перемещению различных грузов таким оборудованием [3, 4, 5], в открытых источниках содержатся сведения об авариях, произошедших при выполнении подобных работ [6]. Это вызывает справедливую озабоченность эксплуатирующих организаций, что и определило актуальность настоящего исследования.

По результатам анализа конструкции и расчетов сделан вывод, что наиболее вероятным эксплуатационным фактором, способным привести к аварии, является возникновение горизонтальных нагрузок, действующих на мачту блока SBL.

В процессе эксплуатации горизонтальное усилие на мачту блока может возникнуть по следующим причинам: изменение размеров балки из-за ее деформации при наложении нагрузки; непараллельность направляющих путей; неправильное взаимное положение блоков SBL в течение всего технологического процесса. По произведенным оценкам последний фактор вносит наибольший вклад в образование горизонтальной нагрузки.

В работе [7] представлены результаты проведенного экспериментального исследования характера движения системы SBL-1100. Данная работа позволила установить особенности совместного движения блоков SBL, а также оценить величину изменения параметров (взаимных забегов блоков), влияющих на возникновение опасных горизонтальных усилий.

Приведенный эксперимент был проведен в рамках реального проекта компании «ООО «ОКБ» Спецтяжпроект» по перемещению гребного электродвигателя ледокола Арктика [5]. Перемещение груза осуществлялось специалистами компании, имеющими большой опыт работы с данным оборудованием, при соблюдении требований руководства по эксплуатации

системы SBL-1100 [2]. Анализ технологического процесса перемещения груза показал потребность в системе контроля положения блоков, которая бы ассистировала оператору на каждом из этапов технологического процесса.

Функциями разрабатываемой системы контроля являются: определение взаимного расположения блоков SBL, сравнение текущего положения с допустимыми значениями отклонений и оповещение оператора о некорректном положении с указанием необходимых действий для уменьшения забегов.

Выявлены следующие этапы работы системы контроля:

1. Выставление блоков SBL в проектное положение. Проектное положение определяется характеристиками груза, расположением его строповочных фланцев. Соответственно необходимо расположить однопутевые блоки на расстоянии, соответствующем размеру между центрами строповочных фланцев, а блоки, расположенные на противоположных путях так, чтобы четыре блока образовали прямоугольник. При этом задача осложняется отсутствием баз, от которых рекомендовалось бы производить измерения. Малые допуски на взаимное расположение блоков и относительно большие расстояния между ними в условии отсутствия измерительных баз обуславливают применение оптической системы на данном этапе.

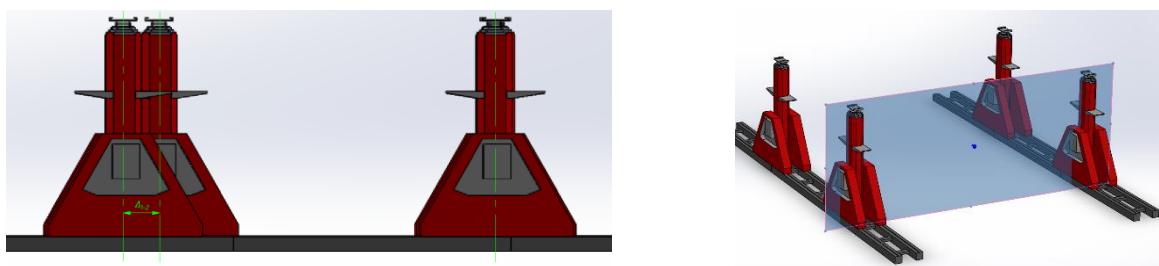


Рис. 2. Этап выставления блоков SBL на направляющие пути

2. После установки поперечных балок и подъема на начальную высоту производят совместное перемещение блоков SBL к месту строповки груза. При этом необходимо сохранить изначально выставленное и зафиксированное взаимное положение блоков.

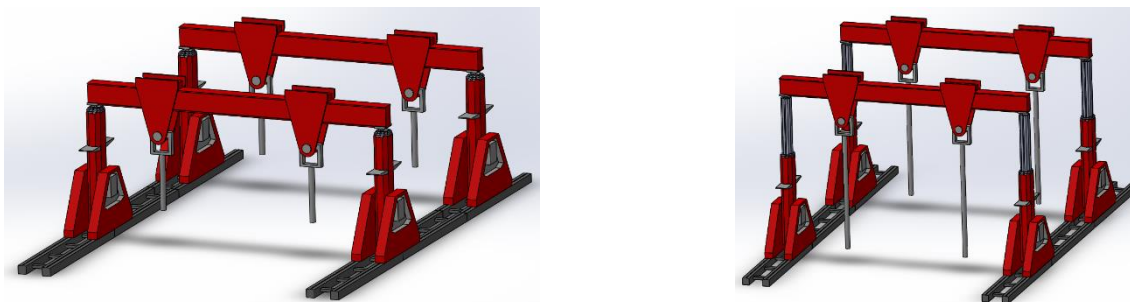


Рис. 3. Подъем системой SBL поперечных балок

3. Выставление SBL системы относительно строповочных фланцев груза. На данном этапе контролируют совпадение вертикальной плоскости, образованной осями соответствующих разнопутевых блоков с осями строповочных фланцев.

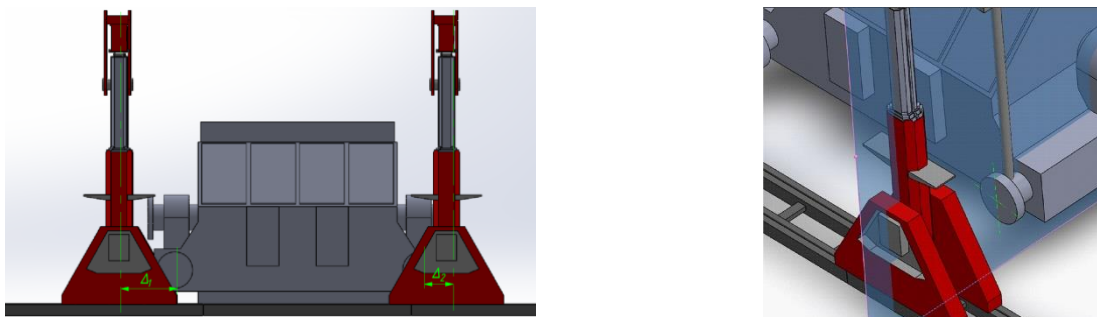


Рис. 4. Этап позиционирования системы SBL относительно груза

4. Контроль деформаций в процессе отрыва груза от основания. В результате приложения рабочей нагрузки к системе SBL из-за неучтенных эксплуатационных факторов могут возникнуть недопустимые деформации мачт блоков. Контроль в процессе нагружения на этапе отрыва позволит вовремя выявить опасные деформации и прекратить подъем до момента наступления аварии.

5. Подъем груза на необходимую высоту. При этом возникают деформации элементов мачт. Однако эти перемещения произошли при неподвижных и правильно выставленных блоках. Поэтому требуется перезаписать контролируемые размеры, на основе которых происходит расчет взаимного положения блоков SBL.

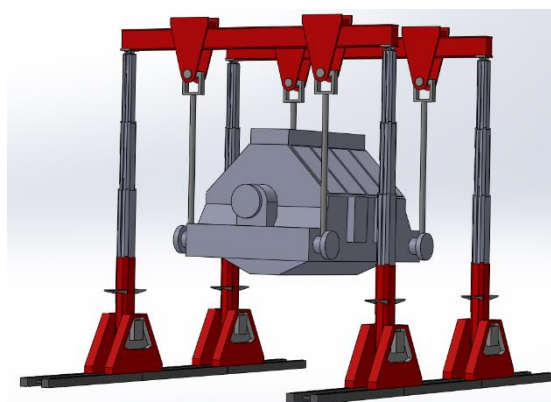


Рис. 5. Этап перемещения системы SBL с грузом

6. Перемещение системы SBL вместе с грузом. При этом происходит сравнение требуемого положения блоков с текущим их положением, с целью недопущения увеличения забега до критического значения.

Таким образом, обосновано применение системы контроля взаимного положения блоков SBL. Перечислены необходимые функции разрабатываемой системы, а также этапы ее работы. Применение системы, построенной на описанных принципах, позволит снизить вероятность возникновения нерасчетных нагрузок, способных привести к аварии, а также повысить удобство управления SBL системой, так как у оператора появляются ориентиры, по которым возможно правильно выставить начальное положение блоков, положение SBL системы относительно груза и контролировать изменение положения блоков в процессе его перемещения.

Библиографический список

1. Zhadanovsky B., Bazanov V. Organizational and Technological Solutions for Performing Works Using Specialty Equipment // E3S Web of Conferences 97:06002. 2019. 9 с. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: DOI:10.1051/e3sconf/20199706002
2. Manualslib. Suspend The Load - Enerpac SBL1100 Instruction And Maintenance Manual. 151 с. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: <https://www.manualslib.com/manual/1777330/Enerpac-Sbl1100.html?page=89#manual>
3. Спецтяжавтотранс. Достижения. Первый подъем крупногабаритного оборудования. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: <https://statgk.ru/project/the-first-ascent-of-bulky-heavy-equipment/>
4. Спецтяжавтотранс. Деятельность. Подъем 6 реакторов. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: <https://statgk.ru/project/the-rise-of-6-reactors-for-tuapse-refinery/>
5. Спецтяжавтотранс. Деятельность. Монтаж. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: <https://statgk.ru/all-services/installation/>
6. The works international. Services – Accident Investigation. [Электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2022: <https://the-works-int.com/services/accident-investigation/>
7. Дмитриев А.С., Назаров А.Н. Экспериментальное определение характера движения системы SBL // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием. Часть 1. Сборник материалов конференции. Ярославль 2022, Ярославский государственный технический университет, 2022. ISBN 978-5-9914-0954-4. – С. 456

ПУТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ НА ГЛУБОКОВОДЬЕ

Егоров Н. М., студент

Научный руководитель: Вершинский А. В., д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Тема подводной добычи минерально-сырьевых ресурсов в океанских недрах, а также пути развития подводных роботов и целых комплексов, необходимых для выполнения таких работ с каждым годом становится актуальнее из-за того, что подавляющее большинство минерально-сырьевых ресурсов, в отличие от других видов природных ресурсов, невозобновимы и не возобновляемы. Их интенсивное использование приведет к исчерпанию разведанных в пределах континентальной суши запасов полезных ископаемых. Исследования морского дна показывают, что глубоководные месторождения содержат большие запасы кобальта, марганца, меди, цинка, золота и других металлов. Концентрация редкоземельных металлов (РЗМ) в морских глубинах в десятки раз выше, чем в месторождениях на суше.

Залежи металлов на океанском дне в основном встречаются в трех формах: железомарганцевые конкреции (высокоминерализованные стяжения размером с картофель), кобальтовые корки (твердые покрытия на боках подводных вулканов) и полиметаллические массивные сульфиды (отложения, образовавшиеся в горячих и богатых минералами глубоководных хребтах).

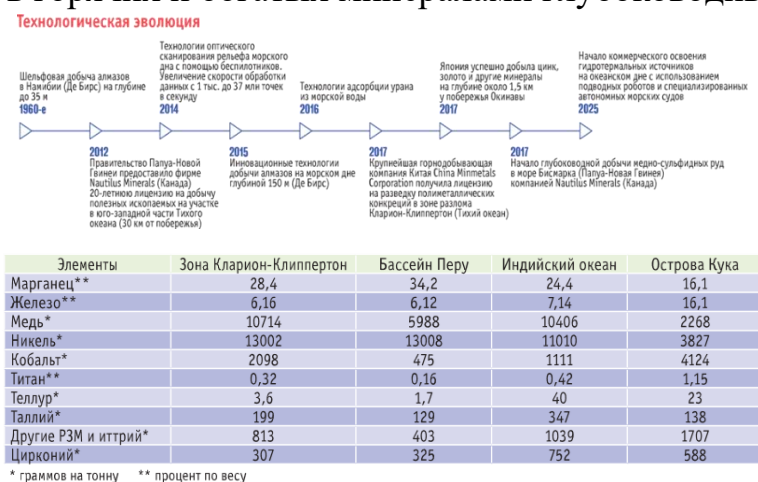


Рис. 1. Технологическая эволюция и структурный анализ содержания металлов в марганцевых концентрациях в различных морских регионах [1]

Как у всех крупных проектов, связанных с использованием природных ресурсов и добыче полезных ископаемых, у добычи на морском или океаническом дне имеются свои плюсы и минусы, риски и позитивные результаты. Из положительных эффектов мы получим минерально-сырьевые ресурсы и избежание дефицита. Из отрицательных: исчезновение экзотических и малоизученных экосистем на океанском дне, загрязнение прибрежных зон и среды обитания морских организмов, экстремальные условия добычи на морском дне (высокое давление), высокая стоимость оборудования, призывы к мораторию на разработку морского дна со стороны природоохранных организаций. В мире наблюдается рост заинтересованности в глубоководной добыче полезных ископаемых и появляются компании, готовые удовлетворить эти запросы.

Компания Nautilus Minerals [2], занимающаяся подводной разведкой полезных ископаемых со штаб-квартирой в Торонто, Канада. Это первая компания, которая в коммерческих целях исследует морское дно на наличие массивных сульфидных систем, потенциального источника высококачественной меди, золота, цинка и серебра. Водно-шламовая схема добычи руды, адаптированная инженерами Nautilus под условия Solwara 1, состоит из трех базовых элементов:

- подводной карьерной техники с дистанционным управлением;
- вертикальной системы подъема шлама;
- вспомогательного судна.

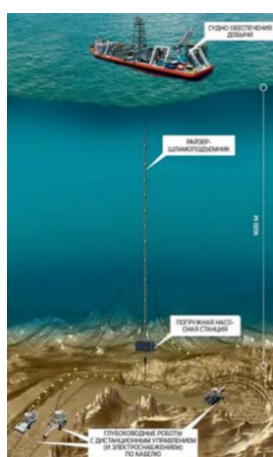


Рис. 2. Схема технологической цепочки и технических средств (Nautilus Minerals)

На вспомогательном судне будет держаться весь технологический цикл месторождения: доставка оборудования в точку погружения; спуск, подъем и обслуживание машин; подъем, осушение и складирование шлама.

Компания Houston Mechatronics (HMI) [4]. В 2014 году группа робототехников из НАСА решили, что можно обойтись без судна поддержки. Так появилась компания Houston Mechatronics (HMI), специалисты которой разработали комбинированный автономный подводный аппарат (AUV) и дистанционно управляемый аппарат (ROV) с возможностью переключения между двумя функциональными формами. Аппарат компании HMI под названием Aquanaut («Акванавт») — это полностью электрический подводный робот, который трансформируется из AUV дальнего действия в автономный ROV с двумя манипуляторами. В режиме AUV, с руками-манипуляторами, заключенными в его гидродинамический корпус, который может трансформироваться в подводную лодку благодаря бортовой литий-ионной батарее и двигателям, приводящим его в действие, аппарат может за одну миссию преодолеть расстояние более чем в 50 морских миль. Верхняя половина корпуса поднимается, «голова» робота поворачивается и устанавливается на свое рабочее место. Разработка данной компании интересна тем, что робота можно модернизировать для разных задач от обслуживания подводных коммуникаций, до добычи минерально-сырьевых ресурсов. В последнем случае часть манипуляторов заменяется на буровые устройства и добавляется отсек для хранения и транспортировка. Исчезает необходимость в судне поддержке и вертикальной системы подъема шлама.

В России так же имеются патент в данной области. Устройство для сбора кобальтомарганцевых корок со дна морей [3]. Данная модель относится к горному делу, в частности к устройствам для подводной добычи полезных ископаемых. Устройство может быть использовано в горнодобывающей промышленности. Устройство для сбора кобальтомарганцевых корок со дна морей содержит приемный бункер, жестко связанный со стойкой, центральную цапфу с механизмом поворота, шарнирно-рычажные механизмы перемещения приемного бункера с гидроцилиндрами, захваты. Захваты выполнены в виде грейферов с челюстями и гидроцилиндрами их перемещения, шарнирно закрепленными на цилиндрическом корпусе, выполненном с проушиной для соединения со свободными концами шарнирно-рычажных механизмов. Внутри корпуса соосно размещены ударная пика и поршень-боек, образующий с цилиндрическим корпусом камеры прямого и обратного хода.

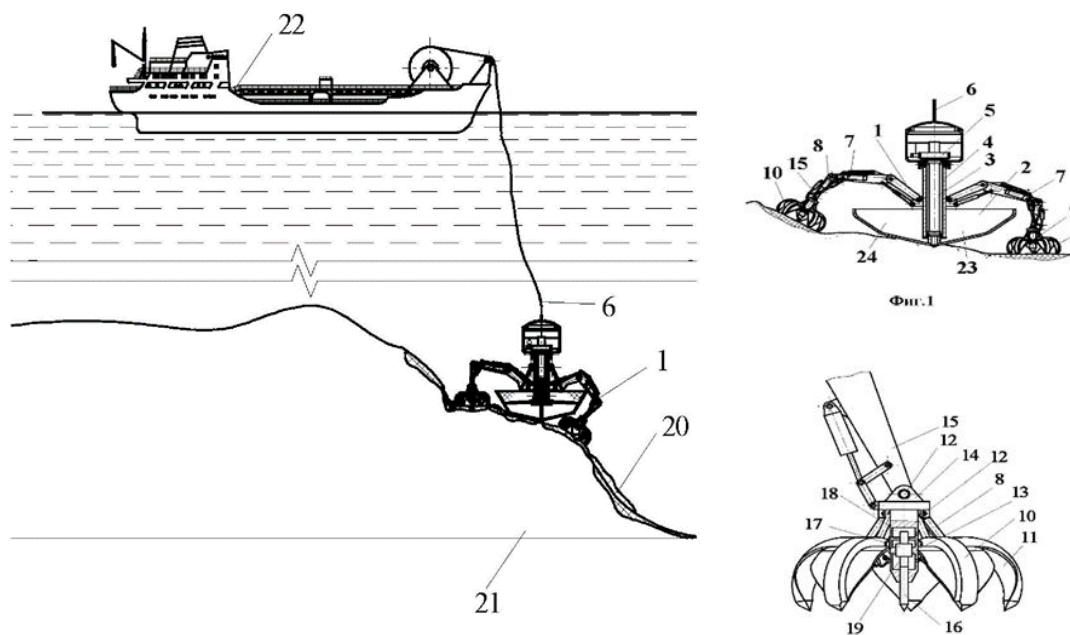


Рис. 3. Схематическое изображение полезной модели
(Патент RU 203596 U1)

Подводя итоги, стоит отметить, что использование ресурсов морского дна на основе подобных исследований уже сегодня имеют важное коммерческое значение. К примеру, около трети всей нефти в мире добывается именно на морском шельфе. Все больше стран подключается к гонке за богатыми ресурсами Мирового океана. Добыча минералов становится все более актуальным явлением по мере истощения запасов на суше и развития морских технологий, снижающих себестоимость добычи в океане. Оценив количество компаний, которые занимаются разработкой робототехнических средств и комплексов для добычи на морском дне, в мире, можно сделать выводы о том, что в России не так много проектов в данном направлении. Добыча ресурсов со дна морей и океанов сопровождается большим количеством технических задач. Первая и наверно самая главная — это колоссальное давление окружающей среды (30-50 МПа), которое будет непосредственно влиять на добывающее устройство и приводить к неизбежным поломкам. Также существует проблема с поднятием ресурсов на поверхность с помощью рукава, который, по причине высокого давления, приходится делать не очень большого сечения. На мой взгляд данная отрасль будет развиваться медленно. Дело не только в необходимости крупных финансовых вложений в создание целого флота роботов, способных работать глубоко под водой, подъёмного оборудования и судов поддержки. Резко против подобных проектов выступают экологи. К примеру экологов уже судились и устраивали дебаты с канадской Nautilus Minerals из-за сильно вреда окружающей среде при добычи у побережья Папуа-

Новой Гвинеи, что в последствии поставили компанию на грань банкротства и чуть ее не погубило.

Библиографический список

1. Будущее добычи металлов // Институт статистических исследований и экономики знаний. [Электронный ресурс]. Дата обращения 17.03.2022 <https://issek.hse.ru/trendletter/news/217969338.html>
2. Techinsider. [Электронный ресурс]. Дата обращения 17.03.2022 <https://www.popmech.ru/technologies/237247-glubokovodnyu-karer-kak-dobyt-almazy-so-dna-okeana/?fromrss=flip-technologies>
3. Патент RU 203596 U1. Юнгмейстер Д. А., Королев Р И., Сержан С. Л. Уразбахтин Р. Ю..Устройство для сбора кобальтомарганцевых корок со дна 2021.02.16 https://yandex.ru/patents/doc/RU203596U1_20210413
4. Control Engineering Россия.[Электронный ресурс].Дата обращения 17.03.2022 <https://controleng.ru/magazine/control-engineering-rossiya-aprel-2021/>
5. Перспективы подводной добычи золота и других стратегических металлов в океанских недрах/А.В. Волков //Журнал «Золото и технологии» [Электронный ресурс]. Дата обращения 17.03.2022 https://zolteh.ru/regions/perspektivy_podvodnoy_dobychi_zolota_i_drugikh_strategicheskikh_metallov_v_okeanskikh_nedrah/
6. Глубоководные руды:современное состояние изучения и перспективы освоения // Сетевое издание «Редкие земли / Rare Earth» [Электронный ресурс]. Дата обращения 17.03.2022 <http://rareearth.ru/ru/pub/20180115/03656.html>
7. Перспективы развития глубоководной добычи полезных ископаемых / Горная энциклопедия [Электронный ресурс] Дата обращения 17.03.2022 http://news-mining.ru/analitika/perspektivy_razvitiya_glubokovodnoy_dobychi_polezn/

РАСЧЕТ ГРУЗОПОДЪЕМНИКА ВИЛОЧНОГО ПОГРУЗЧИКА С БОКОВЫМ ЗАХВАТОМ

Ефимов А. М., студент

Научный руководитель: Шафорост А. Н., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

Важным фактором эффективности логистических центров является комплексная механизация складских операций. Комплексной механизацией

складских операций является применение системы машин, звенья которой связаны между собой последовательностью перемещения груза, а непрерывность складского процесса достигается взаимосвязью всех звеньев и единым ритмом в работе машин, входящих в состав системы. При этом ручной труд при комплексной механизации склада временного хранения допускается только на отдельных наименее трудоемких, вспомогательных операциях, если их механизация в данный момент экономически нецелесообразна и не улучшает условия труда.

Задачей данной работы является расчет механизмов и узлов вилочного погрузчика, используемого в работе логистического центра для перемещения паллет со штучными грузами.

Захваты для штучных грузов по конструкции весьма разнообразны и позволяют механизировать погрузочно-разгрузочные работы с различными грузами. Одной из разновидностей захватов для штучных грузов являются боковые захваты, которые по способу захвата груза делятся на опорно-зажимные и фрикционно-зажимные.

Такой захват применяют для грузов прямоугольной формы и с гладкими боковыми поверхностями (ящики, блоки, болванки и др.)

Исходными данными для расчета механизма захвата груза были такие характеристики, как: грузоподъемность погрузчика и погрузочного устройства, скорость подъема груза, высота подъема груза.

Удерживается груз за счет сил трения между башмаками захвата и грузом:

$$2\mu N = kG_r \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения между поверхностями захвата и груза, k – коэффициент запаса удержания груза.

Из условия равновесия точки подвеса захвата

$$S = \frac{(G_r + G_{гзу})}{2 \cos \alpha} \quad (2)$$

Выражение для коэффициента запаса:

$$k = \mu \left[\left(1 + \frac{G_r}{G_{гзу}} \right) \frac{a}{\cos \alpha} \right] \quad (3)$$

Из выражения 1 находим N :

$$N = \frac{kG_{гр}}{2\mu} \quad (4)$$

Соппротивление подъему груза и подъемной каретки с вилами (H):

$$W_1 = \frac{2(Q_H + G_K)}{\eta_1 \eta_2}$$

где Q_n – вес груза; G_k – вес каретки с вилами; η_1 ; η_2 – механические КПД цепной передачи (грузовые цепи перекинуты через ролики траверсы) и цилиндра; $\eta_1 \approx 0,98$; $\eta_2 \approx 0,96$.

Сопротивление выдвигной рамы с плунжером, траверсой и грузовыми цепями (Н):

$$W_2 = \frac{G_B}{\eta_2}$$

где G_B – вес выдвигной рамы с плунжером цилиндра подъёма и траверсы с роликами.

Масса выдвигной рамы с плунжером m_B (кг) определяется исходя из удельного веса и высоты подъема груза:

$$m_B = m_{om} * l_B$$

где m_{om} – масса выдвигной рамы с плунжером цилиндра и траверсой, отнесенная к 1 м высоты грузоподъёмника; l_B – длина выдвигной рамы, м.

Длина выдвигной рамы (м) определяется из выражения:

$$l_B = 0,5H + a_1 + D_k$$

где H – высота подъёма груза (по заданию), м; a_1 – расстояние по вертикали между верхним катком наружной и нижним катком выдвигной рамы, м; D_k – диаметр основных катков, м.

Произведено построение и расчет захватного устройства на напряженно-деформированное состояние в APM Structure 3D. А также был произведен расчет прочности по условию прочности по методу предельных состояний, а также проводится расчет жесткости конструкции захватного устройства.

Построение производилось при помощи графического редактора и инструментов программы КОМПАС-3D. Результат построения - трехмерная модель захвата (рис. 1).

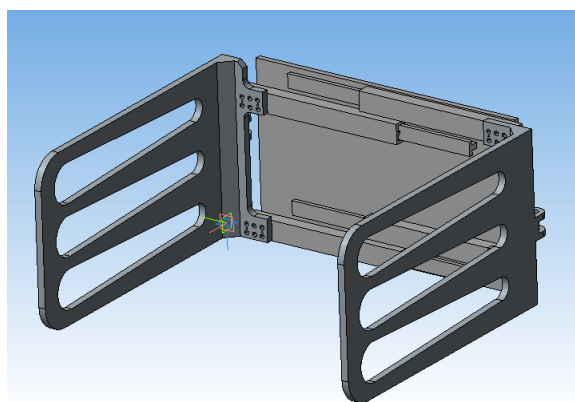


Рис. 1. Трехмерная модель бокового захвата КОМПАС-3D

После построения модель импортируется в APM Structure 3D, где задаются места жёсткого закрепления балки к тележке и опорной стойке, материал

конструкции; задаются необходимые параметры для разбиения конструкции на конечные элементы; прикладываются необходимые нагрузки и производится линейно-статический расчет. Результат расчетов в виде карты напряжений и карты перемещений представлен на рис. 2 и 3.

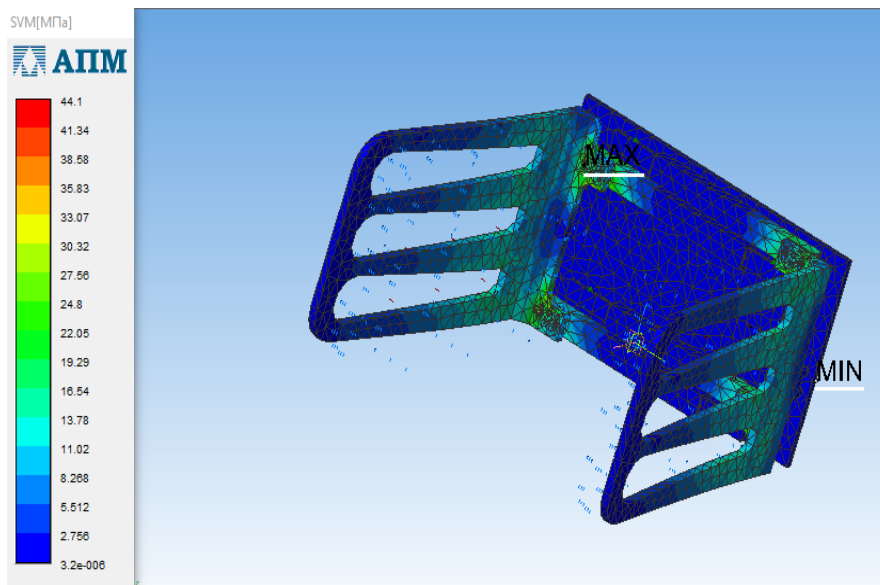


Рис. 2. Карта напряжений

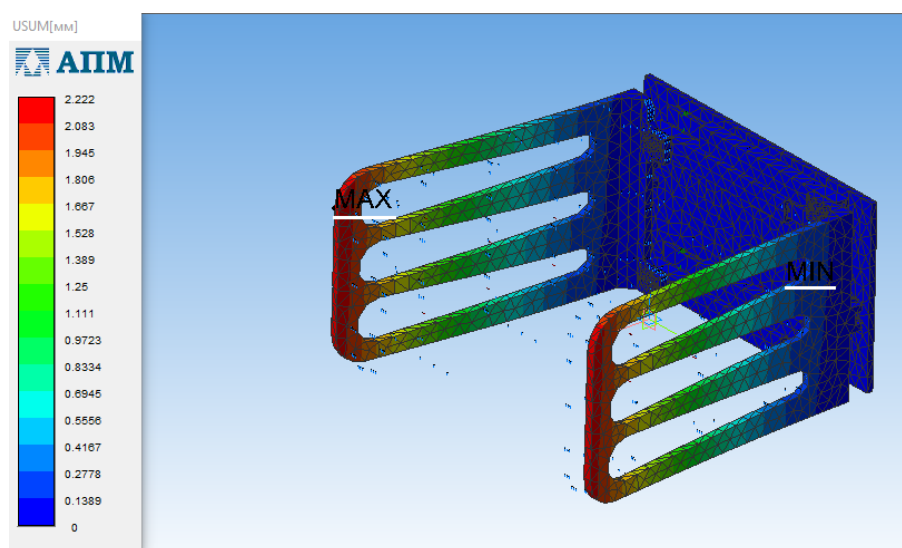


Рис. 3. Карта перемещений

Полученные результаты анализа напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели металлоконструкции главной балки позволят сделать вывод о достаточной степени прочности, жесткости и устойчивости спроектированной конструкции.

Условие прочности по методу предельных состояний имеет вид:

$$\sigma \leq \gamma_n \gamma_d \gamma_m R_n$$

где σ - максимальные напряжения действующие в проектируемой конструкции при статическом приложении нагрузки, МПа; γ_n - коэффициент надежности по назначению конструкции или ее элемента; в зависимости от последствий повреждений при расчете на прочность колеблется в пределах от 0,95 до 1; γ_d - коэффициент условий работы; для пролетных строений козловых кранов $\gamma_d = 0,8 \dots 0,9$; γ_m - коэффициент надежности по характеристике материала; $\gamma_m = 0,9$; R_n - нормативное сопротивление материала, узла, элемента конструкции, соединения, МПа.

Условие жесткости имеет вид:

$$f/L < [f/L]$$

где f/L и $[f/L]$ - оценка фактического относительного упругого прогиба от переменных нагрузок и его допускаемое значение; для кранов заданного режима работы при установке кабины управления у края балки $[f/L]=L/400$; f/L - величина прогиб конструкции, полученная в процессе статического расчета;

Полученные величины прогиба и напряжений, возникающих в рассчитываемой конструкции, ниже предельно допустимых.

Библиографический список

1. Базанов А.Ф. Самоходные погрузчики. Машиностроение, 1979. – 146 с.
2. Мачульский И.И. Погрузо-разгрузочные машины : учеб. для вузов ж.-д. трансп. Желдориздат, 2000. – 476 с.
3. Погрузчики. Справочник под ред. Г.П. Ефимова. Транспорт, 1978.
4. Ридель Э.И. Погрузо-разгрузочные машины на железнодорожном транспорте: учеб. для техникумов Э.И. Ридель. Транспорт, 1978. – 383 с.
5. Стогов В.Н. Погрузо-разгрузочные машины: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. Транспорт, 1977. – 311 с.
6. Шафорост А.Н., Абрамов Г.В. Роль систем автоматизированного проектирования в процессе создании продукции машиностроения // Молодёжный вестник Политехнического института: сб. статей. В 2-х частях. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. Ч.2. С. 250-252.
7. Соколов С.А. Строительная механика и металлические конструкции машин: учебник / С.А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2011. – 450 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРУЖИННО-ТРОСОВЫХ АМОРТИЗИРУЮЩИХ СИСТЕМ В ЗАГРУЗОЧНЫХ УЗЛАХ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Закорчемный Н. Т., студент

Научный руководитель: Абрамов Б. Н., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Ленточные конвейеры широко используются при поточной технологии переработки полезных ископаемых. Погрузка этих материалов сопровождается значительными нагрузками на дорогостоящую конвейерную ленту и опорные ролики загрузочной части конвейера. В результате ударного взаимодействия крупных кусков груза с лентой и опорными роликами на этом участке конвейера лента подвергается многим видам повреждений: порезам, сквозным проколам и абразивному износу. Таким образом, загрузочный участок определяет эксплуатационную надежность всего конвейера [1, 2]. Для защиты ленты на загрузочном участке от воздействия падающего груза была разработана специальная система подвеса платформы с группой роликов, достаточно эффективная при воздействии вертикальных импульсов от падающих кусков груза. Ниже дано краткое описание кинематической схемы платформы (рис. 1).

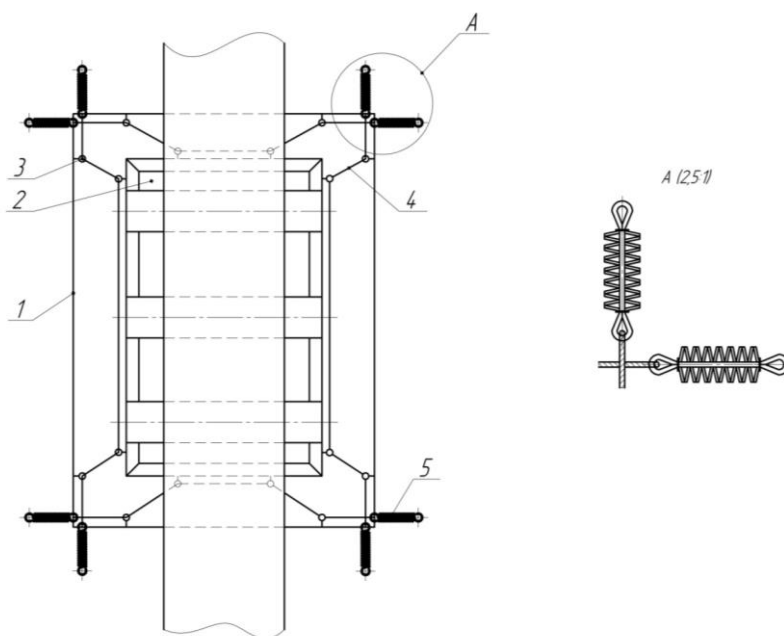


Рис. 1. Пружинно-тросовый загрузочный узел ленточного конвейера

Внутри прямоугольной рамы 1, жестко связанной с металлоконструкцией конвейера, расположена подвижная платформа 2 для установки на ней объекта защиты (роликов загрузочной части конвейера). Платформа подвешена на

отрезках тросов 4, пропущенных сквозь втулки 3, закрепленные на внутренней стороне наружной рамы и внешней части платформы. Концы отрезков тросов закреплены на пружинах 5, расположенных на наружной раме. Таким образом, платформа подвешена на четырех торсионно-тросовых элементах на равном расстоянии от краев наружной рамы. Конструкция платформы выполнена таким образом, что исключаются какие-либо соударения при любом направлении вектора удара. Узлы пружин снабжены устройствами регулировки натяжения тросов. Стальные тросы в данной системе демпфирования обладают рядом преимуществ:

- высокая стабильность свойств при долговременных динамических нагрузках [3];
- значительное демпфирование за счет обратимого трения между отдельными проволоками [4];
- устойчивость к температурным и коррозионным факторам [5].

Следует отметить, что отличительной особенностью системы с последовательно соединенными упругодемпфирующими элементами, является обеспечение значительного хода этой системы при высоком уровне ударного импульса. В течении этого хода происходит плавное гашение энергии ударного импульса до безопасных для защищаемого объекта пределов.

Демпфирование колебаний в такой системе происходит не только за счет высоких демпфирующих свойств гибкого стального троса, но и за счет рассеяния энергии колебаний за цикл вследствие трения кромок тарелок при их скольжении в радиальном направлении по опорным поверхностям. Для повышения демпфирующего эффекта тарельчатые пружины устанавливаются наборами. Основными достоинствами тарельчатых пружин являются: компактность, способность принимать высокую нагрузку при малой деформации и демпфировать колебания, невысокая стоимость [6, 7].

Библиографический список

1. Проников А. С. Параметрическая надежность машин. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, – 2002. – 680 с.
2. Труханов В.М. Надежность в технике. – М.: Изд. дом «Спектр», – 2017. – 656 с.
3. Горбунов В. Ф., Резников И. Г. Канатные виброизоляторы для операторов горных машин. – Новосибирск: Наука, – 1988. – 172 с.
4. Дроздов Ю. Н., Павлов В. Г., Пучков В. Н. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник. – М.: Машиностроение, – 1986. – 224 с.
5. Дроздов Ю. Н. Температурно-временной критерий износоустойчивости // Машиноведение. – 1981. – №6. – С. 67–69.

6. Мигиренко Г. Е. и др. Принципы конструирования объемных упругодемпфирующих подвесок для защиты объектов от всенаправленных динамических воздействий колебания. Удар. Защита // Межвуз. сб. науч. тр. – Новосибирск. – 1982. – 234 с.

7. Кременский И. Г. Реновация и реконструкция, ремонт и восстановление, рециклинг и инновации/ Кременский И. Г. // Ремонт, восстановление, модернизация, – 2016. – №4– С. 46–48.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОДВЕСА ГРУЗА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Зуев Н. И., студент

Научный руководитель: Никулин К. С., к.т.н.

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Ремонтные мастерские, представляющие собой ремонтную базу порта, предназначаются для осуществления ремонта и технического обслуживания основных производственных фондов порта с целью поддержания их в надлежащем техническом состоянии и должны выполнять плановый ремонт и тех.обслуживание (ТО) ПТМ; изготовление, ремонт и ТО различного рода оснастки; ремонт гидротехнических сооружений; ремонт электрического оборудования порта; ремонт зданий и сооружений, покрытий территории и др. [1].

В таких мастерских для выполнения вспомогательных операций, как правило, устанавливают мостовые краны общего назначения. Так, например, в станочных мастерских ПАО «Северный порт» для работы с тяжелыми деталями при выполнении ремонтно-восстановительных работ используется мостовой опорный кран грузоподъемностью 5 тонн.

В последнее время в России в рамках Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» активно внедряется цифровизация во всех отраслях экономики, что определяет дальнейшее развитие общества в будущем. Реализация этой Программы подразумевает создание цифровых продуктов, как ключевого фактора производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повысит конкурентоспособность страны, качество жизни граждан, обеспечит экономический рост и национальный суверенитет [2].

Одним из таких направлений развития является создание электронной системы цифровых двойников, которая уже широко развита в промышленности.

Однако, ее применение все больше находит и в других отраслях, включая перегрузочные работы в портах и на терминалах.

По своей сути цифровой двойник — это цифровое представление реального производственного процесса и представляет собой компьютерный виртуальный аналог этого физического объекта, в котором моделируются все внутренние процессы с сохранением характеристик всех входящих в него объектов, включая возникновение возможных помех и влияние окружающей среды. Такая система цифрового двойника порта может работать в режиме реального времени, дублируя работу реального морского порта с возможностью внесения управляющих воздействий на технологические процессы, а так же в автономном режиме, что позволяет моделировать работу порта в разных условиях, включая возникновение возможных помех и влияние окружающей среды, для поиска оптимального управления работой порта без задействования реального оборудования, снижая риски, возникающие в работе порта.

Не исключение и выполнение ремонтно-восстановительных работ в ремонтных мастерских порта. Однако, для реализации цифрового двойника ремонтно-механических мастерских требуется максимальная автоматизация процесса ремонта в них с применением современного высокопроизводительного оборудования. На практике, для реализации этого процесса, можно пойти по пути внедрения нового автоматизированного оборудования, формируемого на базе роботизированных комплексов и ячеек. Однако, внедрение таких систем требует больших капитальных затрат на приобретение и внедрение нового оборудования. Одним из менее затратных направлений автоматизации — это модернизация существующего оборудования. Например, замена на штатном мостовом кране механизма подъема манипуляционной системой.

Модернизация кранов современным робототехническим оборудованием — это идея не нова и имеет ряд преимуществ. Например, создаваемые при этом краны-роботы на базе существующих грузоподъемных машин не требует специальной переработки конструкции крана [3]. Частичные изменения в основном касаются в организации технологического процесса во взаимодействии нового крана-робота с технологическим оборудованием, в создании регулируемых приводов с обратной связью для достижения требуемых программной управляемости и точности позиционирования.

Отметим, что краны с гибким (канатным) подвесом груза более просты в конструкции и имеют наибольшее распространение, однако, из-за раскачивания груза скорость передвижения в них ограничивают [4]. Краны с жестким подвесом груза (в частности, краны-роботы) не имеют таких больших по амплитуде колебаний, что позволяет снять эти ограничения в скорости и повысить производительность машины в целом.

Но в последнем случае, появляются дополнительные нагрузки колебательного характера, особенно, если подкрановые пути имеют отклонения в высотном положении [4]. Эти колебания возникают в главных балках крана и оказывают воздействия на другие элементы крана, включая приводы.

Кроме того, если учесть, что кран работает в старт-стопных режимах, сопровождающиеся постоянными разгонами и остановками, что вызывает дополнительные нагрузки, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Однако, в этом случае возникает особенность работы крана с жестким подвесом груза. Например, частота основного тона мостовых колебаний.

Действительно, неравномерность нагрузки, например, механизма передвижения тележки подтверждают ряд экспериментальных данных, показанных в источнике [4], а также собственные экспериментальные данные, полученные на испытательном стенде – имеющаяся в лаборатории электрическая таль. Она позволяет изучить уровень и характер колебательных процессов, составить уравнение колебаний и определить факторы, влияющие на работу привода и расчет механизма, с учетом этих колебательных процессов.

Испытательный стенд состоит из подъемной установки на базе электрической тали типа “ТЭ” грузоподъемностью $Q_n = 0,5$ т (см. рис. 1, [5]). Таль имеет механизм передвижения 4, с помощью которого таль перемещается по балке 6 двутаврового сечения и механизм подъема 1, для вертикального перемещения груза 3. Связь груза с грузовым барабаном осуществляется при помощи каната 2.

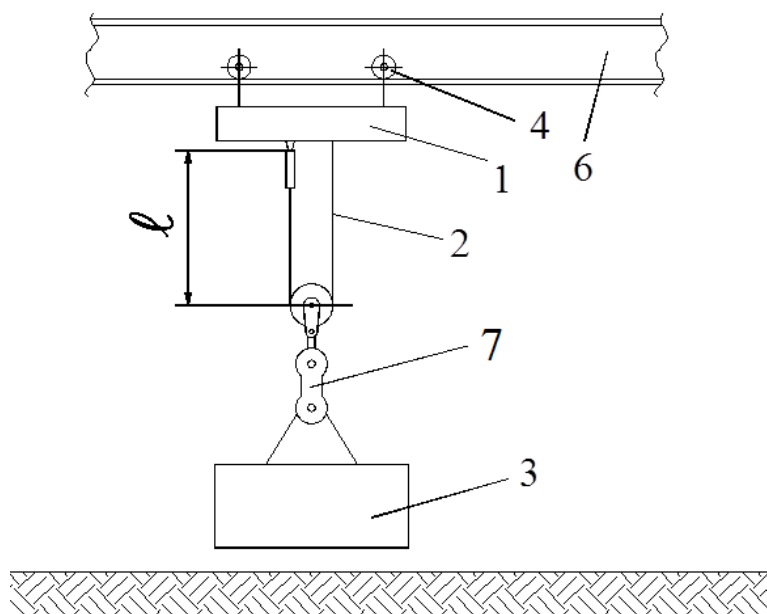


Рис. 1. Схема установки для исследования процесса передвижения.

Во время испытаний, при передвижении электротали с грузом, возникли случайные колебания механической системы (см. рис. 2), которые передавались на все элементы грузоподъемной машины. Эти колебания схожи по характеру воздействия на конструкцию машины и в электротали, и на мостовом кране. На величину данных колебаний оказывают влияние имеющиеся неблагоприятные отклонения в вертикальной плоскости и способ подвески груза.

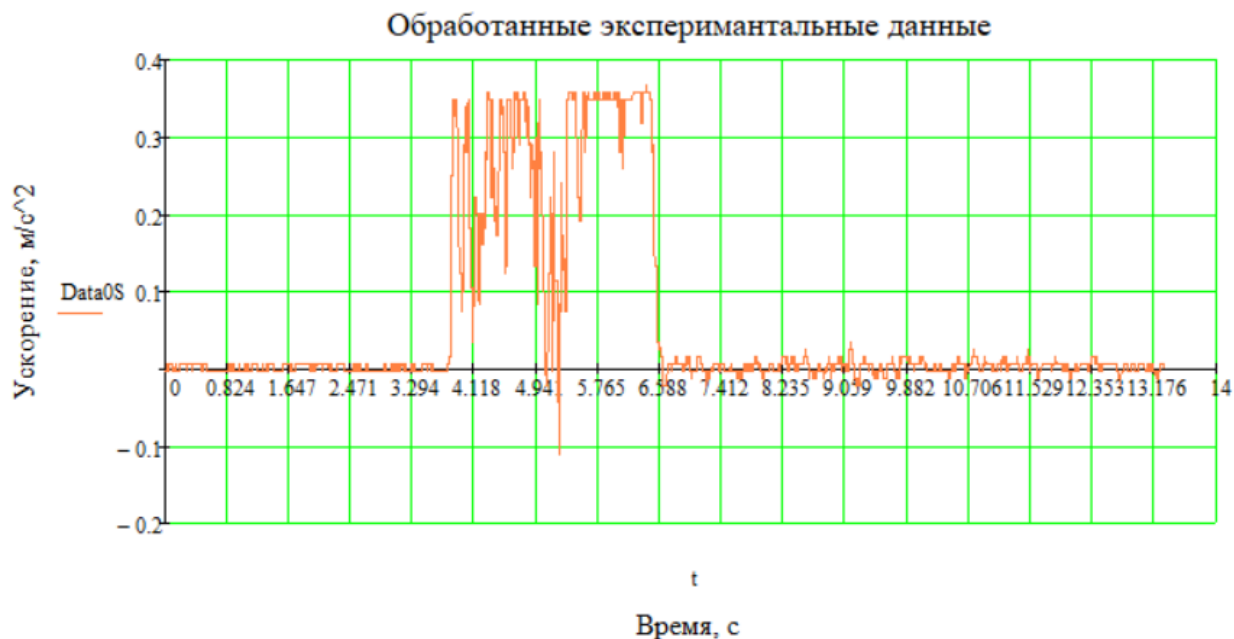


Рис. 2. Оциллограмма испытаний механизма передвижения электротали.

Из оциллограммы, полученной с акселерометра на механизме передвижения, виден случайный характер колебаний, возникающий при передвижении и вызванный постоянными ускорениями и замедлениями механизма из-за переменности значений сопротивлений движению, а также прослеживается влияние груза на гибкой подвеске, который в начальный момент времени оставался на месте и, при достаточном угле наклона каната, дополнительно нагружал тележку механизма передвижения в момент начала своего перемещения. Кроме того, после остановки тележки происходило раскачивание груза. Все это обуславливало неравномерность нагружения конструкции электротали и ходовых колес.

Для оценки уровня нагружения тележки механизма передвижения до оснащения крана манипуляционной системой и после, были созданы в APM Dynamics (системе кинематического и динамического анализа механизмов) две модели грузоподъемной машин с гибкой и жесткой подвеской груза (рис. 3).

С помощью APM Dynamics можно определить следующее[6]:

-моделирование процесса работы механизма;

- зависимость линейных кинематических параметров: перемещений, скоростей и ускорений узлов от времени;
- зависимость угловых кинематических параметров: углов между узлами, угловых скоростей и ускорений стержней от времени;
- зависимость действующих в узлах динамических параметров: сил и моментов от времени.

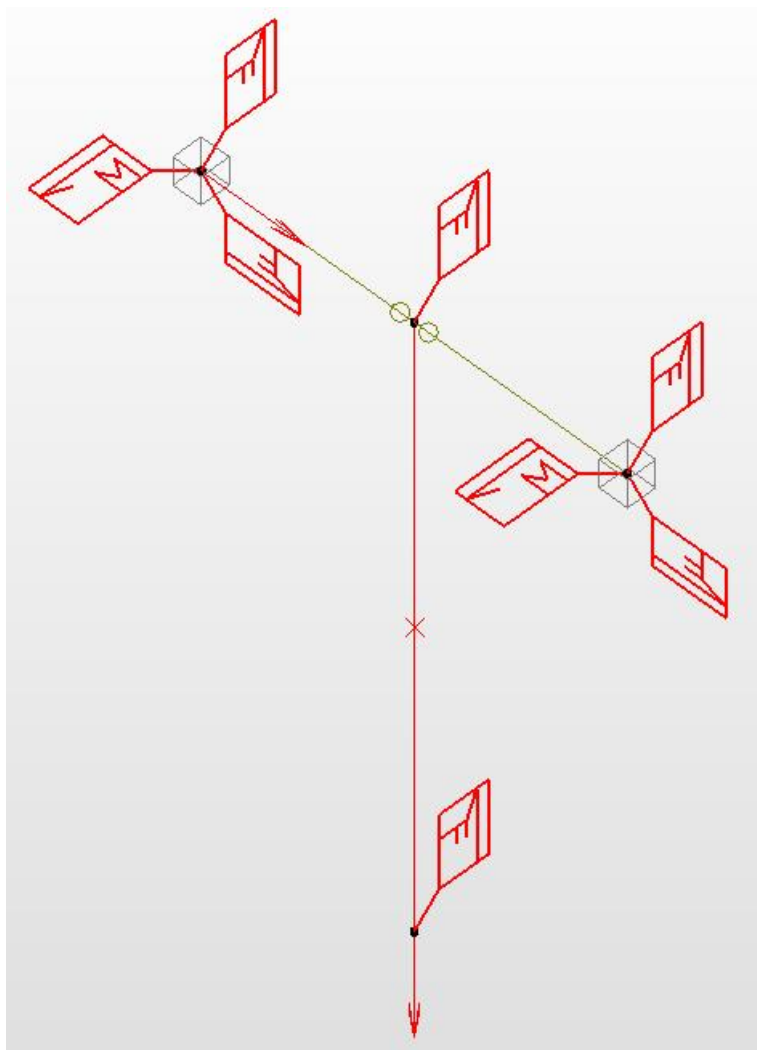


Рис. 3. Стержневая модель электротали в APM Dynamics.

Благодаря анализу построенных моделей мы определим все кинематические и силовые параметры механических систем с гибкой и жесткой подвеской груза, а также подберем параметры жесткости элементов манипулятора с учетом минимизации динамических нагрузок, которые могут возникать при передвижении мостового крана с жестким подвесом груза на манипуляторе крана-робота.

Выводы:

1. Определена актуальность модернизации мостового крана за счет замены штатного механизма подъема манипуляционной рукой.
2. Проведены натурные испытания и выявлены причины и характер колебаний, возникающих при передвижении грузоподъемной машины.
3. Разработана 3D модель в системе кинематического и динамического анализа механизмов APM Dynamics.
4. Получены предпосылки для создания уточненной модели механической системы с учетом ее многомассовости.
5. Выявлена актуальность анализа колебаний с целью оптимизации параметров привода с учетом колебательного характера движения груза.

Библиографический список

1. РД 31.3.01.01-93 Руководство по технологическому проектированию морских портов.
2. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации", утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р.
3. Василенко Н.В. Никитин К.Д. Пономарев В.П. Смолин А.Ю. Основы робототехники. Учеб. Пособие / Под общ. ред. К.Д. Никитина: – Томск: МГП Раско, 1993. – 475 с.
4. Спицына Д.Н., Поликарпов К.В. Динамика кранов с жестким подвесом груза: Учеб. пособие / Под ред. О.С. Нарайкина: – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 184 с.: ил.
5. Баржанский Е.Е. Грузоподъемные машины и машины безрельсового транспорта: лабораторный практикум. – М.: Альтаир – МГАВТ, 2007. – 129 с.
6. APM Dynamics. Динамический анализ механизмов. Версия 12. Руководство пользователя. – Королев: НТЦ «Автоматизированное Проектирование Машин», 2014. – 56 с.
7. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана – Высшая школа, 2000. – 552 с.
8. Гаранин Н.П. Портовое подъемно-транспортное оборудование: Учебник для институтов водн. трансп. – М.: Транспорт, 1985. – 311 с.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОДВЕСНЫХ КРАНОВЫХ ПУТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Иванов В. В., студент

Научный руководитель: Витчук П. В., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Безопасная эксплуатация мостовых кранов в значительной степени определяется соблюдением допусков на геометрию крановых путей, установленных техническими требованиями, изложенными в соответствующей нормативно-технической документации, например [1, 2]. А именно, каждая из нитей направляющих кранового пути должна быть прямолинейной и горизонтальной в пределах допуска. Обе нити должны быть параллельны, лежать в одной горизонтальной плоскости и находиться на расстоянии друг от друга, равном ширине пролета крана.

Крановые пути, находящиеся в эксплуатации, должны подвергаться постоянной проверке их технического состояния, периодическому комплексному обследованию, техническому обслуживанию и ремонту (последнее – при необходимости).

Комплексное обследование крановых путей включает в себя [1, 2]: внешний осмотр и измерение основных геометрических размеров направляющих, по которым перемещаются ходовые колеса; внешний осмотр состояния стыковых и промежуточных скреплений; измерение зазоров в соединениях направляющих; внешний осмотр и измерение геометрических размеров элементов, передающих нагрузку от направляющих и промежуточных соединений на несущие конструкции; измерение отклонений элементов крановых путей от проектного положения в плане и профиле (планово-высотная съемка) и другие виды работ.

Контроль геометрических параметров направляющих кранового пути является важнейшей составляющей его периодического комплексного обследования. Основные требования, предъявляемые к контролю геометрических параметров направляющих кранового пути: оперативность, однозначность, достоверность и своевременность. Это позволяет осуществлять ремонт кранового пути в требуемые сроки и в нужных точках, минимизируя потери производства от внеплановых простоев крана. Кроме того, такой

контроль способствует пониманию причин ненормальной работы крана и подкрановых конструкций.

В процессе контроля геометрических параметров кранового пути определяют его прямолинейность, превышения установленных размеров в плане и профиле, ширину колеи. Контроль геометрических параметров кранового пути выполняют на основе геодезической съемки различными методами [3,4] и др.

Все надземные подкрановые пути мостовых кранов можно условно разделить на три группы: доступные; труднодоступные; недоступные. Геодезическую съемку доступных подкрановых путей можно осуществлять обычными методами и приборами. Съемку труднодоступных, а тем более недоступных путей, можно выполнить только с помощью специальных методик, приспособлений и устройств

По информативности все методы геодезического контроля надземных подкрановых путей подразделяют на три группы: методы контроля планового положения подкрановых путей, методы контроля подкрановых путей по высоте, методы комплексного (одновременного) контроля подкрановых путей в плане и по высоте. В соответствии с этим для геодезического контроля пространственного положения подкрановых путей могут применяться как непосредственные, так и косвенные способы определения их геометрических параметров с различными способами регистрации и фиксации полученной информации. В каждом конкретном случае необходимо выбирать наиболее рациональную технологию процесса геодезической съемки при одновременном обеспечении требуемой точности получаемых результатов и безопасности проведения работ.

Наиболее производительный технологический процесс съемки кранового пути включает три основных момента: определение непрямолинейности одного из подкрановых рельсов, измерение ширины колеи подкранового пути, нивелирование рельсов. Такая технология (при возможности ее осуществления) обеспечивает минимум затрат времени на осуществление съемки при получении исчерпывающей информации о пространственном положении кранового пути.

Возможны различные сочетания одновременного определения прямолинейности подкрановых рельсов, ширины колеи и нивелирования подкрановых путей, например, рассмотренные в [5,6]. А при использовании специальных приборов и устройств могут быть автоматизированы как отдельные операции комплексного контроля планово-высотного положения рельсов, так и весь процесс в целом.

Из-за специфических условий геодезической съемки подвесных подкрановых путей, задачи, связанные с разработкой и изготовлением различных приспособлений, обеспечивающих безопасность работ,

повышающих производительность работ и точность измерений, являются актуальными.

Для решения вышеизложенных задач предлагается метод измерений планово-высотного положения кранового пути, основанный на использовании электронного тахеометра, отличающийся высокой степенью автоматизации измерений, информативности, безопасности и оперативности проведения контрольных замеров, высокой степени производительности труда при сохранении, а, возможно, и превосходстве, точности измерений. Для этого был разработан специальный диагностический комплекс, упрощенный прототип которого был собран для проведения его испытаний. Также был разработан метод диагностирования подвесных крановых путей на основе использования диагностического комплекса.



Рис. 1. Прототип диагностического комплекса

Суть метода заключается в следующем: диагностический комплекс устанавливается на направляющую в начале кранового пути, а его перемещение от одного измерительного пункта к другому осуществляется при помощи дистанционного радиоуправления. Тахеометр наводится на призму и определяет координаты точек направляющей на каждом пункте измерения. Результаты измерений фиксируются в памяти тахеометра, после чего передаются эксперту для обработки в специально разработанной программе для ЭВМ. В результате обработки эксперт выявляет отклонения кранового пути от проектного планово-высотного положения, превышающие нормативные значения, то есть являющиеся дефектами. Данные дефекты подлежат обязательному устранению, для чего эксперт осуществляет разработку состава технологических операций по уменьшению и/или устранению выявленных отклонений с учетом конструктивных особенностей кранового пути.

Испытания разработанного диагностического комплекса проводились на тестовом отрезке подвесного кранового пути длиной 24 м. Отклонения кранового пути от проектного планового-высотного положения создавались перемещением рельсов на заранее заданное расстояние. Измерения осуществлялись с расстояния 25 и 50 м от тахеометра до тестового отрезка кранового пути (рис.2).

Для оценки погрешности измерений было использовано среднее квадратическое отклонение (СКО). Предельное значение СКО рассчитывалось по формуле, предложенной в [3] на основе анализа работ [7–9], направленных на обоснование корректного перехода от допусков СНиП к СКО геодезических измерений.

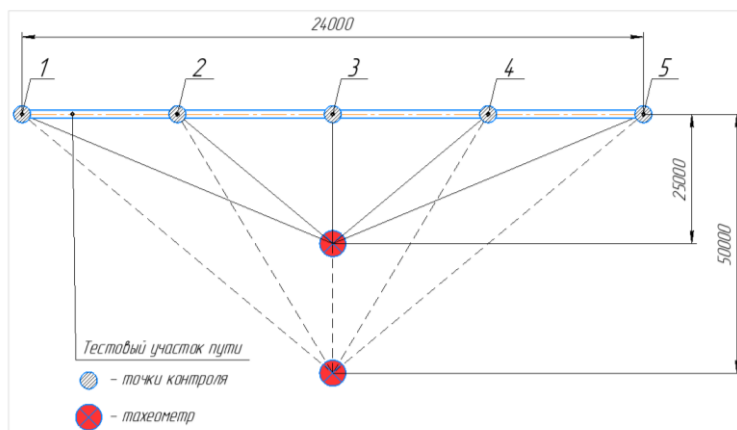


Рис. 2. Схема измерений

Результаты испытаний диагностического комплекса приведены в табл.1.

Таблица 1 Результаты испытаний диагностического комплекса

Отклонение кранового пути от проектного ПВП	Среднее квадратическое отклонение (СКО) измерений		Предельное СКО в зависимости от доверительной вероятности p			
	Расстояние от тахеометра до пути 25 м	Расстояние от тахеометра до пути 50 м	$P=0,890$	$P=0,955$	$P=0,988$	$P=0,997$
Разность отметок головок рельсов в одном поперечном сечении (P_1), мм	1,18	1,47	10	8	6,4	5,33
Разность отметок рельсов на соседних колоннах (P_2), мм	1,46	1,68	2,5	2	1,6	1,33
Сужение/расширение колеи (P_3), мм	1,46	1,68	3,75	3	2,4	2

При анализе результатов испытаний было выявлено, что диагностический комплекс удовлетворяет требуемой точности измерений. Также стоит отметить, что увеличение расстояния от комплекса до кранового пути не оказывает принципиально значимого влияния на точность измерений.

При помощи разработанных прототипа диагностического комплекса метода диагностирования крановых путей были проведены альтернативные (вне регламента, установленного ФНП и РД) обследования подвесных крановых путей мостовых кранов на предприятии АО НПП «Калужский приборостроительный завод Тайфун», г. Калуга. По результатам испытаний получено более, двукратное снижение временных затрат на обследование. По итогам доработки диагностического комплекса предполагается снижение временных затрат на обследование крановых путей не менее, чем в три раза.

Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" утвержденные приказом Ростехнадзора № 461 от 26.11.2020 г.

2. РД 10-138-97. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин. Общие положения –М.: ЗАО НТЦ «Промышленная безопасность», 2010. 145 с.

3. Шеховцов Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов. – 2018.

4. Ганьшин В.Н., Репалов И.М. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей. –М.: Недра, 1980. – 50 с.

5. Витчук П.В., Шубин А.А., Анцев В.Ю., Крылов К.Ю. Определение дефектов крановых путей для проведения надежных испытаний комплекса их дистанционного обследования // Подъемно-транспортное дело. 2018. № 3-4 (93). С. 25-27.

6. Анцев В.Ю., Крылов К.Ю., Витчук П.В., Витчук Н.А. Выбор контрольно-измерительного оборудования комплекса для измерения дефектов крановых путей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. № 8. С. 230-239.

7. Ганьшин В.Н. Зависимость точности измерений от функциональных допусков // Геодезия и картография, 1980. № 4. С.36–37.

8. Жуков Н.Б. Нормирование точности геодезических измерений при возведении сооружений, монтаже оборудования и контроле за их состоянием // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1983. №4. С. 28–35.

9. Репалов И.М. О точности измерений при съемке подкрановых путей // Маркшейдерское дело и геодезия: Сб. науч. трудов. – Л.: изд-во ЛПИ, 1989. С. 14–119.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА, ВСТРАИВАЕМОГО В БАРАБАН ПТМ

Кашайкин Е. А., студент

Научный руководитель: Мокин Д. Г., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

В настоящее время в России планетарные редуктора, встраиваемые в барабан лебедки (рис.1) пока не нашли широкого применения в ПТМ из-за ряда факторов таких как: сложность их сборки, высокая точность изготовления и высокая стоимость. Однако, данные редуктора позволяют значительно уменьшить габаритные размеры и массу приводов, убрать открытые вращающиеся элементы и придать внешний эстетический вид приводу. Также данные редуктора имеют высокое передаточное число, не смотря на свои небольшие размеры. В связи с этим в современных подъёмно-транспортных машинах такие редукторы найдут широкое применение.

Так как данный редуктор не является стандартным, подобрать и рассчитать его для существующего привода достаточно трудоемкий процесс, который включает в себя:

1. Определение и расчет его габаритных параметров;
2. Расчет передаточного отношения, которое будет обеспечивать необходимую скорость вращения барабана.

Эти два пункта должны удовлетворять нашему приводу в совокупности, ведь можно посчитать передаточное отношение, но габариты редуктора получатся большими и не будут подходить под существующий барабан, и наоборот.

Поэтому исследование зависимости габаритных параметров редуктора от его передаточного отношения является актуальной задачей.

В данной работе для реализации зависимости мы будем использовать следующую последовательность: исследование и дальнейшее построение в

LabView плана скоростей зубчатых колес редуктора; построение зависимости передаточного отношения от геометрических размеров редуктора.

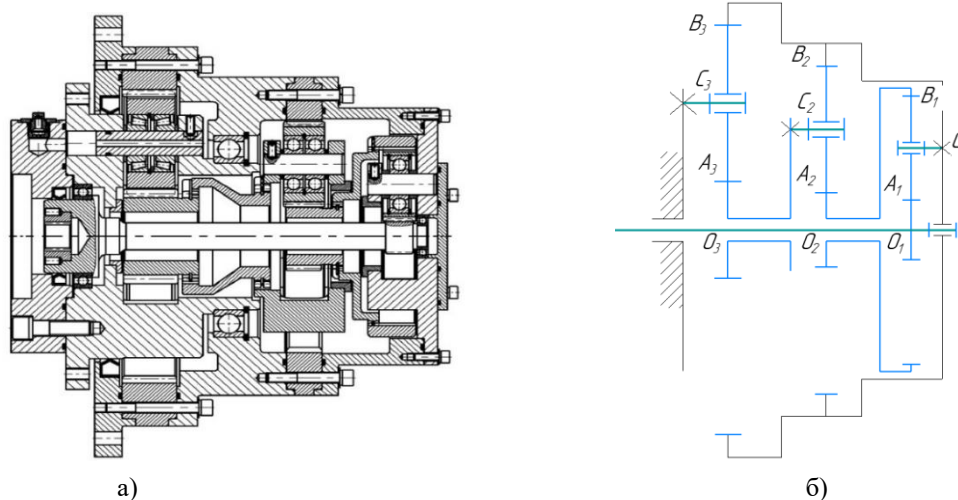


Рис. 1. Планетарная передача, встраиваемая в барабан механизма подъема башенного крана

Имея конструктив редуктора, мы можем, задаваясь геометрическими параметрами, получать передаточное отношение. Для исследования этой зависимости был построен план скоростей на каждой ступени (рис. 2), где по оси ординат в качестве масштаба приняты натуральные размеры радиусов зубчатых колес, а по оси абсцисс масштаб скоростей, получившийся произвольно в ходе построения [1].

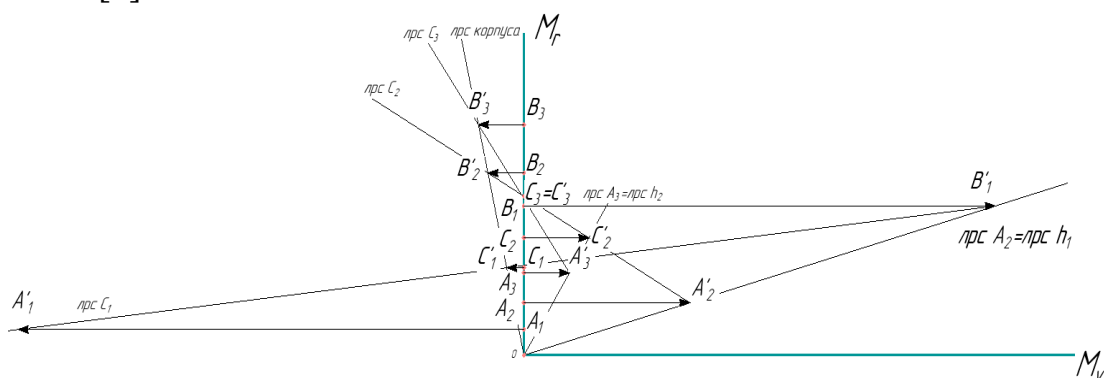


Рис. 2. План скоростей зубчатых колес планетарного редуктора

Построение данного плана скоростей было автоматизировано в программном обеспечении LabView, где в качестве исходных данных принимаем скорость подъема груза (вращения барабана), она же является скоростью вращения корпуса редуктора, так как редуктор встроен в барабан и соединен с ним через фланец, а также исходными данными являются радиусы зубчатых колес.

Данная программа позволит нам в несколько кликов определять величину скорости на каждой ступени любого из зубчатых колес с теми габаритными параметрами и скоростью подъема, которые мы имеем.

В свою очередь, с помощью этой программы был реализован перебор всех возможных комбинаций диаметров зубчатых колес редуктора (рис.3). В качестве исходных данных задаем диаметр барабана (так как редуктор является встраиваемым в барабан, его размеры не могут быть больше его диаметра) и, исходя из конструктивных соображений, минимальным возможным диаметром солнечной шестерни первой ступени. Таким образом, мы получаем ограничение по перебору диаметров в качестве максимального и минимального возможного значения. Для примера зададимся диаметром барабана $D_6=200$ мм и диаметром солнечной шестерни первой ступени $d_{мин}=50$ мм.

0	50	50	50	60	50	60	50	60	70	50	60	70	50
	32,5	35	37,5	32,5	40	35	42,5	37,5	32,5	45	40	35	47,5
	115	120	125	125	130	130	135	135	135	140	140	140	145

Рис. 3. Комбинации диаметров зубчатых колес 1 ступени

После написания вышеуказанной программы выведем все возможные передаточные отношения при всех возможных комбинациях диаметров зубчатых колес (рис. 4), а также построим 3-мерный график, который наглядно показывает нам зависимость диаметров зубчатых колес от передаточного отношения и наоборот (рис. 5).

I	0	4,3586	4,4586	4,5586	4,97032	4,6586	5,07032	4,7586	5,17032	5,58204	4,8586	5,27032	5,68204	4,9586	5,37032	5,78204	6,19376
0	0	4,33261	4,43261	4,53261	4,93913	4,63261	5,03913	4,73261	5,13913	5,54565	4,83261	5,23913	5,64565	4,93261	5,33913	5,74565	6,15217
0	0	4,3087	4,4087	4,5087	4,91043	4,6087	5,01043	4,7087	5,11043	5,51217	4,8087	5,21043	5,61217	4,9087	5,31043	5,71217	6,11391
0	0	4,42348	4,52348	4,62348	5,04817	4,72348	5,14817	4,82348	5,24817	5,67287	4,92348	5,34817	5,77287	5,02348	5,44817	5,87287	6,29757
0	0	4,28662	4,38662	4,48662	4,88395	4,58662	4,98395	4,68662	5,08395	5,48127	4,78662	5,18395	5,58127	4,88662	5,28395	5,68127	6,0786
0	0	4,39699	4,49699	4,59699	5,01639	4,69699	5,11639	4,79699	5,21639	5,63579	4,89699	5,31639	5,73579	4,99699	5,41639	5,83579	6,25518
0	0	4,26618	4,36618	4,46618	4,85942	4,56618	4,95942	4,66618	5,05942	5,45266	4,76618	5,15942	5,55266	4,86618	5,25942	5,65266	6,04589
0	0	4,37246	4,47246	4,57246	4,98696	4,67246	5,08696	4,77246	5,18696	5,60145	4,87246	5,28696	5,70145	4,97246	5,38696	5,80145	6,21594
0	0	4,47874	4,57874	4,67874	5,11449	4,77874	5,21449	4,87874	5,31449	5,75024	4,97874	5,41449	5,85024	5,07874	5,51449	5,95024	6,38599
0	0	4,24721	4,34721	4,44721	4,83665	4,54721	4,93665	4,64721	5,03665	5,42609	4,74721	5,13665	5,52609	4,84721	5,23665	5,62609	6,01553
0	0	4,34969	4,44969	4,54969	4,95963	4,64969	5,05963	4,74969	5,15963	5,56957	4,84969	5,25963	5,66957	4,94969	5,35963	5,76957	6,1795
0	0	4,45217	4,55217	4,65217	5,08261	4,75217	5,18261	4,85217	5,28261	5,71304	4,95217	5,38261	5,81304	5,05217	5,48261	5,91304	6,34348
0	0	4,22954	4,32954	4,42954	4,81544	4,52954	4,91544	4,62954	5,01544	5,40135	4,72954	5,11544	5,50135	4,82954	5,21544	5,60135	5,98726
0	0	4,32849	4,42849	4,52849	4,93418	4,62849	5,03418	4,72849	5,13418	5,53988	4,82849	5,23418	5,63988	4,92849	5,33418	5,73988	6,14558
0	0	4,42744	4,52744	4,62744	5,05292	4,72744	5,15292	4,82744	5,25292	5,67841	4,92744	5,35292	5,77841	5,02744	5,45292	5,87841	6,3039
0	0	4,52639	4,62639	4,72639	5,17166	4,82639	5,27166	4,92639	5,37166	5,81694	5,02639	5,47166	5,91694	5,12639	5,57166	6,01694	6,46222
0	0	4,21304	4,31304	4,41304	4,79565	4,51304	4,89565	4,61304	4,99565	5,37826	4,71304	5,09565	5,47826	4,81304	5,19565	5,57826	5,96087
0	0	4,3087	4,4087	4,5087	4,91044	4,6087	5,01044	4,7087	5,11044	5,51217	4,8087	5,21044	5,61217	4,9087	5,31044	5,71217	6,11391

Рис. 4. Массив возможных передаточных отношений редуктора

Ось Z – передаточное отношение (цветовая палитра); ось Y – диаметр коронного колеса; ось X – диаметр солнечного колеса.

Таким образом, мы получили и построили зависимость передаточного отношения редуктора от его геометрических параметров. В свою очередь, так как редуктор является встраиваемым в барабан, то для построения данной зависимости были использованы диаметр барабана и его скорость вращения (скорость подъема груза), так как габариты редуктора и его скорость вращения напрямую зависят от барабана.

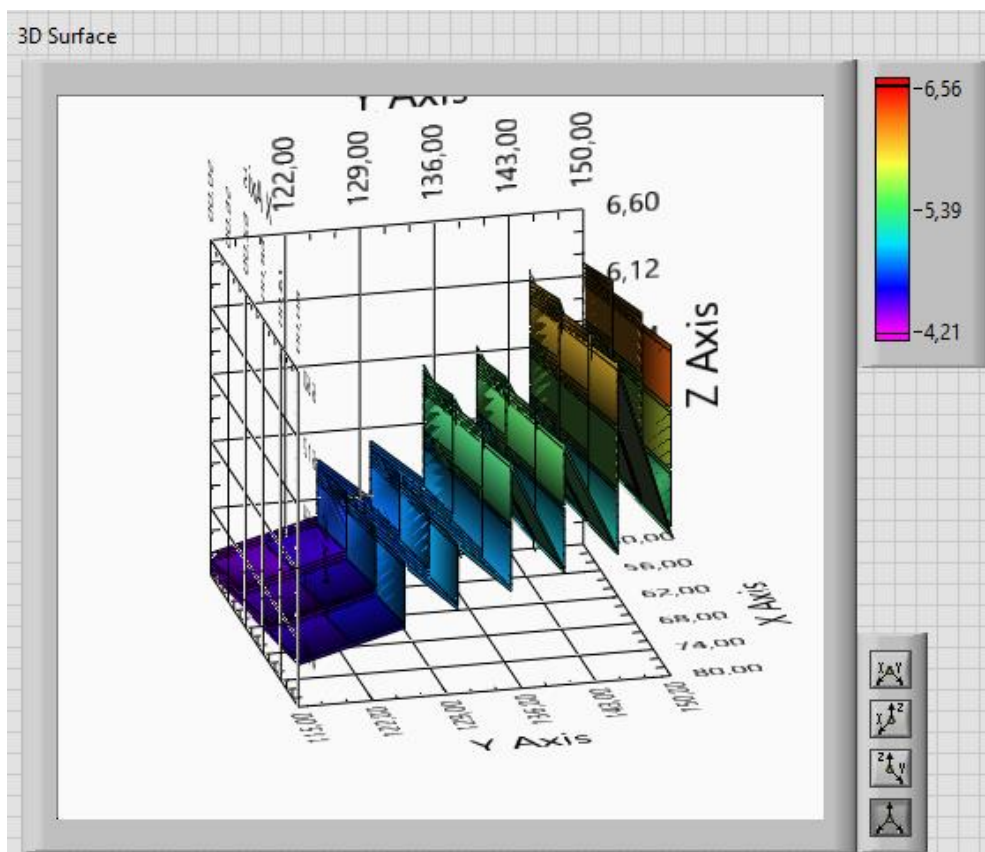


Рис. 5. График зависимости передаточного отношения от диаметров зубчатых колес

Можно сделать вывод, что, задаваясь диаметром барабана и скоростью подъема груза, мы имеем возможность получить данную зависимость и выбрать из неё редуктор с тем передаточным отношением и теми габаритными параметрами, которые нам больше подходят.

Практическая значимость нашего исследования состоит в сокращении трудоемкости на расчет данного редуктора, который включает в себя расчет передаточного отношения и габаритных размеров для нашего привода.

Библиографический список

1. Кашайкин Е.А., Мокин Д.Г., Сорокина И.И. Планетарные редукторы, встраиваемые в барабаны ПТМ // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в ВУЗе // Материалы Всероссийской научно-технической конференции // МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2021. – 61 с. – 2 т.
2. Филипенков А. Л., Пшизов А. К. Влияние трения в сферическом подшипнике сателита на распределение нагрузки по ширине зубчатых венцов планетарных передач // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2015. – №12. с. 10-21.
3. Филипенков А. Л., Пшизов А. К. Планетарные редукторы, встраиваемые в барабаны грузовых лебедок судовых кранов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. – 2017. Т.20, № 2. – с. 90-93.
4. Кудрявцев В. Н., Кирдяшев Ю. Н., Гинзбург Е. Г. и др. Планетарные передачи: – Л.: Машиностроение, 1977. – 536 с.
5. Глухарев Е. Г., Зубарев Н. И. Зубчатые соединения: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 270 с.
6. Длоугий В. В., Муха Т. И., Цупников А. П. Приводы машин: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 383 с.
7. Официальный сайт: компания «Сервотехника» [Электронный ресурс]. <http://www.servotechnica.ru/glossary/type/index.pl?id=6> (дата обращения: 15.03.2022).

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГЗУ НА ПРИМЕРЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГРЕЙФЕРА

Киреева В. Д., студент

Научный руководитель: Ганишкевич А. Ю., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Одним из наиболее трудоёмких процессов перевалки груза с одного вида транспорта на другой является перегрузка навалочных грузов, осуществляемая с помощью грейферов различных типов. В настоящее время широкое распространение получило использование мобильных кранов с гидравлическими грузозахватными приспособлениями.

Для проведения мониторинга необходимы критерии оценки допустимости эксплуатационных повреждений, для поиска которых был проведен анализ нормативно-технической литературы.

Техническим регламентом ТР ТС 010/2011 [1] для ГЗУ установлена необходимость соответствия требованиям безопасности и исключения падения груза. При этом сам технический регламент никаких конкретных указаний по дефектации ГЗУ не даёт.

ФНП по подъёмным сооружениям [2] регламентирует проверку технического состояния ГЗУ в виде ежегодного осмотра, ревизии и, при необходимости, неразрушающего контроля. Однако в указанном документе не приводится никаких критериев браковки гидравлических грейферов.

Некоторые критерии браковки изложены в правилах технической эксплуатации подъёмно-транспортного оборудования морских торговых портов [3]. Однако приведенные в [3] критерии касаются исключительно износа режущих кромок и шарниров. К сожалению, в указанном документе не приводится информация о предельных размерах и наиболее характерных местах возникновения усталостных трещин. Следует также отметить, что РД является документом ограниченного применения.

Благодаря тому, что в современных конструкциях шарнирных соединений применяют новые износостойкие материалы, современные смазки и защитные элементы от попадания абразива, износ значительно уменьшается. Но несмотря на это, шарнирные соединения всё-таки подвержены интенсивному износу и часто требуют не только замены смазок и быстроизнашиваемых втулок, но и полного восстановления несущих элементов.

На рис.1 представлены основные составляющие гидравлического грейфера и их возможные дефекты.

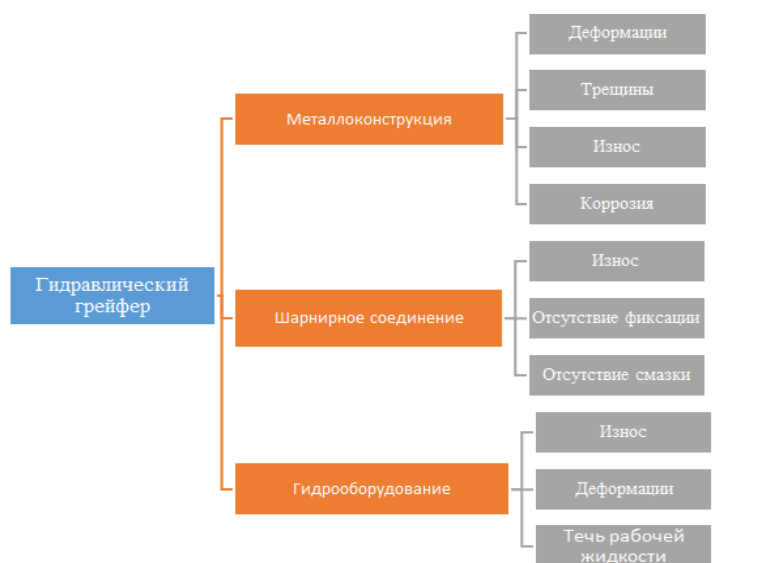


Рис. 1. Составляющие гидравлического грейфера и их возможные дефекты

Во время работы челюсти грейфера подвергаются естественному износу от взаимодействия с перегружаемым материалом (углем, песком, шлаком и т. п.).

Износ грейферов можно условно разделить на плановый и внеплановый.

1) Плановый износ - тот износ, который эксплуатант может прогнозировать, например, такой как истирание ножей и бокорезов.

2) Внеплановый износ - тот износ, который при нормальной эксплуатации не должен достигнуть предельного значения, например такой как, износ стенки и обечайки грейфера (рис.2).



Рис. 2. Износ стенки и обечайки грейфера

Интенсивная эксплуатация грейферов сопровождается накоплением усталостных повреждений металлоконструкции с появлением трещин в сварных швах и в местах концентраций напряжений. Наиболее часто они возникают в местах приварки режущих ножей к боковым стенкам челюстей и днища к задней стенке. Также следует заметить, что слабым звеном является проушина, развитие трещин (Рис.3) в ней часто сопровождается обрывом (Рис.4)



Рис. 3. Развитие трещины

Трещина – является самым опасным дефектом и её образование способно привести к внезапному разрушению металлоконструкции. В связи с этим крайне важно своевременно обнаружить зарождающуюся трещину и принять советующие меры (выполнить ремонт или забраковать изделие)



Рис. 4. Развитие трещины

Шарнирные соединения являются элементами, которые подвержены механическому изнашиванию. Они воспринимают высокие контактные динамические нагрузки с одновременным перемещением элементов узла друг относительно друга, что приводит к трению контактирующих поверхностей и их интенсивному износу, особенно при попадании абразива в зону контакта.

В период эксплуатации гидравлического грейфера в результате износа шарнирных соединений появляются чрезмерные люфты, приводящие к повышенным динамическим нагрузкам (ударам) и увеличению напряжений в узлах металлоконструкции грейфера. [4]

Абразивное изнашивание шарнирных соединений и челюстей усугубляются тем, что трущиеся пары часто работают без смазки, а начальную твердость и износостойкость рабочих поверхностей при ремонтах восстановить практически невозможно. Другим фактором, способствующим более интенсивному изнашиванию, является отсутствие фиксации элементов соединений в проектом положении.

Зачастую размер зазора вследствие износа соединений в эксплуатации достигает 10...15 мм.

Повреждения гидрооборудования и их последствия очевидны и могут быть обнаружены при ежедневных осмотрах (деформация гидроцилиндров и РВД, повышенный нагрев рабочей жидкости и т.д.) А вот внутренние утечки жидкости и износ требуют более тщательного осмотра. Основными причинами утечки являются износ уплотнений и появление микротрещин в РВД (Рис.5).



Рис. 5. Микротрещины в РВД

Гидроцилиндры в процессе эксплуатации, на практике дают значительную часть отказов (деформации корпуса и штока, абразивное изнашивание шарнирных соединений (рис.6), обрыв проушин и т.д.) в работе гидравлических систем.



Рис. 6. Абразивный износ шарнирного соединения

Зачастую отказы гидрооборудования происходят из-за неправильной эксплуатации или пренебрежения к обслуживанию. Сюда входит: нарушение периода смены масла, очистки гидравлической системы, смены фильтрующих элементов, проверки соответствия технических параметров гидравлической системы (давление, расход, уровень масла) [5].

Таким образом, целью мониторинга является обеспечение надёжной эксплуатации ГЗУ во время перевалки груза за счет своевременного выявления изменения контролируемых параметров конструкций, которые могут привести к переходу рабочего органа в ограниченно работоспособное или аварийное состояние.

Библиографический список

1. Технический регламент ТР ТС 010/2011
2. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения. Утв. приказом от 26 ноября 2020 г. N 461 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

3. Правила технической эксплуатации подъёмно-транспортного оборудования морских торговых портов. Утв. управлением по котлонадзору и надзору за подъемными сооружениями Госгортехнадзора России (письмо N 12-07/397 от 29.04.2003 г.)

4. Ganshkevich, A. Y. Topical issues of vibration-based diagnostics of the mechanical equipment of portal slewing cranes / A. Y. Ganshkevich, N. M. Stoyantsov, O. A. Alexandrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering", ToPME 2019, Moscow, 04–06 декабря 2019 года. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012112. – DOI 10.1088/1757-899X/747/1/012112.

5. Оценка надежности порталных кранов по критерию развития коррозионных повреждений / В. С. Котельников, В. Г. Жуков, О. В. Леонова, А. Ю. Ганшкевич // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 4. – С. 32-34.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ПОРТОВ. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ОДНОКОВШОГО ПОГРУЗЧИКА.

Комисаров М. Е., студент

Ганишкевич А. Ю., к.т.н.

Научный руководитель: Замолотчиков А. М., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Эффективность деятельности терминалов в наибольшей степени зависит от состояния используемого перегрузочного оборудования, поэтому мониторинг состояния является наиболее перспективным направлением в повышении эффективности использования оборудования. Для обработки сухопутных транспортных средств в тылу используются одноковшовые погрузчики.

Применение регистраторов параметров позволяет получать объективную информацию о режимах работы погрузчика и данные для анализа причин отказов их узлов и механизмов; при проведении экспертизы промышленной безопасности продлевать срок службы погрузчика и снижать расходы на их обслуживание на основании оценки выработанного ресурса; проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту в зависимости от фактической наработки погрузчика; использовать информацию, как оперативную так и

долговременную, для оценки проектного рабочего периода погрузчика (механизмов), в том числе при сдаче погрузчика в аренду или лизинг.[1]

Но не всегда регистраторы параметров позволяют получать нам нужную информацию, необходимую для мониторинга состояния перегрузочной машины. Чтобы дополнить регистратор параметров, мы выбрали приборы и системы мониторинга, которые позволят нам получать ту информацию, которая нужна.

Параметрами, которые необходимо мониторить для наиболее полной оценки состояния одноковшового погрузчика, являются:

1. уровень и температура топлива;
2. положение и состояние грузозахватного органа;
3. уровень шума в кабине;
4. температура поверхности;
5. состояние аккумуляторов;
6. вибрация;
7. давление в шинах;
8. уровень и состояние масла;
9. давление гидравлической системы.

Таблица 1 Системы мониторинга

Система	Местоположение	Контроль аккумуляторов	Удары и столкновения	Видеонаблюдение	Идентификация оператора	Статистика	Датчик температуры	Положение ГЗУ	Давление гидравлической системы	Состояние ГЗУ
MYTRUCKSYSTEM)	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
Тахограф	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
КАСТ	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
PROFILOAD [2]	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
ShovelMetric [3]	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+

Таблица 2. Приборы мониторинга

Прибор	Уровень/температура топлива	Положение грузозахватного органа	Видеонаблюдение	Уровень шума	Температура поверхности	Контроль аккумуляторов	Вибрация	Давление в шинах	Уровень масла
OMNI COMM LSS5 [4]	+	-	-	-	-	-	-	-	-
MS 300	-	+	-	-	-	-	-	-	-
MSS 301	-	+	-	-	-	-	-	-	-
MSS 302 360	-	+	-	-	-	-	-	-	-
CW639 CAI	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Октафон-110М3 [5]	-	-	-	+	-	-	-	-	-
VTS-3D [6]	-	-	-	-	+	-	+	-	-
БМС01 [7]	-	-	-	-	-	+	-	-	-
TPMS 6-13К [8]	-	-	-	-	-	-	-	+	-
ВИБРОТЭК-У [9]	+	-	-	-	-	-	-	-	+

Рассмотрев системы и приборы мониторинга, предлагается объединить системы мониторинга PROFILOAD и ShovelMetrick с приборами мониторинга Октафон-110М3, БМС01, VTS-3D, TPMS 6-13К, OMNICOMM LSS5, ВИБРОТЭК-У, для того чтобы обеспечить более точный мониторинг одноковшового погрузчика.

Библиографический список

1. ГОСТ 33713-2015 «Краны грузоподъемные. Регистраторы параметров. Общие требования.»
2. LiuGong : [сайт]. – URL: <https://dstvs.ru/cistema-vzveshivaniya-profiload/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный
3. Глобус. Геология и бизнес : [сайт]. – URL: <https://www.vnedra.ru/tehnologii/shovelmetrics-gen-3-eshhyo-bolshe-vozmozhnostej-s-novym-pokoleniem-intellektualnyh-innovacionnyh-vysokotehnologichnyh-sistem-16086/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный
4. Евромобайл. Технологии беспроводной связи : [сайт]. – URL: <https://www.euromobile.ru/produkcija/datchiki-urovnya-topliva/omnicomm-lls5/> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст : электронный
5. Октава. ЭлектроДизайн : [сайт]. – URL: <https://noise-monitoring.ru/oktafon-110m3> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный
6. ПассатИнновации : [сайт]. – URL: <https://dstvs.ru/cistema-vzveshivaniya-profiload/> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст : электронный
7. Энергометрия : [сайт]. – URL: <https://www.energometrika.ru/catalog/check-sistema-kontrolya-sostoyaniya-akkumulyatorov-vr1a.html> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст : электронный
8. АвтоПрофи.РУ : [сайт]. – URL: <https://avtoprofi.ru/TPMaSter-TPMS-6-13K-datchik-davleniya-v-shinah-dlya-gruzovogo-transporta-i-krernoi-tehnikiprotokol-RS-232.html> (дата обращения: 04.04.2022). – Текст : электронный
9. ТЭК – СИСТЕМС : [сайт]. – URL: <https://tek-systems.ru/product/signalizatory-urovnya/vibraczionnyj-signalizator/vibraczionnyj-datchik/> (дата обращения: 21.04.2022). – Текст : электронный

ПРОГРАММНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БАШЕННЫХ КРАНОВ

Кузнецов Ф. А., аспирант

Горелова М. В., аспирант

*Научный руководитель: Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия*

Для моделирования различного рода физических процессов в технических системах существует ряд программных пакетов: SolidWorks, Ansys, Компас 3Д,

Blender, MatLab, MathCad и т.п. Данные продукты имитационным методом моделируют сам объект или систему в компьютерном виде, позволяют загрузить данную модель характерными воздействиями и провести анализ реакции на данные возмущения (с использованием систем дифференциальных уравнений и, например, метода конечных элементов).

Использование платформы зависит от задачи [1]:

- если требуется провести исследование с использованием численных методов, то рационально использовать математический аппарат программы Mathcad (не требует знаний программирования, наглядно визуализирует математическое моделирование, используется для решения задач прикладной математики);

- если необходимо визуализировать модель (например, кран) из отдельных блоков, важна форма тел, провести прочностные расчеты, исследовать течение жидкостей и газов, присутствует неоднородность в системе и другое, то лучше всего использовать САПР продукты, такие как: ANSYS, SolidWorks или отечественный Компас 3D (данные инженеринговые комплексы решают задачи по оптимизации; позволяют рассмотреть переходные процессы; проводить параметрические анализы, зависящие, например, от конфигурации модели и т.д.);

- если требуется визуализировать физические процессы (без получения каких-либо численных значений), то можно воспользоваться программным обеспечением для создания трехмерной графики Blender (например, можно смоделировать поток жидкости или газа: данный продукт использует метод решёточных уравнений Больцмана).

Задача моделирования ветровых нагрузок заключается в создании реального ветрового потока, действующего на объект исследования в соответствующих условиях эксплуатации. Компьютерное моделирование делает доступным исследование аэродинамических возможностей моделей и расширяет диапазон варьирования вариантов воздействия ветровой нагрузки.

Компьютерная модель значительно расширяет диапазон исследований на режимах ламинарном, турбулентном и переходном в двух и трёхмерном измерениях.

Такое моделирование позволяет решать различные задачи экспериментальной аэродинамики, в частности проводить диагностические измерения параметров газового потока, например, при проведении метеорологических, аэродинамических исследований и многих других аэродинамических задач.

В строительном производстве при оценке ветрового воздействия на здания и строительные сооружения нашли свое применение пакеты прикладных программ типа Ansys Fluent или CFX, SolidWorks Flow Simulation и др.

Для виртуальной модели создаваемый поток задается скоростью течения потока, давлением, массовым или объемным расходом (если использовать встроенные источники, вроде вентиляторов). Это позволяет получить численные значения скорости на выходе и проанализировать физическую природу его изменения при протекании в пространстве.

Компьютерная модель объекта, построенная в программной среде Flow Simulation полностью интегрированной в программный комплекс SOLIDWORKS (который рекомендуется разработчиками применять для расчёта движения текучих сред (газа или жидкости) как внутри, так и снаружи моделей) может использовать надежную технологию вычислительной гидродинамики (CFD).

Данный инструмент позволяет:

- визуализировать траектории воздушных потоков (как в формате 2Д, так и в формате 3Д);
- проводить испытания в виртуальной среде максимально сопоставимой с реальной картиной;
- выбирать из встроенной инженерной базы подходящие вентиляторы с параметрами, предоставленными производителями;
- визуализировать напряжения и смещения сборки с помощью настраиваемых 3D-эпюр;
- моделировать ламинарный и/или турбулентный потоки;
- моделировать вращающиеся детали для расчёта их воздействия и многое другое.

Другим мощным инструментом в области вычислительной гидрогазодинамики ANSYS Fluent, базирующийся на решении методом контрольных объемов уравнений Навье-Стокса, а в качестве входных геометрических данных использующий сеточное разбиение области течения. Этот инструмент позволяет анализировать течения жидкостей или газов распространенных моделей k-ε и k-ω.

Различий между программными продуктами Ansys и SolidWorks для расчета воздушных течений достаточно: начиная с того, что Flow Simulation от SolidWorks является встроенным интерфейсом в оболочку CAD системы, а Fluent в Ansys является отдельным приложением; возможность в SolidWorks создавать конфигурации объекта, не создавая как в Ansys отдельные модули (каждый со своей модификацией объекта); простые настройки проекта расчета в SolidWorks для пользователя не имеющего опыта работы в области гидродинамики,

численного анализа, но во Fluent для специалиста представлена глубокая настройка проекта; диапазон моделей турбулентности шире во Fluent нежели в SolidWorks; в Ansys Fluent можно оценить дисбаланс в решении систем дифференциальных уравнений в частных производных.

Оценка результатов использования этих двух сред разнятся: так авторы [2] утверждают, что по результатам моделирования ветровой нагрузки в программном продукте ANSYS реальная устойчивость крана на 15...20% превышает расчётную, что противоречит данным реальной эксплуатации кранов.

В статье [3] вычисляют выходные параметры теплоносителей и затем сравнивают расчетное значение и значения, полученные в пакетах Ansys и SolidWorks. В результате приходят к выводу, что параметры наиболее близки к расчетным, были получены в системе SolidWorks Flow Simulation, а результат моделирования в комплексе Ansys Fluent достаточно отличается.

В электронном блоге компании «ПОИНТ», сравнивая CFD модули в различных CAD системах [4], утверждают, что в неопisanном моделировании SolidWorks потребовал от 4 до 100 раз больше времени, в сравнении с Ansys.

Очевидно, что следует обратить внимание на:

- методику составления расчетных схем;
- оценку и задание начальных условий (температура, давление, скорость начальная потока во трех измерениях, интенсивность турбулентности, масштаб турбулентности);
- выбор режимов нагружения;
- характер моделирования ветрового потока (тип и скорость потока, объемный расход, модель турбулентности);
- габариты модели конструкции крана.

Указанные параметры позволят оценить нагруженность элементов конструкции башенного крана и рекомендовать программный продукт, позволяющий получить наиболее точные результаты расчета в зависимости от типа предлагаемой программы расчета, а также, исходя из нагруженности, определить степень нагружения механизмов башенного крана.

Компьютерное моделирование ветрового потока проводилось на полной копии реальной установки.

Компьютерная модель установки с идентичными выходными данными была построена в программной среде Flow Simulation полностью интегрированным в программный комплекс SOLIDWORKS, который рекомендуется разработчиками применять для расчёта движения текучих сред (газа или жидкости) как внутри, так и снаружи моделей. Для этих целей используется надежная технология вычислительной гидродинамики (CFD).

Если реальная установка позволяет на выходе формировать ламинарный поток воздуха, то компьютерная модель значительно расширяет диапазон исследований на режимах ламинарном, турбулентном и переходном в двух и трёхмерном измерениях.

Выбор исходных данных, задаваемых при исследовании, проводился в единицах измерения СИ ($m \cdot kg \cdot s$). При проведении исследований были учтены следующие параметры потока воздуха, которые сложно учесть при физическом моделировании:

- скорость ветра;
- давление ветра;
- потоки ламинарный и турбулентный;
- температура;
- параметры вентилятора: угловая скорость вращения, массовый расход воздуха, перепад давления.

На момент проведения эксперимента в качестве внешней среды был выбран – воздух. Тип поверхности, с которой контактирует воздушный поток – гладкая (без шероховатости) стенка короба в условиях постоянной температуры окружающей среды.

Для построения модели короба, его расчётная область выбиралась из условия: кубический короб длиной 1040 мм, шириной 158 мм и высотой 660 мм, позволяющий формировать воздушный поток и для сравнения с результатами исследований, полученных В.В. Крыловым [5], был проведен сравнительный расчет для двух видов вентиляторов (рис. 1): для твердотельной модели, способной вращаться, и встроенный (из инженерной базы данных программы): входной вентилятор, создающий втекающий поток с параметрами вентиляционных установок (табл. 1) и условий перепада давления.

Таблица 1 Параметры вентиляторов из инженерной базы SolidWorks

Параметр	Ед. изм.	Величины
Модель	-	9A0912H402[92×92×25]
Тип вентилятора	-	Осевой
Плотность воздушного потока	кг/м ³	1,2
Расход	кг/с	Объёмный
Скорость вращения	с ⁻¹	330
Внешний диаметр	м	0,092
Направление вращения	-	По часовой стрелке

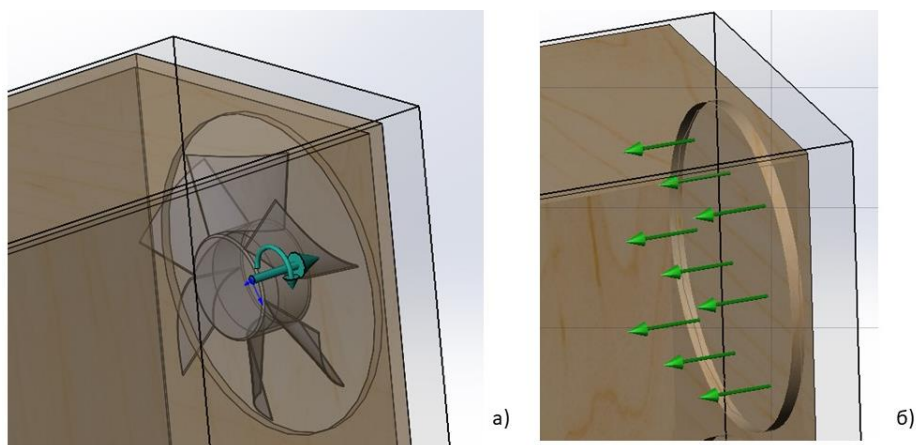


Рис. 1. Виды вентиляторов: а) твердотельная модель вентилятора; б) входной вентилятор, создающий поток

Для виртуальной модели создаваемый поток задавался скоростью, развиваемой со стороны задней стенки. Это позволяет получить численные значения скорости на выходе и проанализировать физическую природу его изменения при протекании до выхода из щели в замкнутом пространстве.

Результаты моделирования (эпюры скорости распространения воздушного потока) для примера с встроенным вентилятором представлены на рисунке 2.

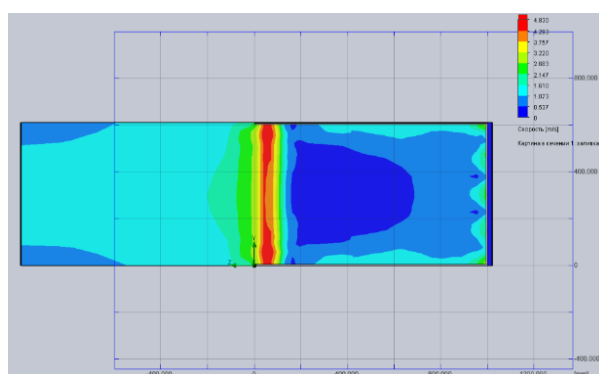


Рис. 2. Распространение потока в продольном сечении при щели в 10 мм на расстоянии 79 мм от боковой поверхности

Обработав полученные значения скоростей в точках, были получены результаты, которые были сравнены с физическим экспериментом вышеописанной установки и отображены на рисунке 3. Здесь наблюдается сходимость результатов экспериментов со встроенным вентилятором и физическим (реальная ситуация), а модель с твердотельным кулером рассогласована с реальными замерами из-за неточности в конструкции кулера: из-за отсутствия схем на кулер Glacial Tech IceWind 14025 (смоделированный кулер воспроизведен «на глаз»).

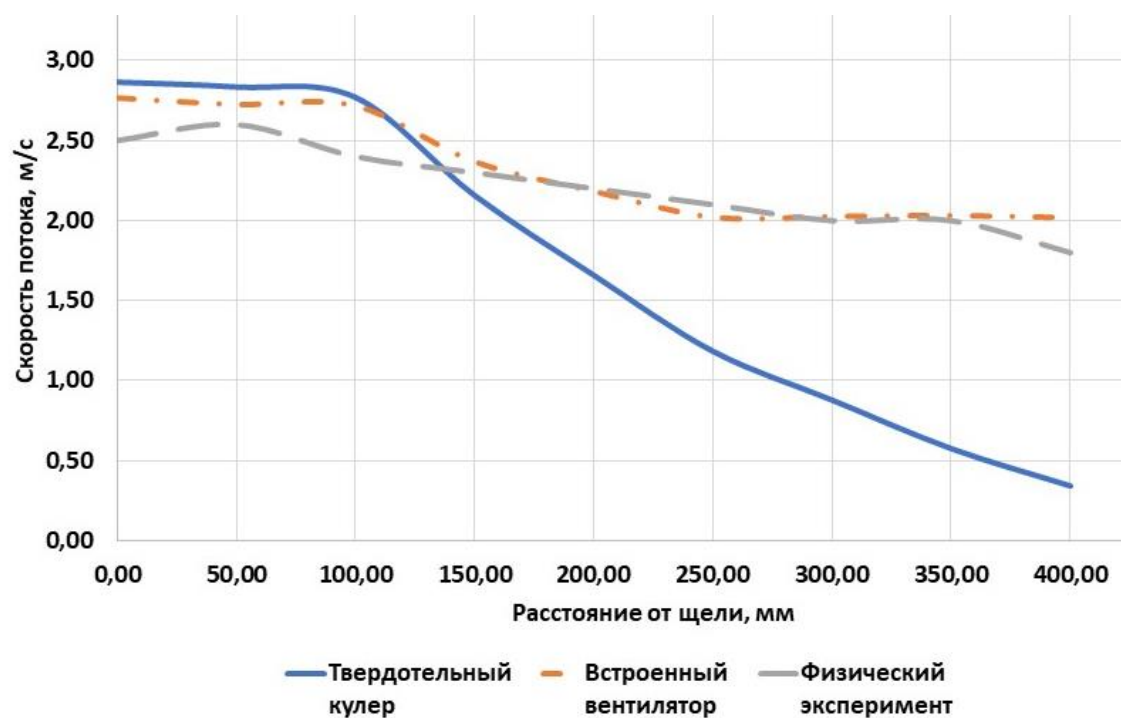


Рис. 3. Распространение потока на высоте 550 мм (щель 30 мм)

Можно сделать вывод о том, что использование твердотельной модели кулера не целесообразно, а для моделирования потока с встроенным вентилятором требуются только исходные данные.

Библиографический список

1. Майер Р.В. Компьютерное моделирование: учебно-методическое пособие для студентов педагогических вузов / Р.В. Майер [Электронное учебное издание на компакт-диске]. – Глазов: ГГПИ. – 2015. – 620 с.

2. Редькин А.В. Компьютерное моделирование ветровой нагрузки с помощью метода конечных элементов / А.В. Редькин, В.А. Обыденков, О.В. Козлов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2009. Вып. 2. – С. 127-132.

3. Черных В.Н. Сравнительное моделирование и тестирование адекватности расчетов рекуператора в пакетах инженерного моделирования / В.Н. Черных, П.А. Илюхин, Т.Ф. Шагабутдинов, А.М. Дубинин, М.А. Денисов // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2017) с международным участием. – Екатеринбург: УрФУ. – 2017. – С. 266-270.

4. Сравнение CFD-решений, интегрирующихся с САД [Электронный ресурс] // Блог компании «ПОИНТ». – Режим доступа:

<https://www.pointcad.ru/novosti/sravnenie-cfd-reshenij,-integriruyushhixsya-s-cad> , свободный – (дата обращения: 03.04.2022)

5. Крылов В. В. Моделирование экспериментальных исследований изменения ветровой нагрузки на стреловые конструкции / В. В. Крылов, Л. А. Сладкова, Ф. А. Кузнецов // Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины. – 2020. №12.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ПОРТОВ. МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ.

Локтюшина М. А., студент

Научный руководитель Замолотчиков А. М., к.т.н., доцент

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Развитие современной логистики требует применения современных информационных и цифровых решений, так как она направлена на повышение эффективности и безопасности перевозок, а также на формирование системного подхода к цифровизации морских и речных портов.

Сейчас нет системного подхода к цифровизации порта, все существующие объектно-ориентированы и рассматривают отдельные параметры.

Наша цель — это создать такую систему, которая включает в себя субъектов, работающих в порту, объекты инфраструктуры морского порта, процессы, осуществляемые на территории и акватории порта, обрабатываемые транспортные средства и грузы.

Процессы, выполняемые в порту, можно разделить на технологические процессы, связанные с оказанием услуг, процессы технической эксплуатации инфраструктуры порта и процессы управления.

Услуги, предоставляемые в порту, включают перевалку грузов, комплексное обслуживание флота, операции на акватории (лоцманское обслуживание), операции, выполняемые контрольными органами (пограничными, таможенными...).

Наибольший эффект от внедрения технологии «цифрового порта» может быть получен путем разработки подсистемы технологических операций терминалов (выполняемых перегрузочными машинами, оборудованием и людьми) с учетом ее взаимодействия с другими подсистемами порта.

Системы планирования и управления, аналитики и отчетности, также система оптимизации процессов базируется на системе распределенного мониторинга.

Технологические процессы, связанные с оказанием услуг оператором терминала, включают в себя перевалку грузов, другие услуги работы по осуществлению операций с грузами.

В статье рассмотрим технологические процессы, выполняемые оператором терминала

В настоящее время разрабатываются платформы видео аналитики, базирующиеся на машинном зрении, позволяющие контролировать количество и качество работы, перемещения грузов, транспортных средств, соблюдение правил выполнения и эффективность рабочих процессов [1.]

Подсистема мониторинга технологических операции должна обеспечивать мониторинг грузов, транспортных средств, складов, портовых рабочих, внутрипортовых путей и дорог, сооружений.

Подсистема должна обеспечивать мониторинг операций, выполняемых перегрузочными машинами и оборудованием, портовыми рабочими.

Технологический процесс работы портов включает такие рабочие процессы:

Прием грузов к перевозке: подготовка порта, территорий, причалов, складов к приему грузов; прием грузов от отправителя, также взвешивание, маркировка и другие операции, размещение и хранение грузов в порту;

Подготовка порта к приему судов: подготовка причалов и всех средств порта, в т.ч. буксиров для приема судов определенных типов и размеров, подготовка грузов погрузке, их соответственное распределение, составление грузовых планов;

Загрузка судов в порту: доставка грузов к причалу, погрузка и укладка их в трюмах, выгрузка и штивка грузов. [2.]

Перечисленные объекты требуют идентификации, установления (через заданные промежутки времени) состояния, которые могут осуществляться за счет комплекса датчиков и машинного зрения.

Внедрение предлагаем системы мониторинга технологической операции приведет к снижению потерь груза, снижению расходов по перевалке грузов за счёт оптимизации использования ресурсов, снижение расходов, связанных с человеческим фактором, снижение сверхплановых простоев транспортных средств, снижение риска аварий зданий и сооружений

Для разработки подсистемы следует найти платформу для осуществления цифровизированного мониторинга, предпочтительно отечественную, выделить

основные объекты и процессы на терминалах. Основные элементы, требующие мониторинга, перечислены ранее.

Библиографический список

1. Vizor labs [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vizorlabs.ru> (дата обращения 03.05.22)
2. Федеральный закон от 8 ноября 2007 г. N 261-ФЗ "О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями)

УСТРОЙСТВО И РАСЧЕТ СПИРАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Лукашук А. Д., студент,

Андреева Д. В., магистрант,

Швецов В. В., студент

Научный руководитель: Лукашук О. А., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Конвейеры со спиральной траекторией движения ленты применяются на пищевых производствах в технологиях с длительным, естественным охлаждением перед упаковкой хлебобулочных и кондитерских изделий [1], для шоковой заморозки полуфабрикатов перед транспортировкой, упаковкой и хранением. Обработываемые продукты транспортируются по спирали, постепенно охлаждаясь до необходимых температур. Спиральные конвейеры используют для бережного подъема и спуска продукции или для накопления в качестве буфера [2,3].

Непосредственно транспортный модуль, который рассматривается в данной работе, представляет собой спиральный многоярусный конвейер, по которому движется замораживаемая продукция, проходя все ярусы снизу вверх. Движение ленты и постепенное ее закручивание в спираль происходит плавно без рывков с постоянной скоростью, что обеспечивает неизменное расположение продукта. Скорость движения ленты может регулироваться с помощью частотного регулятора, что позволяет обеспечить разное время нахождения продукции в морозильной камере. В морозильной камере поддерживается температура на уровне -30...-35С, таким образом, поднимаясь вверх по ленте, продукт замораживается и выходит на дальнейшую обработку. Длина конвейера,

скорость движения и мощность агрегата зависят от продукции и требуемой производительности. Подача продукции в установку осуществляется непрерывно, что позволяет встраивать агрегат в производственный цикл.

Спиральные ленточные конвейеры, предназначенные для установки в холодильных камерах, изготавливаются с учетом требований заказчика и расположения технологических линий. Данное оборудование занимает минимальную производственную площадь, позволяет повысить производительность и качество обработки [4,5]. Спиральный ленточный конвейер состоит из трех больших узлов: несущей металлоконструкции, барабана и устройства натяжения. Несущая металлоконструкция (рис. 1) представляет собой жесткий каркас, состоящий из металлических труб прямоугольного сечения, и стальных полос и предназначена для крепления на нем механизмов конвейера, а также остальных узлов.

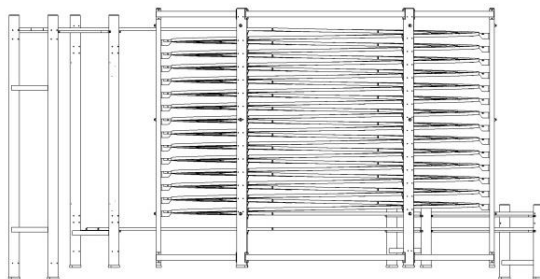


Рис. 1. Несущая металлоконструкция спирального ленточного конвейера

На несущей металлоконструкции крепятся направляющие звездочки (рис. 2а), предназначенные для того, чтобы лента не соскальзывала, грузовое натяжное устройство (рис. 2б), привод натяжки (рис. 2в), пульт управления, а также стяжки, которые соединяют барабан и несущую металлоконструкцию. Стальные полосы металлоконструкции служат опорой и дополнительными направляющими для ленты конвейера.

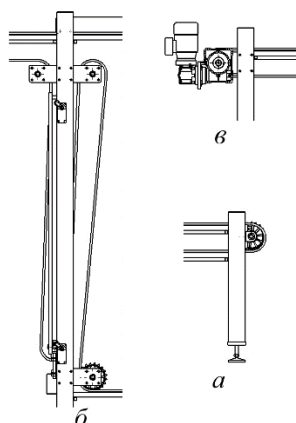


Рис. 2. Элементы конструкции спирального ленточного конвейера:

a – направляющие звездочки; *б* – грузовое натяжное устройство; *в* – привод натяжки.

Барaban (рис. 3*а*) представляет собой каркас из стальных труб, скрепленных специальными пластинами, расположенный в подшипниковых узлах (рис. 3*б*), а также непосредственно напрямую соединенный с главным приводом (рис. 3*в*).

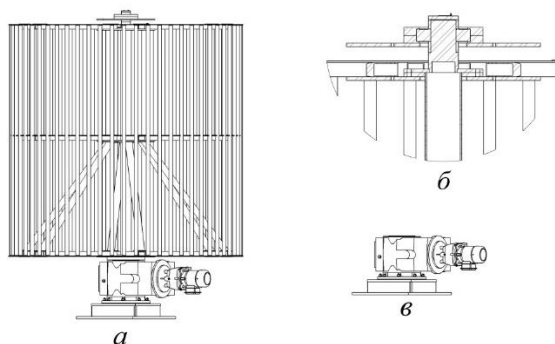


Рис. 3. Элементы привода спирального ленточного конвейера:
a – барабан спирального ленточного конвейера; *б* – верхний подшипниковый узел; *в* – главный привод.

Барaban предназначен для приведения в движение рабочего органа конвейера – ленты. Лента приводится в движение за счет сил трения, возникающих при контакте ленты с трубами каркаса при вращении барабана. Устройство натяжения (рис. 3*б*) представляет собой обычное грузовое натяжное устройство. Оно предназначено для создания предварительного натяжения в ленте, а также для компенсации растяжения ленты возникающего в процессе работы установки. Натяжное устройство состоит из втулки, направляющих звездочек, грузов, а также подшипниковых узлов. Существует возможность замены грузов другими при возникновении такой необходимости у заказчика.

Далее рассмотрим принцип работы спирального ленточного конвейера. Он оборудован двумя приводами – главным и приводом натяжки. Привод натяжки предназначен для дополнительного подтягивания ленты, что позволяет в два раза снизить требуемую мощность главного привода. Главный привод и привод натяжки синхронизированы, и скорость их работы задается одним рычагом на пульте управления. Главный привод соединен с каркасом из труб и все вместе представляет собой барабан. При его включении барабан начинает вращаться. Лента конвейера располагается на несущей металлоконструкции и, благодаря наличию устройства натяжения, находится в постоянном контакте с барабаном. Соответственно, при вращении барабана, лента закручивается вокруг него и за счет возникающих сил трения начинает перемещаться по направляющим со

скоростью, равной окружной скорости вращения труб барабана. Привод натяжки также постоянно включен и подтягивает ленту на себя, что позволяет значительно снизить мощность главного привода. Также на несущей металлоконструкции крепятся направляющие звездочки, которые однозначно определяют траекторию движения ленты, не позволяя ей соскальзывать. Грузовое натяжное устройство компенсирует растягивание ленты, а также обеспечивает ее предварительное натяжение.

Загрузка продукта производится на нижнем выступающем отрезке конвейера. Затем продукт равномерно движется на ленте конвейера до выходного участка конвейера, где происходит гравитационная разгрузка продукта, после чего он поступает в дальнейшую обработку.

Для выполнения тягового расчета спирального конвейера производительностью $Q=1000$ кг/час, с шириной ленты $B=550$ мм, временем заморозки продукта $t=70$ мин составлена расчетная схема (рис.4). Тяговый расчет выполняется с целью найти усилия в ленте на протяжении всей ее длины, что в свою очередь позволяет выбрать подходящие мотор-редукторы. Конструкция проектируемого спирального ленточного конвейера подразумевает два мотор-редуктора – для главного привода и для привода натяжки. Такая конструкция создана для того, чтобы не допустить возникновения усилий сжатия в ленте, которые могут образоваться из-за специфики трассы спирального конвейера. Однако, в целях экономии, а также для более равномерного распределения усилия по длине ленты, главный привод выбирается значительно более высокомоментным, чем привод натяжения ленты.

Тяговый расчет сводится к последовательному нахождению усилий в ленте конвейера [6,7]. Для этого трасса конвейера разбивается на участки, границами которых являются изменения в конфигурации трассы, например, окончание прямолинейного участка, направляющая звездочка или окончание спирального участка. Натяжение ленты в j точке рассчитывается по формуле:

$$S_j = S_i + W_{ij}, \quad (1)$$

где S_j – натяжение ленты в j точке; S_i – натяжение ленты в i точке, Н; W_{ij} – сопротивление на участке ij , Н.

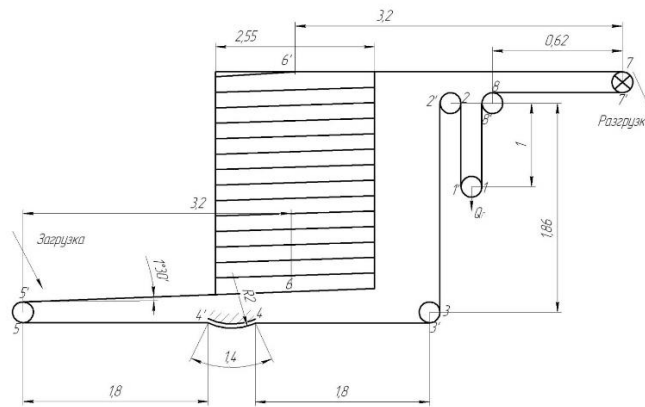


Рис. 4. Схема для тягового расчета.

Сопротивление на рассматриваемом участке зависит от его типа и рассчитывается по формулам:

1. Для прямолинейного горизонтального участка:

$$W_{ij} = l_{ij} \cdot f \cdot q_{\text{п}}, \quad (2)$$

где l_{ij} – длина участка ij , м; f – коэффициент трения (для используемых материалов – полиамид по стали $f = 0,1$); $q_{\text{п}}$ – погонная нагрузка, Н/м.

2. Для прямолинейного вертикального участка:

$$W_{ij} = l_{ij} \cdot q_{\text{п}}, \quad (3)$$

3. Для прямолинейного наклонного участка:

$$W_{ij} = l_{ij} \cdot q_{\text{п}} \cdot (f \cdot \cos\beta + \sin\beta), \quad (4)$$

где β – угол наклона трассы, °.

4. Для спирального участка конвейера:

$$W_{ij} = K \cdot l_{ij} \cdot q_{\text{п}} \cdot (f \cdot \cos\beta + \sin\beta), \quad (5)$$

где K – коэффициент перегиба ленты. Коэффициент перегиба зависит от количества витков конвейера, получен эмпирическим путем, при количестве витков конвейера не более 16 принимает значения от 1 до 6.

5. Для поворотного участка конвейера:

$$W_{ij} = K \cdot l_{ij} \cdot q_{\text{п}}, \quad (6)$$

В качестве начальной точки примем точку набегания ленты на направляющую звездочку груза натяжного устройства. Далее, используя основное правило тягового расчета (1), выполняем обход контура по точкам, определяя усилия в характерных точках трассы, рассчитываем требуемую мощность и подбираем мотор-редуктор.

Библиографический список

1. Гилемханов И.Ю., Гумеров А.М. Использование спиральных конвейеров, чтобы улучшить процесс охлаждения при производстве хлеба // Аллея науки. – 2018. – том: 3, № 5 (21). – С. 45-48
2. Драгилев А. И., Дроздов В. С. Технологические машины и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 1999. – 376 с.
3. Андреева Д.В., Кожушко Г.Г. Особенности эксплуатационных режимов спиральных ленточных конвейеров // В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта. сборник статей. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. 2021. С. 93-94.
4. Израйлевич М.Л. Трубчатые скребковые и бесстержневые спиральные конвейеры - перспективные виды машин непрерывного транспорта // Подъемно-транспортное дело. 2007. – № 6 (44). – С. 9-13.
5. Хабаров А. Н. Области применения спиральных конвейеров в пищевой промышленности // В сборнике: Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 6-ой Международной научно-практической конференции. 21–22 апреля 2016 года. – Курск, 2016. – С. 179-181.
6. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов. 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
7. Кожушко Г. Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров : учебно-методическое пособие / Г. Г. Кожушко, О. А. Лукашук ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2016. – 232 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫЛЕТА С ПРЯМОЙ СТРЕЛОЙ И УРАВНИТЕЛЬНЫМ ПОЛИСПАСТОМ, СОВМЕЩЕННЫМ С УРАВНОВЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Ляскин Д. Г., студент

Научный руководитель: Бортяков Д. Е., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

На порталных кранах используются системы изменения вылета с шарнирно-сочлененными стреловыми устройствами и прямыми стрелами, в

Определим координаты точки крепления оттяжки к рычагу качающегося противовеса С из треугольника, изображенного на рисунке 2.

Расстояние между точками O_t и O_p

$$L_{O_p O_t} = \sqrt{(X_{O_t} - X_p)^2 + (Y_{O_t} - Y_p)^2}.$$

Для нахождения угла α_{c1} применим теорему косинусов:

$$L_{tp}^2 = L_{O_p O_t}^2 + L_{pp}^2 - 2 L_{O_p O_t} L_{pp} \cos \alpha_{c1};$$

$$\alpha_{c1} = \arccos \left(\frac{L_{pp}^2 + L_{O_p O_t}^2 - L_{tp}^2}{2 L_{O_p O_t} L_{pp}} \right).$$

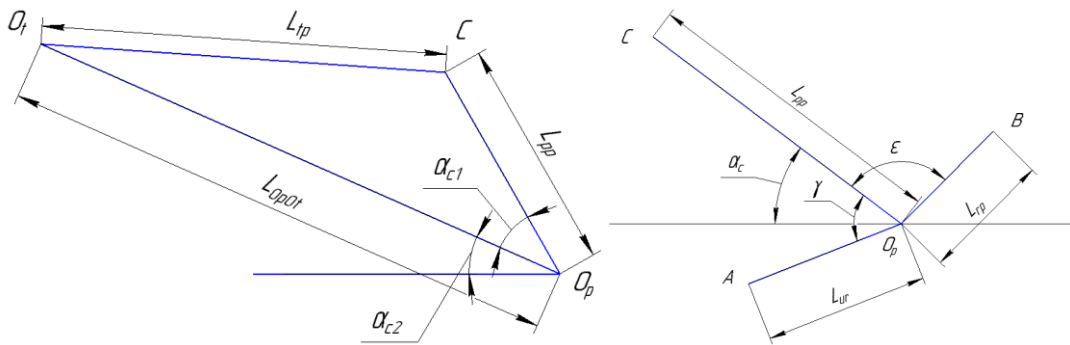


Рис. 2. Схемы к нахождению координат точек

Угол α_{c2} найдем из координат точек O_t и O_p :

$$\alpha_{c2} = \arctg \left(\frac{Y_{O_t} - Y_p}{X_{O_t} - X_p} \right).$$

Суммарный угол, определяющий положение точки С:

$$\alpha_c = \alpha_{c1} + \alpha_{c2}.$$

Координаты точек С, А, В:

$$X_C = X_p + L_{pp} \cos \alpha_c; \quad Y_C = Y_p + L_{pp} \sin \alpha_c.$$

$$X_A = X_p + L_{ur} \cos(\gamma - \alpha_c); \quad Y_A = Y_p - L_{ur} \sin(\gamma - \alpha_c).$$

$$X_B = X_p - L_{rp} \cos(180 - \varepsilon - \alpha_c); \quad Y_B = Y_p + L_{rp} \sin(180 - \varepsilon - \alpha_c).$$

После нахождения координат точек данной схемы можно найти расстояния между блоками установленного на кране полиспаста:

$$L_{us} = \sqrt{(X_U - X_b)^2 + (Y_U - Y_b)^2}; \quad L_{uu} = \sqrt{(X_A - X_b)^2 + (Y_b - Y_A)^2}.$$

$$\text{Тогда длина подвеса груза } L_g = Y_{U0} + L_{us0} - L_{us} + 2(L_{uu0} - L_{uu}),$$

где L_{us0} и L_{uu0} – соответствующие L_{us} и L_{uu} для максимального вылета.

Координаты точки подвеса груза:

$$X_g = X_U; \quad Y_g = Y_U - L_g.$$

По данным координатам можно построить траекторию движения груза, выбрав несколько положений.

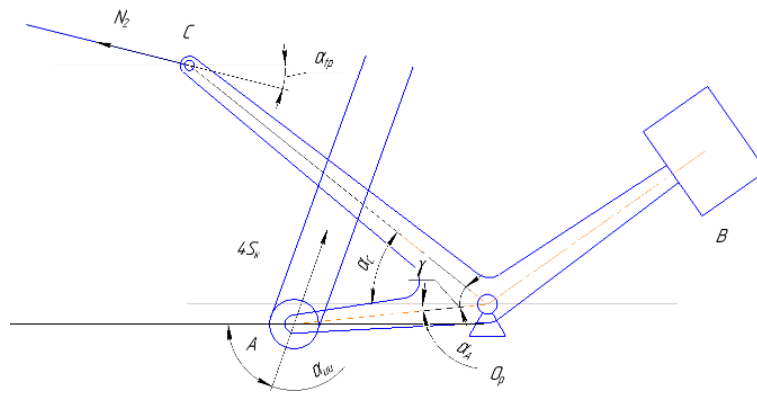


Рис. 3. Схема к нахождению неизвестных сил на коромысле

Переходим к силовому анализу. Для вычисления грузового неуравновешенного момента определим 2 силы: в точке A от натяжения канатов $4S_k$ (принято, что $0,5G_{гр} = S_k$) и в точке C от усилия в тяге N_2 . Для удобства расчетов определим угол $\alpha_A = \gamma - \alpha_C$. Кроме них для расчетов потребуются:

$$\alpha_{tp} = \text{arctg} \left(\frac{Y_{Ot} - Y_C}{X_{Ot} - X_C} \right); \quad \alpha_{uu} = \text{arctg} \left(\frac{Y_b - Y_A}{X_A - X_b} \right).$$

Момент от силы, действующей в точках A и C относительно опоры рычага, равен

$$M_A = -4S_k L_{ur} \cos(\alpha_{uu} - \alpha_A). \quad M_C = N_2 L_{pp} \cos(\alpha_C - \alpha_{tp}).$$

Из уравнения моментов относительно точки O_p :

$$M_C = -M_A; \quad N_2 = \frac{-M_A}{L_{pp} \cos(\alpha_C - \alpha_{tp})}.$$

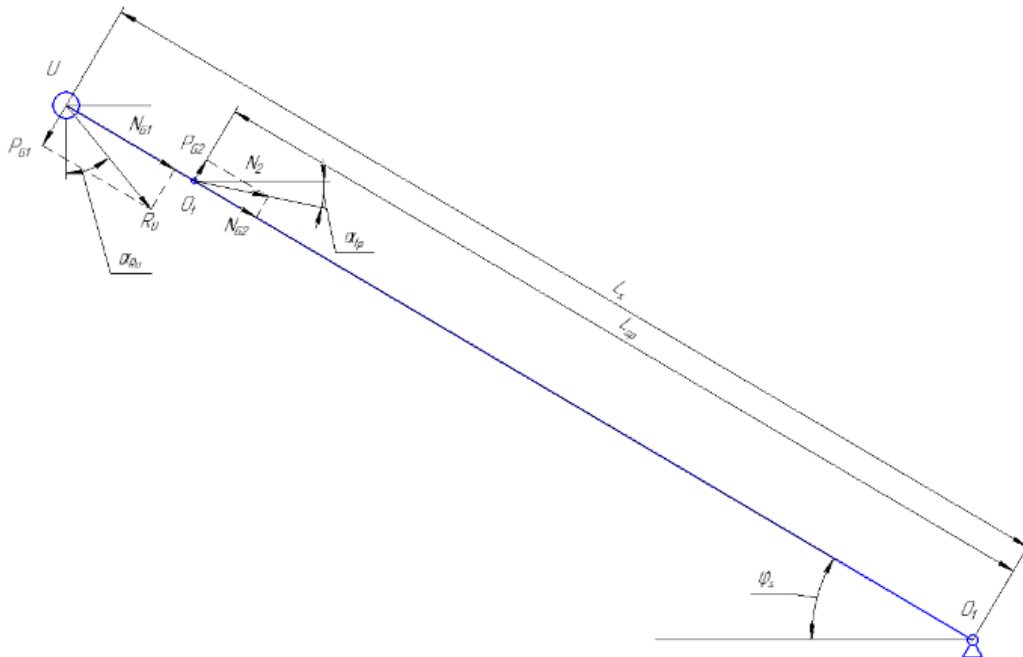


Рис. 4. Схема к нахождению неизвестных сил на стреле

Угол $\alpha_{us} = \text{arctg} \left(\frac{Y_U - Y_b}{X_U - X_b} \right).$

Найдем значение равнодействующей R_U сил, действующих на конце стрелы в точке подвеса груза. Проекция равнодействующей сил на оси x и y :

$$R_{Ux} = G_{гр} \cos \alpha_{us}; R_{Uy} = G_{гр} + G_{гр} \sin \alpha_{us};$$

отсюда

$$R_U = \sqrt{(R_{Ux})^2 + (R_{Uy})^2}.$$

Угол действия равнодействующей относительно вертикали:

$$\alpha_{Ru} = \operatorname{arctg} \left(\frac{R_{Ux}}{R_{Uy}} \right).$$

Найдем поперечные и продольные усилия, действующие на стрелу (рис. 4).

$$N_{G1} = R_U \cos(90 - \alpha_{Ru} - \varphi_s); P_{G1} = R_U \sin(90 - \alpha_{Ru} - \varphi_s);$$

$$N_{G2} = N_2 \cos(\varphi_s - \alpha_{tp}); P_{G2} = N_2 \sin(\varphi_s - \alpha_{tp}).$$

Грузовой неуравновешенный момент найдем по формуле

$$M_G = P_{G1}L_s - P_{G2}L_{sp}.$$

Библиографический список

1. Справочник по кранам: В 2 т. т. 1. / В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин [и др.]; под общ. ред. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. – 536 с.
2. Справочник по кранам: В 2 т. т. 2. / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковин [и др.]; под общ. ред. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
3. Серлин Л. Г. Оптимизация крановых конструкций и их автоматизированное проектирование. Учебное пособие. / Серлин Л. Г., Орлов А. Н. – Л.: изд. ЛПИ, 1987. – 85 с.
4. Бортяков Д. Е. Специальные грузоподъемные машины: Метод. указания по курсовому проектированию / Д. Е. Бортяков, А. Н. Орлов. – СПб.: Гос. Техн. ун-т. СПб, 1995. – 28 с.
5. Бортяков Д. Е. Специальные грузоподъемные машины: порталные, судовые и плавучие краны / Д. Е. Бортяков, А. Н. Орлов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. СПб, 2009. – 170 с.
6. Бортяков Д.Е., Орлов А.Н. Грузоподъемные машины: Учеб. Пособие / СПб. гос. техн. университет. СПб, 1995. – 88 с.
7. Александров М. П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов / М. П. Александров, Л. Н. Колобов, Н. А. Лобов и др.: – М.: Машиностроение, 1986 – 400 с., ил.

МОБИЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДОСТАВКИ ПУТЕВОГО ИНСТРУМЕНТА НА УЧАСТКИ ПУТИ ПРИ ИХ ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ

Матвеев А. П., студент

Научный руководитель: Трошко И. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Текущее содержание пути – это совокупность организационно-технических операций, которые подлежат выполнению на протяжении всего года, в целях обеспечения исправного состояния и продления срока службы такого сложного инженерного сооружения, как железнодорожный путь. Эти мероприятия осуществляются по утвержденному графику и охватывают, в том числе, участки путей, которые были прежде закрыты на ремонт.

В перечень задач по текущему содержанию пути входят [1]:

- обеспечение контроля над состоянием ж/д путей и сооружений дорожным мастером с участием путевой бригады, предупреждение и устранение выявленных неисправностей;
- увеличение межремонтных сроков всех элементов железнодорожного пути и сокращение расходов на проведение ремонта;
- осуществление осмотров, промеров пути и стрелочных переводов с внесением результатов в книгу записей и дефектную ведомость;
- устранение просадок и перекосов пути, влияющих на плавный ход подвижного состава, с применением электрошпалоподбоек и регулировочных карточек;
- рихтовка и устранение количества углов в плане, которые становятся причиной плохого закрепления ж/д ветки и приводят к выбросу пути;
- укладка карточек, геотекстиля и вырезка балласта при ликвидации последствий пучения грунта в виде поднятия рельсового пути;
- разгонка и подправка стыковых зазоров с разрывом и без разрыва рельсовой колеи для предупреждения изгибов и срезов;
- устранение отступлений в ширине рельсовой колеи посредством перешивки пути (для деревянных шпал) либо замены нашпальной резины и изоляционного уголка (для железобетонных шпал);
- очистка рельсов и креплений монтерами 3 разряда или обходчиками путей на участках, имеющих большое содержание грязи и мазута для избежания пробуксовки;
- протяжка и смазка болтов (стыковых, клеммных, закладных) для предупреждения угона пути и увеличения стыковых зазоров, устранения мест с ослабленным креплением;

- устранение выплесков пути и вырезка балласта для предупреждения образования пучин в зимнее время, просадок и перекосов пути;
- ремонт и замена рельсов, стрелочных переводов, обусловленных наличием серьезных дефектов и невозможностью их эксплуатации;
- замена таких элементов пути, как шпалы и переводные брусья, срок службы которых закончился из-за процессов гниения и выполнения работ машинами тяжелого типа;
- монтаж, ремонт и содержание путевых и сигнальных знаков, необходимых для полноценной работы всех служб ж/д транспорта и маркировки границ железной дороги;
- замена стыковых скреплений и накладок – самых уязвимых мест ж/д пути, износ которых вызван созданием температурных напряжений колесными парами состава;
- обработка участков пути, междупутья и полосы отвода гербицидами для удаления ненужной растительности;
- ремонт и содержание деревянных и рельсовых тупиковых упоров, в том числе, покраска-установка знаков, устранение дефектов конструкции, измерение габаритов строений, регулярный осмотр [1].

Из вышеперечисленных задач следует, что для текущего содержания пути, нужно применять различные средства механизации. Одними из таких средств является путевой гидравлический инструмент (рихтовщики, разгонщики стыковых рельсовых зазоров, натяжители рельсовых плетей, домкраты и т. д.). Доставка данного оборудования на участки ж/д пути одна из главных задач, так как применение инструмента при выполнении работ ограничено не большим промежутком времени (специально выделяемое временное «окно» от продвижения поездов).

На сегодняшний день доставка инструмента к месту выполнения работ осуществляется, путевыми тележками (однорельсовые и платформенные), дрезинами, автотранспортом и т. д.

Для удобства доставки инструмента, на удалённое расстояние, используются так называемые дрезины.

Дрезина — специальная самодвижущаяся тележка (изделие), передвигаемая механически по рельсам и служащая для поездок работников железнодорожного транспорта с целью осмотра железнодорожного пути и по другим служебным надобностям.

В прежние годы дрезины, как правило, не оборудовались сцепками либо были приспособлены только для буксировки специально приспособленных прицепов. В настоящее время все дрезины оборудуются сцепками и для пересылки на большие расстояния могут включаться в состав поездов.

Дрезины подразделяются на мотодрезины и автодрезины. Ранее к автодрезинам относили лёгкие съёмные (до 300 кг) машины, оснащённые мотоциклетными двигателями (называвшиеся также мотодрезинами); как следствие, существовало подразделение автодрезин в зависимости от массы на съёмные и несъёмные. К настоящему моменту такая классификация является устаревшей: съёмные машины классифицируются как мотодрезины, тогда как под термином «автодрезины» подразумеваются исключительно несъёмные машины.

По конструкции небольшая автодрезина напоминает автомобиль. Так же, как и на автомобиле, передача на авто- и мотодрезине механическая, но, в отличие от автомобиля, трансмиссия мотодрезины имеет реверс-редуктор с одинаковыми передаточными числами для переднего и заднего хода (то есть дрезина может с одинаковой скоростью ехать вперёд и назад). Место водителя стараются оборудовать таким способом, чтобы ему было удобно управлять дрезиной при любом направлении движения.

Иногда в качестве дрезин используют переоборудованные автомобили, зачастую просто заменяя пневматические колёса на металлические, но это приводит к определённым неудобствам, так как при движении задним ходом водителю приходится выворачивать шею или пользоваться услугами своеобразного «лоцмана»-«назад смотрящего» [2].

Создание мобильной дрезины, используемой не только для доставки тяжелого путевого инструмента, путевых рабочих, но и как средства для диагностики пути в профиле и плане с применением специальных путеизмерительных тележек, а также для подключения различного гидравлического оборудования используемого при текущем содержании пути, на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства», института «Транспортной техники и систем управления» РУТ (МИИТ), предлагается разработка в качестве выполнения дипломного проектирования «Мобильной универсальной путевой тележки (дрезины) с использованием гидропривода».

Самоходная тележка предназначена для перевозки как работников, так и разного вида инструментов, требуемых для обслуживания и осмотра железнодорожного пути. Она оборудована насосной станцией, клетями для фиксации инструмента во время движения, краном-манипулятором (для снятия и установки путевого инструмента на ж/д путь, сиденьем для водителя, а также путеизмерительной тележкой для диагностики пути (рисунок 1).

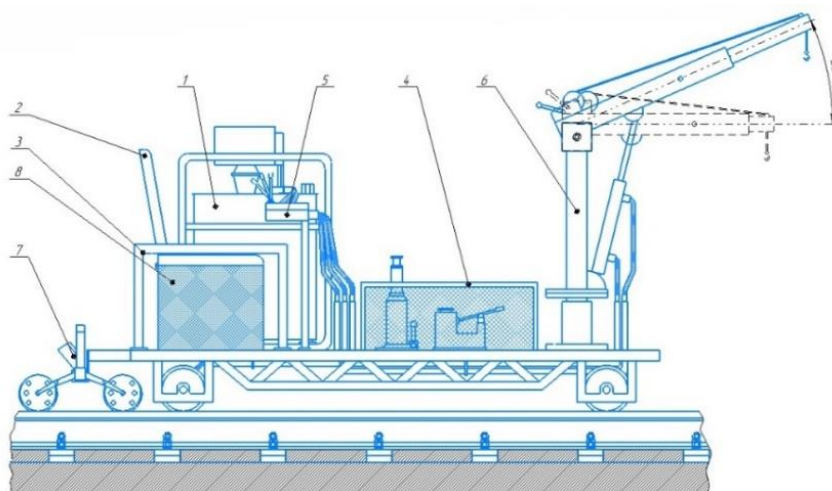


Рис. 1. Общий вид мобильной универсальной тележки (дрезины):
 1 – насосная станция, 2 – сиденье для работника, 3 – перила, 4 – клеть для
 путевых инструментов, 5 – гидрораспределитель, 6 – кран-манипулятор,
 7 – путеизмерительная тележка, 8 – клеть для инструментов

Применение гидравлической насосной станции позволяет:

- осуществлять работу гидромотора для перемещения тележки;
- подключать различный гидроинструмент;
- управлять работой крана манипулятора, установленного на платформе (кран-манипулятор служит для подъема и перемещения особо тяжелого инструмента).

При разработке были определены технические характеристики данной машины, обеспечивавшие весь спектр выполняемых ею операций (табл. 1).

Таблица 1 Технические характеристики машины

Грузоподъемность тележки, кг	500
Рабочее давление насосной станции, МПа	70
Грузоподъемность крана, кг	500
Масса крана, кг	50
Масса тележки, кг	500
Скорость передвижения тележки, км/ч	25

Данная конструктивная разработка позволяет облегчить работу путевого рабочего, повысить его производительность, обеспечить своевременную доставки персонала и инструмента к месту выполнения работ, и не мало важный фактор – это обеспечить безопасное проведение работ (охрана труда).

Библиографический список

1. Содержание железнодорожных путей [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://transway-ug.ru/soderzhanie-zheleznodorozhnyh-putey/>
2. Дрезина [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Дрезина>
3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://желдорспецпроект.рф/2288r>
4. Кравникова, А.П. Основы эксплуатации путевых и строительных машин : Учеб. пособие / А. П. Кравникова. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 182 с.
5. Ахламенков, С.М. Электрооборудование и устройства автоматики путевых и строительных машин : Учеб. пособие / С.М. Ахламенков . – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 152 с.
6. Кравникова, А.П. Гидравлическое и пневматическое оборудование путевых и строительных машин : учеб. пособие / А.П. Кравникова . – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. – 420 с.
7. Абдурашитов, А.Ю. Путевые машины: учебник / А.Ю. Абдурашитов [и др.] ; под ред. М.В. Поповича, В.М. Бугаенко. – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 960 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ БАШЕННОГО КРАНА С ИЗМЕНЯЕМЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ПРОТИВОВЕСА

Мирзоев С. Г., абитуриент,

*призёр олимпиады школьников «Шаг в будущее» «Инженерное дело»
МГТУ им. Н.Э. Баумана 2021-2022 учебного года, ученик 11-го класса школы
№1517 г. Москвы.*

*Научный руководитель: **Масягин А. В.**, старший преподаватель*

*ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им.
Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва,
Россия*

Строительный башенный кран – ведущая грузоподъёмная машина в строительстве. С его помощью выполняют подъёмно-транспортные и

монтажные работы на строительной площадке при возведении и ремонте зданий, сооружений.

Переменное положение противовеса позволяет увеличить грузоподъёмность башенного крана и при этом обеспечить устойчивость в ненагруженном состоянии.



Рис. 1. Башенный кран

У такой конструкции крайне важно понимать какой вес, в каком положении на стреле можно поднимать, и соответственно в каком положении должен находиться противовес. Идея была изложена в конкурсной работе программы «Шаг в будущее» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Рассматривалось два противовеса: стационарный у основания крана, наиболее тяжёлый, и подвижный малотоннажный на стреле противовеса. В результате создана электронная модель (программа в Excel), в которой наглядно отображается положение противовеса в зависимости от веса поднимаемого груза и его положения на стреле.

При создании математической модели учитывались все основные параметры устойчивости крана. Коэффициент грузовой устойчивости без груза рассчитан по формуле:

$$K_y = \frac{\sum M_y}{\sum M_o} = \frac{M_{гнч} + M_{гпп} + M_{гпвс} + M_{гпвм} + M_{гб} + M_{гсмп}}{M_{гс} + M_{внч} + M_{вс} + M_{впп} + M_{впвс} + M_{всп} + M_{вб}}$$

где: M_y - удерживающий момент ($H \cdot m$);

M_o - опрокидывающий момент ($H \cdot m$);

$M_{гнч}$ - удерживающий момент неповоротной части ($H \cdot m$);

$M_{гпп}$ - удерживающий момент поворотной платформы ($H \cdot m$);

$M_{гпвс}$ - удерживающий момент противовеса стационарного ($H \cdot m$);

$M_{гпвм}$ - удерживающий момент противовеса мобильного ($H \cdot m$);

$M_{гб}$ - удерживающий момент башни ($H \cdot m$);

$M_{гсмп}$ - удерживающий момент стрелы мобильного противовеса ($H \cdot m$);

$M_{гс}$ - опрокидывающий момент стрелы основной ($H \cdot м$);

$M_{внч}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) неповоротной части (крайне мал) ($H \cdot м$);

$M_{вс}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) стрелы основной ($H \cdot м$);

$M_{впп}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) поворотной платформы (крайне мал) ($H \cdot м$);

$M_{впвс}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) прот-са стационарного (крайне мал) ($H \cdot м$);

$M_{всп}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) стрелы противовеса ($H \cdot м$);

$M_{вб}$ - опрокидывающий момент (тах ветровая нагрузка) башни ($H \cdot м$).

С помощи коэффициента устойчивости, технических требований башенного крана и условия мобильности противовеса определяем рабочий диапазон грузоподъёмности. Не забываем про коэффициент запаса.

Величина грузового момента: $M_{гр} = M_y - M_o$

Масса груза:

$$m_{гр} = \frac{M_{гр}}{g * L}$$

где: L - положение груза на стреле (м.);

g - ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Для простоты восприятия в математическую модель были загружены данные крана высотой в 20 метров и длиной основной стрелы в 23 метра.

Когда противовес находится на крайнем ближнем к башне положении, максимальная масса возможного груза на максимально дальнем положении стрелы равна 732 кг. (грузоподъёмность на конце стрелы). Если мы захотим увеличить грузоподъёмность, то в дело пойдёт движение мобильного противовеса по своей стреле. При максимальном удалении каретки влево грузоподъёмность составит 863 кг. Электронная модель, наглядно отображает изменение положения мобильного противовеса в зависимости от положения и веса поднимаемого груза, что повышает информативность и безопасность работ. Также крановщик или руководитель работ при необходимости сможет оперативно смоделировать какой максимальный груз на каком участке стрелы допустим при текущих условиях. Само решение достаточно универсально для использования на различных по размерам башенных кранах, необходимо ввести основные характеристики и параметры крана в программу, и она готова к использованию.

Пример: при положении груза на 19 метрах и его массе в 950 кг, получим, что каретка мобильного противовеса будет находиться в положении 4,04 метра.

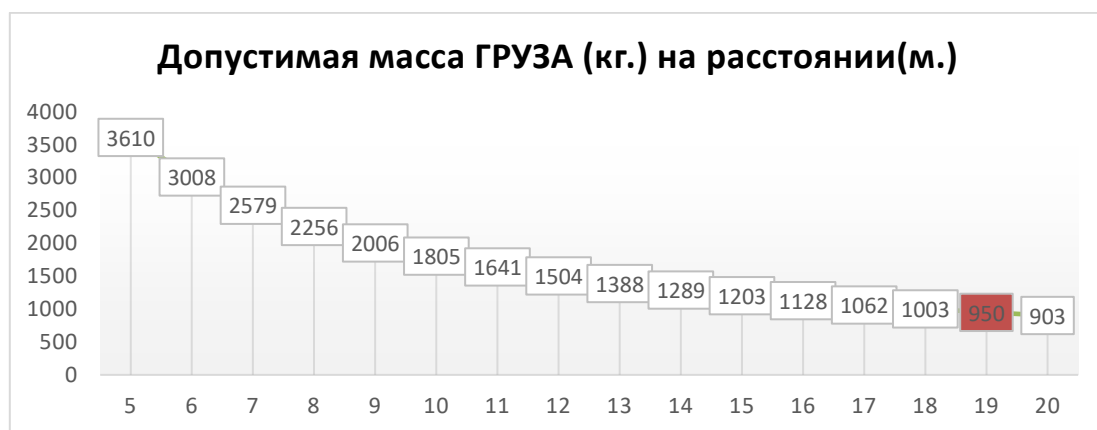


Рис. 2. Зависимость массы перемещаемого груза от вылета стрелы

Стоит отметить, что в современном мире без башенных кранов невозможно строительство масштабных сооружений. Применение мобильного противовеса усложнит конструкцию, что увеличит себестоимость башенного крана, но зачастую строителям приходится работать в зонах плотной застройки или на объектах с большой удалённостью зоны монтажа от зоны разгрузки. Такое решение позволит эффективно решать поставленные задачи, соответственно проект окупит себя.

Библиографический список

1. И.Я.Коган. “Строительные башенные краны”. Москва 1964 г. “Машиностроение”
2. Л.А.Невзоров, Г.Н.Пазельский, В.А.Романюха. “Строительные башенные краны”. Москва 1986 г. “Высшая школа”
3. В.М.Ройтман, Н.П.Умнякова, О.И.Чернышева. “Безопасность труда на объектах городского строительства и хозяйства при использовании кранов и подъёмников”. Москва 2007. “Издательство Ассоциации строительных вузов”.

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ СЕЧЕНИЯ ГЛАВНОЙ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА С ПОДБОРОМ НАИМЕНЬШЕЙ МАССОГАБАРИТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мустафин А. Р., студент

Научный руководитель: Мокин Д. Г., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Грузоподъемные машины, а в частности, мостовые краны – наиболее распространенные средства механизации подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ, которые позволяют добиться снижения объемов тяжелого ручного труда и увеличения производительности труда.

В зависимости от области применения и технических характеристик различают два основных типа мостовых кранов: подвесные и опорные. Мостовые краны опорного типа могут выполняться как однобалочными, так и двухбалочными.

Мостовые краны являются важнейшим звеном в отдельно взятых производственных процессах, следовательно, их конструкция требует постоянной модернизации, а технические характеристики постоянного совершенствования.

Поиск возможностей снижения металлоемкости, энергоемкости и улучшения иных технико-экономических показателей, а как следствие, и стоимости, является важнейшей задачей, стоящей при проектировании крана. Уменьшение металлоемкости кранов, главным образом, может достигаться путем рационального подбора параметров и уменьшения металлоемкости металлоконструкций. [1]

Металлические конструкции грузоподъемных кранов изготавливают преимущественно из малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей, поставляемых в виде проката различных типов: листового, широкополосного, фасонного и сортового. [2]

В настоящее время при производстве кранов все шире применяют сплошные листовые металлоконструкции, так как они дешевле и менее трудоемки в изготовлении благодаря автоматизации процессов сварки и использованию листа вместо прокатных профилей (рис. 1).

В листовых конструкциях по сравнению с решетчатыми более равномерно распределяется силовой поток и в связи с этим наблюдается меньшая концентрация напряжения в стыках. Такие конструкции обеспечивают большую надежность при переменных нагрузках [3].

Необходимо иметь в виду, что при малых грузоподъемностях вся площадь сечения сплошных листов полностью не используется, поэтому применять листовые конструкции в этих условиях нерационально [3].

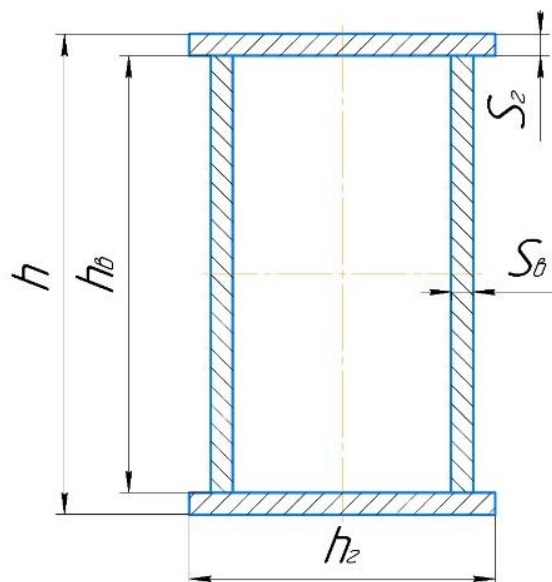


Рис. 1. Балка коробчатого сечения
 h – высота балки; $h_в$ – ширина вертикального листа; $h_г$ – ширина горизонтального листа; $S_в$ – толщина вертикального листа; $S_г$ – толщина горизонтального листа.

В исследовании предлагается вариант автоматизации расчёта и оптимизации параметров металлоконструкции двухбалочного мостового крана с балками коробчатого сечения (рис. 1), а именно автоматизация расчёта параметров главной балки и их оптимизация, реализованные в среде разработки «LabVIEW» (США).

Процесс расчета параметров главной балки является достаточно трудоемким и длительным, в ходе которого необходимо выполнять ряд условий. Таким образом, реализации алгоритма расчета и оптимизации параметров главной балки является актуальной задачей.

Front panel программы изображена на рисунке 2. Расчёт в программе осуществляется на основе методики, представленной в [4]. Исходными данными для программы являются: Q – грузоподъемность крана, т; L – пролет крана, м; d – расстояние между осями грузовой тележки, м; $[\sigma_p]$ – допустимое напряжение для материала, из которого будет изготавливаться балка, МПа.

Алгоритм программы работает следующим образом. При вводе исходных данных, в зависимости от грузоподъемности Q и пролета L крана по функциональной зависимости программа определяет равномерную нагрузку от собственного веса балки q . Далее рассчитываются максимальные величины сил и моментов от суммы сосредоточенной и равномерно распределенной нагрузки, вычисляется требуемый момент сопротивления и высота балки.

В программу внесено условие, отраженное в работе [5], исходя из которого высота главной балки h зависит от пролета крана L и назначается в следующем интервале: $h = (1/14 \div 1/18)L$.

Далее вычисляется требуемый момент инерции поперечного сечения балки, момент инерции подобранных вертикальных листов и определяется необходимый момент инерции горизонтальных листов.

Следующим шагом является определение ширины горизонтального листа h_2 , на которую также наложено условие. Ширина зависит от высоты главной балки h и должна находиться в следующем интервале: $h_2 = (0,3 \div 0,7)h$. При этом должно выполняться условие $h_2 \geq 350$ мм, которое накладывает технологические условия сварки. [6]

После подбора геометрических параметров сечения рассчитывается уточненное значение момента инерции этого сечения, наибольшее нормальное напряжение в крайнем волокне балки, касательное напряжение на уровне центра тяжести балки в ее опорном сечении, эквивалентное напряжение, которое должно быть меньше, чем допускаемое напряжение материала.

Программа устроена так, что перебирает толщины листов до того момента, пока не будут выполняться все условия. Если одно из условий не выполняется, программа делает шаг и увеличивает толщину листов.

Если параметры сечения находятся в заданных пределах и эквивалентное напряжение меньше допустимого, значит условия выполняются – горит зеленый индикатор.

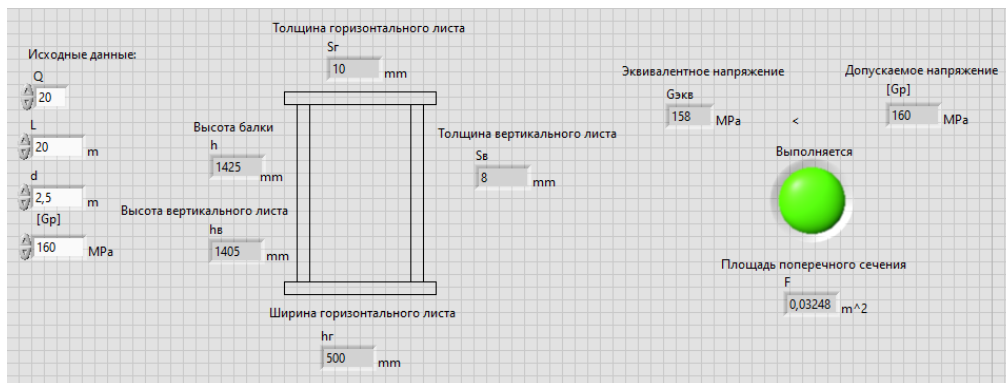


Рис. 2. Front Panel LabView

На основании программы были построены графики зависимости площади поперечного сечения F от пролета крана L в диапазоне пролетов от 10,5-34,5 м, предусматриваемых [7]. На рисунке 3 приведены графики зависимости для кранов грузоподъемностью 8 т; 12,5 т; 20 т; 32 т; 50 т.

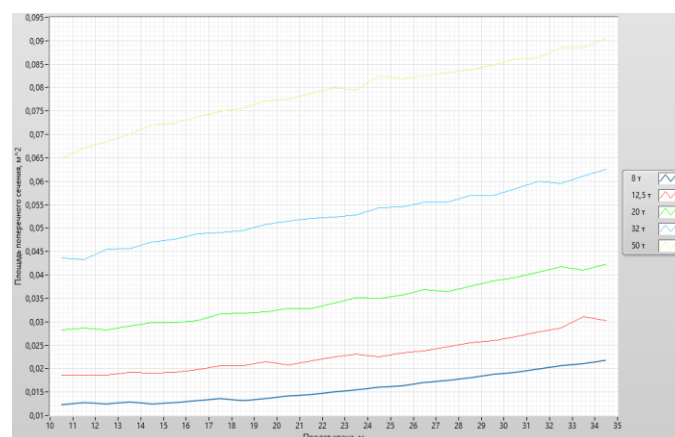


Рис. 3. График зависимости площади поперечного сечения главной балки от пролета крана

Как видно из графиков, для сравнительно малых грузоподъемностей и пролетов площадь поперечного сечения в пределах одной грузоподъемности практически не увеличивается. Это связано с наложенным технологическим ограничением на ширину горизонтальной листа $h_z \geq 350$ мм.

Таким образом, представленная программный алгоритм позволяет подобрать оптимальный параметры поперечного сечения главной балки, а само ее проектирование становится менее трудоемкой задачей, что благоприятно отразится на стоимости крана.

Библиографический список

1. Мустафин А.Р., Мокин Д.Г. Программный расчёт эквивалентных напряжений балки мостового крана // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: Мат-лы Всерос. науч.- техн. конф., 2021. С.67-70.

2. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов и др.; под ред. С.А. Казака. – М.: Высш. школа, 1989. 319с.

3. Александров М. П. Грузоподъемные машины. –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана - Высшая школа, 2000. 552 с.

4. Гончаров К.А., Толкачев Е.Н. Основы расчета и конструирования грузоподъемных машин. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2019. 197 с.

5. Гончаров К.А. Метод предельных состояний при проектировании металлоконструкций подъемно-транспортных машин. – Брянск: БГТУ, 2015. 91с.

6. Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. – 2012.

7. ГОСТ 25711-83 Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СИММЕТРИЧНОГО КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА

Невзорова Е. В., студент

Иванов Н. Д., студент

Кузнецов М. А., студент

Научный руководитель: Гнездилов С. Г., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Клещевые симметричные захваты относятся к числу специальных (неуниверсальных) грузозахватных устройств, применяемых на погрузочно-

разгрузочных операциях массовых и штучных грузов. Такие захваты должны быть надежными и безопасными в эксплуатации, их конструкция должна исключать повреждение груза при его обработке [1]. Существует большое число различных конструктивных исполнений таких захватов [2–5].

Далее рассмотрим лабораторный симметричный клещевой захват (рис. 1). Основу такого захвата (рис. 2), закрепленного на подвесе 2, составляет пара рычагов 1, соединенных друг с другом посредством тяги 4 и через груз 6. В конструкции имеется также пара раскосов 3, рабочая длина ОС которых может регулироваться, посредством чего может быть изменен угол α (определяется по транспортеру 7), от величины которого зависит сила сжатия груза.

Всегда существует такое значение угла α (между подвесом и раскосом), при котором груз едва удерживается в захвате, а его незначительное изменение приведет к тому, что образующейся между башмаками 5 и грузом 6 силы трения будет недостаточно для подъема груза, который будет проскальзывать относительно башмаков 5. Сила сжатия груза в свою очередь зависит от веса захвата и силы трения, образующейся между захватом и грузом [6].

При экспериментальном определении предельного значения данного угла (запас на удержание груза в захвате равен единице) в разные моменты времени получаются разные значения в широком диапазоне. На непостоянство значения данного параметра могут влиять силы трения, образующиеся между башмаками и грузом, а также трение в шарнирах.



Рис. 1. Лабораторная установка

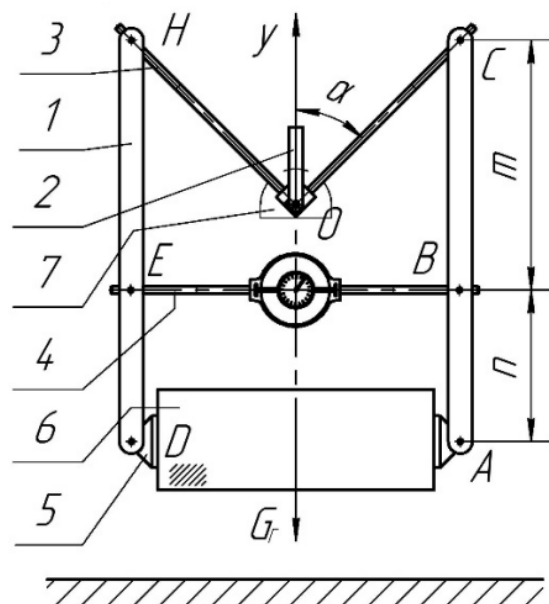


Рис. 2. Схема клещевого симметричного захвата

Цель настоящей работы – исследовать влияние трения в шарнирах лабораторного клещевого симметричного захвата (рис. 1) на величину силы

сжатия груза. Для этого решим следующие задачи: 1) с применением системы конечно-элементного анализа получим зависимости растягивающей силы в тяге захвата от величины угла α для случаев с трением и без трения в шарнирах захвата; 2) для проверки конечно-элементных моделей экспериментально построим зависимость силы в тяге от угла α ; 3) на основе аналитической зависимости построим зависимость силы в тяге от угла α .

С практической точки зрения интереснее было бы определить силу сжатия груза, однако, поскольку экспериментально невозможно получить такие данные, то в работе строятся зависимости для силы в тяге, которая может быть получена на основе показаний стрелочного индикатора, установленного на тяге 4 и измеряющего деформации упругого кольца. Отдельно отметим, что перед использованием показаний индикатора производится его градуировка: тягу подвешивают вертикально за один конец, а с противоположной стороны закрепляют грузы известной массы.

Аналитически сила в тяге $T_{\text{сум}}$ (действует вдоль тяги) в зависимости от угла α может быть определена по формуле

$$T_{\text{сум}} = \frac{G_1 + G_2 + G_r}{2} \cdot \frac{m + n}{n} \cdot \tan \alpha,$$

где G_1 – вес одного раскоса;

G_2 – вес захвата без учета раскосов и подвеса;

G_r – вес груза;

m, n – геометрические характеристики захвата.

Минимальное значение угла α , при котором груз едва удерживается в захвате, равно

$$\alpha = \arctg \frac{G_r}{(G_1 + G_2 + G_r)f} \frac{n}{m},$$

где f – коэффициент трения покоя между башмаком и грузом (определяется экспериментально).

Экспериментальное построение зависимости силы в тяге от угла α производится в условиях создания высокого коэффициента трения между башмаками и грузом (устанавливается тонкая фрикционная прослойка). Последовательно на всем интервале возможного изменения угла α с небольшим шагом производится изменение данного угла и снимаются показания индикатора, по которым впоследствии на основе результатов градуировки может быть определена сила в тяге.

Конечно-элементный анализ захвата выполнен на основе геометрической модели, массовые характеристики которой максимально приближены к аналогичным характеристикам лабораторного захвата. Соединения элементов захвата моделировались посредством контактов с трением и без трения.

Коэффициент трения принят равным 0,2 (металл по металлу) [7]. В модели принят ряд допущений, в числе которых: в шарнирных соединениях отсутствуют зазоры, в процессе нагружения захвата отсутствуют боковые перемещения (из плоскости захвата) шарнирных соединений рычагов с раскосами.

На рис. 3 приведены некоторые результаты конечно-элементного анализа захвата в *Ansys Workbench*.

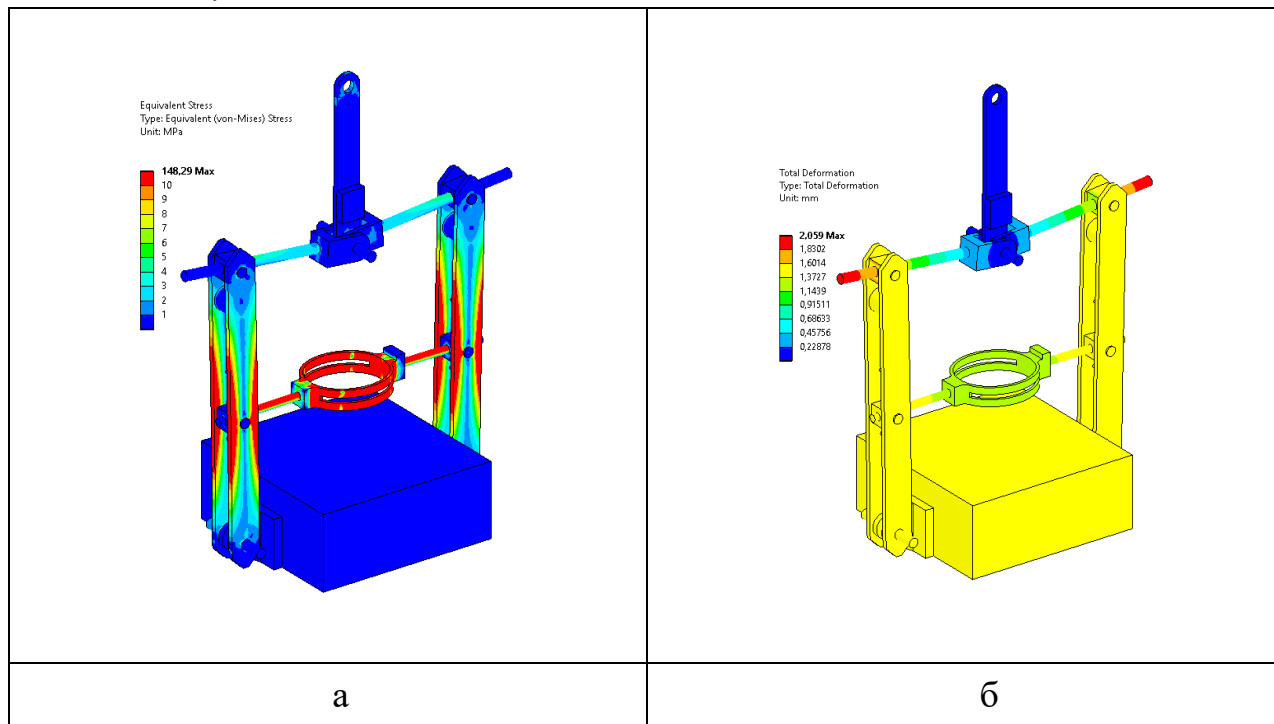


Рис. 3. Результаты конечно-элементного анализа захвата (с учетом трения в шарнирах), перемещения увеличены в 15 раз:

а – карта эквивалентных напряжений, б – карта перемещений

Результаты построения графиков приведены на рис. 4. При этом минимальное значение угла α , при котором груз едва удерживается в захвате, составило 75 градусов при силе в тяге равной 420 Н.

Из представленных на рис. 4 зависимостей (результаты конечно-элементного анализа) видно, что с увеличением трения в шарнирах захвата уменьшается растягивающая сила в тяге, а, следовательно, и сила сжатия груза. Экспериментальная и теоретическая (полученная аналитически) характеристики располагаются между характеристиками, полученными в результате конечно-элементного анализа. При этом теоретическая характеристика при малых значениях угла α совпадает с характеристикой, полученной в результате конечно-элементного анализа без учета трения в шарнирах захвата.

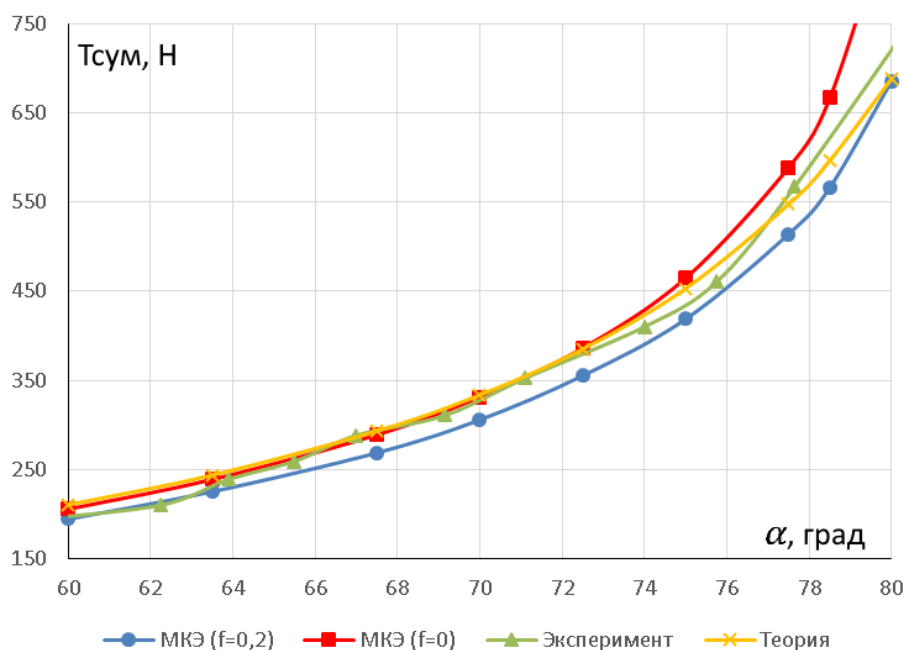


Рис. 4. Зависимости силы растяжения $T_{\text{сум}}$ в тяге от угла α

На основе анализа результатов можно сделать вывод о том, что в рабочем диапазоне изменения угла α (отсутствует проскальзывание груза относительно башмаков захвата) результаты расчета $T_{\text{сум}}$ по представленной выше формуле приближенно равны экспериментальным данным, а, значит, данная формула, не учитывающая трение в шарнирах захвата, позволяет с высокой точностью определять силу в тяге.

Библиографический список

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана – Высшая школа, 2000. 552 с.
2. Бабкин А. И. Фрикционное грузозахватное устройство с увеличенным ходом винта // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы инновационного развития арктического региона РФ». - Архангельск: САФУ, 2021. - С. 15-19.
3. Руденко А.В., Дужевский И.А. Динамика совершенствования конструкций фрикционных грузозахватных устройств для перемещения изделий из древесины // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы инновационного развития арктического региона РФ». - Архангельск: САФУ, 2021. - С. 25-30.
4. Николаев М.Е. Обоснование параметров клещевого захвата погрузочно-транспортного агрегата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2021. - С. 431-441.

5. Жарков, К. Н. Конструкции клещевых захватов / К. Н. Жарков, Д. В. Толкачев; науч. рук. Л. С. Жаркова // Техсервис - 2021: материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 19-21 мая 2021 г. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 251-255.

6. Коршунов, С. А. Проектирование конструкции клещевого захвата / С. А. Коршунов, К. С. Кузьмина, С. Д. Солодовников // XIII Международная научно-техническая конференции «Современные проблемы машиностроения»: Материалы Международной научно-технической конференции, Томск, 26-30 октября 2020. — Томск: Томский политехнический университет, 2020.

7. Палочкин С.В., Хейло С.В., Щеглюк Ю.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Подъемно-транспортные устройства». Москва, 2011.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКОМ ИСПОЛНЕНИИ

Панасенко Н. Н., д-р техн. наук., профессор

Синельщиков А. В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

(АГТУ), г. Астрахань, Россия

Монография авторов Н.Н. Панасенко и А.В. Синельщикова вышедшая в 2020 году в издательстве «АСВ» (рис. 1), посвящена развитию ФНП Правил и правил СП 14.13330 применительно к современному уровню теории конечно-элементного анализа и его приложению к решению задач сейсмической безопасности пространственных конструкций грузоподъемных кранов (ГК).



Рис. 1. Монография «Конечно-элементный анализ и проектирование подъемных сооружений в сейсмическом исполнении», авторы Н.Н. Панасенко и А.В. Синельщиков

Усилия авторов в данной работе, прежде всего, направлены на два фактора: на разработку конечно-элементных расчетно-динамических моделей (РДМ) грузоподъемных кранов, зданий и сооружений с крановыми нагрузками в сейсмостойком исполнении (рис. 2). Для целей проектирования, учтен, с одной стороны, опыт «Российской ассоциации по сейсмостойкому строительству» (РАСС), изложенный в работах А.В. Смирнова, С.В. Полякова, Н.А. Николаенко, Ю. П. Назарова, А.Г. Тяпина, А.И. Цейтлина, Э.Е. Хачияна и др., с другой – в монографии предложены более совершенные расчетные модели, учитывающие иерархические структуры первичной модели – грунтов, вторичной – подземных частей промышленных зданий, портовых сооружений, ростверковых конструкций крановых путей на свайных полях и др., и моделей третьего уровня – зданий, сооружений, эстакад и др., фильтрующих (усиливающих либо гасящих) пространственные волновые сейсмические воздействия, и, наконец, моделей четвертого уровня – ГК, встроенных в предыдущие модели, рассматриваемых как линейные и нелинейные конструкционные системы.

Вторым фактором авторы считают модель сочетания различных видов эксплуатационных нагрузок и сейсмических воздействий, инерционные характеристики конструкций, в виде тел для дискретных моделей или деформируемых стержней, пластин, массивов для континуальных РДМ, служат для выполнения динамических расчётов с целью определения параметров сейсмической реакции.

Кроме вводной первой, глава вторая монографии посвящена конечно-элементной теории, применяемой в теории сейсмостойкости подъёмных

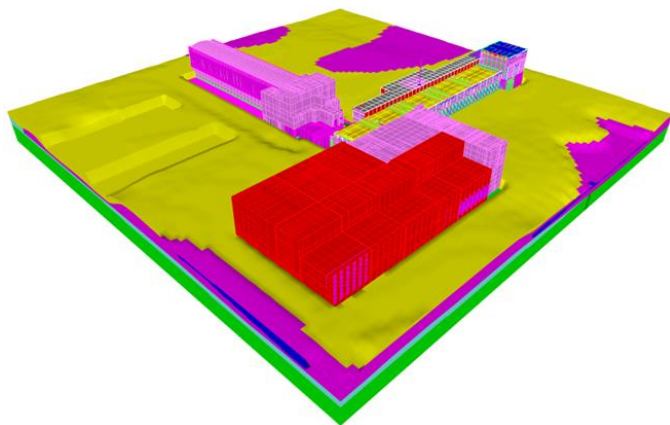


Рис. 2. Комплексная расчетно-динамическая модель «грунт-промышленные здания-грузоподъемные краны»

сооружений, где в качестве базовых конечных элементов (КЭ) используются все типы пространственных стержней – от массивного до тонкостенных, открытого и замкнутого профилей, матрицы жёсткости которых получены авторами с учётом сдвига срединной поверхности на основе теории тонкостенных стержней Власова и Уманского; двумерная пластина Кирхгофа и трёхмерные КЭ тетраэдров и гексаэдров.

В главе 2 приведена полная математическая модель динамики подъёмных сооружений как пространственных систем в составе комплексной системы «грунт-промышленные здания-грузоподъемные краны», которая определяет применяемые пространственные расчётные модели и методы их описания при выполнении соответствующих расчётов. Для методологии теории сейсмостойкости важны два типа расчётных моделей: сооружений и сейсмического воздействия. В этой главе рассмотрено решение левой части

(традиционного матричного) уравнения движения со многими (n) степенями свободы,

$$[M]\{\dot{V}(t)\} + [C]\{\dot{V}(t)\} + [K]\{V(t)\} + \left\{R(V(t), \dot{V}(t))\right\} = \{P_{ст}\} + \{P_{\partial}\} - [M]\{\ddot{A}(t)\}, \quad (1)$$

отражающим в левой части распределение в РДМ масс $[M]$, затухания $[C]$, жёсткости $[K]$, вектора перемещения $\{V(t)\}$ и его производных, нелинейные характеристики системы $\left\{R(V(t), \dot{V}(t))\right\}$, а в правой – статические и динамические эксплуатационные нагрузки, а также трёхкомпонентный вектор сейсмической акселерограммы $\{\ddot{A}(t)\}$.

Глава 3 монографии посвящена математической модели вынужденных колебаний подъёмных сооружений и их использования, как в общем случае метода динамического анализа (МДА) при численном интегрировании уравнений движения (1), так и в частных случаях, при решении статических задач, при определении частот и форм собственных колебаний и построения алгоритмической модели линейно-спектрального метода (ЛСМ), в отличие от консольной модели СП 14.13330, для пространственных конструкций, в том числе с распределёнными массами.

Для решения (1), в монографии обосновывается использование жёсткоустойчивого метода Гира, в виде формул дифференцирования назад, позволяющим эффективно строить алгоритм интегрирования системы нелинейных дифференциальных уравнений.

В главе 4 представлены предложения авторов по адекватности математических моделей сейсмических воздействий реальным процессам землетрясений. За основу решения поставленной задачи приняты указания карт сейсмической интенсивности, относящихся к участкам со средними по сейсмическим воздействиям грунтами (II категории, согласно СП). Для практических инженерных целей при проектировании ГК в сейсмическом исполнении МДА авторами в главе 4 предложены вероятностно-статистические акселерограммы (ВСА) $\{\ddot{A}(t)\}$ в виде эффективных частей 7, 8 и 9-ти балльных землетрясений и их расчётные сейсмические спектры ответа (ССО) для затухания колебаний $\xi=0,02$, $\delta_3=0,125$, необходимые для использования в ЛСМ. В расчётах на сейсмостойкость протяжённых в плане ГК на независимо стоящих опорах, а также при проектировании протяжённых крановых рельсовых путей (КРП), в т.ч. на свайных фундаментах, охваченных ростверками, в главе 4 монографии предложены модели волновых сейсмических процессов.

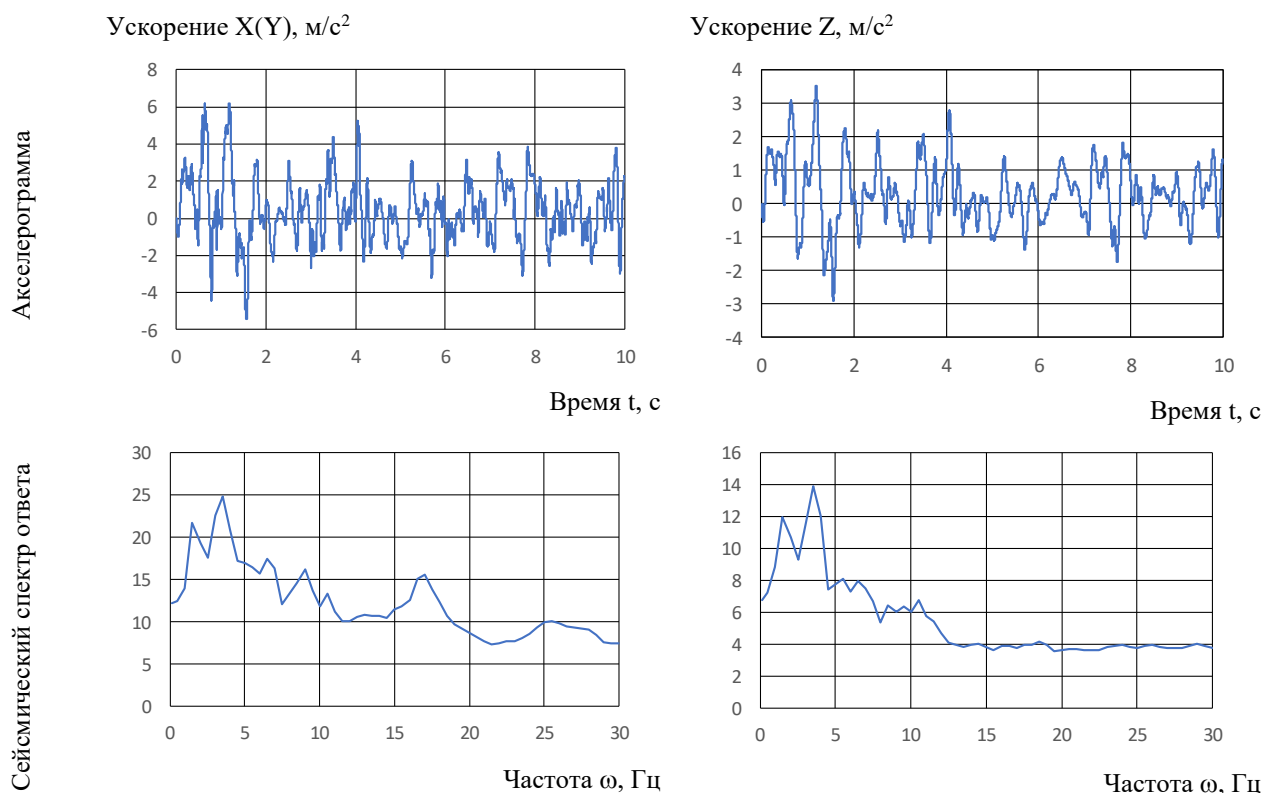


Рис. 3. Вероятностно-статистические акселерограммы (ВСА) $\{\ddot{A}(t)\}$ в виде эффективной части 9-ти балльного землетрясения и их расчетные сейсмические спектры ответа

Глава 5 посвящена нормированию и сочетанию расчётных эксплуатационных нагрузок и сейсмических воздействий, где учитывается, что грузоподъёмные краны общепромышленного назначения по ИСО 4301/1-86 имеют различные классы использования, по ГОСТ 28609 имеют различные классы ответственности (безопасности), а по НП 43-2011 [2] – различные классы безопасности и категории сейсмостойкости. Кроме этого, ГК размещены в зонах с долями интенсивности землетрясений от 7,0, 7,1...7,9, 8,0 баллов. На этой основе, с учётом опыта РБ 006-98 [3], предложена для расчётного анализа математическая модель вероятно-статистической акселерограммы (ВСА) (от 7 до 8 баллов с шагом 0,1), как произведение единичной (нормализованной) безразмерной акселерограммы на переходные коэффициенты от единичной к модифицированной акселерограмме.

В главах 6 и 7 представлен опыт авторов по разработке конечно-элементных моделей подъёмных сооружений как систем со многими степенями свободы, разработанные для целей их расчётного анализа сейсмостойкости МДА и ЛСМ. Указано, что задача сейсмостойкости кранов считается скорее научной, нежели технической, и требует обширных знаний в различных областях механики и вычислительной математики, даже если каждая из частных задач, например, разработка линейных и нелинейных РДМ металлоконструкций подъёмных сооружений для принятия проектных решений может считаться разрешимой с относительно преодолимыми трудностями. Низкий уровень

соответствия РДМ ГК их действительным конструкциям для построения поэтажных акселерограмм, приводит к тому, что из строительной механики берётся лишь внешняя форма расчёта.

В главе 6 приводятся особенности конечно-элементного моделирования грузоподъёмных кранов, вследствие которых и совместно с особенностями сейсмического воздействия моделирование подъёмных сооружений рассматривается как отдельное направление математического моделирования сейсмической безопасности ГК.

Глава 7 посвящена изложению результатов практических расчётов различных типов подъёмных сооружений.

Монография направлена на осмысление принципов системного анализа в отличие от традиционной методологии, когда сложный объект с целью исследования разбивается на простые элементы, что приводит к раздельному расчету элементов сооружений (в частности – грунт, фундамент, здание, встроеное оборудование и др.). При доступности и массовой распространенности мощного программного инструментария проектировщика, традиционная методология выглядит не только как недостаток, но и в сообществе проектировщиков уже рассматривается почти как неприемлемое на профессиональном уровне решение. Второй особенностью монографии является исследования сейсмической безопасности ГК как опасных производственных объектов. Не исключено, что подобного рода работа является одной из первых, в том числе затрагивающей проблематику сейсмической безопасности ОИАЭ с крановыми нагрузками. В-третьих, монография направлена на восполнение недостаточности ГОСТ 32579.1-2013 и ГОСТ 33169-2014 для вопросов расчета кранов на сейсмические воздействия, в то время как нормы и правила НП-043-11 и ФНП предписывают сейсмостойкое проектирование кранов «установленных в сейсмически активных районах» [2, 5]. Кроме теории МКЭ, в работе значительное внимание уделено численным методам интегрирования дифференциальных уравнений движения, реализующим на практике ЛСМ и МДА, как методы теории сейсмостойкости подъёмных сооружений, что позволило получить прикладные методики проектирования ГК в сейсмостойком исполнении.

Практическая полезность обусловлена возможностью использования монографии в качестве учебного пособия для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов технических факультетов, специализирующихся в области прочностных расчетов конструкций различных типов МКЭ. Монография может быть также полезна инженерам, занимающимся расчетом и проектированием не только конструкций подъёмных сооружений, поскольку содержит описание методик исследования НДС конструкций, применяемых в различных областях техники (строительстве, машиностроении и др.). Работа может представлять интерес для научных работников, так как содержит оригинальные подходы к решению различных задач статики, динамики, устойчивости и сейсмостойкости сооружений.

Библиографический список

1. Панасенко Н.Н., Синельщиков А.В. Конечно-элементный анализ и проектирование подъемных сооружений в сейсмостойком исполнении: монография / под редакцией проф. докт. техн. наук Н.Н. Панасенко. – М.: Издательство АСВ, 2020. – 760 с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов для объектов использования атомной энергии: (НП-043-11): официальное издание: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору от 02.03.2018: введен в действие 16.08.2013. – Москва: НТЦ ЯРБ, 2013. – 28 с.
3. РБ 006-1998. Руководство по безопасности. Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ / Утв. пост. Госатомнадзора России от 29.12.1998 №3
4. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*: (СП 14.13330.2018): утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24.05.2018: дата введения 25.11.2018. – Москва: Минстрой России, 2018. – 84 с.
5. Федеральная нормы и правила в области промышленной безопасности. «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (2-е изд., испр. и доп.). – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2016. – 164 с. (Последняя редакция: см. Приказ Ростехнадзора от 26.11.2020 №461)

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА УЧАСТКЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ СЕКЦИЙ С РАЗРАБОТКОЙ УЗЛОВ НАСТЕННОГО ПОВОРОТНОГО КРАНА

Повереннов Е. В., студент

Научный руководитель: Горынин А. Д., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

В статье идет речь о консольно-поворотном кране, который предназначен непосредственно для ликвидации ручных погрузочно-разгрузочных работ и исключения тяжелого ручного труда при выполнении основных и вспомогательных технологических операций.

Настенные консольно-поворотные краны, оснащенные электрическими таями, используются в цехах промышленных предприятий в качестве вспомогательного оборудования в помощь мостовым кранам, так как могут работать на уровень ниже, чем мостовые краны, не мешая друг другу.

Консольный кран, устанавливаемый на вертикальную поверхность, применяется для погрузочно-разгрузочных работ в тесных помещениях. Это оптимальный вариант механизма в ограниченном пространстве цеха или склада, где невозможно монтировать краны с пролетной конструкцией.

Настенные модели также позволяют осуществлять операции рядом с рабочим местом (например, со станком). Зона обслуживания настенного крана ограничена радиусом вылета стрелы. Радиус разворота крана составляет 180 градусов. Консольные поворотные настенные краны представляют собой консольную двутавровую балку, соединенную посредством подкоса с вертикальной стойкой трубчатого или коробчатого сечения. На концах стойки приварены две оси, цапфы которых посредством подшипников качения опираются на два кронштейна. Кронштейны при помощи болтов прикрепляются к металлическим или железобетонным колоннам здания.

Решением данной задачи, является установка в зоне размещения испытательного оборудования, настенного консольно-поворотного крана. Выбор консольного крана, обусловлен простотой управления, монтажа и обслуживания крана, конструкция позволяющая установить кран в зоне проведения работ, требуемой грузоподъемностью и энергоэффективностью.

Рассмотрим схему крана [рис. 1] и его механизацию с отметками пролетов. [рис. 2,3].

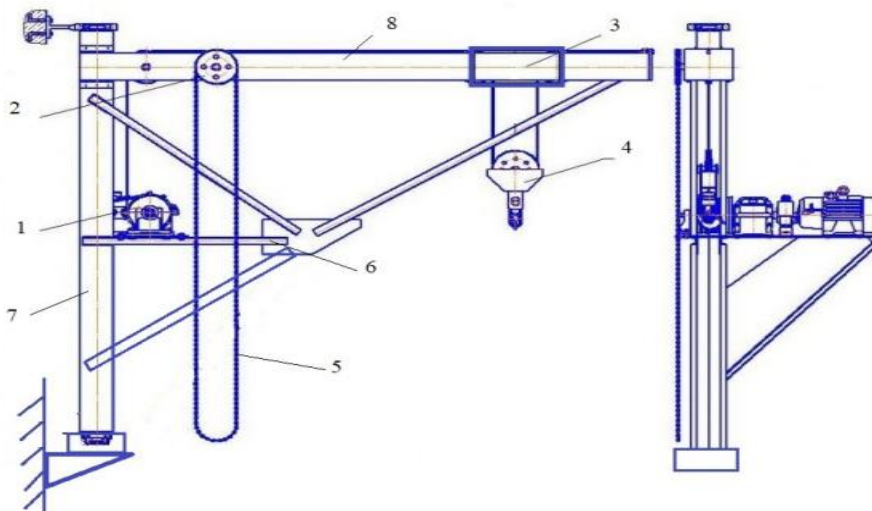


Рис. 1. Схема крана

1- грузоподъемный механизм, 2- механизм передвижения тележки, 3- крановая тележка, 4- крюковая подвеска, 5- цепь, 6- площадка и металлоконструкции, 7- колонна, 8-балка

На сегодняшний день необходимой задачей, является увеличение производства с помощью прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ.

Для того, чтобы достичь облегчения рабочего процесса и повышение темпа выполнения работ по загрузке и разгрузке тары и объектов испытания, увеличения производительности работы участка, необходима его механизация.

Представляю вашему вниманию механизацию объемных секций на одном из объектов корпусных производств в многопролетном цехе, изображенный в 2-ух видах (Рис 2 и 3) с выделенными позициями настенного поворотного крана (позиции 1, 2 на рис 2 и 3)

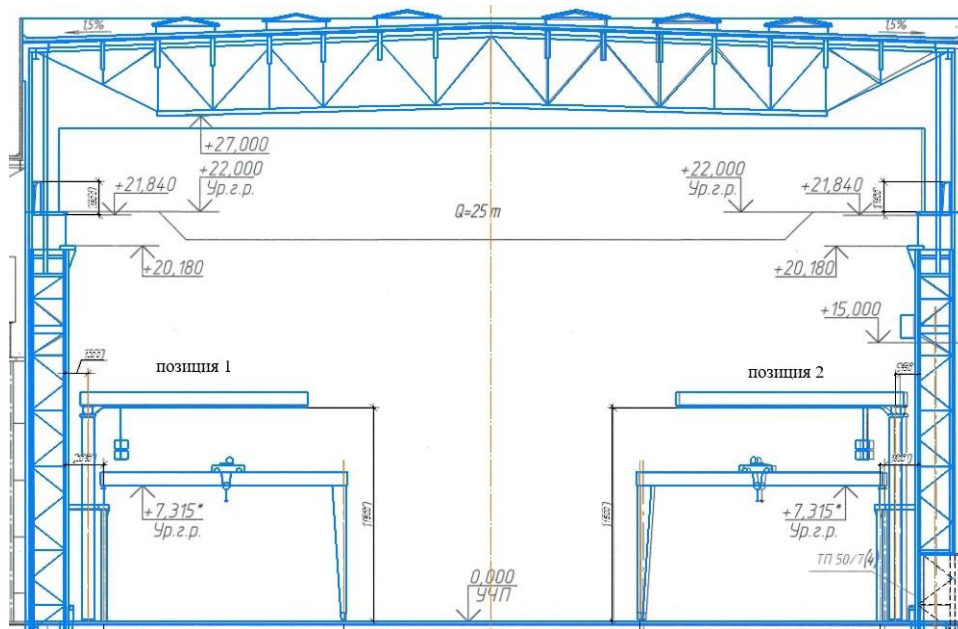


Рис. 2. Механизация вид спереди (позиции 1 и 2)

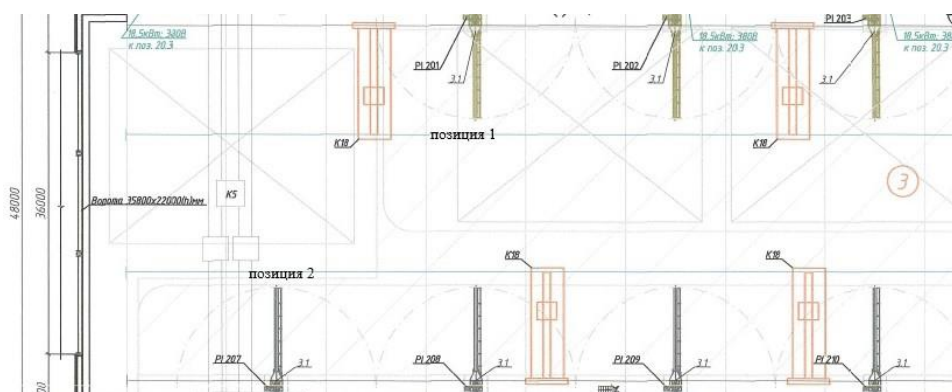


Рис. 3. Механизация вид сверху (позиции 1 и 2)

Принцип работы в данном цехе.

Транспортные операции на участке изготовления объемных секций и перемещение малогабаритных материалов, а также на участке изготовления тавровых балок передача полос на позиции подачи и загрузки установки для сварки тавровых балок вырезанными заготовками, а также позиционирование, прижим и сварка балок с одновременной компенсацией тепловых деформаций в процессе сварки планируется осуществлять консольно-поворотными кранами

при поддержке и совместном взаимодействии с мостовыми и полукозловыми кранами. Разгрузка установки для сварки тавровых балок и транспортировка сварных балок на накопитель или укладка непосредственно на поданные транспортные поддоны осуществляются с помощью консольно-поворотных кранов.

Реконструкцией проекта предусматривается также дополнительно дооборудование консольно-поворотных кранов совместно с полукозловыми кранами на участке термической резки листового проката. Вырезанные детали на машинах термической резки с помощью крана сортируются по паллетам

Участки существующего корпусообработывающего и сборочно-сварочного производства размещаются в шести пролётном здании (Блоке корпусных производств (БКП) размером 313,5 на 177,0 м, с 3 х этажным административно-бытовым корпусом (198,0 на 9,0 м) для размещения производственных и бытовых помещений

Для увеличения производственной мощности цеха, на существующих площадях при существующей технологической схеме производства БКП, необходимо дооснащение участков производства следующим оборудованием

- на участке изготовления деталей из профиля необходима линия резки профиля

- на участке резки листов со складом требуется установка трех дополнительных машин тепловой резки

- удаления грата и шлака, образующихся после плазменной газокислородной резки, скругления кромок всех внутренних и внешних кромок листового металла шириной до 1500мм осуществляется на установках для снятия заусенцев и скругления кромок

- на участке изготовления тавровой балки установка дополнительной линии изготовления тавровой балки. Участок сборки объемных секций, находящийся на месте установки

Заключение.

Цель и задачи, поставленные в работе выполнены. В частности, все необходимые системы расчетов для получения полной работоспособности крана в необходимых ему условиях.

Библиографический список

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины. – М.: Изд-во. МГТУ, 2003.- 552с.

2. A statistical model of operational impacts on the framework of the bridge crane / V. Y. Antsev, A. S. Tolokonnikov, A. D. Gorynin, A. A. Reutov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Tomsk, 27–29 октября 2016

года. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2017. – P. 012053. – DOI 10.1088/1757-899X/177/1/012053.

3. Невзоров Л. А. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов : учебник/Л.А.Невзоров.-4-е.изд.,стер.-М.:Академия,2006.-448с

4. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М. 2000 г.

5. Горынин, А. Д. Методика анализа риска отказа мостового крана на базе статистического моделирования нестационарного нагружения / А. Д. Горынин, В. Ю. Анцев, А. С. Толоконников // 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. 62-67.

6. Анцев, В. Ю. Статистическая модель эксплуатационных воздействий на пролетное строение мостового крана / В. Ю. Анцев, А. С. Толоконников, А. Д. Горынин // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77. – № 8. – С. 13-16.

7. Анцев, В. Ю. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы / В. Ю. Анцев, М. Х. Казанлеев, К. Н. Ханин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 4. – С. 228-238.

8. Анцев, В. Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 324-331.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ ПОДЪЁМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Попов А. А., студент

Якунчиков В. В., к.т.н., доцент

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Частотный преобразователь или преобразователь частоты — это электронное или электромеханическое устройство, преобразующее переменный ток одной частоты в переменный ток другой частоты. При этом устройство может изменять напряжение, что второстепенно по отношению к его основному

назначению, так как преобразование напряжения переменного тока гораздо проще, чем преобразование частоты. Основная задача устройства - плавный разгон двигателя.

Siemens поставляет преобразователи с модульным дизайном, что повышает уровень их адаптированности к возможному изменению условий. Также каждый экземпляр оснащён встроенным шунтирующим контактором.

Сегодня, как никогда, на рынке актуальны отечественные решения. Многолетняя практика внедрения в промышленные и прочие сферы продукции компании ВЕСПЕР позволила сотням предприятий значительно увеличить эффективность выполняемых процессов, улучшая показатели параметров защиты, энергетического и экономического уровня.



Рис. 1. Линейка преобразователей частоты Сименс

Преобразователи частоты обладают следующими достоинствами:

1. Сокращение энергопотребления;
2. Увеличение производительности всей системы;
3. Универсальность и высокая степень надёжности.

Наиболее высокий эффект, который создали частотные преобразователи ВЕСПЕР в процессе их эксплуатации, состоит в следующих показателях:



Рис. 2. Отечественный преобразователь частоты Веспер

Показатели экономии электроэнергии при использовании в тягодутьевых и насосных механизмах достигают отметки 30-60%;

Применение ЧП позволяет:

Уровень тепловой энергии вследствие оптимизации режимов обеспечивает до 10% экономии энергии;

Расход воды в системах водоснабжения уменьшился на 5%, благодаря уменьшению избыточного напора и сохранению постоянного давления;

Снизилась затраты на процесс обслуживания;

Увеличилась эффективность защиты электрических приводов;

Увеличился срок службы используемого оборудования почти в 2 раза.

Основное преимущество ВЕСПЕР частотников – это их огромное разнообразие, которое подразумевает возможность подобрать устройство под любой агрегат. В числе этого можно выделить следующие преимущественные моменты:

Мощностной диапазон составляет ряд 0,75...500 кВт;

Широкий диапазон моделей, насчитывающие 8 современных линеек;

Возможность подобрать модели под все типы нагрузки: тяжёлую, общепромышленную, простую;

Высокая универсальность, позволяющая применять одну и ту же модель в различных системах и механизмах;

Высокий уровень герметичности и прочности, защищающий от воздействия пыли, влаги и механических воздействий;

Наличие до 4-х степеней защиты (в зависимости от модельной характеристики): IP20/21/54/65;

Простота и удобство программирования на требуемые режимы;

Развитая система автодиагностики на возможные неисправности.



Рис. 3. Стенд преобразователя частоты на кафедре ППТМиР

На кафедре ППТМиР разработан стенд, позволяющий управлять пуском двигателя и его режимом работы.

Проведены испытания с логическим реле и микроконтроллером, позволяющие снизить динамические нагрузки при работе двигателя.

Результаты используются в моей выпускной квалификационной работе. Схему частотного преобразования предлагается установить на порталный кран «Альбатрос», грузоподъемностью 15 тонн.

Вывод. Применение ЧП позволит уменьшить нагрузки на электродвигатель тягового барабана крана, снизить нагрузки и повысить ресурс и надежность работы крана.

Библиографический список

1. <https://drives.ru/stati/preobrazovatel-chastoty-dlya-krana/>;
2. [https://www.erman.ru/primenenie_preobrazovateley_chastoty_v_podemno-transportnom_oborudovanii](https://www.erman.ru/primenenie_preobrazovateley_chastoty_v_podemno-transportnom_oborudovanii;);
3. <https://epusk.ru/articles/chastotnye-preobrazovateli/zachem-nuzhen-chastotnyy-preob/>;
4. <https://www.frigodesign.ru/energy-saving-technologies/control-systems/chastotnyk.php>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО СУДОПОГРУЗЧИКА С СЕЧЕНИЕМ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ТРУБЫ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ УЗЛАХ

Поповченко А. А., студент

Научный руководитель: Соколов С. А., д-р техн. наук, профессор

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

Телескопический судопогрузчик – оборудование, предназначенное для загрузки транспортных судов сыпучими грузами в портах. Такое оборудование является максимально эффективным и производительным. Пролетное строение судопогрузчика состоит из двух секций, одна из которых обладает приводом для выдвижения и располагается внутри первой секции. Каждая из двух секций оснащены ленточным конвейером для транспортировки груза к хоботу и

загрузки судов. Судопогрузчик также оснащен приводом для перемещения на рельсовом ходу перпендикулярно направлению загрузки.

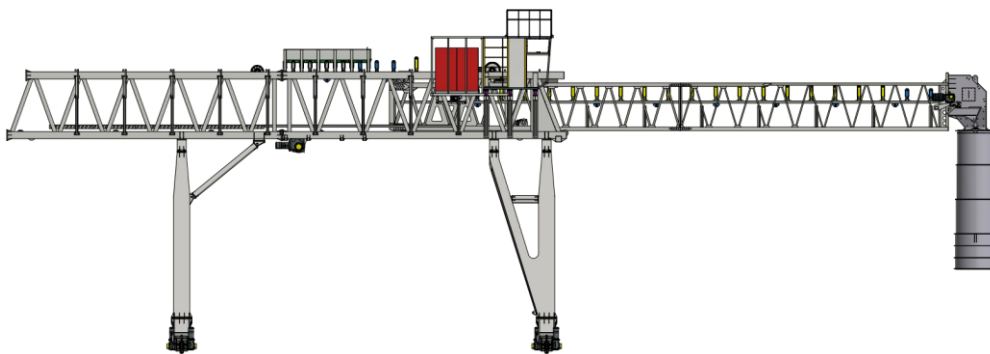


Рис. 1. Общий вид телескопического судопогрузчика

В настоящее время при проектировании конструкций расчет их прочности производится по аналитическим методикам, которые обеспечивают возможность получения конечного результата достаточно коротким путем. Простота таких расчетов является их большим преимуществом, однако они не могут быть признаны вполне достаточными для всех возможных случаев применения. Методика таких расчетов основана на допущениях, исключающих возможность учета концентраций напряжений, которая возникает в районах непосредственного приложения нагрузок или в местах изменения формы отдельных элементов конструкций. Поэтому такие расчеты оказываются уже недостаточными и возникает необходимость учета того влияния, которое оказывает на прочность концентрация напряжений. Такое несоответствие принятых расчетных положений особенно сильно проявляется в сварных конструкциях, которые характеризуются своим многообразием форм, а следовательно, и весьма широким диапазоном изменения коэффициентов концентрации напряжений.

Прочность сварных конструкций в значительной степени зависит от конструктивного оформления их соединений и узлов. Наличие изменений формы, создаваемое сварными соединениями и узлами, приводит к появлению дополнительных местных напряжений величина, которых зависит от конструктивной формы сопряжений отдельных элементов и поэтому эти дополнительные напряжения могут оказывать различное влияние на прочность сварных конструкций [1]. Учет этих факторов возможен только при использовании численного моделирования напряженного состояния конструкции.

Концентрация напряжений представляется наиболее важным фактором, снижающим предел выносливости. На практике концентраторами напряжений являются сварные узлы, шпоночные канавки, отверстия в деталях, выточки,

малые радиусы закругления в местах резкого изменения размеров и другие факторы. Концентрация напряжений при циклическом нагружении вызывает зарождение усталостных трещин и последующие усталостное разрушение материала [2].

В данной работе выполнено конечно-элементное исследование напряженного состояния конструкции для оценки влияния этого фактора. В качестве переменных выбраны два параметра влияния. Для каждого исследуемого параметра предполагается установка диапазона, в котором исследование позволяет получить наиболее существенные результаты.

Первым параметром для исследования примем отношение толщин сечения соединяемых деталей сварного узла:

$$u = \frac{t_1}{t} \quad (1)$$

где, t_1 – толщина стенки раскоса фермы, t – толщина стенки нижнего пояса фермы, $t = 6$ мм. Диапазон изменений значений толщин принимается равным $t_1 = 2 \dots 6$ мм.

В качестве второго параметра рассмотрим влияние эксцентриситета точки пересечения осей соединяемых раскосов фермы – e , относительно оси пояса. Влияние данного фактора выразим через безразмерный коэффициент отношения высоты пояса H к значению параметра e :

$$p = \frac{e}{H} \quad (2)$$

Диапазон изменений значений эксцентриситета принимается равным $e = -40 \dots 40$ мм.

В рассматриваемом узле приняты следующие параметры сечения: $H = 80$ мм, $B = 40$ мм, $t = 4$ мм, $b = 20$ мм, $h = 40$ мм, $t_1 = 2 \dots 6$ мм.

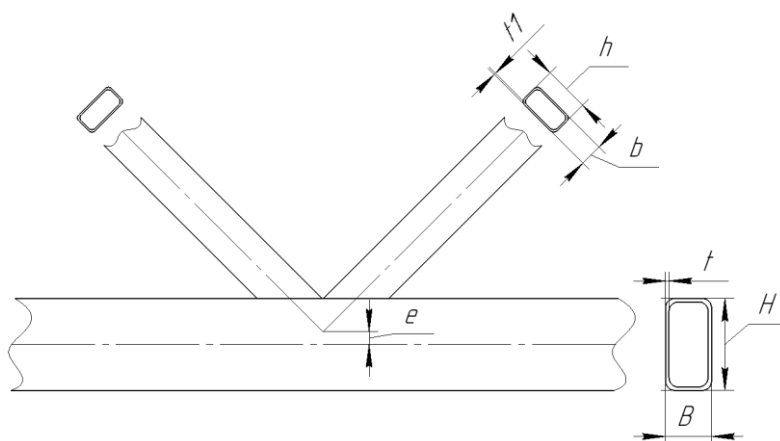


Рис. 2. Параметры исследования

В данной работе оценку влияния геометрических параметров на концентрацию напряжений будем характеризовать коэффициентом

концентрации напряжений - α_σ , а также с помощью коэффициента влияния местного изгиба β_σ , который позволяет учесть распределение напряжений по сечению элемента.

Концентрацию напряжений определяют следующим образом [3]:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n}, \quad (3)$$

где σ_{max} – максимальные напряжения, σ_n – номинальные напряжения. Данный коэффициент, безразмерный, поэтому он не учитывает величину нагрузки, но позволяет учесть схему нагружения. Максимальные напряжения будем определять на конечном элементе, номинальные определим как:

$$\sigma_n = \frac{F}{A} \quad (4)$$

где, F – продольная сила, действующая в элементе конструкции, Н; A – площадь сечения элемента конструкции, м².

Также существуют случаи, когда необходимо исследовать характер распределения напряжений по толщине элемента конструкции. Это полезно для расчета на усталость. В данном случае вводится коэффициент влияния местного изгиба β_σ :

$$\beta_\sigma = \frac{\sigma_p - \sigma_m}{\sigma_p + \sigma_m}, \quad (5)$$

где σ_p, σ_m - напряжения на противоположных поверхностях (сверху и снизу) конечного элемента соответственно.

Исследования проводятся на основе МКЭ в среде NXNastran. В качестве материала конструкции была выбрана сталь 09Г2С. Закрепление выполнено по двум краям конструкции: на левом краю введены закрепления TX, TY, TZ, RX, а на правом TY, TZ, RX. Нагрузка приложена в месте соединения раскосов с верхнем поясом, поскольку такое нагружение является наиболее характерным для данной конструкции.

Для определения влияния отношения толщин сечения была рассмотрена группа из пяти моделей. Было задано вертикальное нагружение. Вариации подвергался параметр толщины стенки раскосов в диапазоне $t_1 = 2 \dots 6$ мм, остальные параметры конструкции оставались неизменными, $H_k = 0,75$ м, $B_k = 6$ м, толщина стенки поясов была принята $t = 6$ мм, прикладываемая нагрузка $P = 75$ кН. Для определения влияния эксцентриситета была рассмотрена группа из пяти моделей. Было задано вертикальное нагружение. Вариации подвергался

параметр эксцентриситет смещения пересечения осей раскосов в диапазоне $e = -40 \dots 40$ мм, параметры конструкции, которые оставались неизменными: $B_k = 6$ м, толщина стенки поясов была принята $t = 6$ мм, $t_1 = 4$ мм, прикладываемая нагрузка $P = 75$ кН, общий вид концентрации напряжений для двух групп моделей представлен на рисунке 3. Графики зависимостей представлены на рис. 4, 5.

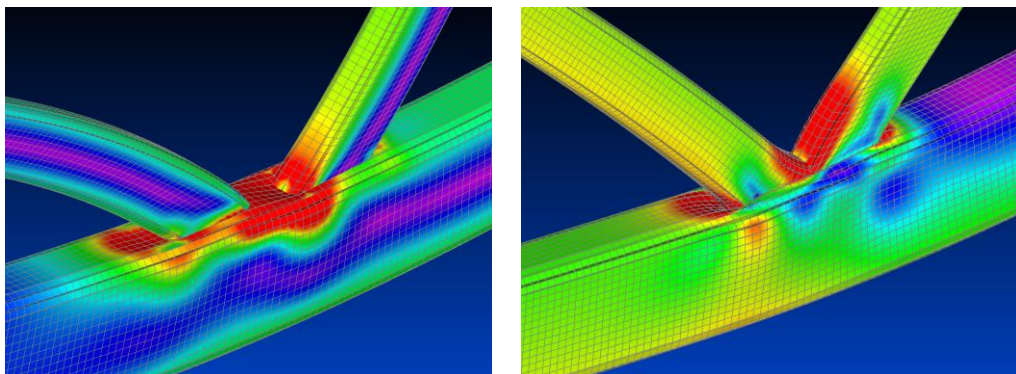


Рис. 3. Общий вид концентрации напряжений для двух групп моделей

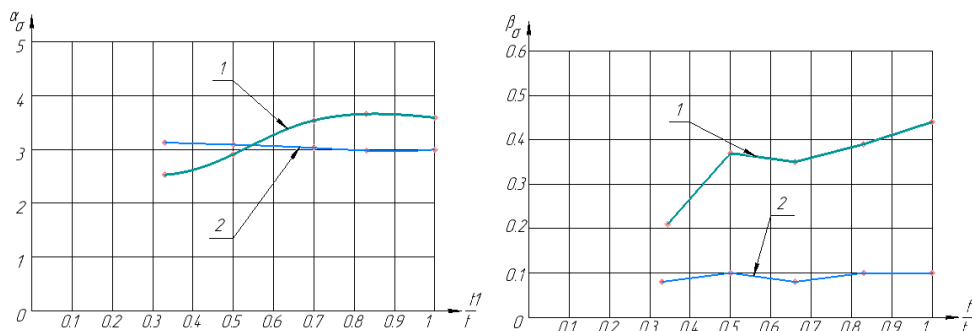


Рис. 4. Графики влияния отношения толщины сечения:
1 – пояс, 2 – раскосы

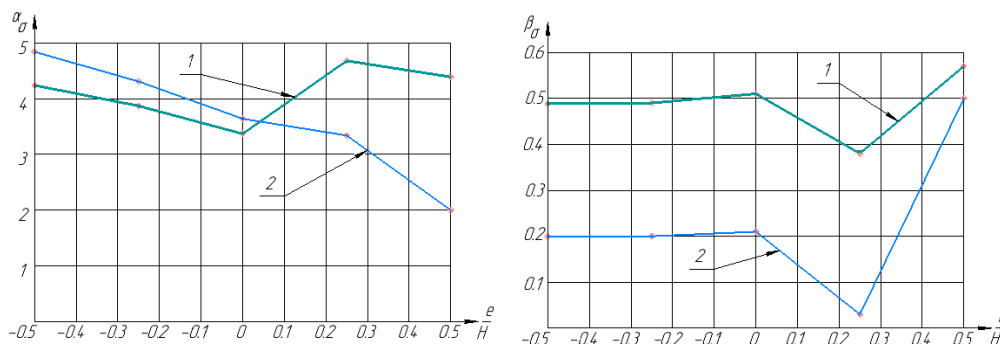


Рис. 5. Графики влияния эксцентриситета:
1 – пояс, 2 – раскосы

Результатом работы стало определение коэффициента концентрации напряжений (ККН) и коэффициента влияния изгиба в зоне сварного узла конструкции. Установлено, что интервал значений ККН для исследования

отношения размеров сечения в поясе составляет 2,99 – 3,13, в раскосах ККН лежит в пределах 2,53 – 3,66. Для исследования влияния эксцентриситета смещения пересечения осей раскосов относительно оси нижнего пояса ККН лежит в пределах 2 – 4,84 для пояса и 3,37 – 4,68 для раскосов. Коэффициент местного изгиба для исследования отношения размеров сечения в поясе составляет 0,08 – 0,1, в раскосах коэффициент местного изгиба лежит в пределах 0,21 – 0,44. Для исследования влияния эксцентриситета смещения пересечения осей раскосов относительно оси нижнего пояса коэффициент местного изгиба лежит в пределах 0,03 – 0,5 для пояса и 0,38 – 0,57 для раскосов.

Из полученных результатов следует, что наименьший ККН в раскосе достигается при наименьшим значении его толщины сечения, в поясе наименьший ККН при наибольшей толщине сечения раскоса, это объясняется номинальными напряжениями, действующими в раскосах. Коэффициент влияния изгиба раскоса также имеет минимальное значение при минимальном значении толщины сечения раскоса.

Из оценки влияния эксцентриситета можно сказать, что наиболее предпочтительным вариантом является случай, когда оси раскосов пересекаются на оси пояса, поскольку в данном случае концентрация напряжений имеет оптимальные параметры для сварного узла. Наибольшее влияние изгиб оказывает при нахождении осей пересечения на поверхности пояса.

Библиографический список

1. Соколов, С.А. Строительная механика и металлические конструкции машин: учебник / С.А. Соколов. – СПб.: Политехника, 2011. – 403 с.
2. Петерсон, Р. Коэффициенты концентрации напряжений, графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность: справочник / Р. Петерсон. – Москва: «Мир», 1977. – 375 с.
3. Навроцкий, Д.И. Расчет сварных конструкций с учетом концентрации напряжений: учебник / Д.И. Навроцкий– СПб.: «Машиностроение», 1968. – 431с.
4. Паркер, Ж.А. Design guide for rectangular hollow section: учебник / Ж.А. Паркер– Германия, Кельн 1992 – 314 с.
5. Юшкевич, В.Н. Метод расчета пределов выносливости элементов конструкций. – Киев. Проблемы прочности. 1984. №9. – с.13-17. – 289 с.
6. Соколов, С.А. Условие сопротивления усталости сварных узлов в форме локальных напряжений. – М.: Вестник машиностроения, 2017. – №12 – с. 14-19.
7. Справочник по кранам: В 2 т. т. 1. / В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин [и др.]; под общ. ред. М. М. Гохберга. – Л.: Машиностроение, 1988. – 536 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНОЙ КРАН-БАЛКИ, ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ НА ОБЪЕКТАХ ДИАГНОСТИКИ И РЕМОНТА РАМ (ОСТОВОВ) АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Ратников С. А., студент

Петров Д. М., студент

Научный руководитель: Трошко И. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

На многих мелких и крупных производственных предприятиях, складах, строительных площадках, в мастерских, сервисных центрах — везде, где нет возможности (или необходимости) поставить большой мостовой грузоподъемник устанавливают кран-балку, применяемую в процессе погрузочно-разгрузочных работ, при монтаже, подъеме и перемещении грузов от 0,5 до 10 тонн [1].

Кран – балки малой грузоподъемности, как правило, изготавливают с ручным приводом механизма подъема. Грузоподъемность таких кранов не превышает 500 кг.

Использование грузоподъемных машин на производстве намного облегчает работу людям, а также существенно экономит финансовые затраты, так как вместо нескольких работников, которым необходимо предоставлять определенный социальный пакет (оплата труда, страхование и т.д.), задействован один сотрудник, который выполняет технологическую операцию с применением кран-балки, что позволяет не только облегчить процесс, связанный с перемещением определенного груза, но и повысить производительность всего процесса.

Для решения вопросов, связанных с использованием грузоподъемных механизмов, для улучшения технологического процесса, в том числе решить ряд задач, связанных с диагностикой и ремонтом рам (остовов) автотракторной техники, целесообразно применение современного, технологичного опорного крана – балки.

В процессе подготовки дипломного проекта на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства» «Института транспортной техники и систем управления», предлагается разработка проекта опорного крана – балки с опорой на несущую металлоконструкцию и двухсторонней загрузкой и разгрузкой рам (остовов) автотракторной техники установленными на обе пролетные балки электрическими талями, грузоподъемностью 0,5 т.

Технологический процесс предполагает доставку рамы автотракторной техники в рабочую зону крана с помощью машины напольного безрельсового транспорте (вилочный погрузчик, штабелер), складирование рам в подкрановом пространстве для дальнейшего перемещения их краном в зону стапеля, где производится диагностика или ремонт данных рам. После выполнения технологических операций кран снимает раму со стапеля и складировует в подкрановом пространстве, откуда ее в новь забирает вилочный погрузчик или штабелер для дальнейшей транспортировки в цех сборки.

Согласно требованиям к технологическому процессу по диагностики и ремонту рам (остовов) автотракторной техники, кран, перемещающий такой груз, должен обладать следующими техническими характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1 Технические характеристики разрабатываемого крана.

Грузоподъемность, т		1
Пролет, м		10
Скорость, м/с	подъема груза	0,133
	передвижения крана	0,53
	электротали	0,33
Высота подъема груза. м		6
Режим работы		T

Общий вид крана представлен на рисунке 1:

3D – модель опорного кран – балки будет использована для произведения прочностного расчета металлоконструкции с учетом всех расчетных нагрузок (с применяем программ компьютерных расчетов APM FEM [2]).

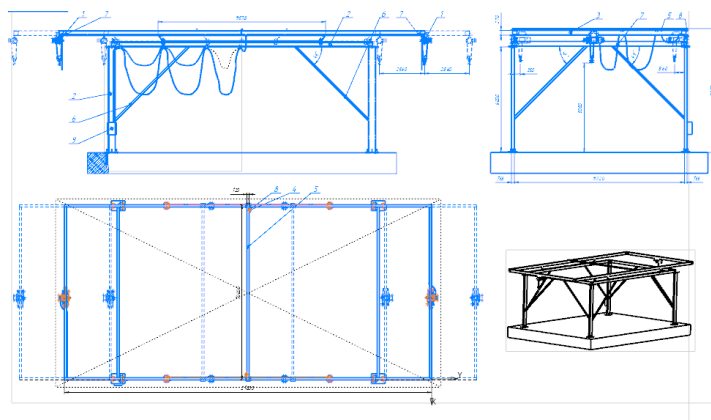


Рис. 1. Общий вид крана: 1 – тельфер электрический г/п 0,5 т; 2 – опорная металлоконструкция; 3 – пролетное строение; 4 – механизм передвижения; 5 – перемычка балки; 6 – раскосы; 7 – токоподвод тали; 8 – токоподвод механизма передвижения; 9 – ящик управления.

По чертежам крана была создана его трехмерная модель, рисунок 2.

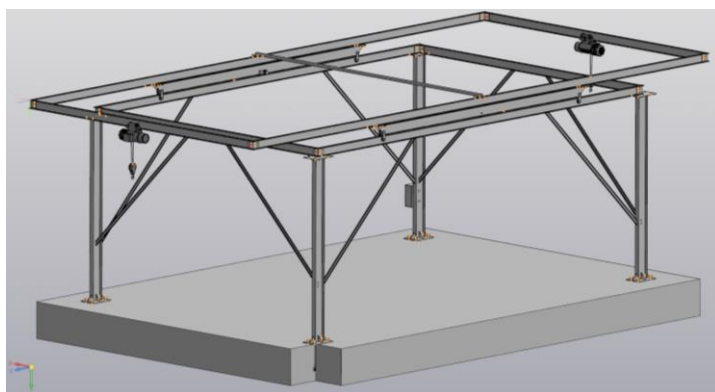


Рис. 2. 3D – модель опорного кран – балки

В заключение можно сказать, что в связи с определенными современными реалиями (санкции, уход различных иностранных компаний из нашей страны), остается задача сохранения в исправном и работоспособном состоянии существующую строительно-дорожную, подъёмно-транспортную и автомобильную технику. Своевременная диагностика и ремонт механизмов такой техники позволит не только сохранить большое количество денежных ресурсов, но продлит срок эксплуатации этих высокотехнологичных машин.

Библиографический список

1. Особенности разных типов кранов-балок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kranmontag.ru/blog/vidy-i-tehnicheskie-harakteristiki-kranov-balok>
2. Система прочностного анализа для КОМПАС-3D [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1114/review/>
3. ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок.
4. ГОСТ 31606-2012 Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно.
5. А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон «Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин» –2-е изд., перераб.и доп.- Мн.: Выш. Шк., 1983. – 350 с.;
6. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. и др. - Под общ. ред. М. М. Гохберга. - М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
7. ГОСТ 23121-78. Балки подкрановые стальные для мостовых электрических кранов общего назначения.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА ЛИФТА

Рейхерт Н. Д., студент

Научный руководитель: Витчук П. В., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Предложенная методика [1, 2] многовариантного расчета механизма подъема лифта подразумевает большое количество выходных вариантов его конструктивного исполнения, имеющих свои значения показателей качества. В связи с этим перед инженером-конструктором возникает задача выбора среди множества вариантов того, что в наибольшей степени будет удовлетворять требованиям технического задания на проектирование, т.е. будет оптимальным. Поскольку алгоритм оптимального проектирования привода лифта отсутствует, то его разработка является актуальной задачей.

Задача такого рода является задачей оптимизации, т.е. нахождение такого варианта решения проблемы, который среди всех альтернативных вариантов в наилучшей степени удовлетворял бы принятому требованию (одному или нескольким), определяющему эффективность решения данной проблемы.

Эффективность решения задач оптимизации определяется критерием оптимальности K_{opt} . Выражение критерия оптимальности в виде математической зависимости называется целевой функцией $O(\{x\}, \{z\})$, зависящей от количественных управляемых (варьируемых) $\{x\} = \{x_1, x_2, \dots, x_i, x_n\}$ и неуправляемых (фиксированных) $\{z\} = \{z_1, z_2, \dots, z_i, z_n\}$ параметров оптимизации. Область определения задачи оптимизации – совокупность ограничений $\{g\}$, накладываемых на управляемые параметры. Оптимальное решение определяется точкой глобального экстремума – это точка в пределах области определения задачи оптимизации, координаты которой характеризуются вектором $\{x\}_{opt}$, а значение целевой функции $O(\{x\}_{opt}, \{z\})$ в наилучшей степени удовлетворяет критерию оптимальности K_{opt} [3].

Таким образом, при данном подходе формируется математическая оптимизационная модель, представляющая собой совокупность целевой функции, управляемых и неуправляемых параметров оптимизации и накладываемых ограничений.

Процесс одновременной оптимизации двух или более конфликтующих целевых функций в заданной области определения является многокритериальной оптимизацией. Данный вид оптимизации предполагает нахождение такого оптимального решения, при котором значения целевых функций, входящих в векторную целевую функцию, были бы приемлемы для инженера-конструктора, хотя и не достигали бы при этом своего глобального экстремума. Поэтому процедура многокритериальной оптимизации зачастую требует активного участия человека или группы людей, являющихся экспертами в рассматриваемой предметной области.

В настоящее время для решения такой задачи используются следующие подходы [3]:

- приведение к задаче однокритериальной оптимизации через свертывание исходной целевой функции до скалярного вида;
- использование принципа Парето.

Свертывание исходной целевой функции производится путем суммирования или перемножения частных целевых функций с учетом их приоритетности для задачи проектирования технического объекта. Принцип Парето определяет оптимальным решение, при котором значение каждого из отдельных критериев, характеризующих систему, не может быть улучшено без ухудшения других. Такие решения образуют множество парето-оптимальных решений. Любое парето-оптимальное решение превосходит другое по одному или нескольким критериям оптимальности, однако уступает ему хотя бы по одному или нескольким другим.

В статье [4] разработан алгоритм формирования множества парето-оптимальных решений при проектировании механизмов подъема козловых кранов. Механизм подъема автор делит на составляющие механизмы (5 модулей), каждый из которых имеет свои значения критериев оптимальности и систему ограничений. На всю систему механизма подъема в целом также накладывается ряд ограничений, прежде всего ограничение по заданной техническим заданием скорости подъема груза.

Для нормализации параметров, чтобы их величины были безразмерны и изменялись в пределах одинакового интервала, автор вводит новый безразмерный параметр, называемый степенью редукции. Далее задача заключается в поиске такого набора элементов для каждого модуля, который будет наиболее соответствовать векторному критерию качества при соблюдении всех выявленных ограничений.

Алгоритм представляет собой способ автоматизации перебора и сравнения комбинаций из множества полученных решений и отсеивания абсолютно проигрышных (тех, что по всем критериям проигрывают варианту, с которым

сравниваются). Переборка производится по каждой степени редукции сначала по модулям и по всему механизму в целом для разных кинематических схем в конце. В результате формируется суженное множество парето-оптимальных решений для механизма подъема. Выбор окончательного оптимального варианта производится лицом, принимающим решение (ЛПР).

Недостатком данного подхода является то, что формируемое парето-оптимальное множество может получиться очень объемным, что затруднит работу ЛПР. Также нормализация критериев через введение степени редукции усложняет создание и понимание алгоритма оптимизации.

В другой работе [5] разработана оптимизационная математическая модель выбора оптимальных параметров манипуляционных систем мобильных транспортно-технологических машин (МТТМ) посредством применения целевых функций.

Автор предлагает использование оптимизационных подходов на стадии разработки технического предложения. Т.е. исходно заложить в проектируемую конструкцию оптимальные значения ее наиболее значимых количественных характеристик, которые необходимо минимизировать.

Задача состоит в определении оптимального сочетания базовых проектных параметров: характерные конструктивные размеры металлоконструкции и характеристики гидропривода. Результатом данного подхода является получение зависимостей между значениями критериев оптимальности. Выбор оптимальных параметров элементов в процессе проектирования машины, основанный на полученных зависимостях, также проводит ЛПР. Недостатком данного подхода является составление сложной, объемной математической модели оптимизации, требующей большого количества преобразований величин.

На основании рассмотренных примеров можно сделать вывод, что при принятии оптимального решения нельзя избежать субъективности, поскольку невозможно исключить ЛПР.

По методике [1, 2] составлен алгоритм программы, которая поможет сформировать множество решений при соблюдении условий, определяющих работоспособность механизма. Данные решения составят парето-оптимальное множество.

Для разработки алгоритма оптимизации воспользуемся инструментами экспертного метода оценки сравниваемых объектов [6,7]. Принимаем, что масса и габаритные размеры механизма подъема обуславливают эксплуатационные затраты. Его себестоимость составит часть капитальных затрат на производство лифта.

Техническую эффективность механизма подъема будем оценивать величиной КПД и мощностью электродвигателя (т.к. она прямо пропорциональна энергопотреблению лифта [8], которое определяет его энергоэффективность). Безопасность механизма подъема лифта учтем фактическими коэффициентом запаса прочности тяговых элементов и коэффициентом запаса торможения. Надежность будем оценивать вероятностью безотказной работы и коэффициентом готовности механизма подъема лифта.

Каждым экспертом производится простановка баллов $P_{11}...P_{in}$ (i – номер критерия; n – номер значения или варианта решения) для значений критериев оптимальности по каждому варианту решения по заданной балльной шкале: 1 балл – плохое значение показателя; 2 балла – удовлетворительное значение показателя; 3 балла – хорошее значение показателя; 4 балла – отличное значение показателя.

Далее производим оценку весомости критериев оптимальности. Для определения коэффициентов весомости $Q_1...Q_i$ для каждого выделенного критерия эксперты оценивают их значимость по заданной балльной шкале: 1 балл – самый незначимый критерий; 2 балла – незначимый критерий; 3 балла – значимый критерий; 4 балла – наиболее значимый критерий; 5 баллов – самый значимый критерий.

Коэффициенты весомости определяются по формуле

$$Q_i = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{\sum_{i=1, j=1}^{k, m} R_{ij}}, \quad (1)$$

где R_i – оценка эксперта, выставленная критерию по установленной шкале;
 k – количество критериев;
 m – количество экспертов.

Далее определяются количественные значения показателей для каждого критерия оптимальности с учетом весовых коэффициентов

$$q_{in} = P_{in} \cdot Q_i. \quad (2)$$

Оптимальный вариант решения выбирается по сумме оценок критериев оптимальности по каждому варианту решения

$$\sum_{i=1, n=1}^{a, b} q_{in}, \quad (3)$$

где a – количество критериев (в нашем случае 10),
 b – количество вариантов решений.

Вариант представления результатов расчетов представлен в табл. 1.

Таким образом, по значению максимальной суммы из табл. 1 определяем оптимальное решение для механизма подъема лифта.

Таблица 1 Оценка критериев оптимизаций вариантов решений

Критерий оптимальности	Оценка критерия оптимальности по варианту решения №:				
	1	2	3	...	n
1. масса M , кг	q_{11}	q_{12}	...	...	q_{1n}
2. габаритный размер A , м	...				...
3. габаритный размер B , м	...				...
4. себестоимость C , руб	...				...
5. КПД η					...
6. мощность $N_{эд}$, кВт	...				...
7. к.з. прочности тяговых элементов k	...				...
8. к.з. по тормозному моменту n_T	...				...
9. вероятность безотказной работы $P(t)$	...				...
10. коэффициент готовности K_r	q_{11}	...	...	...	q_{1n}
Итого:	$\sum_{i=1, n=1}^{a,1} q_{in}$	...	...	...	$\sum_{i=1, n=1}^{a,b} q_{in}$

Предложенный алгоритм оптимального проектирования отличается простотой применения, и, как следствие, быстрым получением результата, легко поддается автоматизации. Также распространение субъективной оценки на всю область выходных парето-оптимальных решений исключает возможность отбрасывания вариантов, которые могут оказаться оптимальными с точки зрения ЛПР.

Библиографический список

1. Витчук, П. В. Разработка методики многовариантного расчета механизма подъема лифта / П. В. Витчук, Н. Д. Рейхерт, Н. Г. Сысенко // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 08 февраля 2021 года / Под общей редакцией Ш.М. Мерданова. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 51-55.

2. Витчук П. В., Рейхерт Н. Д., Витчук Н. А. Выбор и расчет тяговых элементов механизма подъема лифта // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №3. С. 205-2016.

3. Лагерев, А. В. Оптимальное проектирование подъемно-транспортных машин: учебное пособие для вузов / А. В. Лагерев, И. А. Лагерев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 293 с.

4. Кобзев Р. А. Многокритериальное оптимальное проектирование механизмов подъема с применением динамического программирования // Вестник СГТУ. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnoe-optimalnoe-proektirovanie-mehanizmov-podema-s-primeneniem-dinamicheskogo-programmirovaniya> (дата обращения: 02.04.2022).

5. Лагерев И.А. Предпроектная оптимизация манипуляционной системы с гидравлическим приводом мобильной транспортно-технологической машины // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predproektnaya-optimizatsiya-manipulyatsionnoy-sistemy-s-gidravlicheskim-privodom-mobilnoy-transportno-tehnologicheskoy-mashiny> (дата обращения: 02.04.2022).

6. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия для всех. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012. 165 с.

7. Анцев В.Ю., Витчук Н.А. Модель выбора комбинации методов управления качеством и инструментов контроля качества для анализа и совершенствования производственных процессов // Качество в обработке материалов, 2017. №1 (7). С. 5-9.

8. Анцев В.Ю., Витчук П.В., Славкина Е.В., Витчук Н.А., Рейхерт Н.Д. Обоснование метода расчета энергопотребления лифтов на основе квалиметрической оценки и определение его точности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. № 2. С. 612-616.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ПОРТОВ. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГЗУ НА ПРИМЕРЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГРЕЙФЕРА

Ткачев Ю. А., студент

Научный руководитель: Ганишкевич А. Ю., к.т.н.

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Погрузчики являются одной из основных машин при перевалке навалочных грузов в автомобили и в вагоны.

Одна из основных проблем в портах, приводящих к финансовым потерям, это внеплановый простой, перегрузочного оборудования, вследствие аварий или инцидентов с его участием. Повысить эффективность использования техники и снизить финансовые потери возможно при уменьшении количества и продолжительности внеплановых ремонтов. Добиться этого можно путем проведения мониторинга технического состояния с целью своевременного вывода из эксплуатации и проведения ремонтных работ.

Предметом исследования в данной статье является ковш одноковшового погрузчика, а цель - выявить характерные дефекты и места их локализации. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» [1] предъявляет к грузозахватным органам требования обеспечения «заданной безопасности» и исключение возможности груза. При этом сами требования «заданной безопасности» в ТР отсутствуют.

Согласно ФНП №461 [2] съемные грузозахватные приспособления признанные негодными к использованию в работе не должны находиться в местах производства работ с применением ПС. Ремонт, реконструкция съемных грузозахватных приспособлений должны производиться по проекту, разработанному изготовителем или специализированной организацией [2].

В то же время [2] диктует необходимость контроля технического состояния элементов узлов и соединений грузозахватных приспособлений ежегодно, при этом должны производиться их частичная разборка, осмотр и ревизия. При обнаружении трещин на втулках в расчетных элементах металлоконструкций траверс и захватов должны применяться методы неразрушающего контроля. При этом критерии, браковки ковшей и их элементов в [2] не приводятся.

В ГОСТ 29290-92-[3] и в 116фз «о промышленной безопасности опасных производственных объектов»[4] также не приводятся критерии оценки работоспособности ковшей.

Из приведённого анализа следует, что в нормативных документах нет точных указаний по обслуживанию и ремонту ковшей, при этом, эксплуатирующие организации проводят ремонт и проверку целостности ковша на основании собственного опыта эксплуатации .

Результаты исследования, приведённые в настоящей статье, основаны на анализе состояния ковшей для одноковшовых погрузчиков в ПАО «Северный порт». Москва и порт Кстово, Нижегородская обл.

Можно условно выделить два основных вида дефектов: износ и трещины.

Изнашивание - естественный процесс, который хотелось бы сократить (по опыту эксплуатации, прочности ковша не хватает даже на одну навигацию в речных портах)

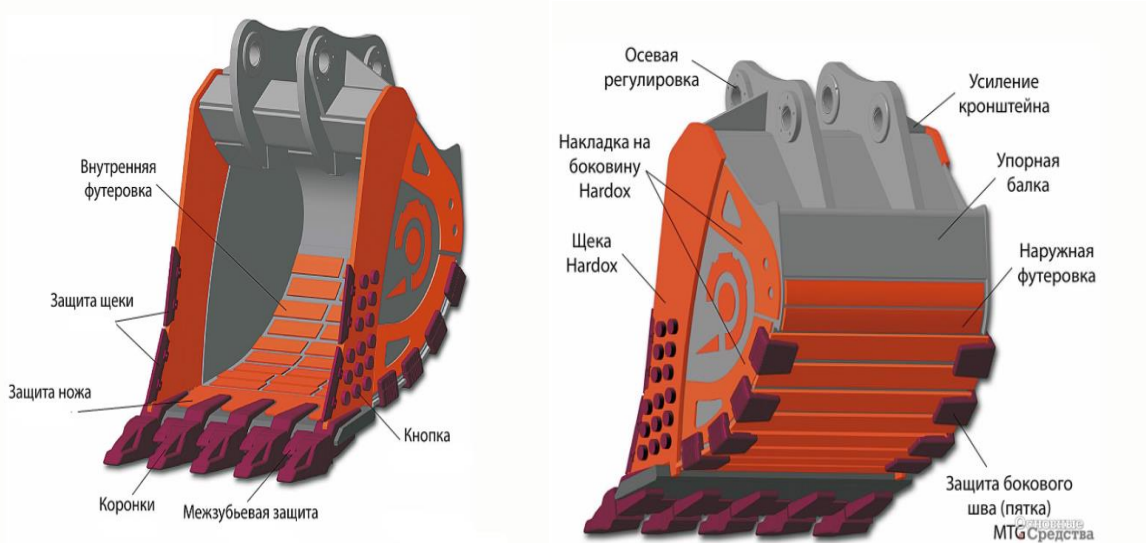
Можем различить две группы износа.

1)Плановый износ- тот износ который эксплуатант может прогнозировать, например, такой как истирание ножа и на усиливающих элементах

2)Внеплановый износ- тот износ, который при нормальной эксплуатации не должен достигнуть предельного значения, например такой как, износ проушин

Существует несколько способов сокращения скорости изнашивания :и вероятности появления трещин:

1)увеличение толщины металла 2) Применение более долговечных сталей, 3)Использование в конструкции легкозаменяемых элементов: внутренней футеровки защиты щеки, защиты ножа, коронки, межзубьевой зашиты, пятки, применение более долговечных сталей, кнопки (шоколадки) (см. рис.1)



[5]

Рис. 1. Использование легкозаменяемых элементов.

Трещины - это экстремальный дефект, который появляется в местах концентрации напряжений

В основном они возникают в местах крепления проушин(см.рис.2),в угловых соединениях и местах резкого изменения сечения (см.рис 3,4)



Рис. 2. Трещина



Рис. 3. Трещина



Рис. 4. Трещина

С оснасткой ковша следует быть осторожной, так как она не только защищает ковш от износов и существенно повышает надежность, но также и понижает его грузоподъемность. В оснастке ковша важно использовать качественные сменные элементы. При этом важно вовремя заменять сменные элементы для обеспечения работоспособности всей системы, а так же важно выявление трещин на начальной стадии развития, когда они представляют наименьшую опасность, для данной цели незаменимым средством является мониторинг

Библиографический список

1. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»
2. Приказ от 26 ноября 2020 г. N 461 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения»
3. ГОСТ 29290-92 Ковши погрузчиков и погрузочные ковши экскаваторов
4. 116 ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
5. OS 1: [сайт]. – URL: <https://os1.ru/article/7547-zashchita-kovsha-ot-iznosa-tyuning-kovsha>

МОНИТОРИНГ МЕХАНИЗМОВ ПОРТАЛЬНОГО КРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Фадеев Ф. О., аспирант

Антипов Д. А., студент

Научный руководитель: Ганишкевич А. Ю., к.т.н., доцент

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем эксплуатации грузоподъёмных машин, обслуживающих крупные транспортные терминалы, являются внезапные отказы, приводящие к незапланированному простоем техники и серьёзным убыткам. Статистический анализ аварий и инцидентов в российских портах показал, что порядка 50% отказов возникают по причинам технического характера: износ, усталостные разрушения, остаточные деформации и т. п. Снижения числа внезапных отказов можно добиться внедрением методов раннего диагностирования дефектов.

Вибродиагностика – один из наиболее эффективных методов диагностирования механического оборудования, позволяющий выявлять дефекты на стадиях зарождения и раннего развития без разборки и демонтажа агрегатов [1-2]. При расшифровке и анализе вибросигналов крановых механизмов возникают определённые проблемы [3-4], часть которых может быть успешно решена применением частотно-временного анализа и адаптивной фильтрации [4]. Однако, при анализе механизмов с большим числом источников вибрации, авторы столкнулись с некоторыми сложностями:

- для эффективного применения полосовых фильтров необходимо априори знать частоты, на которых наиболее вероятно обнаружение определённых дефектов;
- для идентификации дефектов по частотным пикам, при наложении сигналов от нескольких дефектов, требуется знать значения комбинационных частот;
- при проверке гипотез о связи отдельных частотных пиков с конкретными дефектами необходимо иметь возможность детально исследовать вклад отдельных дефектов в общий спектр вибрации.

Для решения указанных проблем авторами была разработана технология имитационного моделирования механизма с эксплуатационными повреждениями, которая позволила получить более полное и детальное представление о составе вибрационного сигнала.

В любом механизме подъемного крана имеется множество узлов, которые являются источниками вибрации: муфты, валы, подшипники, зубчатые зацепления и др., каждый из которых характеризуется своей вынужденной частотой вибрации, зависящей от частоты возбуждающей силы на входном звене механизма. Такую частоту принято называть основной частотой узла. При появлении дефектов вибросигналы узлов модулируются по частоте, фазе или амплитуде, что приводит к появлению в спектре гармоник и субгармоник основных частот. Кроме того, некоторые узлы показывают виброотклик на собственной частоте колебаний, не зависящей от основной частоты узла [1, 3].

Взаимодействие различных источников возбуждения приводит к появлению большого числа комбинационных частот. При нестационарной работе механизмов, которая обусловлена изменением нагрузки и повторно-кратковременным режимом работы кранов, эти частоты значительно изменяются в течение цикла. Имитационная модель механизма должна учитывать эти факторы для корректной работы.

На первом этапе моделирования была построена структурная схема механизма, компонентами которой являются узлы и дефекты. Узел – это структурный элемент, который при работе генерирует вибрационный сигнал, например зубчатое зацепление, муфта, кольцо подшипника и т. д. Каждый узел характеризуется своей основной частотой. Дефект – элемент структурной схемы, который модулирует основную частоту узла, например статический или динамический дисбаланс муфты, контактное выкрашивание в зубчатой паре и т. д. При построении структурной схемы элементы располагались в той же последовательности, как и в механизме. На рис. 1, в качестве примера, приведен фрагмент структурной схемы лебёдки механизма подъёма крана «Альбатрос» 10/20-32/16.

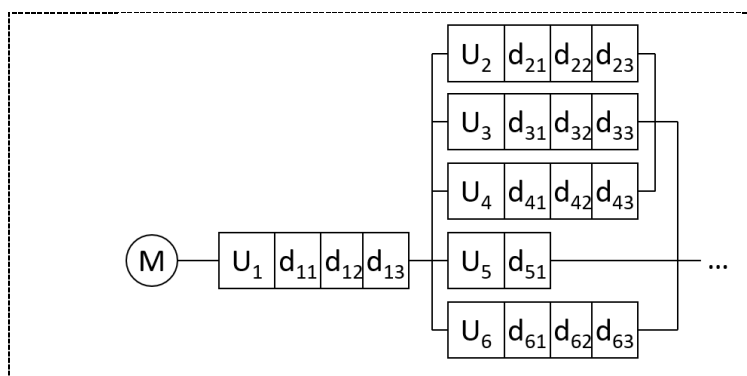


Рис. 1. Фрагмент структурной схемы лебёдки механизма подъёма.

M – источник первичного возбуждения: электродвигатель;

$U_1 \dots U_6$ – узлы схемы: муфта, сепаратор, внутреннее и внешнее кольца подшипника, быстроходный вал и зубчатое зацепление, соответственно;

$d_{11} \dots d_{63}$ – возможные дефекты соответствующих узлов: дисбаланс, смещение, деформация, износ и т.п.

Поскольку большинство механизмов крана преимущественно работают с переменной скоростью, вибрационный сигнал на входе моделировался с учётом изменения частоты возбуждающей силы. Изменение частоты происходит при пуске и торможении механизма, а также вследствие непостоянства нагрузки, действующей на привод. Закон изменения частоты возбуждающей силы моделировался функцией (1):

$$f_0(t) = f_{0n} \cdot k_{ab}(t) \cdot k_f(t), \quad (1)$$

где f_{0n} – номинальная частота возбуждающей силы при установившемся движении; $k_{ab}(t)$ – коэффициент, учитывающий режим разгона или торможения механизма и определяемый по формуле (2); $k_f(t)$ – коэффициент, учитывающий изменение частоты вращения двигателя вследствие переменной нагрузки.

Закон изменения частоты вращения двигателя при режимах пуска и торможения задавался на основе опытных исследований. Эксперимент проводился на порталных кранах «Альбатрос» 10/20-32/16, «Альбрехт» 10-32, принадлежащих АО «Северный порт», г. Москва. Указанные краны имеют в составе электропривода асинхронные двигатели с фазным ротором и релейно-контакторной схемой управления. Оценка скорости вращения двигателей проводилась на основе замера частоты вибраций опор двигателя, измеренной акселерометрами. Для измерения были использованы акселерометры ВС 201 (№ 49619-12 в реестре средств измерений РФ), и аналого-цифровой преобразователь ZET 220 производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы» (ЗАО «ЭТМС»). Измерения проводились «слепым» методом, т. е. оператор крана не знал о проведении измерений и работал в штатном режиме.

Как показал анализ динамики режимов разгона и торможения механизмов порталных кранов, зависимость частоты вращения привода от времени в течение цикла хорошо описывается кусочно-заданной функцией вида (2):

$$k_{ab}(t) = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{2 \cdot t_a}\right), & t < t_a \\ 1, & t_a \leq t \leq (t_c - t_b), \\ \sin\left[\frac{\pi \cdot (t - t_c - 2 \cdot t_b)}{2 \cdot t_b}\right], & t > (t_c - t_b) \end{cases} \quad (2)$$

где t_a – время разгона механизма до номинальной скорости; t_c – время цикла работы механизма; t_b – время торможения механизма.

Закон изменения коэффициента $k_f(t)$ зависит от механизма, который моделируется. Для механизма подъёма его значение зависит от нагрузки на канаты и направления перемещения груза и находится в пределах $k_f \in$

[0.97; 1.05], а для механизма изменения вылета изменяется плавно при изменении грузового момента, что хорошо описывается зависимостью (3):

$$k_f(t) = \frac{1}{p+1} \cdot [\sin(\varepsilon \cdot t + \vartheta) + p], \quad (3)$$

где $p, \varepsilon, \vartheta$ – параметры, определяемые эмпирически для каждой модели крана.

Моделирование вибрационных сигналов выполнялось с частотой дискретизации f_s равной частоте дискретизации измерительного комплекса, который использовался при проведении замеров. Возбуждающий сигнал описывался вектором \vec{a}_0 , элементы которого вычислялись по формуле (4):

$$a_{0i} = \sin\left(2 \cdot \pi \cdot f_{0n} \cdot \int_{i-0.5 \cdot \Delta t}^{i+0.5 \cdot \Delta t} k_{ab}(t_i) \cdot k_f(t_i) dt\right) \cdot k_{ab}(t_i) \cdot k_f(t_i), \quad (4)$$

где $\Delta t = f_s^{-1}$ – шаг дискретизации.

Моделирование дефектов

Зависимость между возбуждающей частотой f_0 и вынужденными частотами отдельных узлов f_{ui} , в большинстве случаев описывается линейной зависимостью вида (5):

$$f_{ui} = u_i \cdot f_0 \quad (5)$$

где u_i – передаточное число для i -го узла.

При наличии дефектов вынужденная частота узла подвергается частотной или амплитудной модуляции, что проявляется на спектре в виде боковых гармоник с частотами $(f_{ui} \pm k \cdot f_{di})$, где f_{di} – частоты проявления дефектов, $k = 1, 2, \dots$. Кроме того, ударные импульсы, возникающие при попадании некоторых дефектов в зону контакта, вызывают отклик дефектных элементов в виде быстрозатухающих колебаний. Такой отклик проявляется на спектре в виде комбинационных частот $(f_{ci} \pm k \cdot f_{di})$, где f_{di} – частоты следования ударных импульсов, $k = 1, 2, \dots$

Наиболее распространёнными дефектами механизмов кранов являются: разбалансировка муфт и валов, радиальное и угловое смещение полумуфт, дефекты подшипников – износ или контактное выкрашивание тел качения и дорожек, разрушение сепараторов, трещины или сколы колец, дефекты зубчатых зацеплений – выкрашивание, абразивный износ, трещины, сколы зубьев, заедание в паре и т.д. Вибрационные картины таких дефектов достаточно хорошо изучены и подробно описаны в литературе [1, 5-9] и др. Так, например, поверхностное выкрашивание зубьев проявляется в спектре в виде амплитудной модуляции сигнала зубозацепления, тогда как заедание – в виде частотной модуляции того же сигнала [9]. При наличии амплитудной и частотной модуляции математическая модель сигнала дефектного узла описывалась зависимостью (6):

$$a_u(t) = \sum_d [(1 + M_d \cdot \cos(\Omega_{d1} \cdot t + \Phi_d)) \cdot \cos((2 \cdot \pi \cdot f_u \cdot t + \varphi_u) + m_d \cdot \sin(\Omega_{d2} \cdot t))] \quad (6)$$

где M_d и m_d – индексы, а Ω_{d1} и Ω_{d2} – угловые частоты амплитудной и частотной модуляции, создаваемой дефектом d ; Φ_d и φ_u – начальные фазы сигналов амплитудной модуляции и основных колебаний узла соответственно.

При моделировании работы механизма в целом сигналы отдельных узлов суммировались (7):

$$a(t) = \sum_j [\xi_j \cdot a_{ui}(t)], \quad (7)$$

где j – порядковый номер узла; ξ_j – коэффициент, учитывающий затухание сигнала на пути от источника возбуждения к точке установки датчика.

На основании аналитической зависимости (7) формировался дискретный сигнал a_d с заданной частотой дискретизации f_s по формуле (8):

$$a_{di} = a\left(\frac{i}{f_s}\right), \quad (8)$$

Дополнительным фактором, усложняющим расшифровку результатов вибродиагностики, является наличие шумовой составляющей сигнала, которая моделировалась добавлением к членам ряда a_d , случайной величины, распределённой равномерно в интервале $[-1,1]$ и умноженной на коэффициент шума.

Результаты моделирования

Разработанная имитационная модель применялись при диагностировании механизма подъёма с дефектами зубчатой передачи первой и второй ступени.

Значения модулирующих частот Ω_{u1} и Ω_{u2} для уравнения (6) принимались на основании известных справочных данных [1, 7, 8] в зависимости от вида и характера возможных дефектов. Начальные фазы Φ_d и φ_u принимались равными нулю.

При планировании диагностирования имитационная модель использовалась для определения необходимой частоты дискретизации. Во избежание потерь диагностической информации для частоты дискретизации должно выполняться условие (9).

$$f_s \geq 2 \cdot f_{max}, \quad (9)$$

где f_{max} – максимальная частота в спектре сигнала, которая может нести информацию о дефектах. Манипулирование значениями индексов модуляции M_d и m_d , позволило определить f_{max} с учётом комбинационных частот, возникающих при одновременном протекании множества вибрационных процессов.

При анализе результатов диагностирования имитационная модель использовалась для уточнения частот среза полосовых фильтров при поиске определённых дефектов. Для этого в модельном сигнале «отключались» все посторонние источники возбуждения с соответствующими дефектами, которые могли маскировать частоты искомого дефекта.

Сравнительный анализ модельного и экспериментального сигналов, выполненный одними и теми же методами, позволил раскрыть некоторые неопределённости, наблюдавшиеся в экспериментальном сигнале. Так, например, математический эксперимент с имитационной моделью механизма подъёма крана «Альбатрос» позволил определить, что неидентифицированные пики на спектре Фурье, построенном по результатам натурного эксперимента, соответствуют частотам дефектов зубчатой передачи, смещённым в область низких частот в результате алиасинга.

Выводы

1. Предварительное имитационное моделирование позволяет правильно подобрать характеристики измерительной системы.
2. Предварительное моделирование с «отключением» отдельных дефектов позволяет выбрать полосы частот для поиска определённых дефектов.
3. Сравнительный анализ поведения модели и диагностируемого узла позволяет раскрыть неопределённости, возникающие при анализе результатов вибродиагностики.
4. Таким образом, имитационное моделирование позволяет повысить эффективность применения вибродиагностических методов.

Библиографический список

1. Гаврилин, А.Н. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2./ А. Н. Гаврилин, Б. Б. Мойзес // М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Томский политехнический ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 128 с.
2. Мустафин, Р.Ш. Опыт диагностики редукторов главного подъема грузоподъемных машин кислородно-конвертерного цеха на примере КГ-1830/ Р. Ш. Мустафин, Е. В. Макарчева // Журнал Евразийского союза учёных (ЕСУ) 2015, №6 (15) – с. 132-136
3. Омесь, Д.В. Проблемы виброакустической диагностики повреждений зубчатых колес многовальных приводов/ Д. В Омесь, А. В. Драган // Межвузовский сборник «Научные заметки», Луцк, 2015. Выпуск № 49 – с.106-110
4. 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
5. Чернышенко, А.В. Особенности диагностики низкооборотных подшипников качения в буксах механизма передвижения мостовых кранов / А.

В. Чернышенко, А. А. Мельниченко, А. А. Павлова // *Машинобудування*. 2008. № 2. – с. 36-48

6. Балицкий, Ф.Я. Диагностика дефектов машинного оборудования в нелинейной вибродиагностике методом каскадной демодуляции вибрации/ Ф. Я. Балицкий, А. Г. Соколова, Г. В. Долаберидзе, М. А. Иванова // *Вестник научно-технического развития*. 2013. № 12 (76). – с. 3-12

7. Баркова, Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Расчет основных частот вибрации узлов машин, параметров измерительной аппаратуры и практическая экспертиза: учеб. пособие / Н. А. Баркова, А. А. Борисов // СПб.: СПбГМТУ, 2009. – 111 с.

8. Русов, В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам/ В. А. Русов // 2012 г. –Электронный ресурс.

9. Соколова, А.Г. Анализ параметров модулированных вибрационных процессов и их огибающих по результатам имитационного моделирования/ А. Г. Соколова, Ф. Я. Балицкий, Г. В. Долаберидзе, М. А. Иванова // *Вестник научно-технического развития*. 2014. № 8 (84). – с. 39-53

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ ПОРТОВ. МОНИТОРИНГ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Харитонов М. Г., студент

Научный руководитель Замолотчиков А. М., к.т.н, доцент

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия.

Современная логистика остро нуждается в информационных и цифровых технологиях. Это положительно повлияет на безопасность перевозок, а также на формирование системного подхода к цифровизации портов.

Сейчас нет системного подхода к цифровизации порта, все существующие объектно-ориентированы и рассматривают отдельные параметры.

Одними из основных направлений цифровизации транспортной инфраструктуры являются: создание цифровых двойников объектов транспортной инфраструктуры, цифровые терминалы.

Основными целями цифровизации порта являются:

1. Снижение нагрузки на технику и оборудование
2. Рост грузооборота
3. Сокращение времени обработки судов
4. Увеличение приёма дополнительных судов

5. Снижение влияния человеческого фактора

6. Сокращение количества перестановок

Порт представляет собой сложную систему обслуживания судов и подвижного состава сухопутных видов транспорта.

Одной из подсистем является подсистема «Перегрузочные машины и оборудование» которая включает машины и оборудования, которые участвуют в перевалке и перемещении груза. Перегрузочное оборудование наряду с является одним из основных элементов инфраструктуры морского порта. [1]

Наибольший эффект от внедрения технологии «цифрового порта» может быть получен путем разработки подсистемы Перегрузочные машины и оборудование с учетом ее взаимодействия с другими подсистемами порта.

Объектами данной подсистемы являются: грузоподъемные краны и перегружатели всех типов, машины внутрипортовой механизации и машины специализированных перегрузочных комплексов.

На вышеперечисленном оборудовании строится основная работа порта, поскольку практически во всех технологических процессах участвует оборудование. Что в свою очередь является его технической эксплуатацией.

На данный момент некоторые компании предлагают мониторинг производства, который базируется на сборе данных о работе оборудования, аварийных сигналах, расчёте ключевых показателей эффективности, поиске аномалий в отношении заданных диапазонов управления, контроле эффективности и информировании о необходимости проверки оборудования. [2]

Подсистема мониторинга перегрузочных машин и оборудования должна обеспечивать контроль за состоянием перегрузочных машин и оборудования.

Мониторинг состояния перегрузочных машин и оборудования на данный момент можно разделить на четыре вида. Первый - простые системы диагностического мониторинга механических колебаний (вибрации) агрегатов, узлов или элементов машин, реализуемые комбинацией несложного малогабаритного вибromетра и стробоскопа. Второй - оперативные системы диагностического мониторинга изменений технического состояния машин, реализуемые с помощью портативных анализаторов и диагностических компьютеров (анализаторы должны позволять просматривать и анализировать спектры шума и вибрации в реализациях по времени контроля). Третий - полу стационарные системы диагностического мониторинга, реализуемые на базе персональных ЭВМ с разделением функций накопления и сбора данных на месте эксплуатации машин и обработки их в специализированной лаборатории. Последний - стационарные системы непрерывного диагностического мониторинга, используемые пока только для отслеживания процессов эксплуатации тяжелых, конструктивно сложных, потенциально опасных машин,

отказы которых могут привести к повышению риска или степени опасности для жизни и здоровья персонала и населения, значительному снижению выпуска продукции, дорогостоящим ремонтам. [3]

Все перегрузочные машины и оборудование необходимо идентифицировать, так как для каждой машины существует свой индивидуальный набор параметров, который нужно контролировать.

За состоянием перегрузочных машин и оборудования нужно следить и фиксировать его через заданные промежутки времени. Осуществляться контроль будет благодаря комплексу датчиков.

Библиографический список

1 Министерство транспорта Российской Федерации ПРИКАЗ от 7 ноября 2017 года N 475 Об утверждении Перечня объектов инфраструктуры морского порта

2 [Электронный ресурс]. URL: <https://mege.ru.turbopages.org/mege.ru/s/reviews/siemens/kontrol-i-monitoring-promyshlennogo-oborudovaniya-s-ispolzovaniem-platformy-mindsphere/> (дата обращения 03.05.22)

3 Озорнин С. П., Бердников И. Е. / Совершенствование организации мониторинга изменений технического состояния машин в эксплуатации – 2014.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Шепелина П. В., канд. техн. наук, доцент

Рудь Е. Г., магистрант

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия.

Развитие транспортной отрасли не стоит на месте, цифровые технологии все больше внедряются в логистические и транспортные компании. Поэтому, чтобы выживать на рынке, но и постепенно становиться лидерами в своем сегменте, компаниям необходимо оперативно переключаться на цифровые решения, которые становятся все более доступными для даже самых мелких игроков рынка.

Однако постепенный переход к современным технологиям на транспорте в нашей стране еще ограничен отставанием развития инфраструктуры. Россия находится на 64-м месте из 144 стран, участвующих в рейтинговой оценке Всемирного экономического форума, по качеству транспортной инфраструктуры, причем наихудшие позиции Россия занимает по качеству

автомобильных дорог. Коэффициент Энгеля (плотность сети автомобильных дорог, скорректированная на показатель плотности населения) существенно ниже, чем во всех странах БРИКС. Помимо этого, в России не существуют высокоскоростные железнодорожные магистрали, а сеть аэропортов и аэродромов крайне слабо развита. Безусловно, есть ряд направлений в развитии инфраструктуры, в которых Россия в числе лидеров, – наличие уникального ледокольного флота, уникальной системы организации грузового движения по железной дороге, высокая пунктуальность междугороднего сообщения как по железной дороге, так и по воздуху. Однако следует отметить, что по уровню развития информационных технологий игрокам российского рынка есть куда расти, чтобы повысить национальный уровень конкурентоспособности [2].

Современные субъекты конкурентного рынка уже занимаются собственными разработками. Как правило это компании первого эшелона, которые имеют финансовые возможности для инвестиций в цифровизацию. Помимо прочего, именно крупные компании не обрабатывают поток информации в ручном режиме, что заставляет их внедрять автоматизацию процессов для оптимизации функционирования бизнеса и минимизации операционных расходов. Большинство же мелких компаний, напротив, в настоящее время финансово не готовы для собственных разработок и ожидают общерыночных решений, позволяющих в рамках единой платформы решать ежедневные задачи бизнеса.

Наиболее благоприятными условиями для цифровизации обладают частично или полностью автоматизированные перегрузочные транспортно-технологические комплексы (ТТК). Таковыми в основном являются крупные мировые порты и терминалы, специализированные на отдельных видах грузов. ТТК являются важнейшими участниками транспортного процесса и играют решающую роль при взаимодействии различных видов грузового транспорта. В большинстве случаев они имеют достаточно сложную структуру, взаимоувязка отдельных элементов которой представляется сложной логистической задачей.

В крупнейшем порте на юге Китая Гуанчжоу автоматизирована работа 4600 причалов и рост показателей показывает, что скоро он догонит сингапурскую гавань по объему грузов. Порт осуществляет прием любых грузов и оснащен современным оборудованием.

В устье реки Хайхэ находится пятый по величине порт материкового Китая Тяньцзинь - автоматизированный и современный контейнерный комплекс с грузооборотом более 14300 TEU.

Самый большой порт в мире, расположенный на реке, – Дуйсбург. Через него проходят пассажирские и грузовые суда, осуществляется ремонт, есть

контейнерный и нефтяной терминалы. Инфраструктура развита и процесс полностью автоматизирован.

В России первое место досталось Усть-Луге (97,6 млн. тонн различных грузов), комплекс продолжает расширяться. В инфраструктуру порта внедряются системы автоматизации: системы оперативного управления на автомобильном терминале, система документооборота «Контерра» на контейнерном терминале, системы автоматизации перевалки генеральных грузов на терминале «Юг-2».

Крупнейшие южные морские ворота России находятся в Новороссийске. Для слаженной работы здесь имеются:

- терминалы перевалки зерна;
- нефтяная инфраструктура;
- судоремонтное производство для всех типов судов;
- лесной порт;
- береговые радиостанции.

В настоящее время планируется открытие Таманского терминала навалочных грузов (ТТНГ) – первого и крупнейшего на побережье Азово-Черноморского бассейна России специализированного терминала по перевалке сыпучих материалов.

Ввод ТТНГ в эксплуатацию открывает новые логистические пути для перевозки отечественных и транзитных навалочных грузов: угля, железорудного сырья, серы и минеральных удобрений в направлении стран Ближнего Востока, Южной Европы, Африки, Азии и Америки.

ТТНГ наращивает объемы перевалки с возможностью в будущем погрузки на морские суда 60 млн тонн грузов в год: 50 млн тонн угля, 5 млн тонн серы и 5 млн тонн минеральных удобрений. Например, в ноябре 2021 г. была запущена пятая по счёту и наибольшая по мощности линия погрузки на 8 тыс. тонн угля в час – самая производительная в России. В дополнение к этому, здесь на постоянной основе применяются решения, позволяющие максимально синхронизировать процессы выгрузки железнодорожных вагонов и перевалки грузов на морские суда.

Техническое оснащение терминала которого предполагает:

- более 51 км закрытых конвейерных линий;
- два уникальных трёхвагонных вагоноопрокидывателя;
- транспортно-коммуникационной эстакады с причалами длиной 2 км;
- высокопроизводительную систему пылеподавления (72 пушки орошения с расходом 92 м³/ч каждая) на открытых складах
- и обеспечивать:
- проектный объём перевалки 60 млн тонн/год навалочных грузов;

- проектный объём хранения 3,5 млн тонн угля;
- одновременную погрузку до 6 судов у причалов ТТНГ;
- максимальный часовой объём обработки до 214 вагонов на ТТНГ по всем видам грузов;
- максимальную скорость погрузки угля на морские суда до 46 тысяч тонн/час.

Все эти технические средства характеризуются возможностью увязки в единый автоматизированный комплекс с заданными кинематическими параметрами, регулируемые системами управления. Таким образом технические возможности автоматизации и цифровизации все большего числа ТТК возрастают.

В настоящее время ориентиры по росту грузопотоков сместились на восток. И здесь важно учитывать опыт крупнейших участников отрасли.

Крупные морские терминалы насыпных грузов в Китае:

- морской фронт разгрузки насыпных грузов - терминал Caofeidan, (железная руда), производительность: 60 млн. тонн в год. Tangshan Caofeidian Port,
- терминал Zhoushan Shulanghu (железная руда), производительность: 52 млн. тонн в год. Порт Ningbo,
- терминал Nanjiang (железная руда), производительность 46 млн. тонн в год. Порт Tianjin.

Построены терминалы компанией ZPMC которая самостоятельно проектирует и производит оборудование для насыпных грузов, а также выступает в качестве подрядчика при строительстве терминалов для перевалки угля, железной руды, зерна, серы и глинозёма. Дочерняя компания ZPMC - Shanghai Zhenhua Heavy Industries Port Machinery General Equipment Co., Ltd - специализируется в проектировании и производстве порталных кранов, судовых погрузчиков и разгрузчиков, стакеров/реклаймеров, вагоноопрокидывателей, комплексных системах для работы с навалочными грузами и прочих видах насыпного оборудования.

Всё оборудование насыпного терминала управляется единой системой управления производством посредством технологий оперативного обнаружения проблем и дистанционного управления. В процессе разработки находится полностью автоматизированная система управления терминалом. В систему входят такие подсистемы как система сканирования и визуализации контура насыпных материалов, система GPS и др.

На терминалах по перевалке угля и других насыпных и навалочных грузов, как правило, не возникает сложных задач по управлению перегрузочной техникой или планированию размещения груза, соответственно, в серьезной

автоматизации здесь нет потребности, вполне достаточно небольших учетных систем. Практически не нуждаются в дополнительной автоматизации и терминалы наливных грузов, поскольку необходимые автоматизированные учетные системы, обеспечивающие их работу, обычно поставляются вместе с оборудованием, а функции автоматизированного управления этим терминалам просто не нужны [1].

Значительную степень автоматизации имеют контейнерные порты и терминалы. Этому способствует развитие специализированных средств автоматического захвата, идентификации, позиционирования и контроля.

Наиболее высокий уровень автоматизации сегодня характерен для крупных контейнерных терминалов: практически в каждом из них установлена какая-нибудь система управления (наиболее передовым считается «Контейнерный терминал Санкт-Петербург»). Несколько хуже дела в этом плане обстоят с терминалами, обрабатывающими генеральные грузы, и со специализированными терминалами, например угольными. Это объясняется тем, что контейнерная логистика более прогрессивна по сравнению с логистикой других видов грузов [1].

Пример можно привести недавнее открытие в шанхайском порту крупнейшего контейнерного терминала (площадью 2,23 млн м²) с высокой степенью автоматизации погрузочно-разгрузочных работ. Этот порт обеспечивает полную разгрузку судна с 3 тыс. контейнеров и загрузку его 2 тыс. контейнеров всего за 20 часов. При этом вероятность ошибки и потери контейнера сведены к минимуму. Автоматизированная система управления портовым оборудованием, разработанная в Китае, предполагает компьютерное оснащение на всех стадиях обеспечения терминальной логистики. Мониторы в кабинах кранов, грузовиков и козловых кранов сообщаются с центром управления. Специализированные грузовики получают приказы от компьютерного терминала в центре управления через беспроводные маршрутизаторы. Техническая база терминала включает 26 мостовых кранов, 120 рельсовых кранов, 130 автоматически управляемых транспортных средств.

Лучшим в мировой практике является опыт одного из самых современных портов мира порта Роттердам. Крупнейшая в Европе морская гавань в рейтинге грузооборота контейнеров занимает 12 строчку, по этому показателю она уверенно теряет позиции. В арсенале порта множество программных продуктов, обеспечивающих непрерывную связь всех участников транспортного процесса. Например, интеллектуальный планировщик маршрутов, отображающий все варианты возможной транспортировки груза от побережья до внутренних районов последующей обработки груза.

Продуманная сеть внутренних линий взаимодействия Container Exchange Route – разработка порта Роттердам для эффективного формата соединения всех точек дислокации поступающего и убывающего груза. CER связывает контейнерные потоки – это означает, что поездам, баржам и фидерным судам больше не нужно связываться со всеми терминалами отдельно по возможностям приема груза. Система включает дорожные линии, четыре железнодорожных перекрестка на разных уровнях, несколько мест обмена контейнерами на участках глубоководных терминалов, терминалов баржи/фидера, пустых складах и компаниях зоны Distripark.

Для оптимизации движения грузов с использованием железнодорожного транспорта у порта Роттердама есть другой инструмент – NaROLD. Он обеспечивает понимание ожидаемого времени прибытия и терминальной обработки поездов, предоставляя точную информацию о железнодорожном транспорте и грузовых перевозок по всей цепочке контейнеродвижения в порту.

Инструмент Postmaster объединяет инструменты и модули для планирования, мониторинга текущей ситуации и администрирования объектом в единой системе. Панель управления представляет собой современный подробный обзор порта, позволяя пользователям быстро реагировать на конкретные события. Система раскрывает весь потенциал порта, повышая его производительность, безопасность и эффективность. Portmaster имеет обширные возможности и представляет собой отдельное технологическое решение, которое может быть полностью адаптировано под нужды любого порта. Portmaster основан на новейших технологиях с использованием больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта.

В связи со статичностью логистической отрасли новые прорывные решения от крупных игроков на рынке внедряются крайне медленно. Так появившийся в 2016 году акселератор Dynamo для генерации решений, способных коренным образом изменить логистическую сферу, привлек к себе внимание. В акселераторе участвует ряд компаний, решения которых пока не глобальные, но уже являются фундаментом для появления новых, прорывных технологий, способных оптимизировать логистические процессы и изменить рынок логистики. Среди участников акселератора присутствуют компании с цифровыми решениями по оптимизации логистических сервисов, оптимизации складской деятельности, транспортировке груза без участия человека и др. – Stord, SEEVA, Steam logistics, Slope, Sender, Skydrop, Starsky Robotics, Gatik AI, Vector.ai, Tenderd, Work Hound, Autit, Plus one robotics, Shipamax, Sirenum, Locatible, Wise, Odyn, Numadic и Synapse MX.

Приводя в примеры лучшие мировые цифровые решения в логистической области, необходимо указать особые компании, которые вошли на уже

насыщенный рынок логистических услуг с совершенно нового направления – цифровых технологий. Одной из таких компаний является Flexport. Компания позиционирует себя в качестве экспедитора для современных логистических команд, предлагая решения из области ИТ. Flexport перемещает грузы по всему миру воздушным, морским, железнодорожным и автомобильным транспортом для ведущих мировых брендов, объединяя мощное программное обеспечение и услуги экспертов отрасли, чтобы обеспечить заказчикам подотчетность, спокойствие и контроль над всей цепочкой поставок. Ключевая особенность Flexport – одна платформа для управления всем. С помощью данной платформы клиент может делать все: заказать отpravку, вести переписку с поставщиками, анализировать отчетность, согласовывать документацию (в том числе для прохождения таможни), контролировать местоположение груза в режиме реального времени и многое другое. Это означает, что меньше времени тратится на просеивание электронных писем и перетасовку электронных таблиц, а также больше времени на то, чтобы сосредоточиться на основной задаче бизнеса, а не логистических операций, ему сопутствующих.

На российском рынке услуг по автоматизации терминалов можно выделить наиболее крупных игроков рынка — это компании «СОЛВО», «Ролис», «Диалог ИТ», ITMarine, SeaData, «Транспософт» и Ant Technologies. Есть и перспективные разработчики, в числе которых компания «АвтоСофт» со значительным опытом в сфере автоматизации контейнерных терминалов, в частности, Разработанная компанией программа «Контейнерный терминал» уже внедрена на сухих терминалах в Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Челябинске.

Комплексные решения на базе Solvo.TOS для управления контейнерным терминалом (морскими и сухими), многопрофильными перегрузочными комплексами (МПК) и портами, грузовыми дворами и товарными станциями. Решения охватывают весь спектр задач – от управления технологическими процессами на терминале до управления документооборотом и коммерческой деятельностью. В состав комплексного решения также входит ряд технологий, таких как EDI, KPI, AutoID, OCR, DGPS и другие.

Заключение

В ближайшее время игроков рынка логистических услуг ожидают глобальные изменения ввиду активного внедрения современных цифровых решений.

Обзор технологических решений зарубежных компаний, как владельцев инфраструктур, так и стартапов показал, что рынок еще находится в стадии турбулентности и унифицированного решения пока нет, что совершенно

логично, учитывая огромные массивы данных, увеличение международной торговли.

В России переход к цифровым технологиям возможен при обеспечении следующих действий:

– Акцентирование внимания владельцев компаний на цифровые решения, позволяющие оптимизировать бизнес-процессы, сократить операционные расходы, повысить эффективность деятельности компании.

– Поиск общерыночных решений или разработчиков под конкретные нужды компаний, которые позволят решить повседневные рутинные процессы.

– Регулярный мониторинг мировых решений, поиск узких мест в собственной компании, последующая автоматизация и роботизация, в том числе с применением искусственного интеллекта.

– Кооперация с конкурентами, партнерами по рынку для создания решений по оптимизации бизнес-процессов.

Библиографический список

1. Шепелина, П. В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 2. – С. 45-49.

2. Ларин О. Н., Буш Ю. Д. Основные приоритеты цифровизации в транспортной логистике // Россия: тенденции и перспективы развития. - 2019. - №14-1. – С. 525-527.

3. Шепелина, П. В. Особенности механизма взаимодействия различных видов транспорта в логистической системе / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 1. – С. 32-34.

4. Числов, О. Н., Мамаев, Э. А., Колесников, М. В., Бакалов. М. В., Задорожний, В. М. Интеллектуализация управления мультиагентным взаимодействием при организации грузовых перевозок в припортовых транспортных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2021. №7 (224). – С. 119-129.

5. Шепелина, П. В. Способы оптимизации строительства посредством подбора и эффективной эксплуатации машинного парка предприятий / П. В. Шепелина // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1(64). – С. 38-45.

6. Филатова, Е. В. Совершенствование системы контейнерных перевозок на основе использования преимуществ цифровой экономики / Е. В. Филатова // Современные технологии управления. - 2020. - №1 (91). – С. 1-18.

7. Музлова Г. Особенности автоматизации портовых терминалов в России // МОРСКИЕ ПОРТЫ | №9 (130) 2014 - С. 46-49.

КОНСЕРВАЦИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН РАБОТАЮЩИХ В АПК

Шиков И. А., студент

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., к.т.н., доцент

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет -
МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия*

Ежегодно на сельскохозяйственные предприятия России поступает большое количество новой техники. На сегодняшний день в России насчитывается 1,6 миллиардов тонн используемого металла. При этом 40...50% металла работает в агрессивных средах, 30% в мало-агрессивных средах и только 10% не требует постоянной защиты от коррозии. В связи с этим предстоит решать серьезные задачи: как можно эффективнее использовать машинно-тракторный парк, улучшать хранение техники, не допускать ее преждевременного списания в связи с коррозией [1].

Одним из способов продления срока службы машины является высококачественная окраска при техническом обслуживании и ремонте.

В процессе эксплуатации машин под влиянием атмосферных и механических воздействий и резкой смены температур лакокрасочное покрытие тускнеет, теряет свой первоначальный цвет, на нем появляются трещины, царапины, сколы и другие дефекты, способствующие возникновению коррозионных процессов [2].

Почти все минеральные удобрения являются солями, получаемыми из природных минералов, а также из азота воздуха. Минеральные удобрения обладают коррозионной активностью, благодаря наличию коррозионно-активных солей (нитратов, хлоридов, сульфатов, фосфатов). Они обладают хорошей гигроскопичностью, легко поглощают атмосферную влагу и образуют на поверхности деталей тонкие слои электролитов, свободно проникающие сквозь лакокрасочное покрытие и разрушающие металл.

Наиболее существенная особенность окраски машин в условиях ремонтного производства состоит в том, что окрашивать приходится поверхности узлов, деталей машин и агрегатов, изготовленных не из нового, а уже из бывшего в работе металла, на котором имеются следы коррозии, загрязнения от топлива и масла, остатки старой краски и отдельные вмятины, и неровности. Эти особенности затрудняют проведение окраски. В то же время, согласно техническим требованиям, защитные и декоративные качества лакокрасочных покрытий на отремонтированных машинах и агрегатах не

должны уступать новым. Ремонтные предприятия должны обеспечивать сохраняемость лакокрасочных покрытий в течение установленного техническими условиями гарантийного обслуживания, исключая покрытия поверхностей, подверженных в процессе работы постоянному механическому истиранию (детали и агрегаты ходовой части, приводы режущего аппарата и другие рабочие органы).

Поэтому совершенствование технологии нанесения и восстановления лакокрасочных покрытий для защиты от коррозии, обеспечивающей долговечность сельскохозяйственной техники, при ремонте и постановке на хранение является в настоящее время важной задачей ремонтного производства.

Проверка состояния ЛКП проводится толщиномером и визуальным осмотром покрытия на предмет трещин, сколов, коррозионных пятен, с записью результата. Как правило сервисные центры применяют типовые модели толщиномеров, в то время как есть ряд ограничений по их использованию для разных видов техники и металлоконструкций. Для замеров могут использоваться толщиномеры лакокрасочных покрытий моделей: ET-12, CM802fn, ET11S, ET110, ET111, ET11P, ET11p, ET14, CHY115, ET10, CHY113, ET-04, Phynix, CM8825(26)(28), Bit 3003, GL-2b, GL-6s, GL-8 и др.

В руководстве по эксплуатации, представляемой при покупке сельскохозяйственной техники владельцу, указывается методика поддержания качества ЛКП в разделе «технического обслуживания», «Правила хранения» и пр. [3]

Типовая схема ремонта ЛКП включает: оценку состояния ЛКП путем диагностирования мест с дефектом ЛКП (визуальный осмотр, проверка толщины покрытия); мойку; дефектацию окрашиваемой поверхности; промывка и обдувка сжатым воздухом; обезжиривание; грунтовка; сушка; окраска внутренних поверхностей; окраска наружных поверхностей; сушка покрытия; контроль качества.

Чтобы оценить факторы, оказывающие влияние на ЛКП кузова, следует рассмотреть его структуру.

ЛКП на кузове автомобиля представляет собой многослойное покрытие и состоит из покрывных, промежуточных и грунтовочных слоев. При оценке качества ЛКП по внешнему виду следует руководствоваться рекомендациями ГОСТ 9.032-74 «Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения»; ИСО 4628. «Лаки и краски. Оценка разрушения лакокрасочных покрытий. Определение интенсивности, количества и размеров типовых дефектов» (рис.1).



Рис. 1. Структура ЛКП сельскохоззяйственной техники

Чтобы выбрать правильные ЛКП можно воспользоваться ГОСТ 6572-91 межгосударственным стандартом «Покрытия лакокрасочные тракторов и сельскохозяйственных машин».

Одним из прогрессивных методов защиты металлических поверхностей от атмосферной коррозии является консервация изделий ингибированными полимерными покрытиями (ИПП). При этом исключается необходимость специальной упаковки, обеспечивается требуемые срок хранения и хороший товарный вид.

Различают два вида ИПП: снимающиеся и не снимающиеся.

К снимающимся покрытиям относятся покрытия, удаляемые с помощью обычных растворителей или механическим путем перед вводом изделий в эксплуатацию. Для получения снимающихся покрытий применяют составы ЛСП, ЗИП, ИС-1 и ХС-62С.

К не снимающимся покрытиям относятся покрытия, которые временно предохраняют металл от коррозии и в дальнейшем перед вводом изделий в эксплуатацию могут быть перекрыты красками и эмалями по обычно применяемым схемам окраски. На изделиях с нанесенными не снимающимся покрытиями можно производить сварку. Не снимающиеся покрытия при необходимости удаляют с поверхности смывками АФТ-1, СП-6. Для получения не снимающихся покрытий используют составы ГФ-570, ГФ-570 РК и ВРЛГ.

Так же одним из специфических видов консервационных материалов являются преобразователи или модификаторы ржавчины. Принцип действия их заключается в том, что при нанесении на ржавчину они вступают с ней в химическое взаимодействие, образуя защитный слой химически стойких, нерастворимых в воде соединений, не оказывающих вредного действия на металл. Пленка соединений, прочно удерживаясь на поверхности металла, тормозит распространение коррозии под лакокрасочной пленкой.

Модификатор ржавчины № 000 или ИРХФ. Одновременно с преобразованием ржавчины он формирует на поверхности металла

лакокрасочную пленку, способную без дополнительного перекрытия защищать металл от коррозии в условиях обычной атмосферы [4-6].

Экспертная оценка структуры ЛКП в условиях сервисного предприятия позволяет установить наличие грунтового слоя на элементах кузова, в свою очередь установить точный его состав, можно только после специальной химической проверки образца покрытия [7-8].

Вывод: вопрос консервации и антикоррозионной обработки металлоконструкций сельхоз техники очень важен и актуален на сегодняшний день. Сейчас существует множество разных материалов и технологий для предотвращения коррозии и старения металла, но самое важное это правильный подбор материала к металлу и выгодность его использования.

Библиографический список

1. Глаголев, С. Н. Эффективность функционирования системы "владелец-автомобиль-сервис" как результат выбора ее акцентированной компоненты / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 10-11.

2. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : Монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко ; Российский государственный аграрный университет - московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2015. – 116 с

3. Тойгамбаев, С. К. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

4. Апатенко, А. С. Повышение технической готовности машин мелиоративного комплекса за счет оптимизации ремонтно-технических воздействий / А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 116-120.

5. Апатенко, А. С. Анализ причин простоев и отказов агрегатов для выполнения культуртехнических работ / А. С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 14-17.

6. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 144 с.

7. Методика расчета инструментов для электрохимических и комбинированных методов обработки / А. И. Болдырев, С. В. Усов, А. А. Болдырев, В. А. Нилов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 38-41.

8. Сладкова, Л. А. Оценка эффективности проведения мероприятий по модернизации наземных транспортно-технологических средств / Л. А. Сладкова, А. Н. Неклюдов, М. Ю. Чалова // Инновационное развитие подъемно-транспортной техники : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 01–02 октября 2020 года. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2020. – С. 85-95.

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шкодюк В. И., студент

Научный руководитель: Григорьев П. А., к.т.н.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

В настоящее время существенные изменения претерпевает качество грузоподъемных машин и оборудования, а также их состав [1]. Изменения, введенные в правила безопасности, предъявляют более высокие требования к применяемому оборудованию и его эксплуатации. Для продления срока службы ранее установленного оборудования проводится его модернизация, являющаяся комплексом работ, включающим в себя анализ устаревшего оборудования и подбор новых, надежных компонентов узлов и агрегатов [2-3].

Одним из методов модернизации является использование энергии рекуперации для снижения энергопотребления электроприводов лифтов, получаемой в ходе торможения, вверх при пустой кабине и вниз – при заполненной. Ее можно посчитать по формуле [4]:

$$E_{\text{рек}} = E_{\text{потр}} \cdot (1 - \text{КПД}) \cdot k_{\text{п}},$$

где $E_{\text{рек}}$ – энергия, которую мы можем использовать в ходе рекуперации;

$E_{\text{потр}}$ – энергия, получаемая из внешней энергосистемы;

$k_{\text{п}}$ – потери в системе, использующие энергию рекуперации.

Система для использования рекуперационной энергии должна использовать накопители энергии вместо тормозного резистора [5]. На рис. 1 представлено два варианта схем электропривода для лифта. В первом случае двигатель 2 через частотный преобразователь 1 и шину постоянного тока

подключается к тормозным резисторам 3. Таким образом энергия рекуперации в данном случае не используется, а уходит через резистор в виде тепла. Во втором же случае энергию рекуперации через систему накопителя энергии и преобразователи 4 можно отдать в энергосистему для других нужд или запитать собственный двигатель, что позволит сэкономить до 20 % энергии [6].

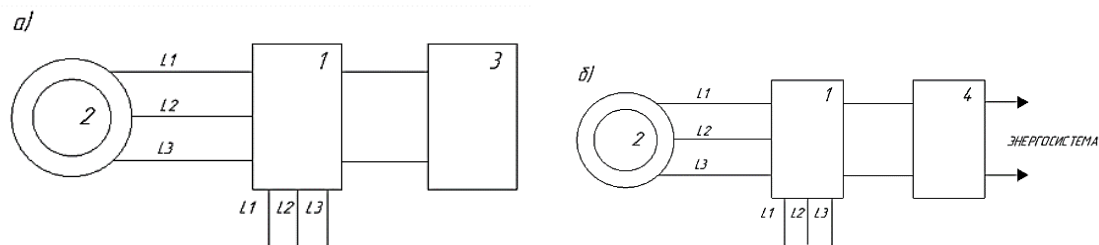


Рис. 1. Варианты электропривода:

а) – с тормозным резистором; *б)* – с накопителем энергии

Другим методом модернизации лифтового оборудования является регулирование рабочей скорости лифта выше номинальной при неполной загрузке кабины. Этот способ позволяет повысить производительность лифта и улучшить энергетические характеристики его привода. Реализация такого режима возможна в безредукторных приводах лифтов на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ). Особенностью системы управления (СУ) электроприводом является необходимость коррекции начала торможения привода при подходе к требуемому этажу в зависимости от скорости движения (загрузки кабины). Для реализации такого режима работы требуется разработка СУ электроприводом, которая отличается от используемых в безредукторных лифтах в настоящее время. Помимо всего перечисленного требуется коррекция начала формирования команды на торможение привода при подходе к требуемому этажу при сохранении общего алгоритма управления формированием точной остановки на этаже. Блок-схема электропривода, в котором реализовано все перечисленное представлена на рис. 2 [7].

В электроприводе, работающем по данной схеме, реализовано полностью управляемое торможение кабины в функции оставшегося до этажа пути остановки. Так же используются датчик загрузки кабины, который подает сигнал, задающий скорость, превышающую номинальную, и блок, отвечающий за коррекцию начала торможения кабины лифта, с помощью которого реализуется существующий алгоритм остановки кабины на этаже.

Схема электропривода с регулируемой скоростью движения кабины в зависимости от загрузки кабины и управляемым по оставшемуся до этажа пути остановки торможением представлена на рис. 3 а.

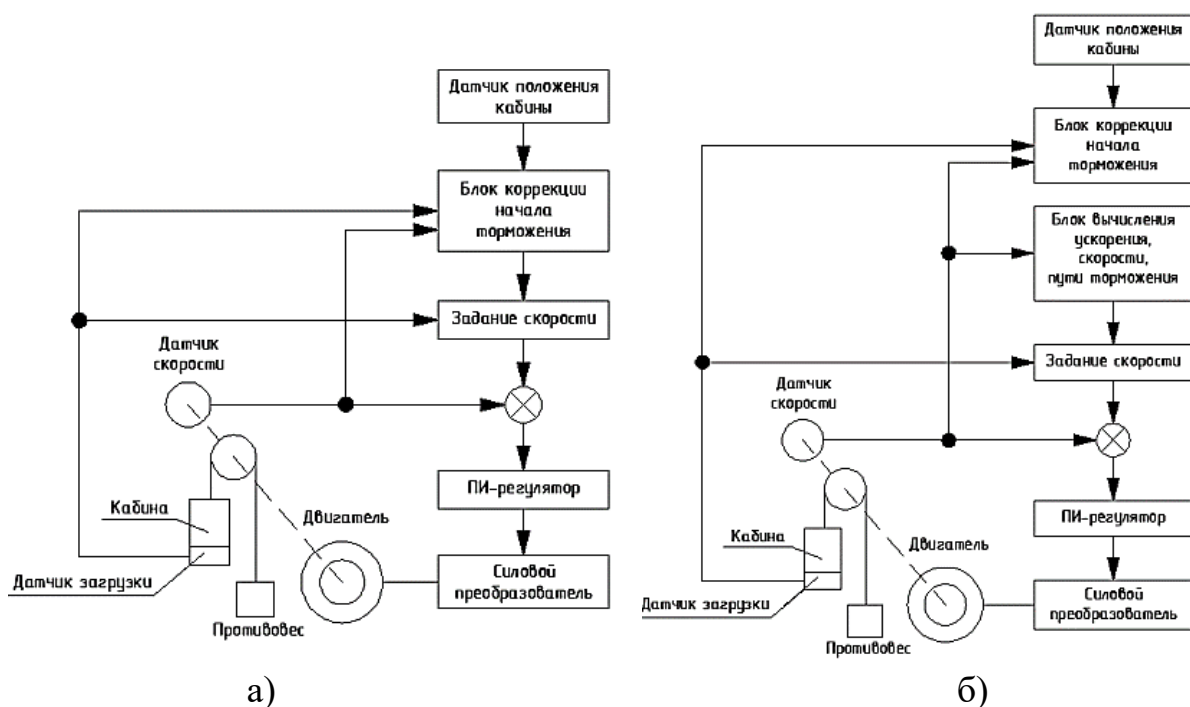


Рис. 2. Схема: а) электропривода лифта с регулируемой скоростью движения кабины; б) частотно-регулируемого электропривода лифта с регулируемой скоростью движения кабины и с вычислением сигнала задания скорости при торможении

Установившаяся скорость движения кабины лифта, формируемая блоком движения скорости, зависит от загрузки кабины (датчик загрузки). Вычисление скорости лифта в процессе торможения происходит путем нахождения необходимого ускорения, исходя из оставшегося расстояния до места остановки (определяется на основе интегрирования сигнала датчика скорости двигателя главного привода), с которым возможно торможение на оставшемся тормозном пути. Если это ускорение превышает допустимое по условиям работы лифта, то торможение идет с допустимым ускорением. Коррекция задания скорости торможения начинается, когда оставшийся тормозной путь позволяет тормозить с ускорением меньше допустимого, и продолжается до тех пор, пока окончательный участок, на котором при рассчитанном константном ускорении торможения скорость кабины лифта не станет равной 0 в точке остановки, не будет определен.

В соответствии с законом РФ №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» при капитальном ремонте на лифт устанавливается новый, энергоэффективный привод. Основными инструментами, которые позволят экономить электроэнергию, являются замена двигателей постоянного тока на асинхронные или синхронные электродвигатели переменного тока, а так же внедрение в главный привод лифта частотного

управления. Это позволяет снизить потребление энергии примерно на 70%. Такая значительная экономия электроэнергии позволяет провести модернизацию лифта именно с точки зрения энергоэффективности. При этом потребитель, получает не только экономию электроэнергии, но и более надежную работу лифта, а также точность позиционирования при остановке кабины лифта и увеличение срока службы двигателей [8]. Частотно-регулируемый привод работает под управлением микропроцессора по специальной управляющей программе. Такая СУ значительно проще и надежнее, чем контактно-релейная схема, и имеет более расширенные функциональные возможности (является более гибкой). Для удобства применения такой СУ были разработаны специализированные лифтовые преобразователи частоты (ПЧ), одним из которых является модель Danfoss VLT Lift Driver LD 302 с управляющим контроллером Danfoss MCO 361. Схема лифтовой СУ, построенной на их основе, показана на рис. 3б. Кроме улучшения эксплуатационных показателей лифта, интегрированная СУ позволяет в аварийных ситуациях получать питание от источника бесперебойного питания.

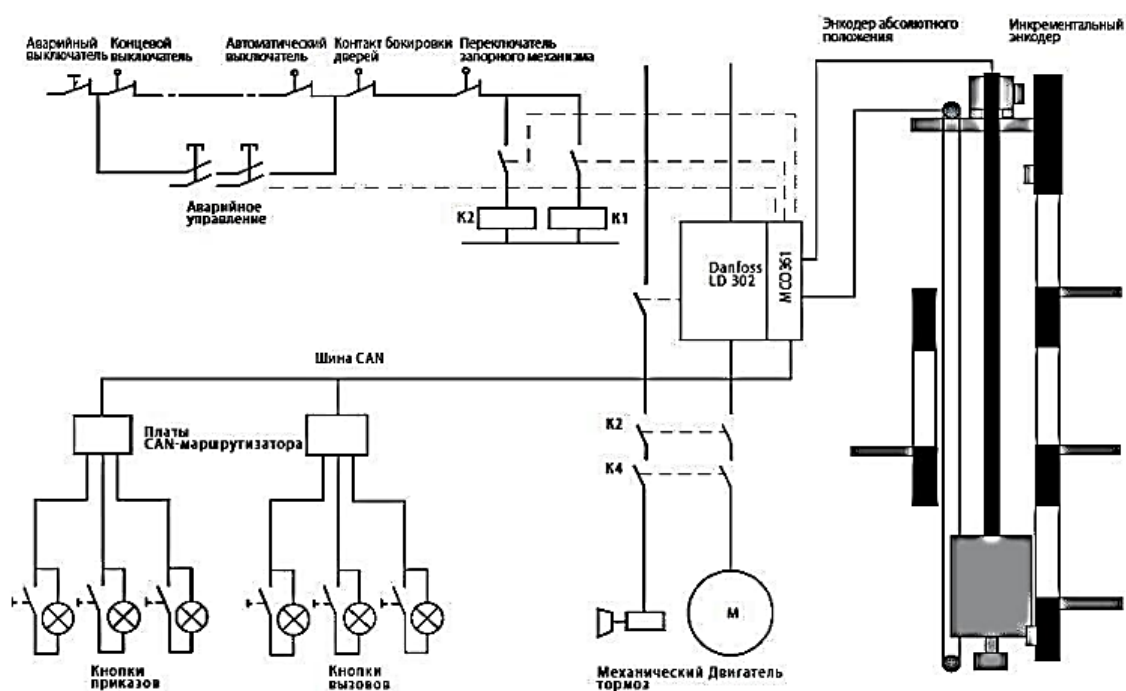


Рис. 3. Структурная схема ПЧ Danfoss VLT lift Driver LD

В настоящее время проблема модернизации лифтового оборудования широко распространена и направлена на усовершенствование систем управления [9-10]. Данные усовершенствования позволяют не только продлить эксплуатационный ресурс, но и повысить технические характеристики, условия безопасности и функциональность данного оборудования.

Библиографический список

1. Сладкова, Л. А. Физическое моделирование технических систем : Учебное пособие / Л. А. Сладкова, П. А. Григорьев, М. В. Горелова. – Москва : Российский университет транспорта, 2021. – 102 с.
2. Григорьев, П. А. Патентный анализ современных технических решений для обеспечения устойчивости крановых конструкций / П. А. Григорьев, Л. А. Сладкова // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 7. – С. 38-41.
3. Грузоподъемные машины и оборудование : Учебно-методическое пособие к лабораторным работам / Л. А. Сладкова, П. А. Григорьев, В. В. Крылов, И. В. Трошко. – Москва : Российский университет транспорта, 2020. – 40 с.
4. Сат, М. М. Использование энергии рекуперации для снижения электропотребления лифтовым оборудованием / М. М. Сат // Молодой ученый. – 2019. – № 9(247). – С. 103-106.
5. Хайруллин, И. Х. Принципы энергоемкости при проектировании подъемных механизмов лифтовых сооружений / И. Х. Хайруллин, Т. И. Шакиров // Молодой ученый. – 2017. – № 22(156). – С. 89-93.
6. Степанов, В. М. Анализ технических решений по рекуперации электрической энергии / В. М. Степанов, С. В. Котеленко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 6-1. – С. 152-158.
7. Коваль, А. С. О реализации управляемого в функции тормозного пути торможения в массовых лифтах / А. С. Коваль, А. В. Шваяков, Е. В. Ефименко // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – № 3(40). – С. 74-81. – DOI 10.53078/20778481_2013_3_74.
8. Системы управления лифтами на базе микропроцессорной техники [Электронный ресурс] // Информационный ресурс «LiftSpas». URL: <http://www.liftspas.ru/read/2/73-sistemy-upravleniya-liftami-na-baze-mikroprocessornojtehnik.html>.
9. Анцев, В. Ю. Взаимосвязь характеристик пассажиропотока здания и износа лифтовых канатопроводящих шкивов / В. Ю. Анцев, П. В. Витчук, Е. А. Плахова // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. – 2013. – № 6. – С. 110-114.
10. Мечиев, А. В. Общеметодологический подход к оценке риска обеспечения конструктивной безопасности лифтов / А. В. Мечиев, Н. С. Севрюгина, М. А. Степанов // Механизация строительства. – 2017. – Т. 78. – № 4. – С. 24-29.

ОПТИМИЗАЦИЯ БЫСТРОХОДНОЙ СТУПЕНИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ KISSOFT.

Шумилкин Г. В., студент

Научный руководитель: Сорокина И. И., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Любая рабочая машина невозможна без привода, который осуществляет передачу от двигателя к исполнительным органам машины. Несмотря на то, что скорости в подъемно-транспортных машинах не велики, работа в условиях ограниченного пространства и экономическая целесообразность заставляет применять мощные электродвигатели с высоким числом оборотов выходного вала. Как следствие передаточный механизм привода должен обеспечить значительные передаточные отношение, что достигается применением многоступенчатых редукторов. Привод является самой ответственной, сложной, трудоемкой частью любой машины. Сегодня, для сокращения времени проектирования привода той или иной машины принимают типовые схемы редукторов, что не является самым удачным решением для произвольной машины. Такой подход к конструкторской проработке привода не дает оптимального сочетания параметров и удовлетворения всех требований заказчика.

Основными критериями оценки качества привода приняты: удельная массоемкость, удельная энергоемкость, габаритные размеры, КПД, экономичность изготовления и эксплуатации [1]. Уменьшение массогабаритных показателей редуктора уменьшает массу и габариты рам такого привода, что снижает габариты машины в целом. Кроме того, уменьшение габаритов вращающихся частей привода (зубчатых колес, муфт) приводит к снижению динамических нагрузок в приводе, увеличивает КПД, надежность и долговечность привода в целом.

Суммируя все вышесказанное, оптимизация приводов является актуальной задачей, которая должна решаться индивидуально в каждом конкретном случае. В ряде случаев для снижения габаритов применяют коническо-цилиндрические или червячно-цилиндрические редукторы. Такое конструкторское решение не всегда возможно, так как содержит ортогональные передачи. Поэтому в ПТМ довольно широко применяют многоступенчатые цилиндрические редукторы с

параллельными осями, которые в свою очередь выполняются по развернутой схеме, со сдвоенным входным-выходным валом.

Основными критериями оптимизации зубчатых механизмов принято считать [2]:

- Снижение суммы межосевых расстояний (что приводит к снижению общего объема привода, уменьшению высоты или длины редуктора);
- Снижение массы редуктора (проводится за счет снижения массы колес редуктора);
- Равнопрочность по контактным и изгибным напряжениям (задаются ограничением по контактным напряжениям или напряжениям изгиба в опасном сечении зуба).

Основным выходным параметром при проектировании передаточных механизмов является передаточное отношение (частота вращения входного и выходного валов), а оптимальное сочетание передаточных отношений ступеней редуктора можно получить только многовариантным расчетом. Учитывая, что расчет по допускаемым контактным напряжениям дает ограничение по межосевому расстоянию передачи, а расчет на изгибную выносливость – по модулю передачи, необходимо отслеживать, чтобы уменьшение габаритов передачи не приводило к снижению прочности полученного механизма. Кроме того, в силовых передачах привода не применяются мелкозубчатые колеса, в связи с этим ограничение на модуль также может быть задано перед началом проектирования. Остальные параметры передачи могут меняться в зависимости от выбранных критериев оптимизации и требований заказчика.

В связи с вышесказанным для подбора рациональных параметров привода в каждом конкретном случае приходится выполнять многовариантные расчеты, для чего может быть использовано программное обеспечение, позволяющее выполнить указанные расчеты без значительных трудовых и временных затрат. Одним из таких программных комплексов, позволяющих значительно снизить затраты на проектирование зубчатых передач, является программная среда KISSsoft. Являясь программой с широким спектром возможностей, KISSsoft позволяет производить расчет и проектирование практически любых типов деталей машин (подшипников, валов, крепежных элементов, зубчатых передач). Использование этого программного продукта обусловлено тем, что расчет зубчатых передач в нем является основным и имеет несколько дополнительных функций (в то время, как построение сборок рассчитанных зубчатых зацеплений или редукторов в целом является распространенной функцией, KISSsoft также предоставляет возможность произвести многовариантный расчет зацеплений, близких по значениям к исходным с заданной погрешностью и величиной шага каждого параметра варьирования). Несмотря на узкий перечень сталей по ГОСТ,

представленных в программе KISSsoft, функция «собственный ввод» позволяет задать необходимые исходные данные материала и выполнять расчет использованием материала с нужными параметрами. Кроме того, важна доступность лицензии на территории РФ, в том числе и бесплатной учебной версии, предоставляемой учебным заведениям при заключении типового договора с лицензиаром.

С целью демонстрации возможностей пакета произведена оптимизация быстроходной ступени цилиндрического двухступенчатого редуктора 1Ц2У-400.

Расчет проведен в модуле KISSsoft «Пара цилиндрических колес» со следующими исходными данными: передаточное отношение ступени – 4, межосевое расстояние – 250 мм, мощность электродвигателя – 55 кВт, частота вращения электродвигателя – 1500 об/мин, нормальный модуль зубьев – 5 мм, материал - сталь 25 ХГМ, срок службы 25000 ч, [3].

В процессе расчета выяснилось, что ресурс, полученный для указанных значений параметров – 1000000 ч, значительно превышает заданный срок службы. Очевидно, что запас прочности передачи избыточен. С целью оптимизации передачи – уменьшения межосевого расстояния передачи и, как следствие, снижение габаритов всего редуктора, для тех же условий нагружения, произведен многовариантный расчет.

Основным материалом для изготовления зубчатых колес силовых передач служат легированные стали. Материал и технологию термообработки (ТО) назначают в зависимости от условий работы передачи и размеров колес. Кроме того, чем выше твердость рабочей поверхности зубьев, тем выше допускаемые напряжения и меньше размеры передачи. С учетом этого для дальнейшей оптимизации ступени были выбраны следующие материалы для изготовления зубчатых колес: сталь 45ХЦ, сталь 25ХГМ и сталь 40 ХНМА, прочностные параметры которых после ТО приведены в таблице 1 [4]:

Для выполнения многовариантного расчета для каждой стали задавались диапазоны изменения межосевых расстояний и модулей. Для быстроходных передач, модуль назначался согласно ГОСТ 9563-60 [5] из ряда 1 – 4мм, 5мм, 6мм; межосевое расстояние назначалось по ГОСТ 2185-66 [6] из ряда 1– 200 мм, 250 мм, и ряда 2 – 225 мм. Использование функции пакета «Точное определение размеров» в диапазонах изменения параметров, указанных выше, с учётом их отклонений в $\pm 2\%$, допускаемых по ГОСТ, позволило получить сводную таблицу многовариантного расчета для каждой из назначенных сталей. Полученные решения представлялись в виде графиков, на которых по оси ординат отмечался – запас прочности боковой поверхности зуба, по оси абсцисс – запас прочности ножки зуба колеса, а для цветового градиента был выбран модуль зубчатого

колеса. Кроме того, в условиях данного исследования принято, что при одинаковых размерах выбирается передача с большим сроком службы и коэффициентами запаса.

Таблица 1 прочностные параметры сталей.

	Сталь 45ХЦ	Сталь 25 ХГМ	Сталь 40ХНМА
Термообработка	Улучшение+ зТВЧ	Улучшение+ цементация+ закалка	Улучшение+ азотирование
Твердость стали (НВ/НRC)	269...302/50 ...56	300...400/56... 63	269...302/50... 56
Допустимое контактное напряжение $[\sigma_{0H}]$, МПа	1292	1449	1167
Допустимое напряжение изгиба $[\sigma_{0F}]$, МПа	371,4	645	514,3

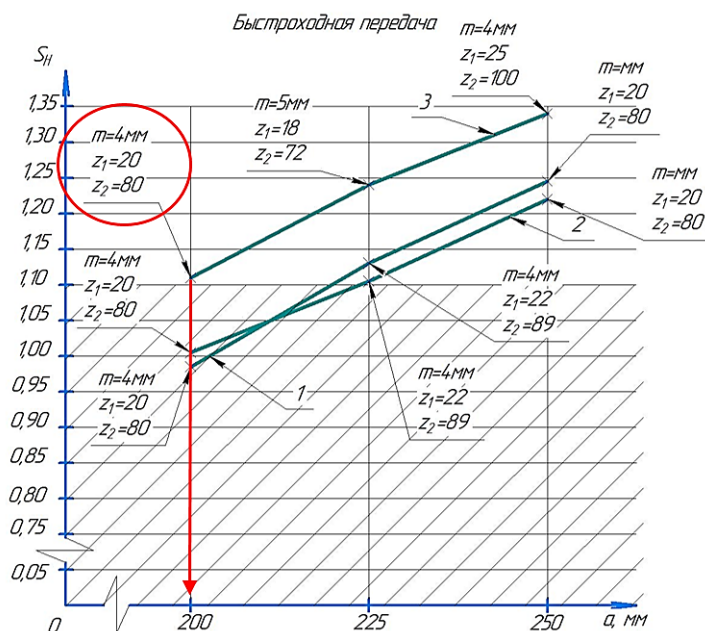


Рис. 1. Зависимость коэффициента запаса прочности боковой поверхности зуба межосевого расстояния. 1– кривая для стали 45ХЦ, 2– кривая для стали 40ХНМА, 3– кривая для стали 25 ХГМ.

С целью упрощения анализа полученных данных итоги многовариантного расчета для наилучших вариантов представлены в виде графиков зависимости

коэффициента запаса прочности боковой поверхности зуба S_H от межосевого расстояния передачи. Графики для всех рассматриваемых материалов представлены на рис. 1, при этом заштрихованная область показывает недопустимые значения коэффициента запаса боковой поверхности зуба[4].

Анализ полученных кривых (рис.1) показывает, что при выборе в качестве материала изготовления колес быстроходной ступени редуктора стали 25 ХГМ можно уменьшить межосевое расстояние до 200мм без потери прочности зуба, в то время как применение сталей 45ХЦ и 40ХНМА позволяет выполнить передачу с минимальным межосевым расстоянием 225мм, при этом исходное значение этого параметра составляет 250мм. Кроме того, для выбранного варианта передаточное отношение ступени осталось без изменения – 4, а модуль был уменьшен до 4мм, что позволило уменьшить диаметры окружностей вершин и габариты передачи в целом.

Для наглядности сравнение габаритов исходной передачи и передачи, полученной в результате оптимизации, приведено на рис. 2.

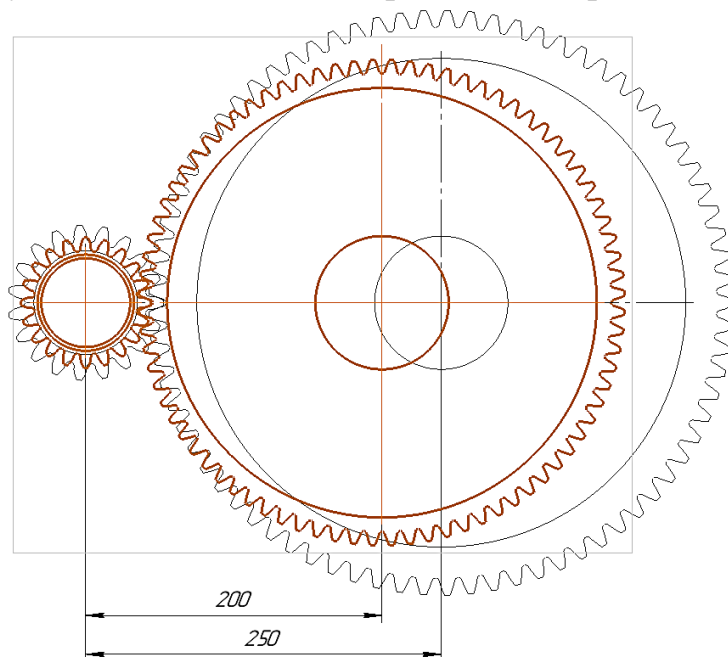


Рис. 2. Сравнение зубчатых передач до и после оптимизации.

Благодаря использованию программной среды KISSsoft, произведен многовариантный расчет с целью оптимизации быстроходной ступени цилиндрического двухступенчатого редуктора 1Ц2У-400, которая позволила уменьшить длину редуктора на 50 мм. В случае успешной оптимизации тихоходной ступени рассматриваемого редуктора можно уменьшить не только его длину, но и его высоту и ширину.

Библиографический список

1. Маргулис М.В. Пути совершенствования приводов различного назначения. / Вестник приазовского государственного технического университета, Вып. №10, 2004 г.

2. О.А. Краснова, В.Г. Пидодня, Д.А. Сизов. Оптимизация параметров приводов с червячной передачей на основе количественной оценки приоритетности критериев отбора / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, № 1(2), 2014 г.

3. ГОСТ 31592-2012. Редукторы общемашиностроительного применения. Общие технические условия.

4. Раевский В. А., Мокин Д.Г., Гаах Т.В. М.У. «Расчет передач». – КФ МГТУ им Н.Э. Баумана – Калуга. – 2018. – 64с.

5. ГОСТ 9563-60. Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули.

6. ГОСТ 2185-66. Передачи зубчатые цилиндрические. Основные параметры.

7. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. Пособие для машиностроит. спец. Вузов. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. шк., 1985 – 416 с.

СЕКЦИЯ 2. ПУТЕВЫЕ, ДОРОЖНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ МАШИНЫ

ON THE SIGNIFICANCE OF DEVELOPING NEW STRATEGIES AND METHODS FOR INCREASING THE TECHNICAL EFFICIENCY OF ROTARY EXCAVATORS

Maalaoui Hamed, PhD student (Tunisia)

Scientific adviser – **Lukashuk O. A.**, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor
*Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg*

At present, energy prices have increased significantly on the world market, and there's a genuine require for a sharp increment of the cheapest fuel production – brown coal, mined in an open way at Russian coal enterprises. Nowadays Russia has colossal assets of various minerals from brown coal to anthracites. The total resources are estimated at 4089 billion tons, and the adjust saves are almost 272.7 billion tons. The predominant proportion of resources is hard coal - 64%, of which only 11% is coking coal, brown coal – 33%, anthracite – 1.9%. Geographically, 66% of coal resources are concentrated in Western and Eastern Siberia, 28% -within the European portion and the Urals. According to the Long-term program for the improvement of the coal industry in Russia for the period up to 2030 [1], under favorable market conditions, coal production will amount up to 480 million tons, with about 70% going to open-pit mining.

Abroad, an additional increase in the proportion of open-pit coal mining is predicted: in Germany up to 60%, India – up to 66%, China – 30%, Poland – 30%, the proportion of open-pit coal mining in the USA will increase to 51.5%.

At the same time, at present in Russia, a noteworthy portion of the coal is mined by open-pit mining, more than half of the production of coal is carried out by rotary excavators EF-1250 and its modifications (ERGI-600) ERP-2500 and ERSHRD-5250, SRC(K)-4000 , ERS(K)-800. All these machines were developed and made more than 20 years ago prior by enterprises in Ukraine and abroad. According to the estimates of leading organizations in Russia, the depreciation of the machine park in the mining industries of the country is more than 60%. Deterioration of excavators used in open pit mining is 40%. The renewal and modernization of the machine park is being carried out today in such a way that the aging of machines is ahead of their renewal. The advancement and intensive production of rotary excavators are required.

According to experts [2-4], the mineral resource base of the Russian Federation in the first half of the 21st century will be characterized by partial depletion of large deposits with relatively high quality coal. This will necessitate the development of medium-sized deposits with a poor content of solid fuel, the involvement of small deposits with its high content, the completion of substandard off-balance or missing coal reserves at previously developed deposits. Within the brief term, coal mining will be carried out mostly owing to the increase of open-pit mining at existing mines, their remaking and specialized re-equipment, the usage of the high-performance equipment of continuous operations persistent gear (Fig. 1) [5], both with the conventional linear dimensions of the working hardware and with decreased ones.

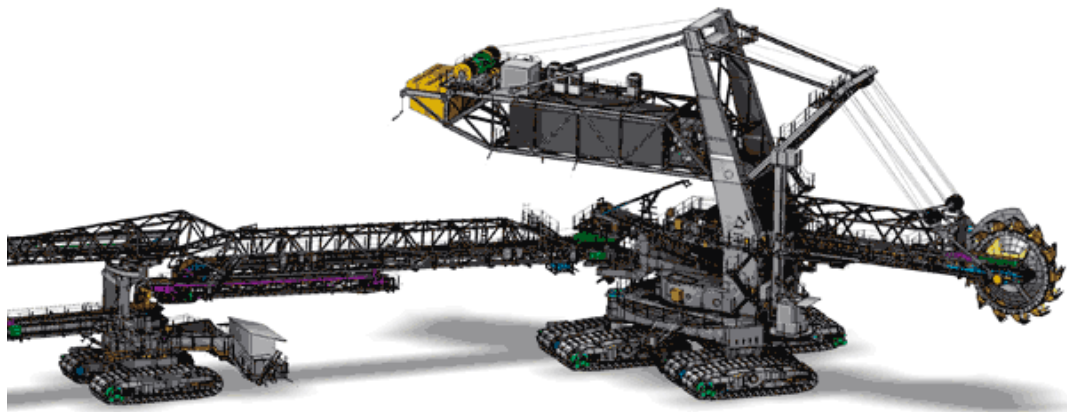


Fig. 1. Rotary excavator KK550.

Promising coal deposits of the Russian Federation are located in the eastern regions, characterized by severe and long winters, with a significant depth of seasonal freezing of rocks up to 2-3 meters.

This makes it possible to assert that even those rocks, which in other climatic and geological conditions are successfully processed by rotary excavators with normal digging forces, due to significant seasonal freezing, the presence of permafrost and hard inclusions, require rotary excavators with increased or high specific digging forces for their development.

To guarantee the productive operation of continuous excavators in quarries, storages and for the construction of hydraulic structures, the improvement of their design should go in the direction of increasing the specific digging force and reducing the linear dimensions of their working equipment, that is, in the direction of creating compact rotary excavators.

The intensive usage of rotary excavators is largely due to the continuity of the working process, high efficiency, comparative effectiveness, the possibility of creating working bodies for the development of rocks of increased solidity, as well as the

possibility of selective mining of complex structural faces [2]. In comparison with chain machines, rotary excavators are more efficient in block excavation, in their working process the functions of separating and transporting the mined rock are divided, the energy consumption for processing the soil, especially during top-level digging, the metal consumption of the elements of the working body moving in the soil and their wear on cubic meter of the developed rock are significantly less [6].

Based on the previous, the development of rotary excavators of advanced designs and enhancement of their specialized proficiency is an urgent task. To achieve this goal, the working body of mining rotary excavators of expanded efficiency should be modified. For that the methodology of designing the working body equipped with buckets of spherical segments will be developed, as well as the influence of the parameters of the designed working body on the performance of the excavator will be studied.

In addition, it is planned to develop and study methods for increasing the vibration resistance of mining excavator rotors with working bodies based on spherical segments: increasing the vibration resistance of the rotors during radial, circumferential and diagonal movement of the working body.

The improvement of control systems for an excavator [7] with a working body built on the basis of spherical segments requires the advancement of a subsystem for controlling the radial, circumferential and diagonal development of the rotor.

After that, an algorithm for program control of the rotor movement in the radial, circumferential and diagonal modes and a computer control program that implements the proposed algorithm will be developed.

References

1. Long-term program for the development of the coal industry in Russia for the period up to 2030. Approved by the Government of the Russian Federation on June 13, 2020 No. 1582-r [Electronic resource] URL: <http://docs.cntd.ru/document/565123539> (date of the application: 05.05.2022).
2. Vladimirov V.M., Trofimov V.K. Improving the productivity of mining bucket excavators. Publishing house "Nedra" // M., 1980, 312 p.
3. Belyakov Yu.I., Vladimirov V.M. Improvement of excavation work in quarries. M., Publishing house "Nedra", 1974, 304 p.
4. Trubetsky K.N., Potapov M.G., Vinitsky K.E. etc. Handbook. Open pit mining / M.: Mining Bureau, 1994. 590p.
5. Wheel excavator (KK 550) [Electronic resource] URL: <https://www.noen.cz/bg/reference/kr2800t-%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%b5%d1%81%d0%b5%d0%bd->

[%d0%b1%d0%b0%d0%b3%d0%b5%d1%80-kk-550/](#) (date of the application: 05.05.2022).

6. Lyapin D.G. Justification of the rational parameters of the inertial oscillation generator of the driving moment of the working body of a compact rotary excavator // Dis. cand. tech. Sci. - Moscow: NUST "MISiS", 2018.-123 p.

7. Miloserdov E.E., Mineev A.V. Basic principles of interaction between drive systems of a rotary excavator with a large unit capacity // Prospects for the development of information technologies. – 2011. № 6. – pp. 117-121.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ ПРИ ПОЛНОМ БУКСОВАНИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Азаров В. С., студент

Редькин Д. А., студент

Научный руководитель: Паничкин А. В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени

И.С. Тургенева», г. Орел, Россия

Представлению о работе движителей ЗМТ, как о некоторой фрикционной связи с постоянным нормальным давлением на поверхность трения с постоянным коэффициентом трения (коэффициент сцепления движителей с грунтом), соответствует эквивалентная схема на рисунке 1. Приведенная масса m_n ЗТМ разделена на две массы, находящиеся по разные стороны фрикционной связи. Первая масса $(m_n - m)$ – приведенная масса всех вращающихся частей двигателя и трансмиссии, включая ведущие элементы движителей. Ее действие, проявляющееся в виде инерционного момента и приведенное на схеме к силе инерции $(m_n - m) \cdot \bar{s}$, совместно с движущей силой передается посредством фрикционной связи т.е. ограничено сцеплением колес с грунтом (сила сцепления T_ϕ , то начинается полное буксование движителей. Как показывают рассмотренные выше примеры, даже при большом запасе сцепления буксование становится практически возможным благодаря значительным отрицательным ускорениям, которые имеют место во время копания грунта, особенно при быстром внедрении рабочего органа [1].

В процессе буксования двигатель и трансмиссия начинают вращаться со скоростями, большими чем те, которые имеют место при движении без буксования. Следовательно, ускорение уже не соответствует величине \bar{s} , а становится меньше ее. В результате уменьшается динамическая составляющая

вращающего момента и если позволяют возможности двигателя, растет статическая составляющая. Тогда поступательное движение машины происходит либо при полном буксовании, либо на пределе сцепления, что практически безразлично, так как и в том и в другом случае движущей силой является сила сцепления T_ϕ . [2]

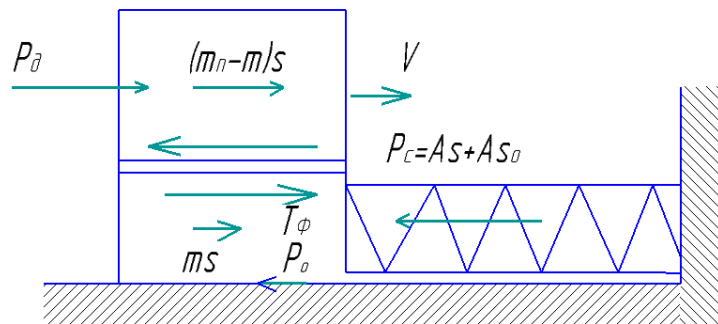


Рис. 1. Эквивалентная схема землеройно-транспортной машины как жесткой системы при движении на пределе сцепления двигателей с грунтом

Примем в дальнейшем для некоторых идеальных условий сцепной вес и коэффициент сцепления постоянными. Это допущение приемлемо как вследствие невозможности математически выразить случайные изменения сцепных качеств движителей и поверхности качения, так и ввиду кратковременности копания на режиме полного буксования. Тогда уравнением движения машины в процессе буксования будет

$$T_\phi - m \frac{d^2 \cdot s}{d \cdot t^2} - P_c = 0. \quad (1)$$

Момент потери сцепления движителей с грунтом характеризуется равенством

$$T_\phi = P_0 + As_0 + m \cdot j_{\text{нач } \phi}. \quad (2)$$

Сила сопротивления, как и раньше может быть выражена в виде

$$P_c = P_0 + As_0 + As. \quad (3)$$

Это позволяет следующим образом преобразовать уравнение 3

$$\frac{d^2 \cdot s}{d \cdot t^2} + \frac{A}{m} s = j_{\text{нач } \phi}, \quad (4)$$

где $j_{\text{нач } \phi}$ – ускорение, которое машина имела к началу буксования.

Решением дифференциального уравнения 4 является

$$s = N_7 \cdot \sin \sqrt{\frac{A}{m}} t + N_8 \cdot \cos \sqrt{\frac{A}{m}} t + \frac{m \cdot j_{\text{нач } \phi}}{A}. \quad (5)$$

Постоянные N_7 и N_8 определяются из начальных условий, которыми являются: $t = 0, s = 0$ и $v = v_{\text{нач } \varphi}$, где $v_{\text{нач } \varphi}$ – скорость машины к началу буксования.

$$N_7 = v_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{m}{A}}; N_8 = -\frac{m \cdot j_{\text{нач } \varphi}}{A} \quad (6)$$

$$s = v_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{m}{A}} \sin \sqrt{\frac{A}{m}} t - \frac{m \cdot j_{\text{нач } \varphi}}{A} \cos \sqrt{\frac{A}{m}} t + \frac{m \cdot j_{\text{нач } \varphi}}{A}; \quad (7)$$

$$v = v_{\text{нач } \varphi} \cos \sqrt{\frac{A}{m}} t + j_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{m}{A}} \sin \sqrt{\frac{A}{m}} t; \quad (8)$$

$$j = -v_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{A}{m}} \sin \sqrt{\frac{A}{m}} t + j_{\text{нач } \varphi} \cos \sqrt{\frac{A}{m}} t. \quad (9)$$

Полученные выражения дают максимум ускорения (по абсолютной величине) при скорости, равной нулю, т.е. в момент остановки буксующей машины. Соответствующее время определится формулами:

$$t_{j_{\text{max}}} = \sqrt{\frac{m}{A}} \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right); \quad (10)$$

$$s_{\varphi} = v_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{m}{A}} \sin \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right) - j_{\text{нач } \varphi} \frac{m}{A} \cos \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right) + j_{\text{нач } \varphi} \frac{m}{A}; \quad (11)$$

$$j_{\text{max } \varphi} = -v_{\text{нач } \varphi} \sqrt{\frac{A}{m}} \sin \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right) + j_{\text{нач } \varphi} \cos \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right). \quad (12)$$

Формулы 11 и 12 могут быть использованы для определения максимальных нагрузок, возникающих на рабочих органах машины в условиях потери сцепления с грунтом и в момент ее полной остановки. Однако применение их для этой цели связано с предварительным определением величин начальной скорости и ускорения, что может быть выполнено посредством построения графиков движения машины без буксования т.е. требуют довольно трудоемких расчетов [3].

Исследование порядка величин, входящих в уравнение 11 и 12, показано, что для расчетных условий величина $\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}}$ достаточно велика для того, чтобы принять

$$\sin \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right) \approx 1; \quad (13)$$

$$\cos \arctg \left(-\frac{v_{\text{нач } \varphi}}{j_{\text{нач } \varphi}} \sqrt{\frac{A}{m}} \right) \approx 0. \quad (14)$$

Это дает более простые выражения пути и ускорения:

$$s_{\varphi} \approx v_{\text{нач}} \varphi \sqrt{\frac{m}{A}}; \quad (15)$$

$$j_{\text{нач}} \varphi \approx -v_{\text{нач}} \varphi \sqrt{\frac{m}{A}}. \quad (16)$$

Как показывает формула 16, ускорение будет тем больше, чем больше начальная скорость. Однако начало буксования при скоростях, близких к скорости холостого хода или еще больших (в диапазоне принудительного холостого хода), маловероятно. При указанных начальных скоростях буксование становится возможным только в случае очень малого коэффициента сцепления, что противоречит задаче определения максимальной нагрузки на рабочий орган [4].

Практически буксование при нормальных условиях сцепления движителей с грунтом начинается обычно на режимах, близких к номинальному. Учитывая же узкие пределы изменения скоростей диапазона регулятора, можно прийти к выводу о том, что в сторону увеличения начальная скорость буксования может весьма мало отличаться от номинальной. Если, например, полагать, что начало буксования возможно при касательной силе, равной половине статического касательного усилия, то начальная скорость буксования будет всего на 5% больше номинальной. Но такие условия могут наблюдаться лишь при относительно низком коэффициенте сцепления, т. е. в случае, когда нет оснований ожидать возникновения максимальных нагрузок на рабочий орган. У большинства ЗТМ и тракторов цепной вес выбран из условий возможности реализации номинального тягового усилия при нормальном коэффициенте сцепления.

А если принять во внимание, что динамическая составляющая касательной силы в диапазоне регулятора относительно невелика, то становится очевидным, что при хорошем сцеплении начало буксования можно ожидать в основном при переходе на режим перегрузки двигателя [5].

Таким образом, если в качестве начальной скорости буксования принять номинальную скорость и в качестве расчетного условия – максимальный коэффициент сцепления, то вычисляемые значения ускорения и нагрузки на рабочий орган будут реальными и близкими к предельным. Этому условию соответствуют выражения [6]

$$s_{\varphi} = v_{\text{н}} \sqrt{\frac{m}{A}}; \quad (17)$$

$$j_{\text{max}} \varphi = -v_{\text{н}} \sqrt{\frac{A}{m}}. \quad (18)$$

Таким образом динамическая нагрузка на рабочий орган определится в результате умножения выражения 17 на A или выражения 18 на m , что дает

$$P_{\text{дин } \varphi} = v_{\text{н}} \sqrt{Am}. \quad (19)$$

Полная же нагрузка на рабочий орган, ограничиваемая условиями сцепления движителей с грунтом, будет

$$P_{\text{р.о } \varphi} = T_{\varphi} - v_{\text{н}} \sqrt{Am} - P_0, \quad (20)$$

или иначе, имея в виду движение машин под уклон

$$P_{\text{р.о } \varphi} = \varphi \cdot Q_{\text{сц}} - f \cdot Q \cdot \cos \alpha + Q \cdot \sin \alpha + v_{\text{н}} \sqrt{Am} \quad (21)$$

Полученные выражения позволяют приближенно определить путь, проходимый машиной на режиме полного буксования, максимальное отрицательное ускорение и динамическую нагрузку в момент остановки. Результаты вычисления по формулам 17 и 18 показывают, что в диапазоне практически возможных величин отклонения от более точных расчетов не превышают 5-7%, причем указанные зависимости дают результаты, отклоняющиеся в сторону максимальных, предельных значений, что соответствует задачам динамических расчетов, целью которых является выбор прочных размеров деталей. Что же касается изучения действительных закономерностей движения машин, то для этих целей следует пользоваться более точными зависимостями [7].

Библиографический список

1. Волков, Д. П. Строительные машины: – М. – изд. АСВ, 2002, – 376 с.
2. Гальперин, С. И. Строительные машины: – М. – изд. Машиностроение, 1986. – 264 с.
3. Добронравов, С.С., Сергеев, В.П. Строительные машин: - М. – Высш.шк., 1981, – 320 с
4. Бойков, В.П. Определение некоторых показателей взаимодействия колёсного движителя трактора с почвогрунтом: – М. –1986. – с. 52.
5. Бузин, Ю.М. Исследование буксования колёсного движителя землеройно-транспортной машины при монотонно возрастающей силе тяги: – Воронеж: Воронежский инженерно-строительный институт, 1979. - 302 с.
6. Бузин, Ю.М. Буксование двухосного колёсного движителя: – Известие вузов. Строительство и архитектура. 1985 – с. 118.
7. Крившин, А.П. Эксплуатационные свойства и эффективность землеройно-транспортных машин: – М. – Транспорт, 1975. - 240 с.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПОВ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ОАО РЖД

Бурцева А. А., студент

Научный руководитель: Чалова М. Ю., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Своевременная очистка железнодорожного полотна от снега и льда является обязательным требованием безопасности, так как слой снега толщиной 10 см представляет серьезную угрозу пассажирам, стоящим на перронах или остановках. Толщина снега 20 см и более может привести к полному прекращению движения. На железнодорожных путях, как правило, используют колесную и гусеничную снегоуборочную технику; снегоборщики на базе локомотивов, вагонов или самоходных платформ, а также навесное оборудование для стандартных вагонов или локомотивов [5].

Высота снежного покрова зависит от общей продолжительности периода с температурой воздуха ниже 0°C и от интенсивности твердых осадков, от особенностей подстилающей поверхности, ветровых условий и т.д. На защищенных от ветра местах высота снега больше. *Плотность* снежного покрова определяется продолжительностью залегания и высотой снежного покрова, скоростью ветра и колебаниями температуры воздуха в зимние месяцы. Больших значений плотность может достигать в районах с высоким снежным покровом и продолжительной зимой, благодаря уплотнению снега под влиянием силы тяжести, а также в районах с невысоким снежным покровом, если в течение зимы наблюдаются сильные ветры, способствующие уплотнению снега, или оттепели, вызывающие подтаивание снега [7]. На рис. 1. представлена климатическая карта России, где указана высота снежного покрова.

Как видно из рисунка, наименьшая высота снежного покрова наблюдается на участках территории Калининградской, Северо-Кавказской, Московской, Приволжской, Южно-Уральской железных дорог, охватывает территории Северной, Октябрьской, Горьковской, Куйбышевской, Юго-Восточной, Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог. Средняя высота снежного покрова наблюдается на территории Северной, Октябрьской, Московской, Свердловской, Южно-Уральской, Красноярской, Дальневосточной железных дорог. Наибольшая высота снежного покрова наблюдается на Сахалинском участке Дальневосточной железной дороги.

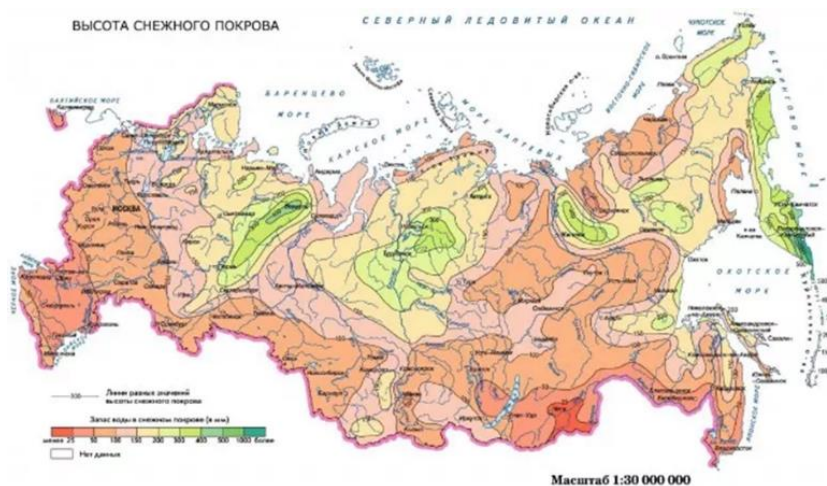


Рис. 1. Высота снежного покрова

Без снегоуборочной техники в зимний период не обходится ни одно направление железной дороги. По общей протяженности железных дорог Россия уступает только США. На сегодняшний день в России 16 железных дорог, более 85 тыс. км путей с самым высоким в мире уровнем электрификации, 19 тыс. локомотивов, полмиллиона вагонов, тысячи мостов и тоннелей, сотни вокзалов. На рис. 2. представлена гистограмма, отображающая соотношение количества и типов путевых снегоуборочных машин на разных направлениях железных дорог России [4].

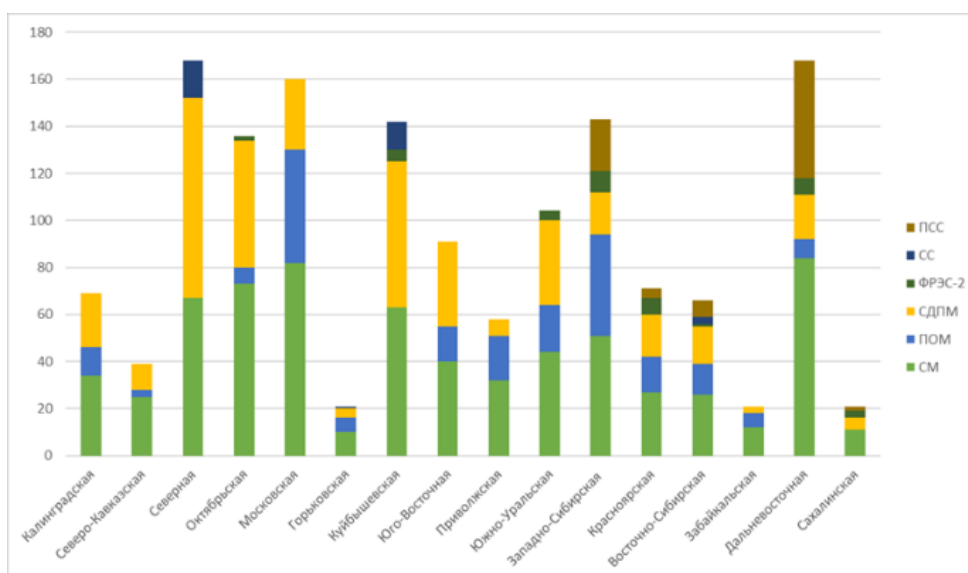


Рис. 2. Количество и типы путевых снегоуборочных машин на разном направлении железных дорог

Исходя из данной гистограммы можно отметить, что снегоуборочные машины типа СМ и СДПМ присутствуют в том или ином количестве на всех железных дорогах. Снегоуборочные поезда типа СМ – самая распространенная

снегоуборочная техника. Поезда данного типа наиболее часто встречаются на Северной, Октябрьской, Московской, Куйбышевской, Западно-Сибирской, Дальневосточной железных дорогах. Это обусловлено тем, что данная техника используется для очистки путей и перегонов от снега толщиной до 0,8 м, что существенно облегчает движение пригородных поездов. Наибольшие показатели встречаемости снегоуборочных машин типа СДПМ представлены на Северной, Октябрьской и Куйбышевской железных дорогах, наименьшие – на Горьковской, Забайкальской и Сахалинской. Наименьшая встречаемость данного типа путевой снегоуборочной техники обусловлена тем, что на данных железных дорогах из-за небольшого количества осадков, выпадающего на территории региона, наибольшее распространение получили другие виды снегоочистителей – СМ и ПОМ, убирающие снежный покров глубиной до 0,3-0,8 м, в то время как СДПМ предназначен для уборки слоя снега глубиной до 1 м [3]. Кроме того, зачастую используются устаревшие модели, выпущенные еще в середине прошлого века. На данный момент новые модели СДПМ не выпускаются, ремонтом устаревших моделей занимаются заводы РемПутьМаш и ТрансМаш.

В разном количестве представлены пневмообдувочные машины ПОМ. Они применяются при температуре от -45 до $+10^{\circ}\text{C}$, поэтому нашли свое применение практически на всех железных дорогах [2]. Наибольшее распространение, как видно из гистограммы, данный тип снегоуборочной техники получил на следующих железных дорогах: Московская и Красноярская. Чуть менее он распространен на Приволжской и Уральской железных дорогах. Наименьшее распространение ПОМ получил на Северо-Кавказской, Октябрьской, Горьковской, Забайкальской, Дальневосточной железных дорогах. ПОМ не встречается на Северной и Сахалинской железных дорогах, что, вероятно, связано с учетом климатических особенностей местности, неравномерным распределением на территории регионов и отсутствием финансирования со стороны местных властей на закупку снегоочистителей данного типа.

Следующий тип путевой снегоуборочной техники, распространенный на территории нашей страны – путевые снегоочистительные струги – СС и ПСС. Они встречаются не везде, в отличие от СМ, СДПМ или ПОМ, а только в регионах, где климатические особенности предполагают выпадение большого количества осадков. Струг-снегоочиститель СС путевой предназначен для очистки железнодорожных путей и кюветов от снега при глубоких заносах и отвалки его в местах выгрузки снеговых поездов, сколки льда, а также удаления снега из выемок [1, 3]. СС наиболее часто встречается на Северной и Куйбышевской железных дорогах, наименее часто – на Горьковской и Восточно-

Сибирской, что связано с недостаточным количеством снегоуборочной техники данного вида, отсутствием капиталовложений в закупку снегоочистителей и климатическими особенностями регионов России. ПСС наиболее распространен на Дальневосточной и Западно-Сибирской железных дорогах, наименьшее распространение данная снегоуборочная техника получила на Красноярской, Восточно-Сибирской и Сахалинской железных дорогах, что связано, в первую очередь, из-за относительно небольшого объема снежного покрова.

Менее распространенный, но не менее популярный тип путевой снегоуборочной техники – ФРЭС. Он предназначен для очистки железнодорожных путей от глубоких снежных заносов высотой до 4,5 метров. В процессе уборки очищенный снег сразу выбрасывается в сторону до 40 метров с помощью ротора-метателя [3, 6]. На гистограмме видно, что ФРЭС наиболее распространен на Красноярской и Западно-Сибирской железных дорогах, так как глубина снежных заносов зачастую бывает более 3 м. Это связано с обилием выпадаемых осадков на территории регионов. Однако не везде данный вид снегоуборочной техники получил должное распространение. Так, на Октябрьской, Куйбышевской, Южно-Уральской, Восточно-Сибирской и Сахалинской железных дорогах данный вид спецтехники получил наименьшее распространение. Это связано с отсутствием необходимости в данной снегоочистительной технике из-за среднего и минимального снежного покрова на территории региона. На Сахалинском участке снежный покров обильно выпадает на юго-востоке территории, поэтому ФРЭС целесообразно применять именно на этом участке.

Подводя итоги, можно констатировать следующее. Наиболее распространенным типом путевой снегоуборочной техники являются СМ, ПОМ, СДПМ и их модификации. В первую очередь это связано с климатическими особенностями регионов, возможностью очищать небольшие слои снега на перегонах и станциях для облегчения движения поездов. В ряде регионов климат суровый, осадки порой превышают норму, а значит для этих целей можно использовать более мощные снегоуборочные машины. К таким снегоочистителям можно отнести струги и ФРЭС, способные убирать слои снега от 1 до 4,5 м. Однако следует отметить, что не во всех регионах, где климатические условия позволяют использовать струги и фрезерно-роторные снегоуборочные машины, такая спецтехника есть. Одной из причин может служить недостаточное количество снегоочистителей или отсутствие финансирования со стороны местных властей на закупку данной спецтехники. Не следует сбрасывать со счетов повышенную изнашиваемость техники и отсутствие большого количества снежного покрова, так как это влияет на распределение спецтехники в регионах.

Библиографический список

1. Методическое пособие «Снегоочистители и струги» [Электронный ресурс] URL: <https://s.siteapi.org/501094b067eba74.ru/docs/irdxujw21y0c8g4so40ks8wk0kooc0> (Дата обращения: 09.02.2022)
2. Путевая очистительная машина ПОМ-1 [Электронный ресурс] URL: <https://roctok.ru/produktsiya-dlya-zheleznykh-dorog/putevaya-ochistiteljnaya-mashina-pom-1.html> (Дата обращения: 09.02.2022)
3. Путевые машины: Учебник / М. В. Попович, В. М. Бугаенко, Б. Г. Волковойнов и др.; Под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009. – 820 с.
4. Российские железные дороги празднуют 175-летие [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/society/30/10/2012/5703fec59a7947fcbd441f41> (Дата обращения: 09.02.2022)
5. Снегоуборочный поезд: виды и способы применения железнодорожных снегоочистителей [Электронный ресурс] URL: <https://rcycle.net/sneg-i-led/snegouborochnaya-tehnika/promyshlennaya-i-kommunalnaya/kak-rabotayut-zheleznodorozhnye-snegoochistiteli> (Дата обращения: 09.02.2022)
6. Снегоочиститель ФРЭС-2 [Электронный ресурс] URL: <https://railtrain.pro/fryes-2> (Дата обращения: 09.02.2022)
7. Снежный покров [Электронный ресурс] URL: <https://geographyofrussia.com/snezhnyj-pokrov-2/> (Дата обращения: 10.02.2022)

МЕТОДЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ СТРЕЛЫ АВТОБЕТОНОНАСОСА

Вагабов А. Ф., студент,

*Научный руководитель: Доценко А. И., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия*

Автобетононасос подает бетонную смесь в горизонтальном и вертикальном направлениях в зону укладки с помощью распределительной стрелы-манипулятора с бетоноводом.

Стрела — это ключевая часть автобетононасоса, и его работа заключается в транспортировке бетона к месту заливки. Она состоит из шарнирно

сочлененных секций коробчатого сечения, движение которым в вертикальной плоскости сообщается гидроцилиндрами [1].

Автобетононасос является наиболее эффективным инструментом для работы с бетонными смесями на высотных сооружениях. В настоящее время к стреловому оборудованию предъявляются все более повышенные требования.

Между звеньями установлены подшипники скольжения. Во время работы насоса бетон перекачивается непрерывно. Однако при движении стрелы насос должен приостанавливаться, и этот разрыв длится примерно 0,3–0,4 с, что приводит к снижению давления в подающей трубе и вибрации в насосной системе. Поэтому подшипники скольжения подвергаются циклическим нагрузкам, которые могут привести к большому износу [2]. Поэтому очень важно тестировать и спектр нагрузок подшипника скольжения в рабочем состоянии, и это является основой анализа износа и прогнозирования срока службы подшипников бетононасоса. Кроме того, подшипник скольжения в бетононасосе работает в условиях большой нагрузки и низких скоростей. Учитывая этот факт, изменение скорости не рассматривается как ключевой фактор при анализе износа подшипника.

В данной статье предложен метод расчета спектра нагрузок, позволяющий избежать ошибок, вызванных в ходе традиционного расчета с постоянной нагрузкой. Датчик нагрузки осевых штифтов, который может распознавать значение нагрузки и ее направление, разработан для проверки нагрузок подшипника в бетононасосе в рабочих условиях [3]. Спектр нагрузок генерируется путем деления непрерывной нагрузки на восемь ступеней. Кроме того, на основе предлагаемого метода, обсуждается влияние на износ типов нагрузок и их последовательность. Это исследование позволит дать рекомендации по эффективному созданию спектра износостойких нагрузок для подшипников скольжения и повысит надежность прогнозирования износа в экспериментальных испытаниях и при теоретическом анализе.

Износ в подшипнике скольжения механической системы существенно влияет на его срок службы, особенно в тяжелых условиях работы. Однако его очень сложно измерить напрямую из-за ограничений технологии тестирования, а также времени и стоимости. На практике основное поведение износа подшипника обычно определяется экспериментально или численным моделированием [4].

Хорошо известно, что износостойкая нагрузка является одним из важнейших параметров, и оказывает значительное влияние на реакцию износа. В последние годы некоторые исследователи измеряли и имитировали износ подшипника скольжения, учитывая постоянные нагрузки. Однако данные и модели при постоянных нагрузках могут быть неточны или недостаточными для

адекватной оценки износа при сложных и случайных нагрузках в процессе эксплуатации.

Основные этапы расчета спектра нагрузки подшипника скольжения в бетононасосе включают в себя измерение эксплуатационных нагрузок, предварительную обработку данных, подсчет усталостных нагрузок, построение статистической гистограммы, моделирование износа подшипника [5].

Как показано на рисунке 1, звенья, соединенные с подшипником скольжения в бетононасосе, обычно работают в разных пространственных положениях при различных задачах, и направление нагрузки подшипника изменяется в зависимости от рабочих обстоятельств. Стандартный датчик может измерять нагрузки только в заданном направлении, он не может обнаружить реальные эксплуатационные нагрузки на практике. Поэтому для замены стандартного надо использовать более усовершенствованный осевой датчик нагрузки. Эти датчики нагрузки могут одновременно измерять максимальную нагрузку на подшипник и ее направление.

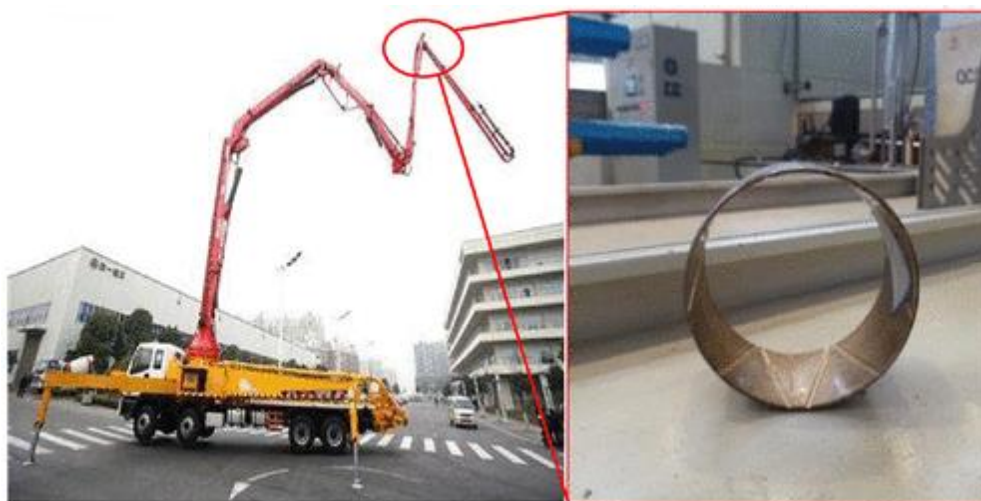


Рис. 1. Стрела бетононасоса

Измеренные данные о нагрузке обычно не могут полностью и точно отражать условия подшипника на практике из-за ограничения времени испытания и влияния некоторых других случайных факторов. Некоторые нагрузки могут не возникать во время испытаний, но эти нагрузки оказывают значительное влияние на износ подшипника. Чтобы справиться с этой проблемой, полученные данные могут быть рассчитаны вероятностно-статистическим методом, который можно определить из измеренных случайных нагрузок.

Реальную нагрузку на подшипник скольжения в бетононасосе очень сложно воспроизвести экспериментально. Для проверки предлагаемого метода

нужно разработать математическую модель износа подшипника при создаваемом спектре нагрузок.

Библиографический список

1. Доценко, А.И. Строительные машины: Учебник для строительных вузов / А.И. Доценко. - М.: ИНФРА-М, 2019. – №8. – С. 346-347
2. Машков, Ю. К. Трибофизика металлов и полимеров: монография / Ю. К. Машков. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – С. 54-61
3. Ванг Г.Р, Жонг Л. Экспериментальное исследование трибологических свойств поверхности подшипников скольжения. 2014. – С. 1392–1402.
4. Доценко, А.И. Триботехника : учебник / А.И. Доценко, И.А. Буяновский – Москва : ИНФРА-М, 2022.- 2-е изд., перераб. и доп. – С. 288-302
5. Лагерев ,А.В. Динамико-прочностной анализ гидравлических крано-манипуляторных установок мобильных машин /А.В. Лагерев, А.А. Мильто, И.А. Лагерев. – Брянск: Издательство БГУ, 2015. – С. 73-76

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЕЙ

Голубев И. Г., проф., д.т.н.

Гольяпин В. Я., вед. научн. сотр., к.т.н.

Болотина М. Н., научн. сотр.

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

Технической модернизации агропромышленного комплекса способствуют различные меры государственной и региональной поддержки приобретения сельскохозяйственными товаропроизводителями отечественной сельскохозяйственной техники [1,2,3,4]. За 2019-2020 гг. в ходе реализации Правил № 1135 освоено 637,1 млн руб. субсидий. Была просубсидирована поставка 6990 ед. сельскохозяйственной техники, в том числе 1113 тракторов, 1429 комбайнов, 4448 ед. других видов техники. В 2020 г. в рамках ведомственного проекта «Техническая модернизация агропромышленного комплекса» было поставлено 8523 ед. сельскохозяйственной техники, в том числе 1279 тракторов, 1866 комбайнов, 5378 ед. других видов техники [5]. В 2020 г. в постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. № 1432 г. «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям

сельскохозяйственной техники» внесены изменения (постановление Правительства Российской Федерации от 8 мая 2020 г. № 650 «О внесении изменений в Правила предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники и отмене постановления Правительства Российской Федерации от 14 декабря 2018 г. № 1555») в части дополнения положением, что производитель с 2022 г. для участия в квалификационном отборе для получения субсидии в отношении продукции, предусмотренной перечнем критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования (постановление Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования»), предоставляет в Минпромторг России копии решения о соответствии продукции установленным в указанном перечне критериям по каждой модели. Для реализации данных положений Минсельхозом России сформирован План проведения работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования на 2021 г., включающий в себя 456 ед. сельскохозяйственной техники и оборудования от 50 производителей сельскохозяйственной техники. По результатам испытаний информация о функциональных характеристиках (потребительских свойствах) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования размещается на официальном сайте Минсельхоза России [6,7,8,9,10]. В соответствии планом Минсельхоза России в 2021 году испытаны плоскорез-глубококорыхлитель полуприцепной STAVR ППП-7, глубококорыхлитель навесной ГРП-4, диско-глубококорыхлитель ДГП 2,5х4. Плоскорезы-глубококорыхлители STAVR предназначены для основной обработки паров и осенней обработки почвы. Сохраняют стерню на поле, защищая почву от ветровой эрозии (рис.1).



Рис. 1. Плоскорез-глубококорыхлитель полуприцепной STAVR ППП-7

Глубококорыхлитель навесной ГРП-4 предназначен для обработки почвы без оборота пласта при влажности 8-20% и твердости почвы 4,5 МПа на склонах, не

превышающих 8° во все периоды полевых работ. Разрушает плужную подошву, производит рыхление и аэрацию пахотного и подпахотного горизонтов, обрабатывает грунт механического состава, является агрегатом навесного типа. Диско-глубокорыхлитель ДГП 2,5х4 предназначен для одновременной обработки пахотного слоя почвы и плужной подошвы или только пахотного слоя (рис.2).

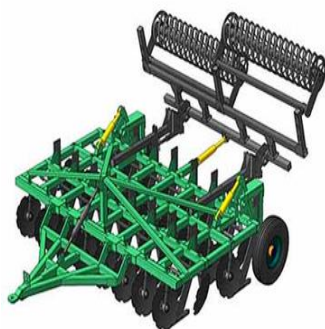


Рис. 2. Глубокорыхлитель навесной ГРП-4

Общие сведения о испытанных плоскорезах-глубокорыхлителях даны в табл.1

Таблица 1 Сведения о испытанных плоскорезах-глубокорыхлителях

№ пп	Наименование (марка, модель, модификация)	Производитель	Наименование машиноиспытательной станции	Номер протокола испытаний
1	STAVR ППП-7	ЗАО «Рубцовский завод запасных частей»	ФГБУ «Алтайская МИС»	от 12.10.2021 г. № 01-37-21
2	ГРП-4	ООО «Завод имени Медведева - Машиностроение»	ФГБУ «Центрально-Черноземная МИС»,	от 24 .10. 2021 г. № 14-44-2021
3	ДГП 2,5х4	ООО «Научно-производственная фирма «Агромаш»	ФГБУ «Сибирская МИС»	от 19.10. 2021 г. № 12-24-2021

Результаты испытаний плоскореза-глубокорыхлителя STAVR ППП-7, глубокорыхлителя ГРП-4 , диско-глубокорыхлителя ДГП 2,5х4 и значения в Перечне критериев определения функциональных характеристик

(потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования сведены в табл. 2.

Таблица 2 Результаты испытаний плоскореза-глубококорыхлителя STAVR ППП-7, глубококорыхлителя ГРП-4, диско-глубококорыхлителя ДГП 2,5х4

№ п п	Наименование параметра	Значение параметра в Перечне Критериев	STAVR ППП-7	ГРП-4	ДГП 2,5х4
1	Глубина обработки, см	15 - 30	15 - 30	15 - 45	15 - 30
2	Крошение почвы, процент комков размером до 50 мм включительно, не менее	80	84	97,4	89,8
3	Крошение почвы, процент комков размером свыше 100 мм, не более	0	0	0	0
4	Подрезание сорняков, процентов, не менее	100	100	100	100
5	Сохранение стерни, процентов, не менее	80	90	80,1	81,7
6	Гребнистость поверхности почвы, глубина, см, не более	8	6	6,7	5,8
7	Наработка на отказ единичного изделия, часов, не менее	80	120	150	80

По результатам испытаний установлено, что плоскорез-глубококорыхлитель STAVR ППП-7 (ЗАО «Рубцовский завод запасных частей»), глубококорыхлитель ГРП-4 (ООО «Завод имени Медведова - Машиностроение»), диско-глубококорыхлитель ДГП 2,5х4 (ООО «Научно-производственная фирма «Агромаш»») соответствуют установленным критериям определения

эффективности, их функциональные характеристики соответствуют характеристикам, указанным заявителем (подпункт «а» пункта 24 Положения). В период испытаний глубокорыхлителя ГРП-4 был зафиксирован отказ – срез предохранительных болтов крепления стоек рабочих органов диаметром 12 мм.

Библиографический список

1. Бурак П.И., Голубев И.Г., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Гольцяпин В.Я. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 152.

2. Бурак П. И., Голубев И. Г. Обновление парка сельскохозяйственной техники в рамках реализации ведомственного проекта "Техническая модернизация агропромышленного комплекса". Техника и оборудование для села. 2021. № 6 (288). С. 2-5.

3. Голубев И.Г., Гольцяпин В.Я. Обновление парка сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе России. В сборнике: Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. Тверь, 2021. С. 316-320.

4. Голубев И.Г., Гольцяпин В.Я. Современное состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники. В сборнике: Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона. материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки. Улан-Удэ, 2021. С. 77-81.

5. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2020 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 172.

6. Положение об организации работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. N 740 "Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования".

7. Приказ Минсельхоза России от 18 декабря 2018 года №573 «Способы проведения испытаний для определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования.

8. Определение функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования.

[Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-opredelenie-funksionalnykh-kharakteristik-potrebitelskikh-svoystv-i-effektivnosti-selskokhozyay>(дата обращения: 21.02.2022).

9. Решения, принятые согласно подпункту «а» пункта 24 Положения, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740 [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-resheniya-prinyatyie-soglasno-podpunktu-a-punkta-24-polozheniya-utverzhdennogo-postanovleniem-pravite/>(дата обращения: 21.02.2022).

10. Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Назаров А.Н., Иванов А.Б., Чумак Е.В., Князева А.А. Результаты анализа эффективности применения субсидированной сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 208с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАКТОРОВ

Гольяпин В. Я., вед. науч. сотр., к.т.н.

Голубев И. Г., проф., д.т.н.

Болотина М. Н., науч. сотр.

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»)

Для наиболее полного удовлетворения требований потребителей тракторостроительные фирмы предлагают широкую номенклатуру тракторов мощностью до 470 кВт. На современных тракторах реализуются технические решения, способствующие повышению технико-экономических и экологических показателей, улучшению управления машинно-тракторными агрегатами и созданию удобств механизаторам. Они становятся более компактными и маневренными, а благодаря современному дизайну отличаются улучшенной обзорностью. При этом одна из основных тенденций: внедрение информационных и управляющих систем, обеспечивающих минимальное вмешательство оператора в управление машинно-тракторным агрегатом. На тракторах и машинно-тракторных агрегатах расширяется использование терминалов, базирующихся на GPS, ISOBUS и современном программном обеспечении, которые в режиме реального времени анализируют информацию о

соответствии заданным параметрам показателей выполняемого процесса и подают команды и управляющие воздействия для коррекции работы трактора, рабочих органов орудий, агрегата в целом, оператору машины для управления. Полученная информация передается в офис на центральный компьютер, где она аккумулируется и обрабатывается, чтобы использоваться при постановке новых задач [1, 2].

Кабины современных тракторов имеют все меньше рычагов и оснащаются терминалами, которые позволяют почти мгновенно вносить настройки в работу как самого трактора, так и прицепного оборудования. Для дополнительного комфорта оператора терминалы могут быть объединены с джойстиком AUX, который может выполнять до 24 команд управления. Комфорт вождения тракторов оптимизируется за счет комбинации подвески переднего моста, пневматической подвески кабины и сиденья оператора с активной подвеской.

На развитие тракторов сильное влияние оказывает законодательство, связанное с экологическими требованиями к выхлопным газам. После того как в 2021 г перестали действовать льготы в этом направлении для «переходных двигателей», с 2022 года производителям разрешается поставлять на рынок только тракторы с двигателями, отвечающими требованиям по выбросам выхлопных газов нормам Stage 5 (табл. 1) [3,4].

Система впрыска топлива Common Rail, четырехклапанная конструкция, турбонаддув, охлаждение наддувочного воздуха, вентиляторы с вязкостной муфтой и электронное управление двигателем остаются основными направлениями приведения в соответствие с требованиями по мощности, расходу топлива и выбросам ОГ в конструкции двигателей. Внедряются технологии, снижающие вредные выбросы выхлопных газов. Это дизельный катализатор окисления (DOC), дизельный сажевый фильтр (DPF) и система избирательного каталитического восстановления (SCR), всегда устанавливаемые в двигателях сельскохозяйственных тракторов для соответствия требованиям Stage V. Что касается рециркуляции выхлопных газов (EGR), в настоящее время наметилась тенденция к пониженным объемам рециркуляции или даже к полному ее устранению. Кроме компании «CNH», которая давно выступает за использование только системы SCR, компания «Fendt», например, в настоящий момент также отказывается от EGR в серии мощных тракторов Vario 900 [5, 6].

Таблица 1 Нормы Stage V для двигателей внедорожной техники

Тип двигателя	Диапазон мощности нетто, кВт	Дата «выхода на рынок»	Вредные выбросы				
			CO, г/кВт·ч	CH	NO _x	PM (масса частиц), г/кВт·ч	PN (количество частиц), 1/кВт·ч
Дизель	P < 8	2019	8	7,50 ^{a,c}	–	0,4 ^b	–
Дизель	8 ≤ P < 19	2019	6,6	7,50 ^{a,c}	–	0,4	–
Дизель	8 ≤ P < 37	2019	5	4,70 ^{a,c}	–	0,015	1×10 ¹²
Дизель	37 ≤ P < 56	2019	5	4,70 ^{a,c}	–	0,015	1×10 ¹²
Все	56 ≤ P < 130	2020	5	0,19 ^c	0,4	0,015	1×10 ¹²
Все	130 ≤ P < 560	2019	3,5	0,19 ^c	0,4	0,015	1×10 ¹²
Все	P > 560	2019	3,5	0,19 ^d	3,5	0,045	–

^a CH+ NO_x

^b 0,6 для двигателей с ручным пуском, воздушным охлаждением и непосредственным впрыском

^c Коэффициент A=1,1 для газовых двигателей

^d Коэффициент A=6 для газовых двигателей

Системы очистки отработавших газов DOC, DPF и SCR все чаще конструктивно выполняются в виде компактных отдельных модулей и располагаются вне пространства ДВС. Типичный пример этого – решение «всё в одном» от компании «Massey Ferguson» в тракторах серий 6700S и 7700S. Компания «CNH» использует новые системы SCRof, в которых сажевый фильтр (DPF) имеет покрытие от SCR и частично восстанавливает оксид азота.

На двигателях тракторов все чаще используются автоматические системы регулировки зазоров в клапанах газораспределительной системы, позволяющие уменьшить объем работ по техническому обслуживанию. Становятся все более продолжительными интервалы замены моторного масла: прежний ориентир в 750 ч работы в среднем увеличен до 1000 ч. Продолжается тенденция и к снижению номинальных и холостых оборотов.

Энергосберегающее охлаждение двигателя с учетом потребностей обеспечивают вязкостные вентиляторы, заменяющие классические решения с биметаллическими пружинами.

Компания «Fendt» на модернизированных моделях тракторов серий 900 и 1000 предлагает автоматическую очистку воздушного фильтра во время работы. Цикл очистки запускается на основе данных датчика, измеряющего вакуум в системе впуска. Вентилятор с гидростатическим приводом увеличивает частоту вращения за десять секунд до фактической продувки, во время которой

электромагнитный импульсный клапан создает два коротких и мощных выброса воздуха внутри элементов воздушного фильтра. В результате пыль из воздушного фильтра выдувается «назад» и одновременно высасывается из корпуса вентилятором. Необходимый для этого воздух поступает из отдельного ресивера со сжатым воздухом [5].

Продолжается поиск возможностей использования на тракторах альтернативных видов топлива. Трактор, работающий на газовом топливе, соответствующий стандартам Stage V и пригодный для серийного производства предлагает компания «New Holland». На тракторе T6.180 Methane Power установлен шестицилиндровый двигатель NEF с рабочим объемом 6,7 л, работающий на газовом топливе (биометан, компримированный и сжиженный природный газ). По данным специалистов компании использование газового топлива снижает выбросы твердых частиц до 99%, выбросы CO² до 10% и общие выбросы до 80%. При тех же значениях мощности и крутящего момента, что и у соответствующего дизельного двигателя, эксплуатационные расходы снижаются на 30%. По сравнению с дизельной версией обеспечиваются более низкий уровень шума и меньшие вибрации. Трактор можно заправлять напрямую от газовой сети или с собственной АЗС фермы. Газовые баллоны расположены в том же месте, что и топливные баки. В качестве опции предлагаются передний и задний баллоны под названием Range Extender, которые устанавливаются на переднюю навеску, переднюю балку груза или на заднюю навеску. Газовые соединения спереди и сзади также позволяют использовать дополнительные запасы топлива.

Созданы экологичные, полностью электрические концепции тракторов с аккумуляторными батареями. Это трактор Rigitrac SKE 50 Electric мощностью 50 кВт швейцарской компании «Sepp Knüsel» и трактор Fendt e100 Varío компании «Fendt» такой же мощности. Трактор Rigitrac SKE 50 Electric оснащен пятью электромоторами, четыре установлены на колесах, пятый – питает гидравлику. Также в состав электрической силовой установки входят 85-киловаттный генератор и блок батарей суммарной емкостью 80 кВт·ч. По данным производителя, без подзарядки трактор может работать от 3 до 6 ч. В процессе работы заряд аккумуляторов можно восполнить от солнечных батарей, расположенных на крыше трактора. Кроме того, на тракторе используется система рекуперативного торможения, которая позволяет подзаряжать аккумуляторную батарею во время работы.

Облегчить управление трактором и машинно-тракторным агрегатом в целом позволяют автоматические бесступенчатые трансмиссиями, которые в основном являются гидромеханическими. В новой трансмиссии с разветвлением потока мощности компании «John Deere» гидростатические компоненты

заменены на электромеханические. Вместо гидравлического бесступенчатого звена (насос – гидромотор) применяются две электрические машины, которые обеспечивают не только передвижение трактора, но дополнительно питают внешние потребители. Эта трансмиссия является первой для тракторов электромеханической трансмиссией с разветвлением потока мощности [1].

Бесступенчатые коробки передач с гидростатическим/механическим разделением потока мощности используются на тракторах уже около 25 лет. Сначала они были доступны только для стандартных тракторов среднего и высокого класса мощности. Но в последние годы они также стали применяться на системных тракторах, тракторах с шарнирно-сочлененной рамой, а также на тракторах меньшей мощности около 75 кВт.

Тракторы с коробками передач Powershift все чаще оснащаются функциями комфорта, которые ранее были присущи бесступенчатым: выбор режима педали акселератора или джойстика, вождение педалью тормоза без нажатия на педаль сцепления, автоматическое включение оптимальных режимов работы двигателя при частичной нагрузке и так далее. При этом производители пытаются совместить преимущества ступенчатых коробок передач с удобством эксплуатации бесступенчатых [4].

В последние годы все большее распространение получает рулевое управление с переменным передаточным отношением, в результате чего число оборотов рулевого колеса, необходимое для поворота передних колес может определять водитель.

Для обеспечения большой тяги и низкого давления на грунт на тракторах высокой мощности продолжают завоевывать позиции гусеничные движители. В различных вариантах (традиционный гусеничный движитель, четыре гусеничных движителя вместо колес, два гусеничных движителя вместо задних колес) на своих тракторах устанавливают компании «Claas», «Case IH» и «John Deere» [1].

Заключение.

Проведенный анализ показал, что на тракторах реализуются технические решения, способствующие повышению экологических показателей, а также обеспечивающих минимальное вмешательство оператора в управление машинно-тракторным агрегатом. Наряду с системой впрыска топлива Common Rail, четырехклапанной конструкцией, турбонаддувом, охлаждением наддувочного воздуха, вентиляторами с вязкостной муфтой и электронным управлением двигателем находят применение автоматические системы регулировки зазоров в клапанах, автоматическая очистка воздушного фильтра во время работы, автоматические бесступенчатые трансмиссии, рулевое управление с переменным передаточным отношением. Продолжается поиск

возможностей использования на тракторах альтернативных видов топлива и электрической энергии.

Библиографический список

1. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом: аналит. обзор / В.Я. Гольдяпин, Н.П. Мишуков, В.Ф. Федоренко [и др.]. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2020. - 172 с

2. Гольдяпин В.Я., Голубев И.Г. Тенденции развития основных видов зарубежной сельскохозяйственной техники / Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы международной заочной научно-практической конференции. Балашиха, 2021. С. 8-13.

3. Тенденции актуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: аналит. обзор / В.Я. Гольдяпин, Н.П. Мишуков, Д.С. Буклагин, А.С. Апатенко. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2021. - 88 с.

4. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: науч. ан. обзор / Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольдяпин В.Я., Федоренко И.В. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2018. - 232 с.

5. Тенденции на рынке тракторов — мнение экспертов Agritechnica. [Электронный ресурс]. - URL: <https://glavpohar.ru/articles/tendencii-na-rynke-traktorov----mnenie-ekspertov-agritechnica> (дата обращения: 18.03.2022).

6. Trends in tractors. [Электронный ресурс]. - URL: <https://potatoes.news/trends-in-tractors-2021-22/Daily-News> (дата обращения: 18.03.2022).

ИССЛЕДОВАНИЕ НАЛИПАНИЯ ГРУНТОВ ПРИ ИХ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Григорьев П. А., к.т.н.

Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Эффективность применения технологических комплексов в карьерах складывается как из факторов технического совершенства применяемой техники, так и условий внешней среды, в частности при работе с грунтами, свойств налипания [1]. В процессе разработки грунтов на землеройных машинах наблюдается процесс изнашивания рабочих органов, что снижает эффективность применения машин данного типа [2].

На наш взгляд, для наиболее полного изучения данного процесса необходимо рассмотреть физику взаимодействия и возникающие усилия при резании грунтов.

При рассмотрении физико-механических свойств грунтов было установлено, что основными, обуславливающими процесс изнашивания контактной поверхности рабочих органов, являются [3]: показатели влажности; тип воды в грунтовом массиве; показатели липкости и другие.

Их теории резания грунтов известно, что процесс нагружения рабочих органов землеройных машин при производстве работ носит случайный характер и включает в себя такие зоны, как (рис. 1.) [4, 5]: сжатие; сдвиг; диспергирование (разрушение).

Многие авторы отождествляют процессы резания грунта и металла. Принципиальное отличие физики этих процессов заключается в отсутствии или незначительном влиянии зоны диспергирования при резании металлов, что способствует образованию сплошного стружкообразования.

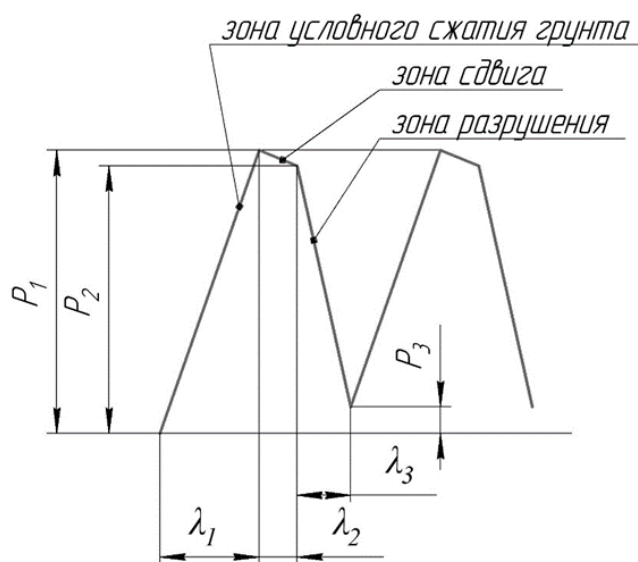


Рис. 1. Участок приведенной осциллограммы резания грунта P_1 - P_3 – значения сопротивления грунта в разных зонах; λ_1 - λ_3 – пути резания за время периода сопротивлений грунта.

При детальном рассмотрении процесса резания грунта наиболее неизученными являются процессы сжатия и диспергирования грунта, так как именно в этот период наблюдается наибольшее налипание грунта. Исследование процесса взаимодействия грунта с поверхностью рабочего органа землеройных машин и выявление физических основ налипания позволит разработать эффективные способы борьбы не только с этим явлением, но и с изнашиваемостью рабочего органа.

В процессе перемещения грунтовой стружки по поверхности рабочего органа возникают силы поверхностного натяжения, которые обуславливают возникновение адгезионных сил. В процессе разработки грунтового массива скорость грунтовой стружки изменяется, и она перемещается по поверхности рабочего органа со скоростью, отличной от скорости рабочего хода машины. При достижении нулевой скорости наблюдается процесс налипания грунта на рабочую поверхность режущих элементов землеройных машин. Липкость грунтов определяется возникшим в процессе выполнения рабочего хода машины усилием сцепления грунта, которое определяется как [6, 7]:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3,$$

где C_1 – непосредственное сцепление грунта с грунтом;

C_2 – сцепление зацепления частиц грунта друг за друга, образующих толщу грунта на поверхности рабочего органа;

C_3 – когезионное сцепление частиц грунта, т.е. слипание частиц грунта между собой.

Для более детального рассмотрения процессе налипания грунта необходимо детально рассмотреть физику процесса налипания. Непосредственное сцепление грунта с рабочим органом характеризует силы взаимодействия грунта с рабочими поверхностями землеройных машин и представляет собой адгезионную составляющую. Вторая и третья составляющая описывают связи между частицами грунта, которые определяют толщину налипания слоя грунта, и характеризуют когезионные силы [6, 7].

Существующие зависимости по определению усилий сцепления грунта C_0 имеют эмпирический характер и не дают полное представление о природе процесса налипания и значимости входящих составляющих.

Таким образом, на наш взгляд, наиболее перспективным направлением для определения природы возникновения липкости грунтов на рабочие органы землеройных машин является исследование влияния составляющих его адгезионных и когезионных сил. Качественная и количественная оценка, а также разработка приборов и физико-математических моделей для проведения исследований в данном направлении позволит разработать наиболее эффективные способы и технические решения для разработки грунтов [8].

Вывод. Сравнивая процесс резания грунта с резанием металлов, очевидно, что процесс налипания грунта происходит в зоне сжатия и диспергирования грунта, исключение первого при выполнении работ невозможно, а исключение второго позволило бы снизить налипаемость грунта на поверхности рабочих органов машин.

Библиографический список

1. Сладкова, Л. А. Моделирование устройства горизонтирования поверхности транспортных средств при работе на слабонесущих грунтах / Л. А. Сладкова, П. А. Григорьев // Сборник тезисов по итогам Профессорского форума 2019 «Наука. Образование. Регионы». – Москва : Общероссийская общественная организация «Российское профессорское собрание», 2019. – С. 164-169.
2. Зеленин, А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов; Под ред. д-ра техн. наук проф. А. Н. Зеленина. – М.: Машиностроение, 1975. – 422 с.
3. Федоров, Д. И. Рабочие органы землеройных машин / Д. И. Федоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 358 с.
4. Баловнев, В. И. Физическое моделирование резания грунтов / В. И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1969. – 159 с.
5. Домбровский, Н. Г. Строительные машины / Н. Г. Домбровский, М. И. Гальперин. – М.: Высш. шк., 1985. – 224 с.
6. Сладкова, Л. А. Физико-математическая модель налипания грунта на поверхность рабочих органов землеройно-транспортных машин / Л. А. Сладкова, П. А. Григорьев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2021. – № 4. – С. 381-388. – DOI 10.22281/2413-9920-2021-07-04-381-388.
7. Сладкова, Л. А. Условия моделирование процесса налипания грунта на поверхность рабочего органа машины / Л. А. Сладкова, М. Ю. Чалова, П. А. Григорьев. – 2021. – № 11. – С. 3-7.
8. Сладкова, Л. А. Анализ способов борьбы с налипанием грунта на поверхность рабочих органов машин по трудам зарубежных и отечественных ученых / Л. А. Сладкова, П. А. Григорьев. – 2021. – № 12. – С. 3-10.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧКИ НА ПРИМЕРЕ ГОЛОВНОГО ВАГОНА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА VELARO RUS

Жавыркин В. В., аспирант

*Научный руководитель: Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия*

Моделирование испытаний на соударение проводилось с помощью системы автоматизированного проектирования DASSAULT SYSTEMES

SOLIDWORKS 2020 [1]. С точки зрения особенностей конструкции экипажа головного вагона значительных отличий, относительно продольной плоскости середины вагона, не обнаружено. С допущениями можно считать, что часть кузова экипажа симметрична относительно оси сцепного устройства. В связи с этим принято решение моделировать только часть (половину) кузова экипажа. Упрощенная часть экипажа будет учитываться соответствующими граничными условиями, которые предписаны свойствами симметрии и опорами с задаваемой жесткостью [2]. Исходные материалы для создания геометрической модели показаны на рис. 1 и представляют собой модель с набором проекции граней конечных элементов [3]. Исходная модель содержит только линии без привязки к глобальной системе координат [4].

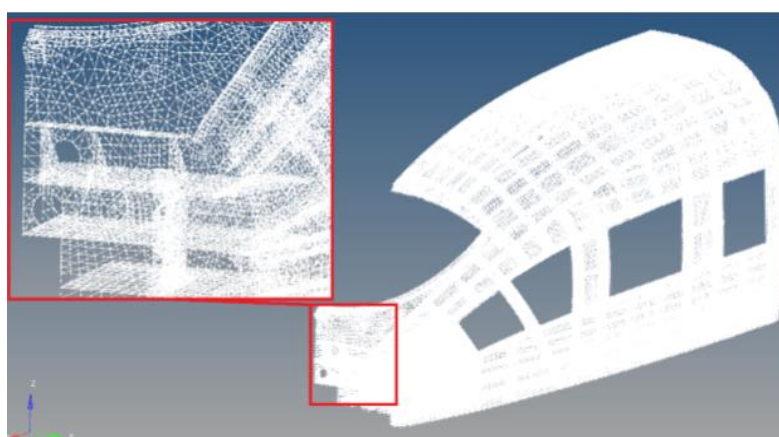


Рис. 1. Исходная геометрия, состоящая из набора линий (проекция граней конечных элементов). Часть кабины скрыта относительно плоскости симметрии

Разработанная на этой основе модель имеет 82 тела-поверхности, часть из которых являются поверхностями двойной кривизны [5]. Каждое тело поверхность имеет разную толщину, которая далее будет присвоена телам при подготовке конечно-элементной модели (рис. 2).

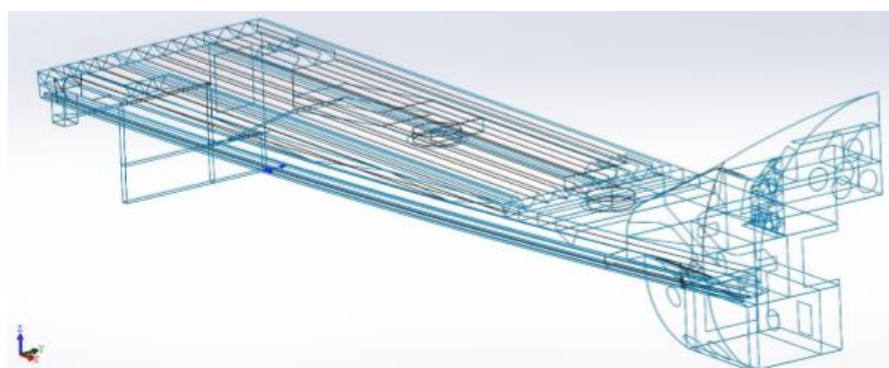


Рис. 2. Разработанная геометрическая модель (каркасное представление)

Необходимо отметить, что особенностью расчета является полностью алюминиевая конструкция. В соответствии с принятыми ранее условиями симметрии, прикладываемое сжимающее усилие будет равняться половине сжимающего усилия регламентированного стандартом. Таким образом, сжимающие усилие, для всех расчетных случаев равняется 1000 кН. Место приложения и вектор сжимающего усилия, совпадает с осью установленного сцепного устройства высокоскоростного электропоезда. На рис. 2, выделены опорные грани, относительно которых на удаленном расстоянии прикладывается сжимающее усилие равное 1000 кН. Все варианты схем нагружения имеют общее граничное условие, которое обусловлено свойствами симметрии и принятыми упрощениями. Этим граничным условием является ограничение перемещений перпендикулярно плоскости симметрии. Ограничение перемещений присвоено желтым линиям, показанным на рис. 2.14. Желтые линии являются линиями разъёма упрощенной части геометрической модели.

С целью верификации схемы нагружения было рассмотрено несколько расчетных случаев, в которых изменялись условия закреплений [32, 33, 34]. Как было написано ранее, для всех расчетных случаев нагрузкой является сжимающая сила величиной 1000 кН, действующая в месте крепления сцепного устройства. Все варианты схем нагружения имеют общее граничное условие – ограничение перемещений вдоль оси Y.

В первом варианте расчетного случая, отличающиеся граничные условия, представляют собой запрет перемещения вдоль осей X, Z. Поверхности, к которым приложены ограничения, служат для связи кузова электропоезда с тележкой посредством пневматического подвешивания.

Во втором варианте, запрещается перемещения вдоль осей X, Z осуществляется по грани, которая является упрощенной частью кузова.

Третий вариант, является комбинацией первых двух расчетных случаев. При таком условии закрепления учитывается связь кузова с тележкой, а также учитывается отброшенная часть кузова. А – запрет перемещений вдоль оси Z, B – запрет перемещений вдоль оси X и Z.

Расчетные случаи нагружения четвертого, пятого и шестого варианта учитывают верхнюю отброшенную часть кузова посредством упругой опоры [6, 7]. Жесткость упругой опоры подбиралась расчетным путём и составила 200 Н/мм².

Метод решения поставленной задачи основан на использовании программного продукта DASSAULT SYSTEMES SOLIDWORKS 2020 и ANSYS Mechanical Workbench 2020R2. Задача нагружения продольными силами в месте крепления сцепного устройства по ГОСТ 33796 решается с применением метода конечных элементов в программном комплексе ANSYS Workbench.

Особенности построения связанных проектов в ANSYS Workbench позволили снизить время подготовки математической модели. Для построения геометрии образца использовалась система автоматизированного проектирования SolidWorks компании Dassault Systèmes.

DASSAULT SYSTEMES SOLIDWORKS 2020 – Программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. Одна из самых популярных систем для проектирования изделий, промышленных объектов и выпуска рабочей документации. Позволяет создавать инновационные проекты на самом современном программном обеспечении. Имеет доступные лицензионные решения для разных сроков эксплуатации (временная и постоянная лицензия) и с функционалом, встроенным под задачи пользователя.

Используемые вычислительные мощности для решения поставленной задачи: 64-битная операционная система Windows 10 Pro. Процессор вычислительной машины: восемнадцатиядерный Intel® Core™ i9-7980XE с частотой 2,6 ГГц с возможностью ускорения до 4,2 ГГц. Объем оперативной памяти 128 Гб с рабочей частотой 2666 МГц. Видеопроцессор вычислительной машины: NVIDIA Quatro P5000 с объёмом видеопамати 24 Гб.

Для подготовки расчетной математической модели использовалась ранее созданная геометрическая модель, показанная на рис. 2. Каждому из 82 телу-поверхности присвоена толщина и свойства материала, в соответствии с технической документацией [8]. Свойства материала приведены в табл. 1.

Таблица 1 Свойства материала

Марка материала	Нормативный документ на материал	Плотность ρ , г/см ³	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Модуль упругости E, ГПа	Коэффициент Пуассона μ
EN AW-6005A	DIN EN 755-2	2,7	200	69,5	0,27

Далее подготовленная геометрическая модель преобразовывалась в конечно-элементную модель. Средний размер конечного элемента равен 20 мм. Для усиления, имеющего малый размер относительно общего размера модели, показанном на рис. 2.27, средний размер элемента равен 10 мм. Контакт между телами осуществлялся путем слияния узлов, принадлежащих разным телам, но лежащих на одной грани [9].

Суть разработанной методики упрощенного моделирования испытаний на соударение по ГОСТ 33796 заключается в минимизации затраты человеческих и вычислительных ресурсов. Основными этапами методики являются:

1. Выбор концепции упрощения геометрической модели.
2. Разработка геометрической модели.
3. Разработка конечно-элементной модели.
4. Разработка расчетной схемы (ряда расчетных схем).
5. Разработка математической модели.

6. Сравнение результатов расчета с испытаниями, расчетом не упрощенной модели или расчетом не упрощенной модели аналогичной конструкции (например, прошлой серии), где применены незначительные изменения.

При проведении этапов 1-3 необходимо учитывать плоскости симметрии конструкции, геометрические особенности конструкции, которые не повлияют в значительной мере на напряженно-деформированное состояние, а также влияние упрощенных элементов конструкции на поведение реального или расчетного объекта.

При проведении этапа 4-5 необходимо учитывать соответствующими граничными условиями упрощенные части конструкции, например, добавить ограничения перемещений, реакцию упрощенной части или воспользоваться элементами, моделирующими дополнительную жесткость. Внешние воздействующие факторы (далее ВВФ) могут быть изменены, если упрощенный объект представляет симметричную часть или воздействие приходится на упрощенную часть. При изменении ВВФ необходимо правильно переносить нагрузки, понимая, что часть сил может создавать момент, а часть моментов может действовать как силы. Проведение этапа 6 необходимо для подтверждения принятой концепции упрощения и правильности составления расчетной схемы. Расчеты в соответствии с данной методикой, не всегда могут предоставить результаты НДС упрощенных частей. Для получения полной картины НДС объекта, использование данной методики может быть не целесообразно.

Полученные результаты, путем упрощенного моделирования, описывают поведение конструкции (ее упрощенной части) с достаточной точностью. При этом значительно снижается количество требуемых человеческих и вычислительных ресурсов.

Вывод. Анализ полученных расчётных данных позволил сделать заключение о целесообразности разработанной и принятой методики упрощенного моделирования испытаний на соударение по ГОСТ 33796. На основе результатов расчета, с учетом действия внутренних силовых факторов, направления главных напряжений и мест концентрации напряжений выделены

основные нагруженные зоны и составлена схема установки тензометрических датчиков.

Библиографический список

1. Бруяка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учебное пособие. – Самар, гос. аэрокосм, ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
2. Малюх В.Н. Введение в современный САПР : курс лекций. - М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с.: ил
3. Кравчук А.С., Смалюк А.Ф., Кравчук А.И. Электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS с примерами решения задач в пяти частях Часть 5. Минск : БГУ, 2013. – 105 с.: ил.
4. Гаврюшин С.С., Барышникова О.О., Борискин О.Ф. Численный анализ элементов конструкций машин и приборов. – 2-е изд., испр. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2014. – 479, с.; ил.
5. Алфутов Н.А., Зиновьев П.А., Попов В.Г. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1984. – 264 с.; ил.
6. Иванов Д.В., Доль А.В. Введение в Ansys Workbench: Учеб.-метод. пособие для студентов естественно-научных дисциплин. – Саратов: Амирит, 2016. – 56 с.: ил.
7. Моделирование упругих характеристик опор качения при расчете шпиндельных узлов на жесткость с использованием МКЭ //Денисенко А.Ф., Якимов М.В. – Текст : непосредственный // Современные проблемы теории машин. 2017. – №5 с.: 62 - 65.
8. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механике летательных аппаратов: Учеб. Пособие для студентов авиац. Спец. Вузов. – М.: Высш.шк., 1985.
9. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Нижний Новгород, 2006, 115 с.

ВОЗМОЖНЫЕ СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК НА ЛОЖЕМЕНТЫ ТРАНСПОРТНЫЕ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

Ильенко А. А., студент

Фомин Н. А., студент

Степанченко К. А., студент

Научный руководитель: Гнездилов С. Г., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Ложементы являются неотъемлемой частью транспортировок крупногабаритных и тяжеловесных грузов [1]. В большинстве случаев для каждого груза создается уникальный ложемент, конструкция которого проверяется расчетами.

Под «ложементом» понимается [2] опорное устройство, предназначенное для установки и закрепления на транспортных средствах каких-либо машин, длинномерных грузов и т.п. Часто ложемент используется как средство крепления при транспортировке крупногабаритной техники (авиатехника, субмарины) и комплектующих (колонны, реакторы). Ложемент обеспечивает установочную базу для полного базирования перевозимого груза (изделия), поэтому конфигурацию поверхности контакта на ложементе выполняют идентичной форме транспортируемого объекта.

В настоящей работе предложены возможные сочетания нагрузок на транспортные ложементы, предназначенные для перевозки цилиндрического груза (парогенератора) и на их основе построены расчетные схемы, которые могут быть использованы, например, при решении задач конечно-элементного анализа. Предлагаемые в статье коэффициенты носят рекомендательный характер и получены на основе личного опыта авторов. Вес груза распределяется между ложементами в зависимости от положения центра его тяжести.

Для наиболее распространенных видов транспорта (морской и речной, автотранспорт) [3], используемых при перевозках крупногабаритных и тяжеловесных грузов, можно выделить следующие наиболее расчетные случаи:

- груз на раме транспортного средства (при перевозке автотранспортом);
- груз на опорах на судне (при перевозке водным транспортом);
- хранение груза при широкой расстановке опор (в перерывах между перевозками);

– строповка ложементов без груза (при выполнении погрузочно-разгрузочных работ).

При *перевозке груза автотранспортом* (например, с применением модульной самоходной транспортной техники компании *Cometto* [4]) (рис. 1) учитываются вертикальная нагрузка G от массы груза и продольные нагрузки $0,4G$, возникающие в период разгона или торможения транспортного средства. В случае, если ложемент жестко связан с рамой транспортного средства, то необходимо их совместное рассмотрение. Помимо оценки напряженного состояния ложементов и груза необходимо также контролировать напряженно-деформированное состояние рамы транспортного средства во избежание ее чрезмерных деформаций и недопустимых повреждений [5].

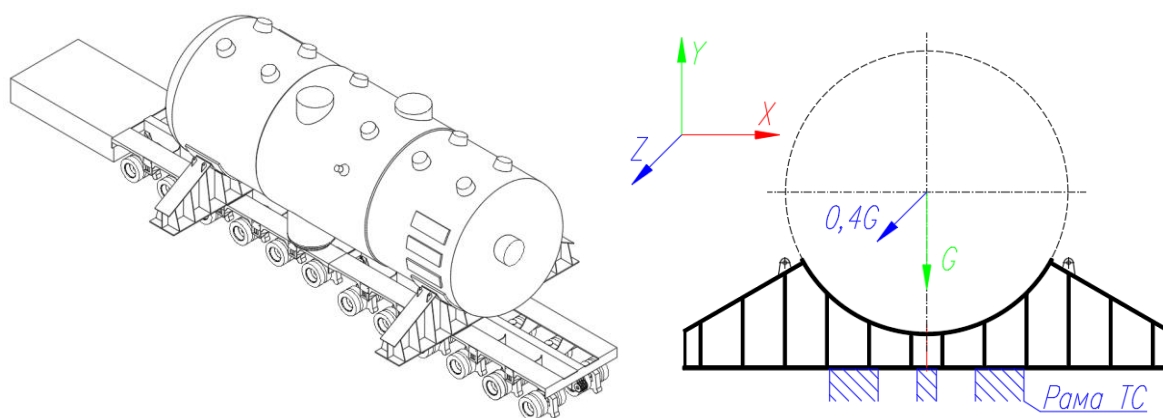


Рис. 1. Расчетная схема 1 – «Груз на раме транспортного средства»

При *перевозке груза водным транспортом* (рис. 2) судно подвержено продольно-горизонтальным колебаниям, бортовой, килевой, вертикальной качке и рысканию [6]. Все эти движения судна создают поля ускорений, сопровождающихся соответствующими силами инерции. В таких случаях следует учитывать вертикальную нагрузку от веса G груза, приняв коэффициент перегрузки равным $1,5$, а также продольную и поперечную нагрузки – $0,4G$. Груз с ложементом выставляется на опоры, расположенные на расстоянии a , достаточном для проезда под ложементом транспортного средства.

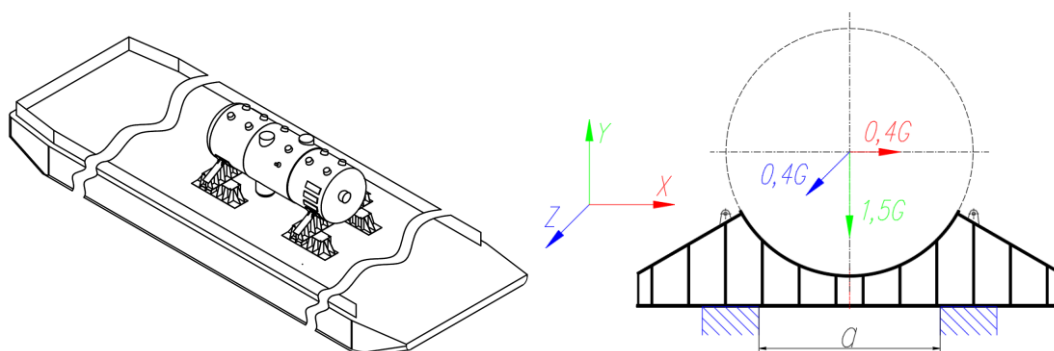


Рис. 2. Расчетная схема 2 – «Груз на опорах на судне»

При хранении груза в перерывах между перевозками на широко расставленных опорах (рис. 3) учитывается вертикальная нагрузка G от веса груза. Груз с ложементом выставляется на опоры, расположенные на максимально допустимом для рассматриваемого ложемента расстоянии a_{max} , достаточном для подъезда под ложементы транспортного средства увеличенного размера.

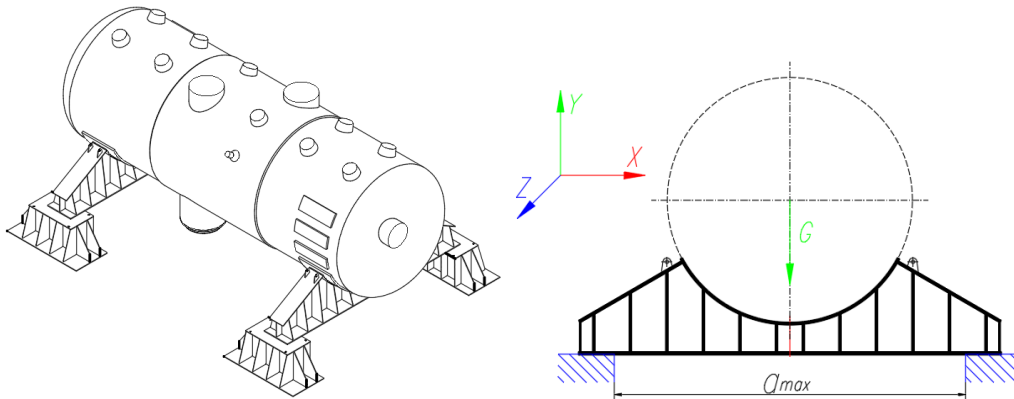


Рис. 3. Расчетная схема 3 – «Хранение груза при широкой расстановке опор»

Конструкция ложементов включает в себя четыре проушины (рис. 4.), выполняющие функции такелажных точек для зацепления ложементов крюками четырехветвевго стропа. Нагрузка от веса ложемента G_L распределяется между проушинами и вычисляется в зависимости от строповочных углов α и β (нагрузка составляет $\sim 0,3G_L$ на одну проушину). Проушины привариваются угловыми швами, которые, несмотря на сложное напряженное состояние, рассчитываются на срез (условно) [7]. Также выполняют проверку прочности проушин в зоне сварных швов и вблизи отверстия.

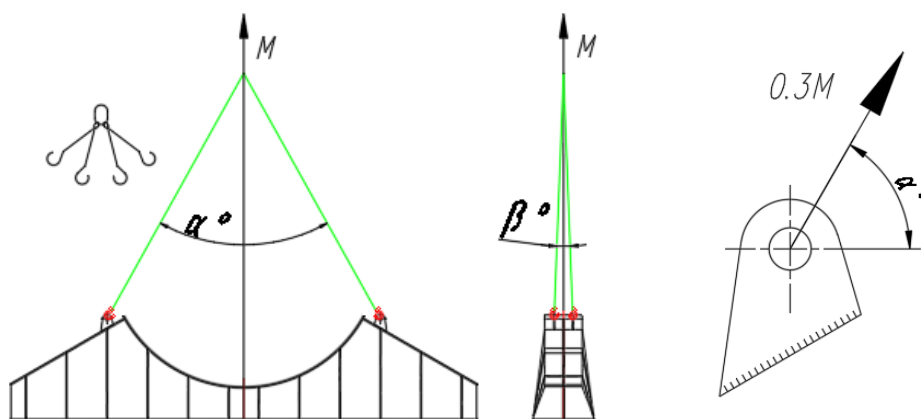


Рис. 4. Расчетная схема 4 – «Строповка ложемента без груза»

В рамках настоящей работы рассмотрена перевозка груза на двух транспортных ложементах, но возможны перевозки с бóльшим количеством ложементах. В таких случаях следует определять распределение нагрузок между ложементами, применяя системы конечно-элементного анализа (либо иным способом), с последующим расчетом наиболее нагруженного ложемента (при применении одинаковых ложементах).

Рассмотрены наиболее распространенные способы перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. На их основе предложены расчетные схемы для дальнейшего анализа напряженно-деформированного состояния конструкций ложементах в системах конечно-элементного анализа.

Библиографический список

1. Троицкая Н.А. Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом. – М.: Транспорт, 2019. 185 с.
2. Захаренко Е.Н., Комарова Л.Н., Нечаева И.В. Новый словарь иностранных слов: 25000 слов и словосочетаний. 2-е изд. М.: ООО Издательский центр «Азбуковник», 2006. 784 с.
3. Амиров Т.К. Перевозка крупногабаритных тяжеловесных грузов. – М.: Экспресс – информация ЦБНТИ Минавтотранса РФ, 2018. 85 с
4. Современные грузовые автотранспортные средства: Справочник. / Под ред. д.т.н., проф. Троицкой Н.А., Пойченко В.В. – М.: Доринформсервис. 2-ое изд., 2004. 593 с.
5. Komann, Steffen & Droste, Bernhard & Wille, Frank. (2009). Transport of large nuclear power plant components - experiences in mechanical design assessment. Packaging, Transport, Storage and Security of Radioactive Material. 20. 149-153.
6. РД 31.11.21.24-96 «Правила безопасности морской перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов (КТГ)».
7. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».

УСТРАНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТЫКАХ Ж/Д ПУТЕЙ

Каранкевич М. С., студент

Научный руководитель: Чалова М. Ю., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Железные дороги являются важной частью транспортной системы нашей страны. Во время эксплуатации железнодорожного пути в рельсах возникают температурные напряжения, которые приводят к повышению сопротивления и

быстрому изнашиванию рельсового полотна. В стыковом пути напряжения будут гораздо выше, чем в бесстыковом. Рельсовые стыки – это места соединения рельсов между собой. При проходе подвижного состава по стыку из-за зазора между рельсами ударно-динамическое воздействие на путь увеличивается, поэтому стык считается самым напряженным местом в пути [1].

Бесстыковой путь отличается от звеньевый наличием в рельсах периодически изменяющихся продольных температурных сил, достигающих 1200 – 1400 кН в каждом рельсе. Одно из главных требований при устройстве бесстыкового пути – обеспечение его устойчивости против выброса при повышении температуры. Бесстыковой путь отечественных железных дорог представляет собой конструкцию со сварными рельсовыми плетями длиной 150 – 950 м, которые чередуются с участками уравнильных пролётов, состоящих из 2 – 4 пар рельсов длиной по 12,5 м [2].

По сравнению с конструкциями пути со стыковым бесстыковой путь обладает рядом преимуществ:

1. снижается удельное сопротивление движению поездов (до 15 %) и соответственно расходы электроэнергии и топлива на тягу поездов;
2. сокращаются объёмы работ по выправке пути (до 25 %);
3. продлеваются сроки службы элементов верхнего строения пути (до 25 %);
4. сокращается расход металла на стыковые рельсовые скрепления (до 9 т на 1 км);
5. повышается комфортабельность езды пассажиров;
6. увеличивается надёжность работы рельсовых цепей автоблокировки;
7. снижается уровень шума (на 5 – 15 дБ) [3].

Существует несколько способов снятия напряжений. В механических способах используют системы освобождения плети от закрепления на шпалах и вывешивания в стыках на подвесные ролики или парные полиэтиленовые пластины, общей толщиной 10÷12 мм или на металлические роликовые опоры, устанавливаемые на каждой 15-ой шпале. Сразу же после окончания разрядки рельсовая плеть должна быть закреплена. Для более точного фиксирования температуры плеть необходимо закреплять сначала на каждой второй - пятой шпале, затем на остальных шпалах подряд [4].

Еще один способ разрядки напряжений заключается в том, что ослабляют связи плети со шпалами, вывешивают плеть с установкой ее на опоры с малым коэффициентом трения, к плети прикладывают растягивающие усилия и ее нагревают.

Известен способ ввода рельсовой плети бесстыкового пути в режим эксплуатации и устройство для его осуществления, заключающийся в удлинении

рельсовой плети за счет непрерывно прикладываемого продольного усилия с последующим закреплением связи плети с основанием. Способ осуществляется с помощью захватного органа для рельсовой плети и лебедки, устанавливаемой на раме, соединенных между собой тросом [5].

Несмотря на положительный эффект механические способы являются довольно энергозатратными и трудоемкими процессами, обладающими рядом недостатков, например, сложностью исполнения и трудоемким и длительным периодом работ.

В настоящее время все чаще используются методы нагрева, т.к. они являются более простыми в исполнении и не менее эффективными, чем механические.

Известен способ изменения длины рельсовой плети путем ее нагрева, с помощью смонтированной на транспортном средстве нагревательной камеры с форсунками, выходные сопла которых направлены навстречу друг другу к продольной оси камеры. Указанная цель достигается путем одновременного нагрева рельсовой плети паром и ее растяжения с помощью путевой машины, несущей на себе паронагревательную установку с паропроводящими каналами, растягивающее устройство, устройство для непрерывного подъема рельсовых плетей и гайковерт. Этот способ эффективен при длине плети не более 400 м. Недостатком является то, что при большей длине плети силы трения при перемещении плети вызывают ее дополнительный нагрев против расчетного в 2 и более раза. Это вызывает дополнительные затраты энергоресурсов и большие затраты времени на выполнение работ. Бывают силы трения плети по опорам так велики (особенно в кривых участках пути), что рельсовая плеть от нагрева выгибается кверху [5].

Широкое применение получила машина для нагрева рельсовых плетей МНРП, предназначенная для принудительного ввода рельсовых плетей в оптимальную температуру закрепления при укладке бесстыкового пути и во время ремонта. МНРП производит нагрев рельсовых плетей, выгруженных в середину колеи на прямых и кривых однопутных и многопутных участках бесстыкового пути. Предложенная технология улучшает качество сварных стыков, а также сокращает трудозатраты во время приведения рельсовозного состава из транспортного положения в рабочее и при подготовке стыка к сварке [6].

Прибор Зубова представляет собой две объемлющие горелки, на каждую рельсовую нить, которые опускаются на путь и охватывают рельс с обеих сторон. К каждой горелке подается горючая смесь, которая распыляется через форсунки. Перед началом работ прибор Зубова опускается на путь и горючая жидкость поджигается. Горелки греют рельсы, а платформу постепенно продвигают вдоль

нагреваемой плети для равномерного ее прогрева. Ввиду нагрева металла он начинает расширяться, соответственно рельсовая плеть удлиняется. В местах соединения плетей установлены гидронатяжители, которые помогают концам рельсов сомкнуться. Когда зазор становится таким, при котором возможно соединить рельсы стыковыми накладками, прогрев прекращают. Единственными недостатками этого метода является то, что поджѐг горелок производится вручную факельным методом и отсутствует регулировка подачи и давления воздухом [7].

Машина для нагрева рельсовых плетей (МНРП) может содержать смонтированные на железнодорожной платформе помещение с генераторной установкой и насосной станцией, а также помещение управления с электрооборудованием. К металлоконструкциям рамы железнодорожной платформы на тягах подвешена инструментальная рама с индукторами. Индукторы смонтированы на тележках, имеющих возможность поперечного относительного рельсового пути перемещения по инструментальной раме [7].

Недостатками являются высокие требования к точности зазора между нагревателем и головкой рельса и соблюдения определенного расстояния до нагревателей. В эксплуатации были случаи наезда/удара нагревателя об элементы креплений.

Для достижения расчетного диапазона температур используются инфракрасные нагреватели. Нагревательный модуль при работе размещается на специальные тележки перед платформой и состоит из четырех секций, на которые крепятся электроцилиндры для крепления нагревателей. Так как не требуется регулировка зазора между головкой рельса и самим нагревателем. Электроцилиндры требуются для регулировки процесса нагрева.

Планируется внедрение в мехатронную систему инфракрасных датчиков для фиксирования температуры, чтобы можно было автоматизировать процесс и задействовать малое количество работников. Так как система планируется быть полностью автоматизированной, используется микропроцессор SMT32. Программный код будет написан на языке программирования C++. Используются нагреватели типа HTS/2 200 компании Elstein-Werk, представленные на рис. 1 и 2.

Данный нагреватель имеет встроенную теплоизоляцию, что будет полезно при сильных морозах. Это несомненно является преимуществом данной конструкции.

Характеристики:

- Выход на постоянную мощность нагрева от 1,8 до 3,7 мин.
- Постоянная рабочая температура до 900 °С
- Экономия энергии с помощью повышенной теплоизоляции

- Различные комбинации размеров и мощностей обогревателей
- Мощность до 64 кВт/кв.м.



Рис. 1. Инфракрасные нагреватели типа HTS

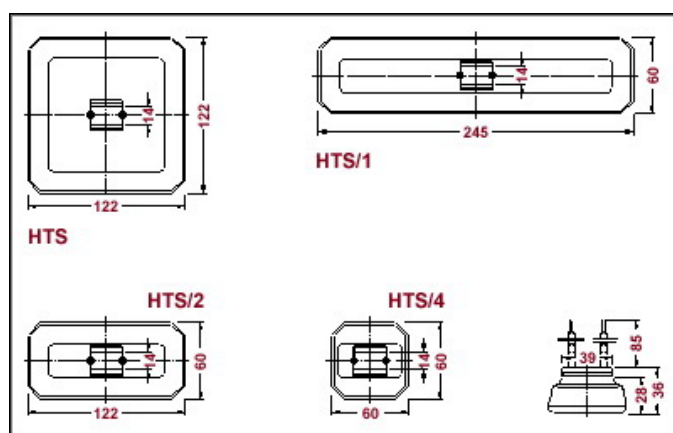


Рис. 2. Геометрические размеры нагревателей типа HTS

Высокотемпературные нагреватели модели HTS состоят из основной керамической части, наполненной высококачественным теплоизоляционным материалом. Спираль нагрева прочно впаяна в ребра нагревательной поверхности. Теплоизоляция, встроенная в HTS высокотемпературные обогреватели, минимизирует потери тепла с задней части обогревателей и уменьшает нагрев проводов. В результате увеличивается эффективность и экономическая целесообразность систем, оборудованных этими обогревателями.

Электроцилиндры выбираем серии CLA

Характеристики:

- Серия CLA
- Трапецеидальная резьба

- Скорость: 2 - 56 мм/с
- Усилие: 2500 Н - 25 кН
- Ход: стандартное исполнения до 800 мм, другие значения по запросу
- Преобразование вращения в линейное перемещение: трапецеидальная передача

- Понижение частоты вращения: высокоточная червячная передача

В ходе сравнения различных методов устранения температурных напряжений в рельсовых плетях можно сделать вывод, что наиболее рациональным и оптимальным является нагрев путей с помощью инфракрасного нагрева, благодаря которой можно достичь равномерного нагрева рельса и эффективного снятия напряжений. Такой способ можно использовать вне зависимости от факторов внешней среды, погодных условий и т.д.

Библиографический список

1. Рельсовый стык [Электронный ресурс] – URL: <https://техсервис59.рф/raznoe/рельсовый-стык-рельсовые-стыки-и-стык.html> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.
2. Бесстыковой путь. Википедия [Электронный ресурс] – URL: https://wiki.nashtransport.ru/wiki/Бесстыковой_путь (дата обращения 18.04.2022). – Текст: электронный.
3. Разрядка температурных напряжений в рельсовых плетях [сайт] – URL: <https://helpiks.org/4-83427.html> (дата обращения 18.04.2022). – Текст: электронный.
4. Технология разрядки температурных напряжений [Электронный ресурс] – URL: <https://macanprint.ru/tekhnologiya-razryadki-temperaturnykh-napryazheniy/> (дата обращения 18.04.2022). –Текст: электронный.
5. Способ разрядки температурных напряжений в рельсовой плети бесстыкового пути и комплекс для его осуществления [Электронный ресурс] – URL: <https://findpatent.ru/patent/213/2135669.html> (дата обращения 18.04.2022). – Текст: электронный.
6. Транспортная газета ЕВРАЗИЯ ВЕСТИ- Современным требованиям - новые путевые машины ОАО «Калугапутьмаш» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1id=2008-08a11/> (дата обращения 18.04.2022). – Текст: электронный.
7. Нагрев 800 метровых рельс [Электронный ресурс] – URL: <https://zen.yandex.com/media/zaalan/nagrev-800-metrovyh-rels-5cce9f769680af00b2c7d9cd/> (дата обращения: 11.03.2022). – Текст: электронный.

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЩЕБЕНОЧНОГО БАЛЛАСТА НА РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ ВЫПРАВочно-ПОДБИВОчно-РИХТОВОчных МАШИН

Карташов А. В., магистрант

Научный руководитель: Чалова М. Ю., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Путевые машины для выправки пути, отделки балластной призмы и уплотнения балластного слоя, которые используются в настоящее время на сети железных дорог, применяются для ремонта, текущего содержания пути и ремонта разделяют по назначению, периодичности действия, числу подбиваемых одновременно шпал и др.

Для механизации выправочно-подбивочных и отделочных работ используют машины непрерывного действия типа ВПО (ВПО-3-3000, ВПО-3000). Данные машины обладают высокой производительностью и достаточно хорошим качеством уплотнения балластного слоя, но более низким качеством выправочных работ по сравнению с машинами непрерывно-циклического и циклического действия. В этих машинах процесс перемещения машины и подбивки происходит непрерывно.

Непрерывно-циклического действия («Duomatic 09-32 CSM», «Stopfexpress 09-3X», ПМА-1). Эти машины по принципу своей работы представляют собой машину циклического действия, но во время выполнения работы подбивочным блоком она перемещается по пути непрерывно. Обладают высокой производительностью за счет непрерывного метода выправки и подбивки пути и дают возможности получения требуемого качества выполнения необходимых операций.

Циклического действия: магистральные ВПР (ВПР-02, ВПР-1200 и др.) и универсальные, которые применяются для стрелочных переводов и пути, типа ВПРС (ВПРС-02, ВПРС-500, ВПРС -03). Машины циклического могут осуществлять все виды ремонтов, текущего содержания пути и все виды выправочно-подбивочных и рихтовочных работ. Эти машины работают в сцепке с платформой, которая служит для увеличения базы рихтовочного устройства. Как правило выправка пути происходит с подъемом на 1-5 см, что предоставляет возможность исправить большинство мелких неровностей. Для исправления длинных неровностей пользуются методом фиксированных точек с заранее проведенным измерением отклонений продольного профиля по базовому рельсу [1].

Рабочие органы выправочно-подбивочных машин используют способ, в котором сочетается вибрирование в вертикальном, горизонтальном или в другом направлении с вынужденной силовой подачей (вибрационный обжим).

Подбивка выправочно-подбивочными машинами циклического или непрерывно-циклического действия, осуществляется путем горизонтального вибрационного обжима балластного слоя в подшпальной зоне – со стороны продольных кромок шпал лопатками подбоек (рис 1). Машины непрерывного действия производят подбивку виброплитами с наклонными клиньями у торцов шпал. В первом случае выполняются последовательные операции заглабления подбоек, обжима балласта при сведении лопаток к шпалам, раздвижение подбоек, подъема подбивочного блока над верхним уровнем головки рельса и передвижения для работы на следующей шпале. Во втором случае машина движется непрерывно, балласт подается принудительно в подшпальную зону клином, уплотнительная поверхность которого под углом к направлению движения [1, 7, 8].

Уплотнение балласта в междупутной или откосно-плечевой зоне осуществляется виброплитами, которые прижимаются к балласту с нагрузкой. В таком случае рабочий орган устанавливается на откос или на плечо [5, 7].

Уплотнение балласта в шпальных ящиках при виброобжиге производится посредством штампы.

Динамический стабилизатор пути осуществляет уплотнение балласта в подшпальной зоне путем воздействия на рельсошпальную решетку. Она прижимается к балластной призме с вертикальной нагрузкой и производит одновременное вибрирование в вертикальном и горизонтальном направлениях [7, 6].

В практике работы машин, как правило, встречаются некоторые трудности с осуществлением подбивки шпал. Это связано с тем, что щебень представляет собой сыпучее тело, которое обладает некоторыми свойствами, которые отличают его от классических твердых тел и жидкостей. С одной стороны, он может сохранять форму т.е. обладает упругостью формы, которую ему придала машина, с другой стороны он может терять форму, например, под воздействием вибраций. Большое значение в сохранении упругости формы имеет взаимное построение частиц. Более рыхлое и менее упорядоченное построение соответствует снижению возможности воспринимать нагрузку, а менее рыхлое и более упорядоченное построение частиц помогает повышению несущей способности [4, 5].

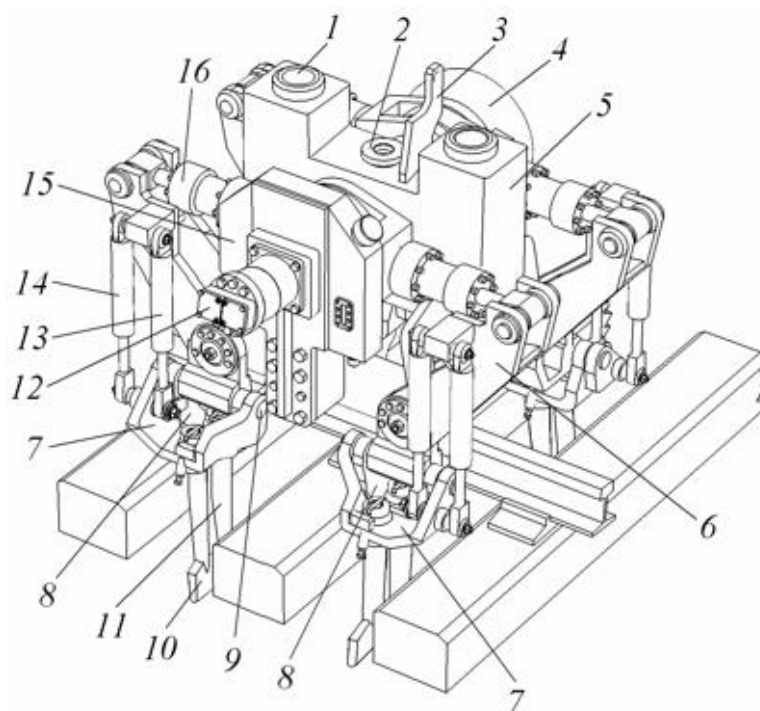


Рис. 1. Универсальный подбивочный блок

1, 2 и 5 – направляющие отверстия, отверстие крепления гидроцилиндра и станина; 3 – проушина стопора; 4 – эксцентриковый вал с маховиком; 6 – верхние части рычагов подбоек; 7 и 8 – поворотные кронштейны наружного и внутреннего рядов подбоек; 9 – оси кронштейнов подбоек; 10 и 11 – подбойки наружного и внутреннего рядов; 12 – аксиально-поршневой гидромотор; 13 и 14 – гидроцилиндры поворота подбоек наружного и внутреннего рядов; 15 – бак системы смазки; 16 – гидроцилиндры привода рычагов подбоек

Щебень состоит из частиц и промежутков между ними, которые в основном заполнены воздухом. Он получается путем дробления материала из изверженных горных пород с плотностью не менее 2,4 г/см³ и состоит из частиц размеров в пределах 25–60 мм [2, 3]. Щебень в балластной призме может быть распределен не равномерно и в каких-то участках он может содержать большую концентрацию зерен крупной фракции. Это может затруднять процесс подбивки шпал, а также оказывать негативное влияние на подбивочный блок и сами подбойки, что может приводить к трещинам на подбойках или их разрушению.

Библиографический список

1. Попович, М.В. Путьевые машины: учебник/ М.В. Попович, В.М. Бугаенко, Б.Г. Волковойнов [и др].: под общ. ред. М.В. Попович, В.М. Бугаенко. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 820 с.

2. ГОСТ 7392-2014. Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 35 с.
3. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 1993. – 13 с.
4. Гапеенко, Ю.В. Как щебень воспринимает поездную нагрузку / Ю.В. Гапеенко // Путь и путевое хозяйство. – 2000. – №12. – С. 8-10.
5. Гапеенко, Ю.В. Состояние щебня и средний ремонт [текст]/ Ю.В. Гапеенко // Путь и путевое хозяйство. – 2000. – №4. – С.29-32.
6. Волковойнов, Б.Г. Изменение текстуры щебеночного балласта при направленном силовом воздействии рабочим органом путевой уплотнительной машины / Б.Г. Волковойнов / Л.: ЛИИЖТ, 1981. – 53 с.
7. Акуратов, А.Ф. О качестве балластировки железнодорожного пути / А.Ф. Акуратов, Ю.Б. Якименко // Межвузовский сборник научных трудов, вып. 722 – М.: МИИТ, 1983. – с.68-73.
8. Варызгин, Е.С. Как работает щебеночный балласт / Е.С. Варызгин // Путь и путевое хозяйство. – 1980. – №12. – С. 21-25.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ КУБЫ

Луис Гильермо Дипотет Моллинедо, аспирант, Куба

Научный руководитель: Кудрявцев Е. М., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

В условиях Кубы, работа землеройно-транспортных машин (ЗТМ) характеризуются двумя режимами: тяговым, или рабочим, и транспортным. Тяговым или рабочим называют режим работы ЗТМ (гусеничный бульдозер, автогрейдера, экскаватора, фронтальный погрузчика, и.т.д.) в процессе резания и перемещения грунта или выполнения других видов работ, транспортным. Производительность ЗТМ определяется его основными параметрами: размерами ножа, мощностью двигателя, тяговым усилием на колесах и условиями работы (характером грунта, технологией работ и т. д.). На пример, рисунок 2, производительность автогрейдера измеряется объемом вырезанного и перемещенного грунта за единицу времени, в километрах или квадратных

метрах спрофилированной дороги или площади. Рассмотрим процесс расчета тягово-скоростных характеристик землеройно-транспортной машины [1].

Пример расчета

Исходные данные:

- масса автогрейдера, т $M_a = 13.1;$
- длина рабочего органа - отвала автогрейдера, м $L = 3.04;$
- мощность двигателя автогрейдера, кВт $N_{дв} = 90;$
- колесная формула $1 \times 2 \times 3;$
- коэффициент использования сцепного веса $\xi = 0.75;$
- коэффициент использования машины по времени $K_v = 0.8;$
- коэффициент сопротивления передвижению $f = 0.1;$
- коэффициент перехода $K_{пер} = 0.1;$
- уклон местности $e = 0;$
- ускорение свободного падения, м/сек² $g = 9.81;$
- радиус колеса автогрейдера, м $r_k = 0.56;$
- значение индекса в первом элементе вектора ORIGIN = 1;
- число оборотов двигателя на j-й передаче n_j , об/мин
 $n = (1680 \ 1400 \ 1180);$
- передаточное число трансмиссии на j-й передаче i_j
 $i = (89 \ 58 \ 39);$
- коэффициент полезного действия на j-й передаче η_j
 $\eta = (0.941 \ 0.96 \ 0.98);$
- принятые значения коэффициента буксования δ :
 $\delta = (5 \ 10 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30);$
- тяговые усилия автогрейдера
 P_1 на 1-й передаче на ведущих колесах при разных значениях коэффициента, буксования δ :
 $P_1 = (18.4 \ 30 \ 34 \ 35.5 \ 36 \ 37).$

Алгоритм моделирования:

Рабочие скорости движения автогрейдера V_{pj} на всех j передачах, м/с.

Для $j = 1, \dots, 3,$

$$V_{pj} = 0,377 \cdot r_k \cdot n_j \cdot \frac{1 - \frac{\delta}{100}}{i_j}.$$

$$V_{p1} = 0,377 \cdot r_k \cdot n_1 \cdot \frac{1 - \frac{\delta}{100}}{i_1} = 0,377 \cdot 0,56 \cdot 1680 \cdot \frac{1 - \frac{5}{100}}{89} = 3,786.$$

Сопротивление передвижению автогрейдера - W , кН

$$W = Ma \cdot g \cdot \xi \cdot \frac{f+e}{1000} = 13,1 \cdot 9,81 \cdot 0,75 \cdot \frac{0,1+0}{1000} = 9,64 \cdot 10^{-3}.$$

Коэффициенты буксования δ и зависимости их от свободной силы тяги – T_j на всех j передачах:

Для $j = 2 \dots 3$;

$$P_j = P_{j-1} \cdot \frac{n_{j-1} \cdot i_j \cdot \eta_j}{n_j \cdot i_{j-1} \cdot \eta_{j-1}};$$

Для $j = 1 \dots 3$; $T_j = P_j - W$

Для $j = 2$;

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{n_1 \cdot i_2 \cdot \eta_2}{n_2 \cdot i_1 \cdot \eta_1} = 18,4 \cdot \frac{1680 \cdot 58 \cdot 0,96}{1400 \cdot 89 \cdot 0,941} = 14,68;$$

Для $j = 1$;

$T_2 = P_2 - W = 14,68 - 9,64 = 5,04.$

Результаты расчетов представлены в графическом виде на рис. 1 и рис.2.

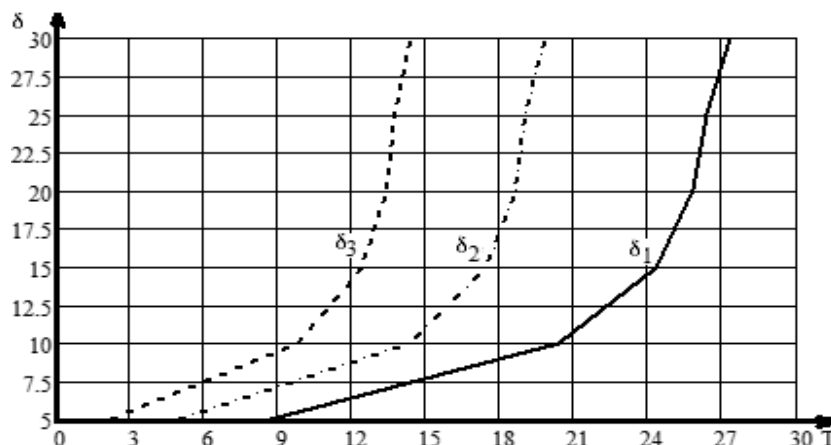


Рис. 1. Графики зависимостей коэффициента буксования δ_j от свободной силы тяги T_j .

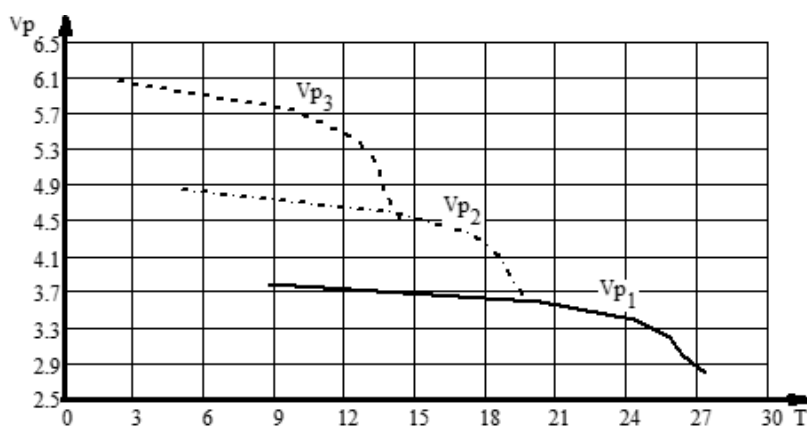


Рис. 2. Графики зависимости тяговой мощности на ведущих колесах – РК j от скорости движения транспортного средства – v_j .

Заключение. Комплексное представление тягово-скоростных характеристик землеройно-транспортных машин и транспортных средств в различных видах: аналитическом; количественном и графическом видах позволяет всесторонне проанализировать их связи и взаимовлияние, а также автоматизировать, на порядок ускоряет процесс моделирования тягово-скоростных характеристик при различных условиях эксплуатации машин, а также для повышения эффективного использования имеющихся в распоряжении машин парка и выработки научно-обоснованных решений.

Библиографический список

1. Кудрявцев, Е.М. Методы решения организационных задач. Учебное для вузов / Е.М Кудрявцев. –М.: АСВ, 2015. – 336 с.
2. Кудрявцев, Е.М., Степанов М.А. Строительные краны. Часть 1. Башенные краны. Основы теории, конструкции и расчет: Учебное для вузов / Е.М Кудрявцев. – М.: АСВ, 2016. – 330 с.
3. Кудрявцев, Е.М. Компьютерное моделирование, проектирование и расчет элементов машин и механизмов. Учебное пособие для вузов / Е. М. Кудрявцев. – М.: АСВ, 2018. – 328 с.
4. Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительномонтажных работ / Е. М. Кудрявцев. – М.: Высш. шк., 2008. – 268 с.
5. Кудрявцев, Е.М. Modeling and calculations of mechanical characteristics of transport/ Е.М Кудрявцев, Л.Г Дипотет Моллинедо// SCOPUS, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 032071 doi: 10.1088/1757-899X/971 /3/032071 International science and technology conference (ICMTMTE). – 2020. — № 971. — С. 8.
6. Кудрявцев, Е.М. Optimization of the Vehicle Movement Modes / Е.М. Кудрявцев, Л.Г Дипотет Моллинедо// SCOPUS, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering doi: 10.1088.1757-899X/1079/2/022096 International science and technology conference (ICMTMTE). – 2020. — № 1079. — С. 8.
7. Кутузов, В.Д. Повышение эффективности эксплуатации строительном-дорожных машин с учетом изменения их технического состояния: дис. ...тех. наук: 05.05.04/. Кутузов Виктор Владимирович. – Могилев., – 2012.– 254 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКРЕПЕРНОГО КОВША

Леонов А. М., студент

Валитов А. И., студент

Научный руководитель: Мартынова Н. Б., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В настоящее время, с развитием промышленности, строительства, сельского хозяйства, с широким внедрением природоохранных технологий возрастают требования к рабочим машинам и оборудованию, в том числе к скреперам. С увеличением мощности силового оборудования не только увеличиваются геометрические размеры рабочих органов, но и продолжаются поиски оптимальной конструкции ковша, а также его модификации [1-3]. Строительные работы ведутся на самых разных территориях, что в свою очередь может влиять на производительность и эффективность работы машины. В процессе земляных работ возникает такое явление, как налипание грунта на стенки ковша. Налипший грунт затрудняет полную разгрузку ковша скрепера, что в свою очередь не позволяет полностью загружать ковш во время цикла. Это приводит к дополнительным энергетическим затратам, увеличению рабочего времени. В данной работе рассматривается, какие параметры грунта и рабочего оборудования оказывают влияния на площадь налипшего грунта с целью минимизировать отрицательное влияние налипания грунта на рабочий орган и увеличить коэффициент заполнения ковша [4].

Н.Г. Домбровский предложил определять сопротивления на рабочих органах землеройных машин по совокупности всех процессов, включающих резание, перемещение грунта по рабочему органу и перед рабочим органом, наполнение ковша [5-6]. Таким образом, величина касательной составляющей сопротивления копания P_{01} определяется как сумма сопротивлений трению от перемещения рабочего органа по грунту $P_{тр}$, резанию P_p и приращению призмы волочения и наполнению ковша P_n [7-8]:

$$P_{01} = P_{тр} + P_p + P_n. \quad (1)$$

Раскрывая значения отдельных составляющих, получим:

$$P_{01} = \mu N + kbc + \varepsilon(k_n q + q_{пр}), \quad (2)$$

где: μ – коэффициент трения рабочего органа о грунт;

N – давление режущей части на грунт;

$q_{пр}$ – объем призмы волочения, m^3 ;

k_n – коэффициент наполнения ковша (отношение объемом разрыхленного грунта в ковше к его геометрическому объему);

q – геометрическая емкость ковша, м³;

ε – коэффициент сопротивления наполнению ковша и перемещению процессу волочения.

Данная зависимость не учитывает особенностей геометрии рабочего органа, ограничиваясь геометрической емкостью ковша (рис.1).

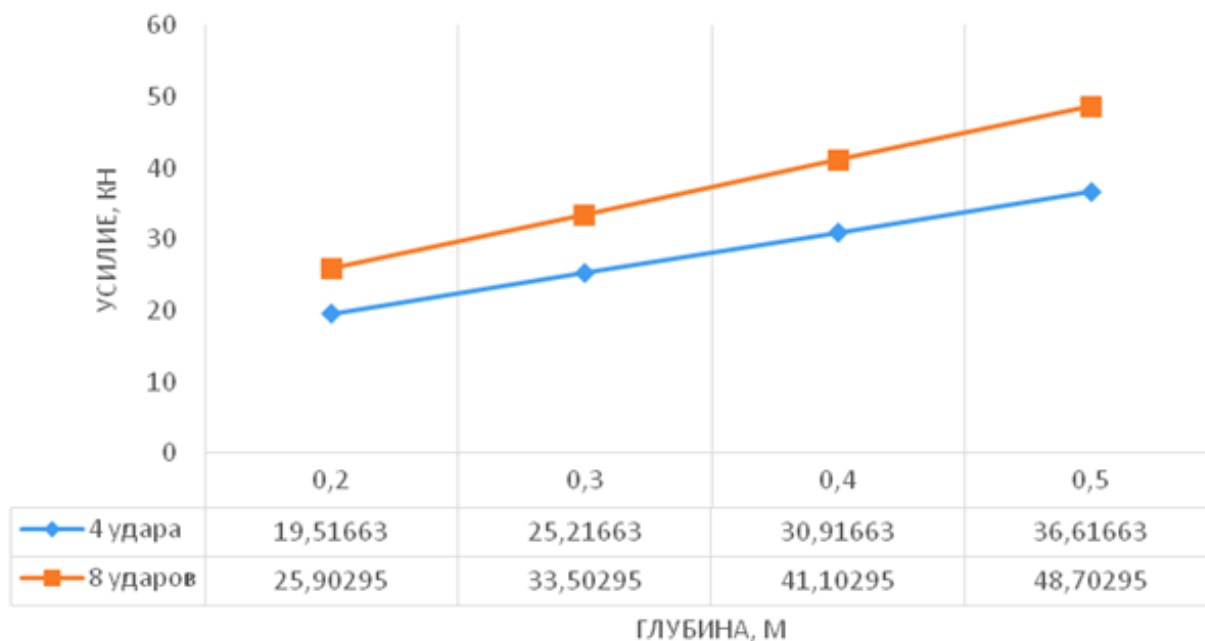


Рис. 1. Усилие на рабочем органе при скорости 0,25 м/сек с изменением плотности грунта и глубины.

Процесс налипания грунта может существенно затруднять работу ковша скрепера, снижая эффективность и производительность работы. Для улучшения разгрузки ковша и повышения производительности скрепера, было предложено сделать рабочий орган с подвижным дном, которое во время разгрузки собирает грунт, налипший на стенки и днище ковша, тем самым обеспечить полную разгрузку ковша, повысив существенно производительность машины.

Коэффициент наполнения ковша равен отношению объема разрыхленного грунта в ковше и емкости ковша. Появляются пустоты, которые комки глины не заполняют. Для решения этой проблемы было предложено использовать подвижное дно. В сочетании с ним, комки глины во время движения дна и скрепера будут разрушаться, тем самым полностью занимая весь объем ковша.

По результатам исследований выполнена модель скреперного ковша (рис. 2). На грунтовом канале были исследованы технические показатели разработанной машины. Был проведён эксперимент по созданному прототипу модели рабочего органа скрепера, которая была спроектирована в масштабе 1:10.

Исследование проводилось с различным состоянием грунта плотностью от четырёх до восьми ударов плотнометра. В процессе исследования менялась глубина резания рабочего органа от 0.2 метра до 0.5 метров, увеличивалась скорость от 0.16 м/сек до 0.25 м/сек и плотность грунта.



Рис. 2. Исследование модели рабочего органа в грунтовом канале.

По результатам исследований был проведен анализ влияния различных факторов на работу ковша. Такой фактор как глубина, согласно данным расчетам, является самым значимым. Наименьшим фактором по значимости, но также существенно влияющим на работоспособность оказалась скорость. Такой фактор, как плотность грунта, оказался куда значительнее, чем скорость, но менее значим, чем глубина. По результатам обработки исследования, также можно сделать вывод, что с увеличением плотности грунта коэффициент наполнения снижается, что приводит к уменьшению производительности и снижению работоспособности. Предложенный прототип ковша за счёт модернизации подвижным дном увеличивает коэффициент наполнения, а также повышает производительность и работоспособность.

Библиографический список

1. Мажугин Е.И., Казаков Л.Л., Ворошко Е.А. Мелиоративные машины: учебное пособие. – Минск.: РИПО. -2018. – 311 с.
2. Мартынова Н.Б., Абдулмажидов Х.А., Балабанов В.И. Расчет машин и оборудования природообустройства. - М.: МЭСХ.-2020. -86 с.

3. Поддубный В.И., Абдулмажидов Х.А. Статический расчет технологических машин природообустройства . - М.: ВНИИГиМ, -2019. -30с.
4. Абдулмажидов Х.А. Трехмерное моделирование элементов машин природообустройства в системе «AutoCAD». - М.: МГУП. 2012, 123 с.
5. Мартынова Н.Б., Балабанов В.И., Абдулмажидов Х.А., Машины и оборудование для производства культуртехнических работ. - М.: Издательство «Перо».-2021. -84 с.
6. Мартынова Н.Б. Расчет технологических машин природообустройства.- М.: Издательство «Перо».-2020. -92 с.
7. Доценко, А.И. Строительные машины и оборудование: Учебник для строительных вузов / А.И. Доценко, В.Г. Дронов. – М.: ИНФА – М. 2014. – 533 с.
8. Поддубный, В.И. Расчет основных параметров скреперов / В.И. Поддубный, Н.К. Теловов. Учебное пособие, М.: МГУП, 2009, 56с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОКОВШОВЫХ ЦЕПНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

Лепилин Н. А., студент

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Многоковшовые экскаваторы являются наиболее распространенными землеройными машинами непрерывного действия. По сравнению с одноковшовыми экскаваторами характеризуются большей производительностью. Применяются для выполнения больших объемов земляных работ в дорожном, мелиоративном и гидротехническом строительстве, для разработки траншей при прокладке трубопроводов и кабельных линий, в военном деле для рытья окопов, для добычи полезных ископаемых, при проведении дноуглубительных работ на водоёмах. А также, при имеющемся дополнительном оборудовании, предназначен для строительства дренажа. Удельный вес разработки грунтов экскаваторами на таких работах возрастает с каждым годом, вытесняя тяжелый малопроизводительный ручной труд (рис.1) [1-3].

Соответственно рабочему процессу все многоковшовые экскаваторы имеют следующие узлы и агрегаты:

- рабочее оборудование, включающее в себя рабочие органы и конструкции для установки их в нужное положение;
- транспортирующие устройства, которые транспортируют грунт от рабочих органов и обычно включают в себя питающие, перегрузочные и разгрузочные устройства;
- механизмы, которые передают движение всем рабочим и вспомогательным исполнительным устройствам и рабочим органам;
- силовое оборудование, служащее для приведения в действие всех рабочих и вспомогательных механизмов экскаватора;
- ходовое оборудование, обычно состоящее из нижней рамы и движителя;
- платформу с надстройкой, на которой устанавливаются рабочее и силовое оборудование и механизмы;
- управление.

Экскаваторы работают при непрерывном поступательном движении машины вдоль забоя. Одновременно ковши движутся в поперечном направлении, срезая грунт. При каждом изменении направления движения экскаватора ковшовая рама опускается и ковши заглубляются на такую величину, чтобы при движении по откосу происходило нормальное заполнение их [4].

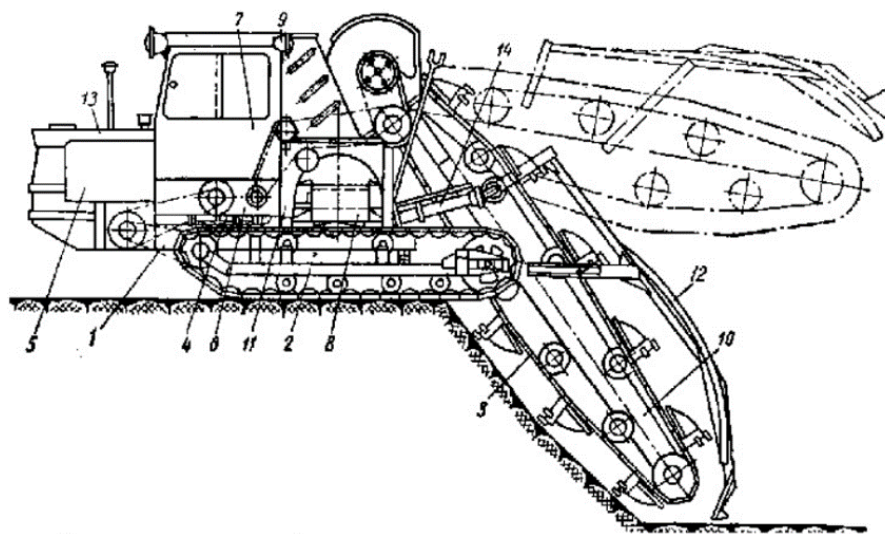


Рис. 1. Многоковшовый цепной экскаватор

- 1 – рама; 2 – ходовая часть; 3 – ковшовая цепь с приводом; 4 – система управления; 5 – двигатель; 6 – коробка передач; 7 – кабина; 8 – транспортер; 9 – электрооборудование; 10 – рабочий орган; 11 – пилон; 12 – зачистной башмак; 13 – капот; 14 – гидросистема.

В качестве рабочих органов на этих экскаваторах применяют свободно провисающие цепи с ковшами (рис.2.) или скребками.

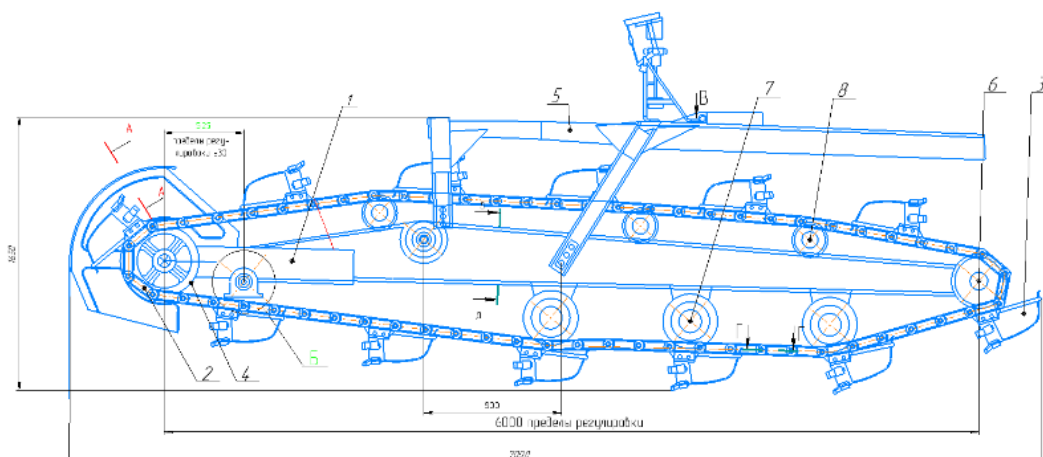


Рис. 2. Рабочие органы многоковшового цепного экскаватора:
 1 – рама; 2 – тяговая цепь; 3 – ковш; 4 – привод рабочего органа; 5 – рама трубоукладчика; 6 – звездочка натяжная; 7 – опорный ролик; 8 – поддерживающий ролик.

По сравнению с другими многоковшовыми экскаваторами, цепные имеют ряд преимуществ такие как:

- Возможность работ с верхним и особенно нижним черпанием;
- Качественная планировка рабочего горизонта под любым углом залегания;
- Возможность отработки весьма тонких пластов грунта;
- Низкую плотность грунтовой массы;
- Равномерную нагрузку на вал привода ковшовой цепи, практически не имеющей колебаний с частотой, равной частоте колебаний выхода/входа ковшей из забоя;
- Отсутствие столько выраженного многочастотного спектра колебаний конструкции экскаватора в целом, который характерен, например, для роторных машин.

Уникальным элементом конструкции многоковшовых цепных экскаваторов является система автоматического регулирования глубины копания. Принцип действия такой системы: лазерный светоизлучатель (указатель) УКЛ-1 вместе с аккумуляторной батареей устанавливается сзади по ходу экскаватора (рис. 3). Светоизлучатель генерирует световой веерообразный горизонтальный луч. Необходимую высоту установки светоизлучателя и уклон луча обеспечивают с помощью фоторейки.

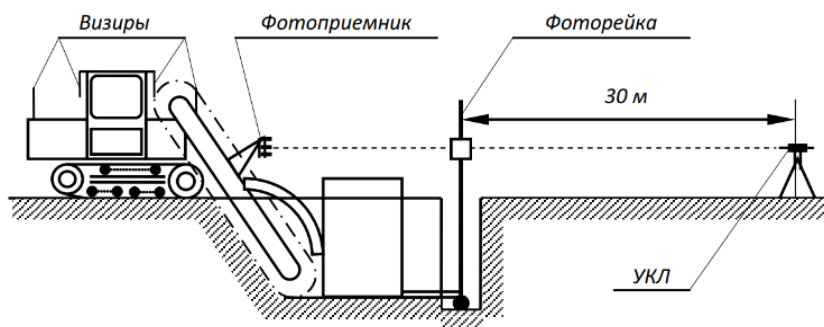


Рис. 3. Схема работы с лазерным указателем

Применение лазерной системы управления позволяет одновременно в процессе работы проводить текущий контроль укладки дренажа вручную при помощи рейки с фотоиндикатором. Рейку устанавливают в процессе работы на уложенную дренажную трубу, а вертикальные отметки фиксируют визуально по рейке, где установлен фотоиндикатор, регистрирующий лазерный луч.

Проведённый анализ позволил определить востребованность лазерной системы при выполнении мелиоративных работ [5-6].

По работе можно сформулировать следующие выводы и дать рекомендации:

- применение лазерной системы автоматического регулирования глубины копания многоковшовых цепных экскаваторов пауков целесообразно для производства земляных работ;

- ЛСАР дешевле и точнее других систем автоматического регулирования глубины копания, а также она позволяет одновременно в процессе работы проводить текущий контроль укладки дренажа вручную при помощи рейки с фотоиндикатором;

- При использовании лазерной системы увеличивается производительность экскаваторов машин, а также повышается качество работ по строительству дренажа.

Библиографический список

1. Эксплуатация экскаваторов-дреноукладчиков [Электронный ресурс].: www.itexn.com/2377_jekspluatacija-jekskavatorov-drenoukladchikov.html
2. Формализация напряженно-деформированного состояния детали с подвижной границей в условиях электрического и комбинированного формообразования / А. И. Болдырев, С. В. Усов, А. А. Болдырев, В. А. Нилов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 16-19.
3. Евграфов, В. А. Применение организационно-экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях

агропромышленного комплекса / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 128 с.

4. Тойгамбаев, С. К. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

5. Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства / Н. С. Севрюгина, Е. В. Рузанов М. А. Матвеев, А. С. Апатенко // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : материалы XI Международной научно-практической интернет конференции, п. Правдинский, 05–07 июня 2019 года. – п. Правдинский: РНИИ ИиТЭИ по ИТО АПК, 2019. – С. 378-383.

6. Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: Аналитический обзор / В. Я. Гольдяпин, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, А. С. Апатенко. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 88 с.

7. Севрюгина, Н. С. Системный подход к оценке влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса / Н. С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 56-59.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦТЕХНИКИ ДЛЯ УБОРКИ ПЛЯЖЕЙ С УЧЕТОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СПЕЦИФИКИ

Лосев А. А., магистрант

Дегтярев С. Н., студент

Чубаркин В. А., студент

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

При анализе имеющейся на рынке спецтехники для уборки пляжных территорий в качестве примера взята компания «ПК Бродей» (рис.1).



Рис. 1. Отечественные аналоги пляжеуборочной техники

Для уборки пляжных территорий немецкая фирма Wech Tech специализируется на производстве прицепной техники для базовой спецтехники, как правило колесного трактора. Прицеп включает в себя набор функциональных модулей, обеспечивающих просеивание песка, транспортирование мусора в бункер и разравнивание песка по прибрежной зоне. Следует отметить, что рассматриваемая техника имеет рабочую зону захвата 2,5 м, что предполагает их использование на больших территориях. Глубина уборки 300 мм, производительность 30000 м² в час.

Давая оценку экономической эффективности следует отметить, что для модели WechTech 3000 предлагается закупочная стоимость в 12 млн рублей. Гарантийные обязательства 12 месяцев или 1000 моточасов работы.

Не применяя развернутых расчетных методик, можно на начальном этапе сказать, что для России использование данной техники с достаточным показателем окупаемости может быть только на прибрежных зонах морских территорий. В то же время следует отметить, что пляжи с песчаной прибрежной зоной в чистом виде сложно найти.

Анализ производителей различных фирм показывает общность конструирования, по функциональному назначению и комплектованию рабочих модулей. Например, такая фирма как ТехноРус, предлагает нам ряд отечественной техники предназначенной для уборки пляжей разных площадей.

Одним из их последних разработок является самоходная пляжеуборочная машина Barracuda. Методика отчистки заключается в срезании с дальнейшим просеиванием поверхностного песчаного слоя глубиной до 100 мм. Данная машина имеет рабочую зону захвата 0,9 м, что значительно отличается от импортной техники, однако производительность её почти не уступает с количественным значением 2500 м²/ч.

Таблица 1 Технические характеристики спецтехники для уборки прибрежных зон

Модель	Фирма производитель	Мощность силового агрегата	Тип рабочего органа	Рабочая зона, м	Цена, тыс. руб.
BeachTech Sweeper	BeachTech	9,1 л.с.	Вибрационный просеивающий экран	2,5	1 200
Cherrington 440XL	BeachTech	30 л.с.	Удаление песка и мусора	1,2	5 000
Barracuda	ТехноРус	6,5 л.с.	Просеивание песка	0,9	1 700
Delfino	ТехноРус	5,5 л.с.	Просеивание верхнего слоя песка	0,8	1 200

Отличие российского аналога заключается в мощном японском двигателе Honda мощностью до 5 кВт. Также одним из плюсов данной машины является привод, имеющий 3 рабочие скорости.

Для малым площадей компания ТехноРус предлагает ручную пляжеуборочную машину Delfino. Методика отчистки все та же (просеивание поверхностного песчаного слоя), однако преимущество состоит в малых габаритах агрегата с сочетании с достаточно мощным 4-х тактным двигателем Honda 5,5 л.с.

Выполненный анализ конструктивных решений и технологических возможностей имеющихся разработок техники для содержания прибрежных территорий выявил следующие факты:

- цикличность выполнения технологических операций;
- высокая стоимость и длительный период окупаемости;
- низкий уровень автономности и недостаточная унификация рабочего оборудования.

Таким образом можно сделать вывод, что существует потребность в конструировании на базе инновационных разработок компактных систем способных согласованно работать с человеком, но в тоже время обладающими определенной степенью автономности.

Библиографический список

1. Севрюгина, Н.С. Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ / Н.С. Севрюгина, А.С. Апатенко // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2. № 2. С. 58-68.

2. Севрюгина, Н.С. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ / Н.С. Севрюгина, П.Д. Капырин // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 59-64.

3. Севрюгина, Н.С. Модульная технология и структурное представление ДСМ / Н.С. Севрюгина, Е.В. Прохорова // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2009. № 10. С. – 177-180.

4. https://3dtool.ru/category/nabory-dlya-sborkirobotov/kollaborativnyye_roboty/?yclid=741658692398416079 (дата обращения 18.03.2022г.)

5. Тойгамбаев, С. К. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

6. Севрюгина, Н. С. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, А. В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С. 90-96.

7. Глаголев, С.Н. Формирование придорожных сервисных комплексов как компонента транспортно-логистического кластера в общей системе инновационного развития региона / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, Н. В. Козлова, А. А. Конев // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11. – С. 42-44.

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ РАБОТЫ РОТОРА-ПИТАТЕЛЯ ГОЛОВНОЙ МАШИНЫ СМ-2 В СОСТАВЕ СНЕГОУБОРОЧНОГО ПОЕЗДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

Медведева Е. А., студент

Научный руководитель: Шубин А. А., к.т.н., доцент

Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, Россия

Железные дороги должны обеспечивать бесперебойные пассажирские и грузовые перевозки в установленных размерах в любое время года и вне зависимости от погодных условий [1]. Для поддержания железнодорожного пути в работоспособном состоянии, в зимнее время актуальным является своевременное удаление снега с пути. Отложение снега на железнодорожных путях может привести к снижению скоростей и нарушению графика движения поездов; попадание снега на путь увеличивает сопротивление движению поезда,

что ведет к повышенному расходу топлива и электроэнергии; наличие снега на станционных путях затрудняет трогание поездов с места, снижает пропускную способность станции. Помимо этого, ухудшается сцепление между колесом и рельсом, что увеличивает тормозной путь [2].

Особенностью очистки пути от снега на станции является необходимость его погрузки в специальный подвижной состав с последующим вывозом на полигон для утилизации.

Одной из специализированных машин для очистки станций от снега является машина типа СМ-2, оснащенная щеточным заборным органом – ротором-питателем, который позволяет убирать с пути не только снег, но и засорители, поэтому эти машины работают и зимой, и летом.

В состав снегоуборочного поезда входят: головная единица, один или несколько промежуточных полувагонов (для накопления снега) и концевой полувагон с устройством для его выгрузки [3].

Производительность снегоуборочного поезда определяется количеством груза - снега, перемещаемого в единицу времени. Основными факторами, влияющими на производительность ротора-питателя, являются высота убираемого снега, скорость передвижения вдоль рабочей зоны и плотность убираемого снега, которая определяется широким диапазоном: от 10 до 700 кг/м³.

Максимальную производительность головной машины можно обеспечить за счет регулирования параметров машины: рабочей скорости и скорости вращения ротора-питателя.

В соответствии с методикой [4] были выполнены расчеты и получена зависимость рабочей скорости машины от плотности убираемого снега для высоты снега $H = 0,3 \text{ м}$, $H = 0,5 \text{ м}$, $H = 0,8 \text{ м}$ (рис.1).

Основная масса значений для различных плотностей лежит в интервале $v_M = 0,6...6 \text{ км/ч}$, поэтому выбираем его для дальнейшего рассмотрения. На одном участке пути может находиться скопление снега с разной плотностью и высотой слоя снега, например, нижний слой – уплотненный или слежавшийся снег, верхний – свежавыпавший. Так как рассматриваемый поезд несамоходный и перемещается локомотивом, многократно изменять скорость движения машины, быстро подстраиваясь под конкретные условия работы невозможно. В этом случае производительность машины будет реализована неполностью, кроме того, качество очистки пути будет низким.

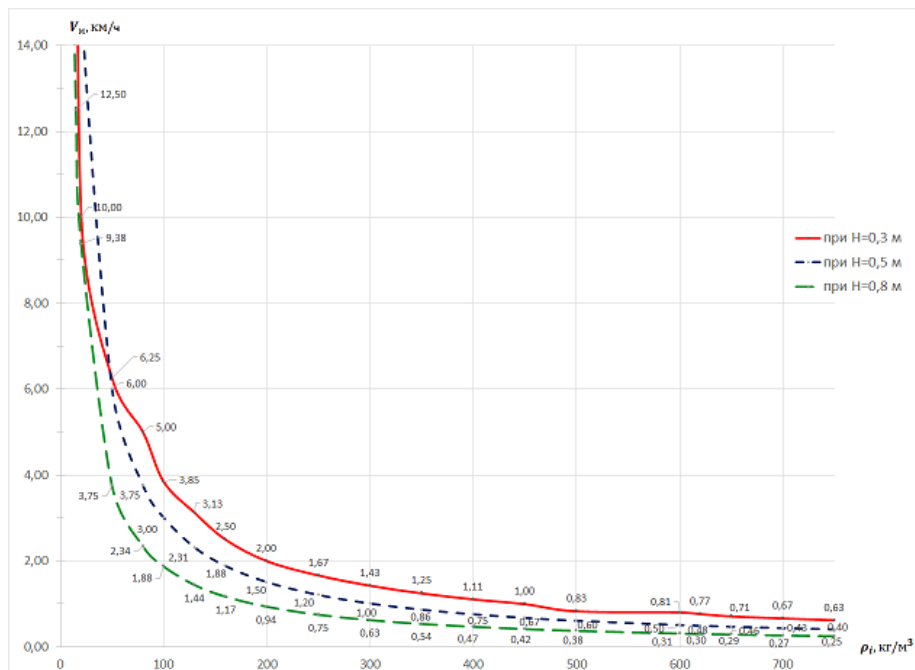


Рис. 1. Зависимость рабочей скорости машины от плотности снега при $H = 0,3 \text{ м}$, $H = 0,5 \text{ м}$, $H = 0,8 \text{ м}$

На основании зависимости рабочей скорости машины от плотности убираемого снега, представленной на рис.1, рассмотрим взаимосвязь рабочей скорости поезда и угловой скорости вращения ротора-питателя для высоты убираемого снега $H = 0,3 \text{ м}$, $H = 0,5 \text{ м}$, $H = 0,8 \text{ м}$. Согласно [5], максимальная эксплуатационная часовая производительность для машины СМ—2 $Q = 1200 \text{ м}^3 / \text{ч}$ достигается при плотности снега $\rho = 0,3 \text{ т/м}^3$ (что соответствует состоянию уплотненного снега) при толщине снега $H = 0,3 \text{ м}$. В связи с этим рассмотрим именно это состояние для построения зависимости рабочей скорости машины от угловой скорости вращения ротора-питателя (рис.2).

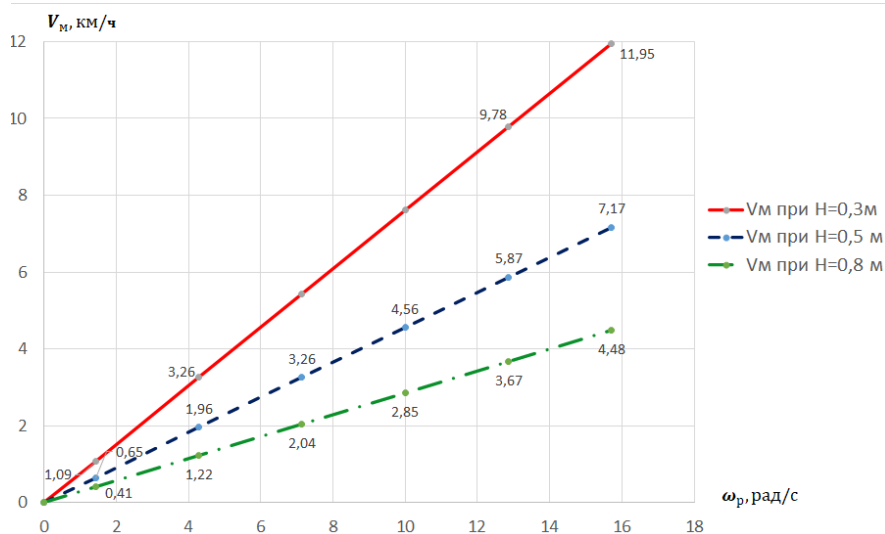


Рис. 2. Зависимость рабочей скорости машины от угловой скорости вращения ротора-питателя для уплотненного снега

Из графика видно, что при постоянной скорости машины заданную производительность можно обеспечить, регулируя скорость вращения ротора-питателя. При установившейся рабочей скорости поезда $v_M = const$, с увеличением высоты снега на пути по ходу движения, требуется увеличивать скорость вращения питателя. Это дает возможность подстраиваться под текущие условия в зависимости от величины снежного заноса и плотности снега.

Зависимость угловой скорости вращения ротора-питателя от высоты убираемого снега показана на рис.3.

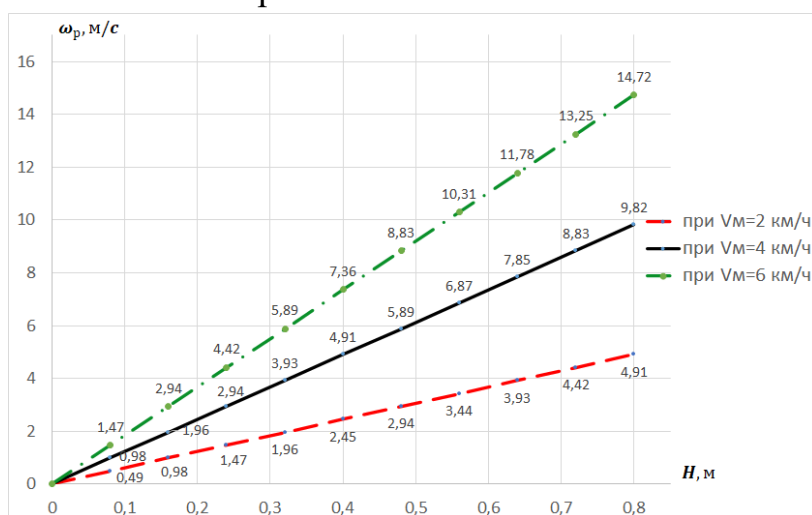


Рис. 3. Зависимость угловой скорости вращения ротора-питателя от высоты уплотненного снега при $H = 0,3 м$, $H = 0,5 м$, $H = 0,8 м$

Из графика видно, что с увеличением высоты отложения снега необходимо изменять частоту вращения ротора-питателя для обеспечения максимальной заданной производительности при постоянной скорости машины.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что заданную производительность машины возможно обеспечить, регулируя рабочую скорость движения машины и скорость вращения ротора-питателя. Это дает возможность подстраиваться под различные условия в зависимости от величины снежного заноса и плотности снега.

Из-за различной плотности и высоты отложения снега на одном участке пути, варьировать скоростью движения машины и быстро подстраиваться под конкретные условия работы невозможно, также производительность машины реализуется неполностью и снижается качество очистки путей.

В настоящее время регулирование рабочей скорости машины и подбор режима работы ротора-питателя осуществляется через радиосвязь между машинистами головной машины и локомотива. При этом нужно учитывать помехи, задержку сигнала, человеческие факторы, которые мешают быстро

реагировать на изменение условий работы. Как следствие, это сказывается на качестве очистки путей.

Для повышения эффективности управления машиной предлагается внедрить частотное регулирование вращения ротора-питателя, которое позволит обеспечить плавное регулирование скорости вращения вала ротора-питателя. На существующей машине этого можно достичь, установив блоки частотного регулирования для имеющихся асинхронных электродвигателей. В этом случае машинист может самостоятельно из головной машины управлять параметрами работы ротора-питателя.

На основе полученных зависимостей в среде LabVIEW [6,7] была разработана программа, которая позволяет автоматизировать процесс управления скоростью вращения ротора-питателя в зависимости от плотности и высоты убираемого снега при $h \leq 0,8 \text{ м}$. Входными параметрами являются рабочая скорость машины и высота снега.

Библиографический список:

1. Теклин В. Г. Путьевые струги, снегоочистители, уборочные машины // М.: изд-во Транспорт. – 1986.
2. Пащенко Л. В., Потапенко В. И. Борьба со снежными заносами на железной дороге //Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2016. – №. 43. – С. 22-33.
3. Соломонов С. А., Попович М. В., Бугаенко В. М. Путьевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транс. Под ред. СА Соломонова. – 2000.
4. Путьевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транс./ М.В. Попович, В.М. Бугаенко, Б.Г. Волковойнов и др. Под ред. М.В. Поповича, В.М. Бугаенко. М.: Желдориздат, 2007. – 729с.
5. Глотов В. А., Зайцев А. В. Обоснование применения путьевой снегоуборочной машины ПСМ-С для очистки станционных путей от снега // Экономика железных дорог. – 2013. – №. 7. – С. 85-89.
6. Трэвис Д., Кринг Д. LabVIEW для всех. Учебное пособие. – 2011.
7. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. Практикум. – 2019.

ВЫЯВЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ ПУТИ ПРИ ПОДБИВКЕ

Протасов Д. С., студент

Научный руководитель: Григорьев П. А., к.т.н.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

При движении подвижного состава по железнодорожному пути одним из ключевых факторов, влияющим на обеспечение безопасности перевозок, является состояние такой части верхнего строения пути, как балластный слой. Основным её назначением является передача давления от шпал (брусьев на стрелочных переводах) и его равномерное распределение на основную площадку земляного полотна, а также препятствие боковым и продольным смещениям шпал [1]. В соответствии с нормативной документацией, установленной Министерством транспорта РФ, балластным слоем считается «элемент верхнего строения железнодорожного пути, служащий для равномерного распределения давления от шпал по основной площадке земляного полотна или другому основанию, удержания шпал от сдвига и для обеспечения упругого взаимодействия пути и железнодорожного подвижного состава» [2].

Требования, которые предъявляются к щебню, используемому для формирования балластной призмы установлены в ГОСТ 7392-2014 и по своим физико-механическим характеристикам и фракционному составу подразделяют на три категории, использование которых зависит от категории железнодорожного пути. Конструкция же и размеры балластной призмы должны соответствовать требованиям, предъявляемым в СП 37.13330.2012.

Наиболее важными при оценке состояния балластной призмы являются показатели качества уплотнения балластной призмы. С одной стороны, она может сохранять форму (проектное положение), которую ей придали машиной, а с другой стороны, она может изменяться, например, под воздействием поездных нагрузок. Большое значение в сохранении равноупругости балластного основания имеет внутренняя текстура (взаимное расположения частиц щебня). Состояние же балластной призмы выражается в таких показателях, как:

- относительная степень осадки из предельно рыхлого состояния, соответственно, для начального и уплотненного состояний (на макроуровне);
- пористость и коэффициент пористости (на микроуровне);
- объёмная плотность;
- модуль деформации слоя;
- коэффициент фильтрации.

В настоящее время самым распространенным способом уплотнения балластного слоя является вибрационный обжим. С целью достижения требуемой степени уплотнения балластного слоя используются выправочно-подбивочно-рихтовочные машины (обжимка балласта) в технологической цепочке с динамическим стабилизатором (дополнительная стабилизация пути).

С целью выявления наиболее рациональных способов и технических решений для повышения показателей качества уплотнения, проведем обзор современных технических средств в данной области [3-4].

При проектировании современных выправочно-подбивочно-рихтовочных машин наибольшее распространение получил непрерывно-циклический способ подбивки пути. Уплотнение слоя в подшпальной зоне (рис. 1) осуществляется с помощью его горизонтального виброобжатия со стороны продольных кромок шпал лопатками подбоек. К машинам такого действия относятся ПМА-1, ПМА-С, «Duomatic 09-32 CSM», «Dynamic Stophexpress 09-3X» и другие.

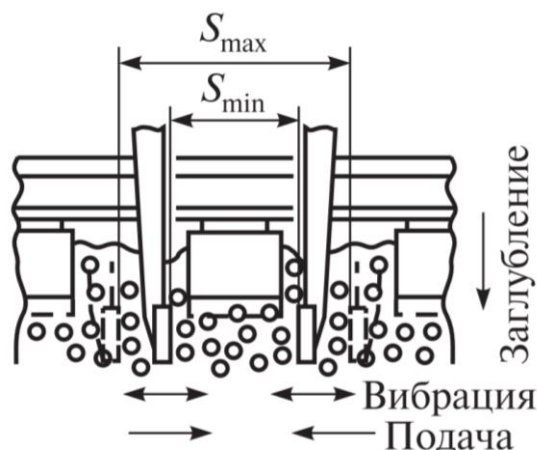


Рис. 1. Уплотнение балластного слоя: S_{min} – минимальное расстояние между подбояками; S_{max} – максимальное расстояние между подбояками

В техническом решении [5], с целью повышения производительности, непрерывная подбивка шпал осуществляется несколькими подбивочными блоками над каждым рельсом. В конструкцию машины входят продольные кольцевые направляющие с прямолинейным участком, по которым перемещаются каретки подбивочных блоков, расположенные в количестве не менее двух над каждым рельсом.

Сущность патента [6] заключается в задании величины заглабления подбоек на величину, отличную для каждой точки пути от предварительно заданной величины, которая прямо пропорциональна величине подъёмки пути и расстоянию от оси задней тележки машины до центра подбивочного блока и обратно пропорциональна расстоянию от оси задней тележки до оси опорного ролика средней тележки измерительного устройства. При использовании такого

технического решения достигается повышение качества пути путем обеспечения стабильного уплотнения балласта за счет стабильного расположения погруженных в балласт подбоек относительно шпал.

В группе изобретений [7] уплотнение балластного слоя осуществляют путем последовательной обработки участков балласта вдоль рельсового пути посредством одновременного воздействия виброинструментами и рельсошпальной решеткой. Интенсивность и равномерность воздействия на балласт обеспечивается за счет одновременности и симметричности наложения силового поля от рельсошпальной решетки на силовые поля от виброинструментов, которые представляют собой стержни с нижним концом в виде уплотнительной лопатки, над которой на стержне закреплена трамбуемая плита. Основным результатом является обеспечение интенсивного и равномерного воздействия на балласт по всей длине обрабатываемого участка рельсового пути за счет одновременности и симметричности наложения силового поля от рельсошпальной решетки на силовое поле от виброинструментов.

Техническое решение [8] предназначено для обеспечения качественного уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках. Конструкция устройства состоит из рамы с возможностью перемещения в вертикальной плоскости, на которой установлен вал с приводом вибрации и барабаном с уплотнительными инструментами (рис.2).

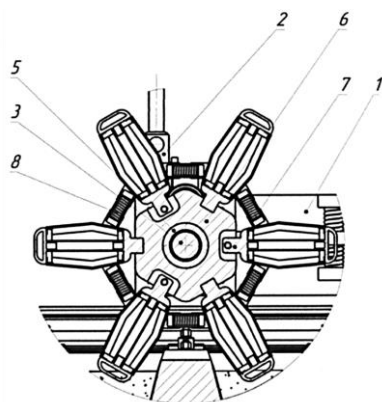


Рис. 2. Устройство для уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках железнодорожного пути: 1 – рама; 2 – привод; 3 – вал; 5 – барабан; 6 – ступица; 7 –уплотнительные инструменты; 8 – пружины сжатия

Полезная модель [9] относится к устройствам для уплотнения балласта железнодорожного пути, применяемым в путевых машинах для строительства и ремонта железнодорожного пути, основной задачей которой является повышение качества уплотнения балласта (рис. 3). Это достигается за счет того, что шпалоподбивочный агрегат, содержащий несущую раму, вибропривод, установленный на несущей раме, рычаги, шарнирно закрепленные на раме с

возможностью поворота их шатунами вокруг осей, параллельных вертикальной плоскости симметрии шпалоподбивочного агрегата, шпалоподбойки с возможностью поворота гидроцилиндрами, имеет рычаги, снабженные генератором колебаний, установленным на опорном элементе, и пружинными элементами, при этом опорные и пружинные элементы закреплены на рычагах.

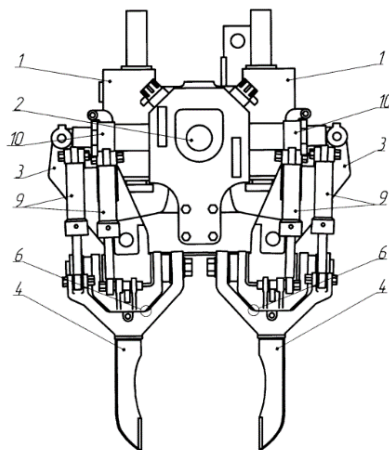


Рис. 3. Устройство для уплотнения балласта железнодорожного пути:
1 – несущая рама; 2 – вибропривод; 3 – рычаги; 4 – шпало-подбойки;
6 – генератор колебаний; 9 – гидроцилиндры; 10 – шатуны

Все рассмотренные выше технические решения направлены на конструктивные изменения рабочих органов выправочно-подбивочно-рихтовочных машин. Для оценки рациональности их применения необходимо будет выявить основные недостатки применяющихся машин и технологии их применения (по опытным данным), а затем провести сравнительный анализ их теоретической производительности с предлагаемыми решениями для определения рациональности их создания или выявления недостатков существующих технологий подбивки.

Библиографический список

1. Абдурашитов, А.Ю. Путьевые машины: для студентов вузов железнодорожного транспорта / А.Ю. Абдурашитов, А.В. Атаманюк, В.И. Бредюк [и др.]; Под редакцией М.В. Поповича и В.М. Бугаенко. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 960 с. – ISBN 978-5-907055-69-8.
2. СП 238.1326000. Железнодорожный путь. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 71 с.
3. ГОСТ 7392-2014. Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015 – 31 с.

4. СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). – М.: Минрегион России, 2012. – 195 с.

5. Патент № 2480552 С1 Российская Федерация, МПК E01B 27/16. Способ непрерывной подбивки шпал железнодорожного пути и машина для его осуществления: № 2011146518/11: заявл. 16.11.2011: опубл. 27.04.2013 / Н. М. Балезин.

6. Патент № 2468136 С1 Российская Федерация, МПК E01B 27/16. Способ подбивки шпал железнодорожного пути и машина для его осуществления: № 2011112240/11: заявл. 30.03.2011: опубл. 27.11.2012 / М. Н. Балезин, Д. Н. Балезин, Е. Н. Горохова.

7. Патент № 2342481 С1 Российская Федерация, МПК E01B 27/12, E01B 27/20. Способ Шилкина для уплотнения балласта рельсового пути и машина Шилкина для осуществления способа (варианты): № 2007134763/11: заявл. 18.09.2007: опубл. 27.12.2008 / А. Н. Шилкин.

8. Патент на полезную модель № 145965 U1 Российская Федерация, МПК E01B 27/16. Устройство для уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках железнодорожного пути: № 2014116691/11: заявл. 24.04.2014: опубл. 27.09.2014 / М. В. Попович, Б. Г. Волковойнов, А. В. Атаманюк, Н. В. Поляничко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I".

9. Патент на полезную модель № 65500 U1 Российская Федерация, МПК E01B 27/16. Шпалоподбивочный агрегат: № 2007102659/22: заявл. 25.01.2007: опубл. 10.08.2007 / К.Л. Белый; заявитель Открытое акционерное общество Калужский завод "Ремпутьмаш".

10. Модернизация гидравлического привода подвижной рамы подбивочного блока путевой машины / П. А. Сорокин, А. В. Мишин // Приводы и компоненты машин. – 2011. – № 4-6(3). – С. 7-9.

11. Оценка текущего состояния железнодорожного пути на основе анализа результатов динамических процессов взаимодействия подвижного состава и пути / В. М. Круглов, А. А. Хохлов, А. В. Саврухин, А. Н. Неклюдов // Мир измерений. – 2014. – № 4. – С. 24-28.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ БЕТНОСМЕСИТЕЛЬ С УМЕНЬШЕННЫМ ТРЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТИ БАРАБАНА

Раилко М. Ю., аспирант

*Научный руководитель: Минин В. В., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Политехнический институт Сибирского федерального
университета», г. Красноярск, Россия*

В настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом широко используются малогабаритные бетоносмесители. С точки зрения требуемого повышения эффективности использования данного вида бытового оборудования целесообразно проведение исследований в области прогрессивных методов, таких как, омагничивание воды затворения, интенсификация процесса смешивания, применение физических эффектов и нано-технологий.

Целью исследования является повышение эффективности малогабаритного бетоносмесителя за счет снижения энергопотерь на трение компонентов раствора о стенки барабана.

На основе проведенного анализа конструктивных решений малогабаритных бетоносмесителей бытового назначения сформирована концепция совершенствования малогабаритного бетоносмесителя бытового назначения БС-52Л.

Гравитационный бетоносмеситель бытовой имеет модернизированный привод, состоящий из коллекторного электродвигателя постоянного тока напряжением 12 В, с возбуждением постоянными магнитами и червячного редуктора с металлополимерной червячной передачей, модернизированную раму и модернизированный пластмассовый барабан, объемом 52 литра.

В качестве привода предложено (рис.1) использовать мотор-редуктор с полимерными шестернями от привода дворников автомобиля. Барабан, выполненный из высокопрочного полиэтилена закреплен в центре оси вращения на валу редуктора. Для увеличения жесткости в нижней части барабана закреплена металлическая пластина. В существующую конструкцию бытового малогабаритного бетоносмесителя БС-52Л внести следующие изменения.

Дооснастить барабан индуктивными контурами, расположенными по поверхности трения барабана. В контуры включены последовательно-параллельно соединенные оригинальные конденсаторы на пористом кремнии, разработанные по результатам исследований автора данной работы [4]. Последовательное соединение конденсаторов позволяет увеличить общий заряд индуктивного контура, а их параллельное соединение позволяет увеличить величину тока в цепи.

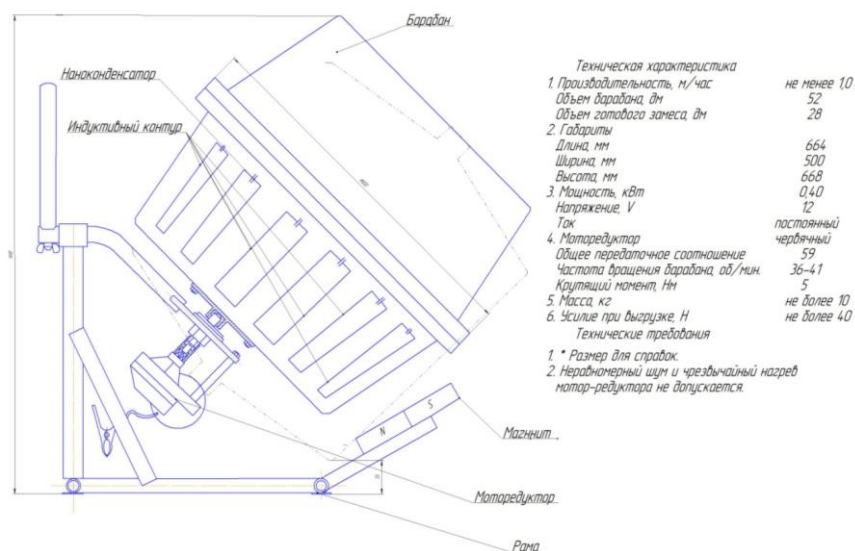


Рис. 1. Техническое предложение гравитационный бетоносмеситель БС-52Л с магнитом

Учитывая, что емкостное сопротивление равно

$$X_c = 1/\omega C,$$

где X_c – емкостное сопротивление в омах, ω – угловая частота, C – емкость потребителя в фарадах, емкость индуктивного контура будет зависеть от скорости вращения барабана.

На раме закреплен неодимовый магнит размером 70×50 мм, представленный на рисунке 2.



Характеристики:

Вес, г	1442
Сцепление, кг	295
Ширина, мм	70
Толщина, мм	50
Намагничивание	аксиальное
Покрытие	никель
Макс. температура °С	80
Срок размагничивания	1% в 10 лет
Страна изготовитель	Россия
Производитель	«Полюс-Магнит»

Рис. 2. Неодимовый магнит и его характеристики

Работает данное устройство по следующему принципу. При вращении барабана, посредством мотора редуктора, происходит периодическое пересечение магнитных линий замкнутого контура электро - цепи с

конденсатором. Напряжения в цепи повышается, путем накопления ЭДС конденсатора. На поверхности барабана в жидком нано-слое, происходит физический процесс электроосмоса. За счет этого явления трение между компонентами смеси и стенкой барабана снижается в 1.3-1.5 раза. Это экспериментально подтверждается исследованиями ряда ученых.

Для увеличения качественных показателей перемешивания многокомпонентной смеси, где каждый из компонентов обладает различными физико-химическими свойствами нами предложено в цементный раствор добавлять магнитный нано-порошок, полученный по технологии размер частиц которых составляет около 10 нм. Тем самым воздействуя на них магнитным полем, заставляя их двигаться, вместе с ними и цементный раствор.

Во время перемешивания будет двигаться вся смесь, а не только верхние слои, тем самым перемешивание станет качественнее. За счет пластмассового бака, цемент плохо прилипает к нему, тем самым не составляет никаких проблем очистить бак после перемешивания.

А добавления нано порошка не только улучшает перемешивание, но и за счет частиц порошка улучшает прочность цемента. Сам же порошок никаких побочных эффектов не создает. Он устойчив к влаге, не разрушается и не подвергается коррозии.

Осуществление бетоносмесителя с электромагнитами в совокупности с признаками формулы изобретения является новым для общеизвестных многофункциональных, простых и надежных бетоносмесителей.

Конструктивная реализация заявляемого устройства с указанной совокупностью признаков формулы изобретения не представляет никаких конструктивно-технических и технологических трудностей.

Производство таких устройств (бетоносмесителей с электромагнитом и их узлов) не требует больших материальных затрат, сложного технологического оборудования и может быть налажено как в заводских условиях, так и в небольших мастерских. Устройство надежно, технологично и может быть широко применимо в индивидуальном строительстве и для малых строительных (и отделочных) фирм.

Библиографический список

1. Патент 147404 РФ. Гравитационный бетоносмеситель. Оpubл. 10.11.14, бюл. № 31.
2. Кузнецов, Г. А. Исследование типоразмеров гравитационных бетоносмесителей по объему барабана / А.Г. Кузнецов, С.Ф. Зяблов, В.В. Минин // Научное обозрение. – 2014. – № 6. – С. 64–70.

3. Минин, В. В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков: монография / Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 304 с.
4. Семенова, О. В. Формирование пористых структур на кремнии с сегнетоэлектриком для элементов микроэлектроники и микросистемной техники емкостного типа / О. В. Семенова, М. Ю. Раилко, Т. Н. Патрушева, и др. // Химическая технология. – 2017. – № 10. – С. 443–449.
5. Федюк, Р.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей / Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, В.С. Лесовик // Вестн. Инженерной школы ДВФУ. – 2018. – №4. – С. 92
6. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.
7. Волков, М. В. Математическая модель процесса смешивания сыпучих материалов в новом устройстве гравитационно-пересыпного действия / М. В. Волков, Л. В. Королев, М. Ю. Таршис // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-5. – С.960-964.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ВОЗРАСТАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЮ КОПАНИЮ КОВШОМ СКРЕПЕРА

Редькин Д. А., студент

Азаров В. С., студент

Научный руководитель: Паничкин А. В., к.т.н., доцент

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

Имеющиеся в литературе расчетные положения по определению сопротивлений, возникающих при копаньи грунтов скреперами, относятся к последней стадии заполнения ковша грунтом. Однако рассмотрение осциллограммы тягового усилия, возникающего в прицепном устройстве, позволяет полагать, что при копании грунта стружкой постоянного сечения сопротивления наполнению возрастают пропорционально объему поступающего в ковш грунта, который в этом случае пропорционален пути, проходимому скрепером. Для скреперов, как и для машин отвального типа, максимальной интенсивности возрастания сопротивлений копанию следует ожидать во время внедрения ковша в грунт, когда резание происходит при возрастающей толщине стружки. Для этой цели может быть использована формула (1)[^]

$$A = A_p + \frac{1}{2} A_{h=h_m=const} \quad (1)$$

Первое слагаемое в правой части формулы (1) представляет собой интенсивность возрастания сопротивления резанию. Определение второго слагаемого связано с рассмотрением сопротивления наполнению ковша, имеющего место при копании грунта стружкой постоянной толщины.

Воспользуемся для этого формулой Е. Р. Петерса, наиболее широко применяемой в современной расчетной практике. По Е. Р. Петерсу сопротивление копанию ковшем скрепера P_k выражается зависимостью:

$$P_k = KBH + BNh\gamma + xBH^2\gamma + \mu_1 yBH^2\gamma \quad (2)$$

где H – конструктивная высота ковша;

x – безразмерный коэффициент, определяющий внутреннее давление грунта в ковше в процессе его заполнения;

y – опытный безразмерный коэффициент, выражающий влияние призмы волочения;

μ_1 – коэффициент внутреннего трения грунта;

γ – объемный вес грунта;

K – коэффициент сопротивления резанию;

B – постоянная ширина ножа;

h – глубина копания.

Выражения коэффициентов x и y имеют следующий вид:

$$x = \frac{tg \rho}{1 + tg^2 \rho}; \quad (3)$$

$$y = \frac{V_{n,B}}{BH^2} \quad (4)$$

где ρ – угол внутреннего копания грунта;

$V_{n,B}$ – объем призмы волочения.

При выполнении тяговых расчетов рекомендуется принимать значение коэффициента $y = 0,5 \div 0,7$

При постоянной глубине резания, равной максимальной конструктивной глубине h_m можно, исходя из равенства объемов грунта, вырезанного ножом и поступившего в ковш и в призму волочения, пренебрегая потерями в стороны, записать

$$B \frac{h_m}{2} s_B K_p + B h_m s_H K_p = V_k + V_{n,B} \quad (5)$$

Или

$$B h_m K_p \left(s_H + \frac{s_B}{2} \right) = V_k + V_{n,B} \quad (6)$$

где K_p – коэффициент разрыхления грунта при разработке его скрепером;
 s_B – путь, проходимый скрепером за время внедрения ножа в грунт;
 s_H – путь наполнения ковша при постоянной глубине копания;
 V_k – объем ковша скрепера.

Путь внедрения s_B можно выразить через глубину h_m , пользуясь соотношением

$$s_B = \frac{h_m}{\operatorname{tg} \Theta'} \quad (7)$$

Тогда, решая уравнение (6) относительно пути наполнения ковша, получим

$$s_H = \frac{V_k + V_{n,B}}{B h_m K_p} - \frac{h_m}{2 \operatorname{tg} \Theta'} \quad (8)$$

Принимая во внимание выражение (4) и вводя обозначение

$$\frac{V_k - \frac{h_m^2}{2 \operatorname{tg} \Theta'} B K_p}{B H^2} = z \quad (9)$$

Можно формулу (7) преобразовать следующим образом:

$$s_H = \frac{H^2 (y + z)}{h_m K_p} \quad (10)$$

Искомое значение интенсивности возрастания сопротивлений наполнению ковша

$$A_{h=h_m=\text{const}} = \frac{P_k - K B h_m + V_1 \gamma f}{s_H} \quad (11)$$

где V_1 – объем грунта, поступившего в ковш на пути резания с постоянной глубиной;

f – коэффициент сопротивления качению скрепера.

Слагаемое $V_1\gamma f$ определяет возрастание сопротивления качению скрепера за счет заполнения ковша грунтом, которое в данном случае условно отнесено к сопротивлению копания, так как его тоже можно считать пропорциональным пути копания. К моменту заполнения ковша объем V_1 равен объему ковша за вычетом того объема грунта, который был вырезан на пути внедрения. Следовательно,

$$V_1 = V_k - \frac{h_m^2}{2tg \Theta'} BK_p, \quad (12)$$

А учитывая обозначение (8),

$$V_1 = zBH^2$$

Подставляя далее выражения (2) и (8), получим

$$A_{h=h_m=const} = \frac{Bh_m\gamma_0}{y+z} \left(\frac{h_m}{H} + x + \mu_1y + fz \right) \frac{P_k - KBh_m + V_1\gamma f}{S_H} \quad (13)$$

В этой формуле γ_0 – объемный вес грунта в плотном теле, так как $\gamma_0 = \gamma K_p$.

Интенсивность возрастания сопротивлений при внедрении ковша в грунт можно определить по формулам:

Для скреперов с гидравлическим управлением

$$A = KB\alpha_1 \frac{v_y}{v} + \frac{Bh_m\gamma_0}{2(y+z)} \left(\frac{h_m}{H} + x + \mu_1y + fz \right) \quad (14)$$

Для скреперов с тросовым управлением

$$A = KB\alpha_1 \left(tg \Theta_0 + \frac{H_{cp}}{L_1} \right) + \frac{Bh_m\gamma_0}{2(y+z)} \left(\frac{h_m}{H} + x + \mu_1y + fz \right) \quad (15)$$

У скреперов, имеющих ступенчатые ножи, интенсивность возрастания сопротивлений будет различной в начале внедрения в грунт выступающей средней части и в дальнейшем – при внедрении ножа по всей его ширине.

Формулы (12) и (13) характеризуют приращение сопротивлений на втором этапе, где это приращение больше, что и соответствует задаче выявления максимальной интенсивности возрастания сопротивлений. Однако величина h_m , которая вошла в формулы при определении пути наполнения, должна быть скорректирована с учетом формы сечения стружки. Это можно сделать, вводя в указанные формулы вместо h_m величину h'_m определяемую выражением

$$h'_m = h_m - \left(1 - \frac{B_1}{B}\right) l_1 \sin \delta_p \quad (16)$$

где h_m – максимальная конструктивная глубина резания по выступающей части ножа;

B_1 – ширина выступающей части ножа;

$l_1 \sin \delta_p$ – увеличение глубины резания под выступающей частью по отношению к уровню боковых частей ножа;

δ_p – угол резания.

Рассмотрение конкретных значений величин, входящих в формулы (12) и (13), позволяет приблизительно оценить величину интенсивности возрастания сопротивлений, которую можно ожидать при разработке скреперами однородных грунтов. Так, можно положить, что при нормальных условиях использования скреперов удельное сопротивление резанию не превышает 120 кН/м^2 ; коэффициент α_1 для правильно спроектированных машин приближается к единице; отношение $\frac{v_y}{v}$ у скреперов с гидравлическим управлением на низших рабочих передачах, достигает максимальных значений $0,2—0,4$; величина $\text{tg } \Theta_0$ у скреперов с тросовым управлением не превышает $0,2$, так как задний угол Θ_0 , обычно не бывает больше $5—7^\circ$, максимальные значения прочих величин примерно таковы: $\gamma_0 = 0,20 \text{ кН/м}^3$; $h_m = 0,32 \text{ м}$ для отечественных скреперов с ковшами емкостью более 6 м^3 ; $\mu_1 = 0,6$; $x = 0,5$; $y = 0,7$; отношение $\frac{h_m}{H}$ обычно не более $0,2$, а величина z – не менее $0,7$ на низших скоростях. Это дает при $f = 0,1$:

для скреперов с тросовым управлением

$$A_{max} = 24B + 2,5B, \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad (17)$$

для скреперов с гидравлическим управлением

$$A_{max} = (24 \div 48)B + 2,5B, \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad (18)$$

С увеличением скорости интенсивность возрастания сопротивления копания будет уменьшаться.

Приведенные ориентировочные данные показывают, что у скреперов, как и у машин с рабочим органом отвального типа, главным фактором, оказывающим влияние на интенсивность возрастания сопротивления копания, является интенсивность возрастания сопротивления резанию, зависящая в основном от удельного сопротивления резанию, крутизны траектории внедрения рабочего органа и ширины ножа. Сопротивления копания, возникающие в ковше и от призмы волочения, несмотря на их существенную абсолютную величину, изменяются значительно медленнее, и их приращение на относительно большом участке пути дает несущественное увеличение интенсивности A .

Библиографический список

1. 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.
2. Никулин, П. И. Испытания скреперного агрегата с изменяемым сцепным весом / П. И. Никулин, В. А. Нилов, А. А. Косенко // Механизация строительства. – 2005. – № 8. – С. 9-12.
3. Репин, С. В. Машины для земляных работ: учебное пособие / С. В. Репин, А. В. Зазыкин – СПб. гос. архит.- строит. ун-т. – СПб., 2007. – 81 с.
4. Нилов, В. А. Испытания скрепера с комбинированной ножевой системой / В. А. Нилов, Е. В. Федоров // Механизация строительства. – 2015. – № 3(849). – С. 26-29.
5. Машины для земляных работ: учебное пособие для вузов / А.Н. Зеленин; В.И. Баловнев, И.П. Керов – М. : Машиностроение, 1975 . – 424 с.
6. Дьяков, И. Ф. Оптимальный выбор режима работы землеройной машины (бульдозера): учебное пособие / И. Ф. Дьяков. – Ульяновск : УлГТУ, 2007.– 66 с.
7. Расчет землеройно-транспортных машин: учеб. пособие / С.А. Шемякин, А. В. Лещинский – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 75 с.

ОЦЕНКА СПОСОБОВ РЕМОНТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЛИНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Рузанкин П. А., аспирант

Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия*

Дорожно-строительные машины (ДСМ) на сегодняшний день, представляют собой сложные механические системы, где привод рабочих органов осуществляется при помощи гидропривода. Гидравлическая система дорожно-строительных машин состоит из гидронасосов, распределительных элементов, исполнительных механизмов (гидроцилиндры, гидродвигатели), вспомогательные устройства для обеспечения работы гидравлической системы (баки для гидравлической жидкости, фильтрующие элементы, трубопроводы, запорные устройства).

При эксплуатации ДСМ в неблагоприятных условиях эксплуатации 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 условия, 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 полученные 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 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]:

1. замена всего поврежденного элемента трубы;
2. установка заплат на поврежденный участок;
3. заваривание повреждения;
4. ремонт с применением ПКМ.

Ремонт данных трубок, обусловлен в некоторых случаях дорогостоящей заменой данных элементов. Перспективным методом устранения дефектов является ремонт с использованием полимерных композиционных материалов [4–5]. При данном способе возможно устранение дефектов в кратчайшие сроки без крупного разукomплектования машины и длительного простоя.

В качестве технологии ремонта возможно применение специального бандаж, заливного композиционного материала, использование муфтового композиционного материала, а также возможность их комбинации (рис 1) [2].



Рис. 1. Установка бандаж на поврежденный участок трубы.

Заливная технология позволяет использовать клей в качестве элемента, который позволяет полностью заполнять дефектный участок. Данный способ возможен при выявлении потери поверхностного слоя металла и необходимости восстановления номинальной толщины гидролинии с восстановлением несущей способности. 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. 2. Пример установки муфты на поврежденный участок трубопровода

Главной задачей 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 отвердителем смогут взять данные нагрузки на свою армирующую часть (рис 3).



Рис. 3. Ремонт труб с применением ПКМ (способ намотки ткани, пропитанной связующим).

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, углеродистое 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 полотном; 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].

Также в качестве соединительных элементов в гидравлической системе ДСМ используются рукава высокого давления (РВД) – гибкие элементы, которые используются для транспортировки гидравлической жидкости к рабочим органам. РВД используются практически во всех видах ДСМ, таких как

экскаваторы, бульдозеры, автогрейдеры, краны, асфальтоукладчики. РВД бывают двух типов по технологии изготовления: навивочные и оплеточные.

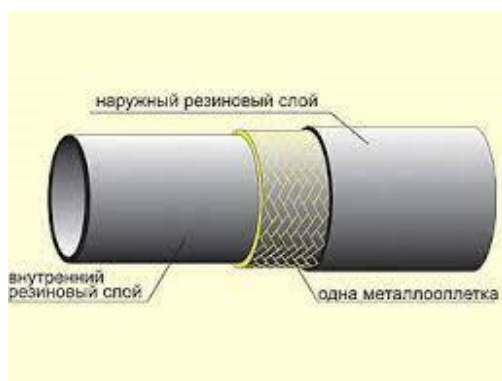


Рис. 4. Слои РВД.

Оплеточные РВД бывают двух типов европейских стандартов:

- EN 853 – для жидкостей и эмульсий, классифицируются по материалу оплетки и количеству её слоев;
- EN 857 – используются для кранов.

Навивочные рукава высокого давления выпускаются в соответствии со стандартом EN 856 и бывают четырёх типов:

- 4SP – для средних давлений, имеет четыре спиральные навивки;
- 4SH – для высоких давлений, имеет четыре спиральные навивки;
- R12 – для высоких температур и средних давлений, оснащены четырьмя навивками;
- R13, R15 – для тяжелых условий эксплуатации (высокое давление, импульсные нагрузки), многоспиральная навивка.

РВД состоят из нескольких слоев (рис 4): внутренний резиновый слой; металлический либо тканевый армирующий каркас(металлооплетка); наружный защитный резиновый слой.

Соединение РВД с исполнительными механизмами происходит за счёт специальных соединительных элементов – фитингов. Фитинги являются максимально подверженными различного рода дефектам в связи с эксплуатацией ДСМ в тяжелых условиях:

- Технологические дефекты ввиду нарушения технологии производства;
- Некачественные комплектующие;
- Избыточная длина шланга;
- Нарушения температурных режим эксплуатации РВД;
- Несоответствие типов транспортируемых жидкостей в РВД;
- Механические повреждения (порезы, заломы);

- Коррозия фитингов;
- Расплавление верхнего или нижнего слоя шланга под воздействием избыточных температур;
- Избыточное давление, превышающее паспортные значения.

Проведя анализ повреждений гидравлических линий и РВД, можно оценить возможность применения ПКМ при ремонте данных элементов гидравлической системы дорожно-строительных машин и механизмов. РВД и гидравлические линии часто подвергаются износу ввиду агрессивности рабочих сред и частому физическому воздействию на гибкие несущие элементы. Ремонт данных элементов возможен с применением ПКМ на основе дисперсных и волокнистых наполнителей [9]. Применение данной технологии позволит избежать дорогостоящей замены элементов гидравлических трубок и РВД 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.

Библиографический список

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>

ДИСКОВЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С СИММЕТРИЧНЫМ СПОСОБОМ ПОДАЧИ: ОБОСНОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

Садовникова Я. С., зав. лаб., инженер

Научный руководитель: Мандровский К. П., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия

Экономические исследования подтверждают, что зимний уличный травматизм пешеходов приводит не только к потере их трудоспособности, но и к значительному отрицательному экономическому эффекту для городов и субъектов РФ [1-4]. Снижение уличного травматизма пешеходов за зимние периоды с 2008 по 2015 гг. по г. Москве вызвано переходом на дорогостоящие многокомпонентные противогололёдные материалы (ПГМ). При этом переход на многокомпонентные ПГМ происходит параллельно с увеличением объёма их закупок. Увеличение объёма закупок ПГМ частично вызвано тем, что оценка качества противогололёдной обработки тротуаров и пешеходных дорожек производится визуально, без применения специальных инструментов и методов контроля, что создает проблему неравномерного распределения ПГМ по поверхностям. Часто ПГМ распределяют ручным способом. Всё это приводит к выводу о необходимости нового подхода в решении вопроса повышения качества распределения твёрдых ПГМ.

В данной работе предлагается рассмотреть реализацию симметричного способа распределения ПГМ на диск, в частности, основные преимущества эксплуатации дискового распределителя с симметричным способом подачи твёрдых противогололёдных материалов (ПГМ) на диск [5].

Понятие качества распределения включает в себя такие показатели, как равномерность распределения частиц ПГМ по зоне обработки; требуемая ширина полосы (радиус зоны) обработки; норма расхода (плотность распределения) ПГМ. При этом условия равномерности распределения можно сформулировать как равенство эквивалентных показателей скорости одновременного слёта частиц ПГМ с диска в пределах каждого сектора, ограниченного двумя лопатками; равенство масс и объёмов ПГМ, одновременно поступающих на каждый сектор диска. Численные характеристики, характеризующие отклонение от равномерности распределения ПГМ: ширина и количество «струек» ПГМ, слетающих с диска; число секторов диска, не загруженных ПГМ одновременно с другими секторами диска; число свободных от ПГМ областей внутри зоны обработки. Используя выбранные численные характеристики неравномерности, проведем экспериментальное обоснование преимуществ симметричного способа подачи (ССП) ПГМ на диск.

На рис.1 показаны результаты фотосъемки процессов распределения ПГМ (БИОНОРД) при симметричном и несимметричном способах подачи (НСП) с кожухом диска и без него [6].

Эксперимент наглядно показывает, что 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 полноценной «струйки» и её слёта с диска.

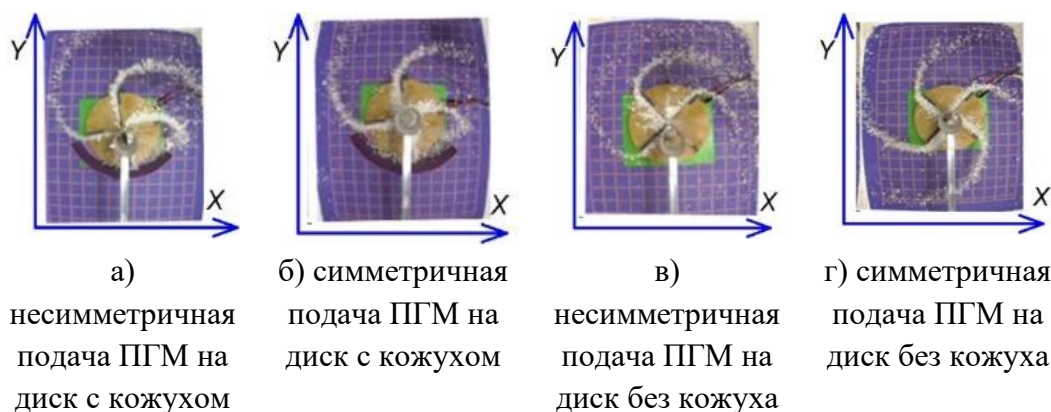


Рис. 1. Результаты фотосъемки процессов распределения твёрдого ПГМ при различных способах подачи

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.

Эксперимент демонстрирует, что основные преимущества ССП состоят в том, что:

- геометрическая форма «струек» ПГМ одинакова для каждого сектора диска;
- эквивалентные показатели скорости одновременного слёта частиц ПГМ с диска одинаковы для каждого сектора диска;
- частицы ПГМ распределяются симметрично в пределах двух полузон, на которые можно условно разделить зону обработки вдоль осей X или Y (рис.1).

На основании этого можно сделать вывод о том, что симметричный способ подачи ПГМ на диск способен обеспечить более качественное распределение, чем несимметричный (традиционный) способ.

Для обоснования экономических преимуществ эксплуатации оборудования, реализующего ССП, осуществим анализ технико-экономических показателей эффективности 7 наборов машин, в состав которых входят обычные распределители ПГМ, машины с ДРМ, малогабаритные распределители ПГМ и ручные тележки. В дальнейшем сочетания анализируемых машин будут называться «комбинациями».

Рассмотрим состав каждой комбинации машин:

- комбинация 1: отдельно работающий дисковый распределитель с манипулятором (ДРМ) на базовом шасси (типовом распределителе);
- комбинация 2: машина типа ЭД-700 и отдельно работающий ДРМ;
- комбинация 3: машина типа ЭД-700 и машина типа Ярославич ПРК-3;
- комбинация 4: отдельно работающая машина типа ЭД-700 и машина типа ЭД-700 с установленным ДРМ;
- комбинация 5: машина типа ЭД-700, работающая с тележкой-дозатором типа 2030 Р (плотность распределения 150 г/м^2 , ширина полосы 3 м, объём бункера 30 л);
- комбинация 6: машина типа ЭД-700, работающая с тележкой-дозатором типа 3040 PRO: (ширина полосы обработки 4 м, плотность распределения 150 г/м^2 , объём бункера 40 л);
- комбинация 7: машина типа ЭД-700, работающая с тележкой-дозатором типа 2030 Р (плотность распределения принята 100 г/м^2 , ширина полосы 3 м, объём бункера 30 л).

Технические характеристики назначены с учетом ориентировки на реальные модели распределительной техники. Расчет проведен на базе методики по проведению испытаний и оценки эффективности машин и навесного оборудования для содержания автомобильных дорог [7]. Основные показатели

для сравнения: эксплуатационная сменная производительность, годовой объём работ, себестоимость производства работ. В таблице 1 представлены основные результаты расчетов.

Таблица 1 Результаты расчетов технико-экономических показателей эффективности комбинаций машин

Показатель	Эксплуатационная сменная производительность, м ² /смена	Годовой объём работ, млн. м ²	Годовые издержки, млн. руб.	Себестоимость производства работ, руб./м ²
1	1272,9572	1,3939	7,1048	4,2029
2	73299,9228	80,2634	148,6067	5,9836
3	88246,8298	96,6303	170,5533	3,5155
4	104970,5848	114,9427	207,2456	3,5738
5	79595,758	87,157300	154,6662854	3,3690625
6	82118,7291	89,92000	167,594	4,1419625
7	80665,5797	88,328800	156,493754	3,3655625

Для комбинации 4 (отдельно работающая машина типа ЭД-700 и машина типа ЭД-700 с установленным ДРМ) характерно максимальное значение эксплуатационной сменной производительности и годового объёма работ. Преимущество комбинации 4 перед комбинацией 3 (машина типа ЭД-700 и машина типа Ярославич ПРК-3) состоит том, что значение годового объёма работ и эксплуатационной сменной производительности у комбинации 4 больше, чем у комбинации 3 на 18,95 %, а достигается это повышением себестоимости производства работ всего на 1,66 %.

Преимущество комбинации 4 перед комбинации 7 (машина типа ЭД-700, работающая с тележкой-дозатором типа 2030 Р) состоит том, что значение годового объёма работ и эксплуатационной сменной производительности у комбинации 4 больше, чем у комбинации 7 на 30,13 %, а достигается это повышением себестоимости производства работ всего на 6,19 %.

Заключение. Основные выводы по работе можно сформулировать следующим образом:

- экспериментально подтверждено преимущество симметричного способа подачи ПГМ, поскольку он обеспечивает распределение одинаковых по форме «струек» ПГМ с одинаковой дальностью, исключая необработанные области внутри зоны обработки.

- расчетным путем установлено, что эксплуатация машины с установленным ДРМ, работающей параллельно с обычной машиной для распределения ПГМ по проезжей части, позволит добиться повышения производительности на 18,95% (по сравнению с использованием малогабаритного распределителя); переход от эксплуатации тележек-дозаторов ПГМ к машине с ДРМ, работающей параллельно с обычной машиной для распределения ПГМ по проезжей части, позволит добиться повышения производительности на 30,13 % (за счет повышения себестоимости производства работ на 6,19 %) и качества распределения ПГМ.

Библиографический список

1. Сосенкина, И.М. Экономические последствия гололедного травматизма в регионах РФ / И.М. Сосенкина, Н.А. Осокин, А.Ю. Климентов // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – Т 10 (1). – № 58-69.
2. Гречухин, И. В. Оценка основных показателей травматизма населения Астрахани и вопросы его профилактики / И.В. Гречухин // Астраханский медицинский журнал. – 2012. – Т. 7. – №. 3. – С.129-133.
3. Гречухин, И. В. Анализ и оценка основных показателей травматизма в Астраханском регионе / И.В. Гречухин, А.А. Шоя, А.М. Куркин // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2014. – №. 5. – С. 23-26.
4. Латыпов, А. Б. Анализ обращаемости городского населения в травматологические пункты / А.Б. Латыпов, Р.Р. Даутов, И.Р. Валиев, Н.Х. Шарафутдинова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №. 6 (60). – Ч.2. – С. 61-64.
5. Садовникова, Я.С. Обоснование технико-экономической эффективности эксплуатации машины с дисковым манипуляторным оборудованием для противогололедной обработки тротуаров / Я.С. Садовникова, К.П. Мандровский // Наука и техника в дорожной отрасли: международная конференция с участием молодых ученых. Ч. 2 Дорожно-строительная техника. – М.: МАДИ, 2021. – С. 139-141.
6. Садовникова, Я.С. Экспериментальное исследование характеристик равномерности распределения противогололедного материала при различных способах подачи на диск / Я.С. Садовникова, К.П. Мандровский // Вестник Московского автомобильно-дорожного университета (МАДИ). – 2020. – № 3 (62). – С. 69-75.
7. ОДМ 218.3.050-2015 Методические рекомендации по проведению испытаний и оценки эффективности машин и навесного оборудования для

содержания автомобильных дорог. – М.: Федеральное дорожное агентство Росавтодор, 2015. – 296 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫГРЕБНОГО УСТРОЙСТВА ЩЕБНЕОЧИСТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЩОМ-1400

Сафонов Е. С., студент

Научный руководитель: Чалова М. Ю., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Очистка от засорителей щебеночного балласта на железнодорожном пути – это проблема, которая остается актуальной в настоящее время. Для очистки щебня используются путевые щебнеочистительные машины. Щебнеочистительные машины предназначены для очистки от засорителей щебеночного балласта, с отбором засорителей в сторону от пути, или в специальный передвижной состав [1].

Многофункциональный комплекс ЩОМ-1400 производительностью 1,4 тыс. кубометров балласта в час используется на железной дороге при проведении среднего, капитального ремонта и модернизации пути. Он применяется для очистки загрязнённого щебня (в том числе «выплесков» пути) на перегонах и станционных путях, удаляя загрязнители и укладывая очищенный балласт под путевую решетку [2]. Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1400 состоит из двух секций: добывающе-распределительной и очистной. Машина поставляется с тягово-энергетической машиной ТЭС [3].



Рис. 1. Щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1400 [3]

Основным рабочим оборудованием ЩОМ-1400 является выгребное устройство (рис.2).

При работе подпутная балка с помощью двух электрических талей, закрепленных на раме модуля, заводится под путевую решетку и соединяется

желобами. Желоба, балка и привод образуют жесткий контур, в котором перемещается баровая цепь 5. Загрязненный балласт забирается скребками цепи из-под рельсошпальной решетки и по восходящему желобу вместе с цепью поднимается вверх, где балласт сбрасывается на загрузочный конвейер, а освободившаяся цепь по нисходящему желобу движется вниз.

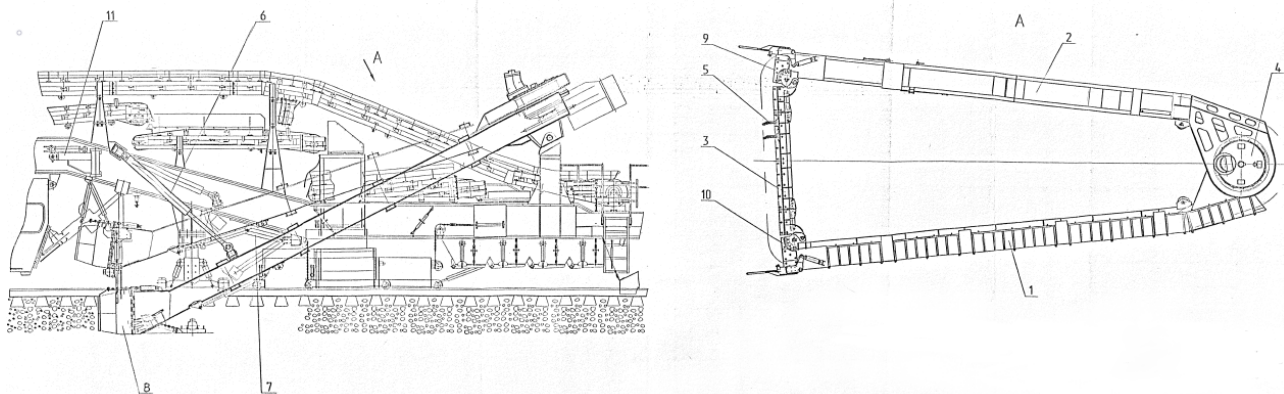


Рис. 2. Выгребное устройство [3]:

1 – желоб рабочий; 2 – желоб холостой; 3 – балка; 4 – редуктор; 5 – цепь выгребная; 6 – гидроцилиндры подъема желобов; 7 – гидроцилиндры смещения желобов; 8 – подкрылок; 9 – колено; 10 – колено; 11 – устройство аварийного подъема желобов

Нижняя часть желобов шарнирно соединяется с коленами 9 и 10, которые соединяются с балкой. Шарнирное крепление колен облегчает стыковку желобов с путевой балкой.

Верхние части желобов шарнирно закреплены друг с другом, что позволяет сводить и разводить желоба. Редуктор привода 4 жестко крепится болтами к рабочему желобу таким образом, чтобы ось выходного вала с приводной звездочкой совпадала с осью шарнира желобов. Холостой желоб имеет выдвижную часть, перемещением которой осуществляется натяжка выгребной цепи.

Такая подвеска выгребного устройства позволяет производить подъем и опускание желобов при зарядке и разрядке машины, производить заглубление выгребного устройства на необходимую глубину при работе, смещать устройство относительно горизонтальной оси пути для прохода препятствий и при работе у высоких пассажирских платформ, а также производить перекос выгребного устройства при работе на кривых участках пути.

Подъем и опускание каждого желоба и всего выгребного устройства осуществляется двумя гидроцилиндрами 6. Поперечное смещение каждого желоба осуществляется двумя гидроцилиндрами 7. Ширина выгребного устройства в рабочем положении составляет 5200 м, при работе может быть

обеспечен минимальный зазор между торцом шпалы и выгребным устройством – 50 мм.

Для приведения в транспортное положение желобов в случае выхода из строя питания гидравлической системы или гидроцилиндра подъема предусмотрен аварийный подъем желобов 11.

В транспортное положение поднятые и сведенные желоба подвешиваются с помощью муфт.

Для изменения ширины вырезки балласта, выгребное устройство комплектуется двумя балками – одна длиной 2200 мм, другая длиной 1500 мм, а оба желоба снабжены поворотным подкрылком с приводом от гидроцилиндра. Таким образом, ширина захвата выгребного устройства может составлять:

- а) 5095 мм – основной вариант, рекомендуется при работе на перегоне;
- б) 4395 мм – рекомендуется при работе на станционных путях и у высоких и низких платформ с предварительной сдвижкой пути [4, 5].

В процессе подготовки дипломного проекта на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства» «Института транспортной техники и систем управления», предлагается модернизация выгребного устройства щебнеочистительного комплекса ЩОМ-1400 для возможности очистки щебня на стрелочных переводах.



Рис. 3. Нисходящий желоб:

- 1 – гидроцилиндр подъема желоба; 2,3 – гидроцилиндры смещения желоба

В настоящее время перед всеми производителями стоит вопрос об импорте замещения, в том числе и для производителей путевых машин. Для очистки стрелочных переводов на железнодорожных путях применяются щебнеочистительные машины RM-76, RM-80, RM-95 машины фирмы Plasser-Theurer, Австрия. В машинах RM-76, RM-80, RM-95 применяют длинную подпутную балку, которая позволяет увеличить ширину вырезки до 8500 мм [5, 6]. Отечественных путевых щебнеочистительных машин для стрелочных

переводов не существует. Поэтому предлагается на базе щебнеочистительного комплекса ЩОМ-1400 спроектировать машину для стрелочных переводов. Для того чтобы щебнеочистительный комплекс ЩОМ-1400 обеспечивал ширину вырезки балласта 8500 мм, необходимо удлинить рабочий желоб выгребного устройства.

Цель работы – увеличить ширину вырезки щебня выгребным устройством на стрелочном переводе – 8500 мм, что соответствует австрийским машинам, путем удлинения рабочего желоба [7].

Проблема очистки щебеночного балласта на железнодорожном пути будет оставаться актуальной всегда. Поэтому щебнеочистительная техника будет иметь большой спрос, а развитие технологий, модернизация имеющихся отечественных машин, проектирование новых, приведет к независимости Российских железных дорог от импортной техники.

Библиографический список

1. Путьевые машины: учебник / М.В. Попович, В.М. Бугаенко, А.Ю. Абдурашитов [и др.]; под общей редакцией М.В. Попович, В.Ф. Бугаенко — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. – 960 с.
2. Транспортный портал Gudok [сайт]. – Москва, 2020. – обновляется в течение суток. – URL: <https://gudok.ru/news/?ID=1529178> (дата обращения 24.04.2022).
3. Группа Синара [сайт].– Екатеринбург, 2011. – обновляется в течение суток. – URL: <https://sinaratm.ru/products/putevayaa-tekhnika/shchom-1400/> (дата обращения 23.04.2022).
4. Комплекс щебнеочистительный ЩОМ-1400. Руководство по эксплуатации. Часть 1. 082.00.00.000 РЭ.
5. Щебнеочистительные машины: Учебное пособие/ Н.Г. Гринчар, А.Н. Неклюдов, М.Ю. Чалова, П.А. Григорьев: под редакцией Н.Г. Гринчара.– М.: РУТ (МИИТ), 2018. –77с.
6. Применение комплексом ЩОМ-1600, RM-95RF в «окна» и на закрытых перегонах при производстве путевых работ. № К-965ц-17.
7. Машины для очистки балластной призмы: учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / В.Ф. Ковальский, А.Н. Неклюдов, М.Ю. Чалова, С.В. Ковальский; под общей редакцией В.Ф. Ковальского. – Ярославль: Типография Ярославского филиала МИИТ, 2012. – 166 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВИБРАЦИОННОГО КАТКА DM-10-VD

Сесин В. М., студент

Тюремнов И. С., к.т.н., доцент

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет»,
г. Ярославль, Россия*

Процесс уплотнения дорожно-строительных материалов — важнейшая технологическая операция, от качества выполнения которой зависит прочность и устойчивость всей дорожной конструкции к воздействию эксплуатационных и климатических факторов.

Дорожный каток — это высокоэффективная машина для уплотнения грунтов и других дорожно-строительных материалов. Операции уплотнения являются важнейшими, завершающими операциями технологии земляных работ и уплотнения асфальтобетонных покрытий в дорожном строительстве. Машины, помимо высокоэффективного уплотнения, должны обеспечивать требуемую ровность поверхности уплотняемого материала.

Каток DM-10-VD является вибрационным двухвальцовым и предназначен для уплотнения асфальтобетонных, битумоминеральных смесей и других строительно-дорожных материалов. Он используется при больших объемах работ для строительства автомобильных дорог общего пользования, а также для уплотнения верхних слоев различных покрытий.

Вибровалец (рис. 1) является основным рабочим органом катка. Вращение вальца происходит через планетарный редуктор 6, который приводится в действие гидромотором 7. Вибровал 4, с набором дебалансов 5, установлен на сферических роликовых подшипниках 12 в корпусе масляной ванны и приводится во вращение гидромотором 2 через зубчатую муфту 3.

Вибрация создается за счет эксцентриситета дебалансов. При скорости вращения двигателя 2000 об/мин, вал вибратора вращается со скоростью 2400 об/мин (40 Гц). Изменение направления вращения вала вибровозбудителя осуществляется за счет изменения направления течения потока рабочей жидкости от насоса привода вибратора. При вращении против часовой стрелки, дебалансы (подвижные и неподвижные) располагаются под углом 180° по отношению друг к другу. Таким образом, создается меньшее вынуждающее усилие. В том случае, когда вращение вибратора осуществляется по часовой стрелке, все дебалансы располагаются под одинаковым углом (0°) по отношению друг к другу и создают большее вынуждающее усилие. Для охлаждения и смазки подшипников в полость вибратора заливается масло через отверстие,

закрываемое пробкой 9. В том же месте находится контрольная пробка уровня масла 10 [1].

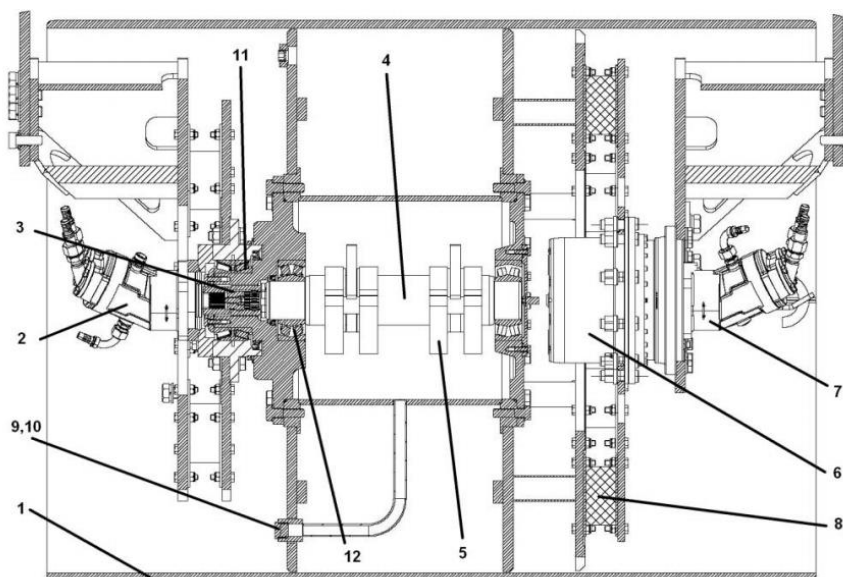


Рис. 1. Вибровалец.

1 – вибровалец; 2 – гидромотор привода вибратора; 3 – муфта зубчатая; 4 – вал вибратора; 5 – дебалансы; 6 – планетарный редуктор; 7 – гидромотор привода хода; 8 – амортизаторы; 9 – пробка заливки масла; 10 – пробка слива масла (уровня); 11 – подшипники вальца; 12 – подшипники вибровозбудителя.

Модернизация вальца заключалась в следующем:

- Увеличились вынуждающие усилия и частоты вращения вала вибровозбудителя при обоих направлениях вращения (с $P_1=86$ кН при $\nu_1=40$ Гц и $P_2=37$ кН при $\nu_2=40$ до $P_1=120$ кН при $\nu_1=42$ Гц и $P_2=90$ кН при $\nu_2=54$ Гц), для повышения производительность уплотнения.
- Вибровозбудитель сделан менее металлоемким, более компактным, технологичным в изготовлении, а также при сборке, монтаже и ремонте.
- Вследствие уменьшения длины вибровала, повысилась его жесткость, что, наряду с уменьшением размеров корпуса, позволило обеспечить возможность обработки посадочных поверхностей подшипников за одну установку на станке и применить радиальные роликовые подшипники с цилиндрическими роликами вместо сферических подшипников. Это позволило уменьшить стоимость подшипников, потери на трение и тепловыделение в подшипниковом узле.
- Изменилось расположение и размеры дисков в металлоконструкции вальца, что улучшило его технологичность и стоимость изготовления. Также это позволило улучшить жесткость цилиндрической обечайки вальца, снизить напряжения и частоты собственных колебаний его элементов.

Модернизированная конструкция вальца представлена на рис. 2.

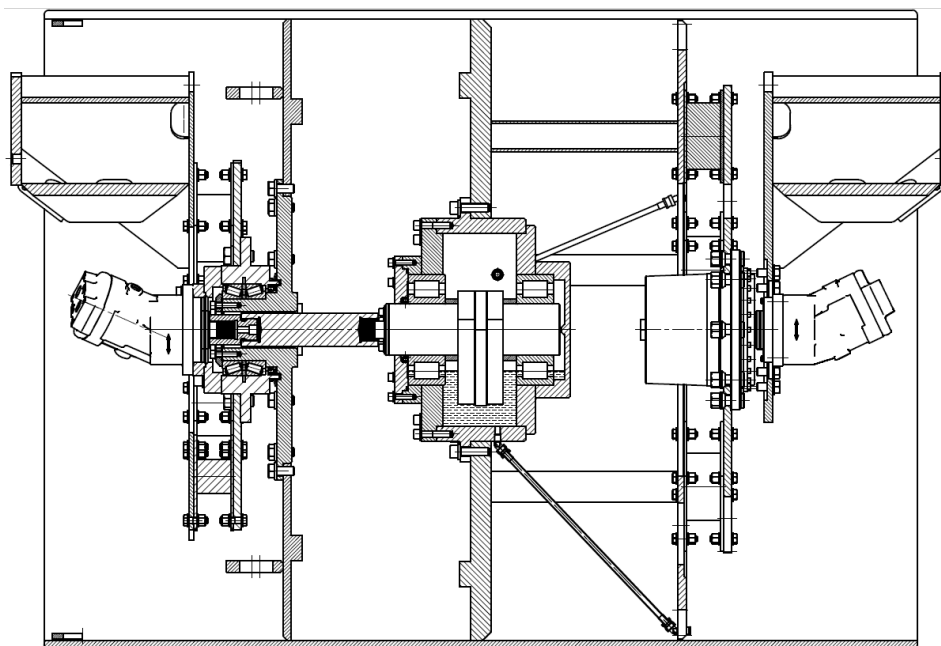


Рис. 2. Модернизированный вибровалец.

На рисунке 3 представлены расчетные деформации вальца исходной (рис. 3, а) и модернизированной (рис. 3, б) конструкции, возникающие при наезде на препятствие (в виде камня размерами 60x60 мм). Из анализа результатов моделирования (см. рис. 3) следует, что в модернизированной конструкции деформация края вальца в 2 с лишним раза меньше, чем в исходной.

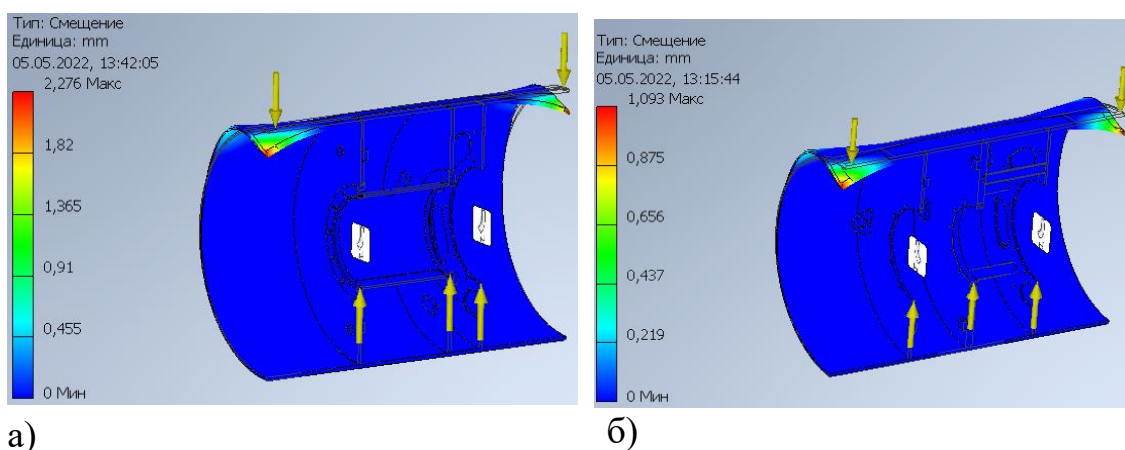


Рис. 3. Деформации вальца, рассчитанные в программе «Autodesk Inventor Professional».

На рисунке 4 представлены расчетные частоты собственных колебаний элементов металлоконструкции вальца исходной (рис. 4) и модернизированной (рис. 5) конструкций. Анализ рис. 4 и 5 показывает, что в модернизированной конструкции частоты собственных колебаний увеличились и находятся за пределами диапазона рабочих частот вибровозбудителя.

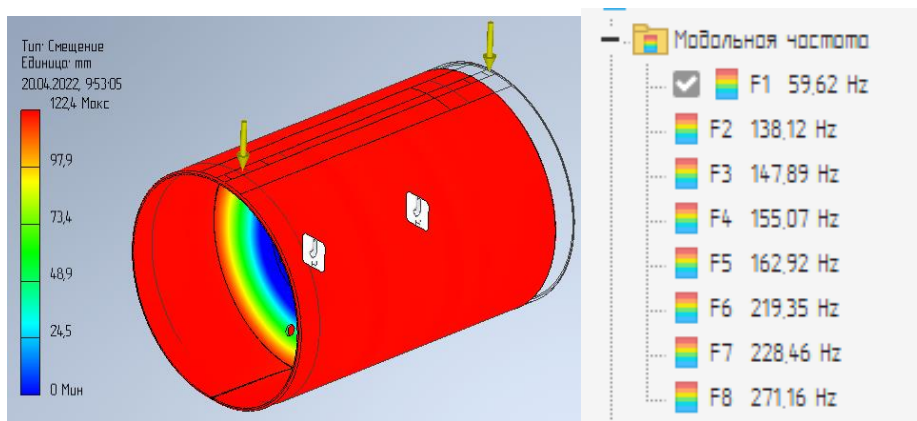


Рис. 4. Частоты собственных колебаний элементов базового вибровальца.

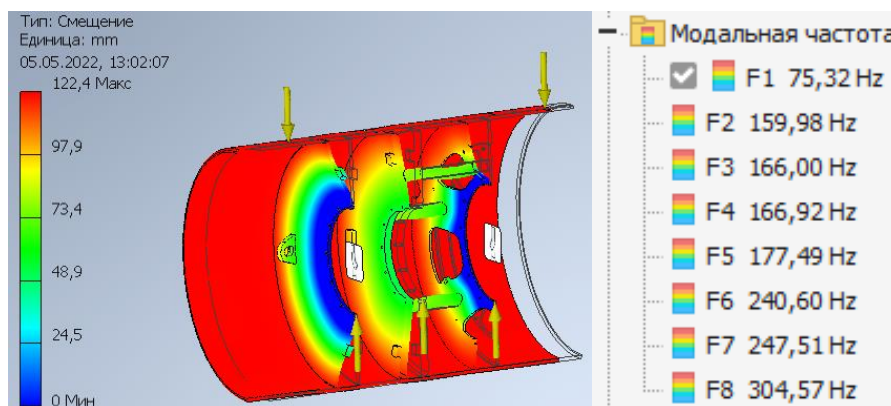


Рис. 5. Частоты собственных колебаний элементов модернизированного вибровальца.

Таким образом, в ходе модернизации разработана конструкция вибровальца катка DM-10-VD, обладающая меньшей стоимостью, более высокой технологичностью производства и ремонта, сниженными затратами мощности на трение и тепловыделение и более высокими возможностями по уплотнению дорожно-строительных материалов.

Библиографический список

1. Тюремнов И.С. Современное состояние и конструктивные особенности вибрационных катков / И.С. Тюремнов // Мир дорог. – 2009. - №42. – С. 64
2. Руководство по эксплуатации DM-10.00.000.00 РЭ - Каток вибрационный двухосный двухвальцовый DM-7,5-VD, DM-7,7-VD, DM-10-VD, DM-13-VD.
3. Тюремнов, И. С. Статистический анализ технических характеристик грунтовых вибрационных катков / И. С. Тюремнов, А. А. Игнатъев, И. С. Филатов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2014. – № 3(34). – С. 81-88.

4. Тюремнов, И. С. "Интеллектуальные" катки - "интеллектуальное" уплотнение / И. С. Тюремнов, Е. К. Чабуткин, Р. Д. Окулов // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 8. – С. 2-8.

5. Тюремнов И.С. Реологическая модель взаимодействия вибровальца катка с уплотняемым грунтом / И.С. Тюремнов, И.С. Филатов, А.С. Морев // Мир дорог. – 2012. - №59. – С. 86

РЕЖИМЫ ВИБРАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Скосарев Г. С., студент

Польшин А. А., студент

Голубева Н. Д., студент

Рязанцев В. Г., студент

Научный руководитель: Любимый Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухов», г. Белгород, Россия

Вибрация – это механические колебания тел. При диагностике вибраций детально рассматриваются параметры, такие как: виброскорость, вибросмещение, виброускорение.

Измерение профиля вибрации двигателя имеет важную роль не только для понимания его состояния, но и для дальнейшего прогноза его работы в будущем, на этом основывается прогнозное техническое обслуживание.

Анализ вибраций различных технологических систем производится в несколько этапов. На рисунке 1 представлен один из вариантов проверки системы.



Рис. 1. Вибрационная диагностика

На сегодняшний день существует много различных систем виброуплотнения материала.

В экструзионном виброформовании вибрационное воздействие при экструзии полимеров в зависимости от преследуемых целей накладывается как в экструдере, так и в формующей головке.

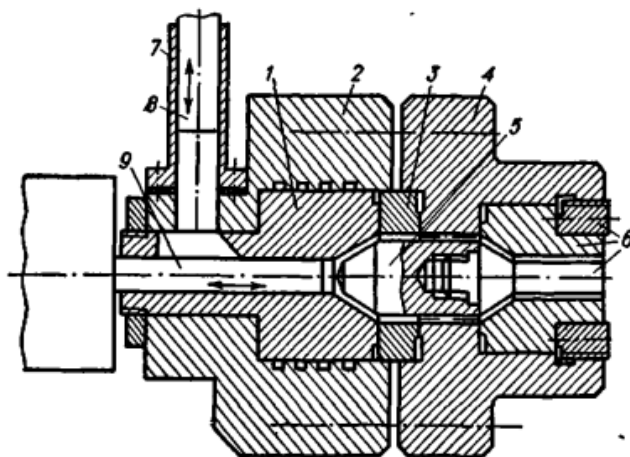


Рис. 2. Схема пластикатора:

1 – цилиндр, 2 – корпус, 3 – кольцо,
4 – головка, 5 – торпеда, 6 – мундштук, 7 – цилиндр,
8 – поршень, 9 – поршень

В устройстве, представленном на рисунке 2 пластикация полимера осуществляется за счет продавливания его через узкий канал под действием пульсирующего давления большой амплитуды до 1000 МПа.

В процессе продавливания через узкий сдвиговый зазор полимер переходит в вязкотекучее состояние за время, не превышающее 1 с, при этом реализуемое на данном устройстве повышение температуры прямо пропорционально перепаду давлений в сдвиговом зазоре и обратно пропорционально плотности и удельной теплоемкости полимера.

Преимуществом является малое время нахождения полимера в пластикационном цилиндре и головке, высокая температурная гомогенность расплава, простота конструкции и малые габариты, а основной недостаток – высокая энергоемкость.

В литьевом виброформовании периодическое воздействие прикладывается в мундштуке или в специальной приставке, установленной между пластикационным цилиндром и мундштуком, а также в литьевой форме и в пластикационном цилиндре. Преимуществом компоновки, представленной на рисунке 3 является более эффектная передача колебаний в оформляющую

полость формы, так как исключается затухание вибрационных импульсов в канале мундштука.

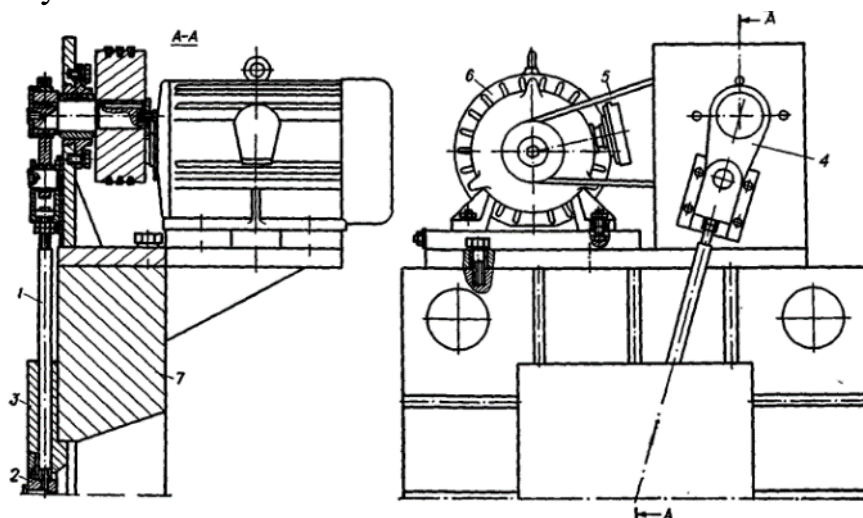


Рис. 3. Конструкция литейной формы с вибропоршнем, введенный в литниковую втулку

1 – вибропоршень, 2 – литниковая втулка, 3- форма, 4 – эксцентриковый вибратор, 5 – клиноременная передача, 6 – электродвигатель, 7 – неподвижная плита литейной машины

Чтобы исключить затухание колебаний в литниковой системе формы, можно вибропоршень ввести непосредственно в полость формы. В этом случае для привода вибропоршня целесообразно использовать гидравлический вибратор, на стадии съема изделия вибропоршень может выполнять роль выталкивателя.

В ультразвуковом вибропрессовании достигается более равномерный нагрев формируемого изделия, повышается текучесть и снижается внешнее трение перерабатываемого материала.

На устройстве (рис.4) формование осуществляется следующим образом: в термостатированную форму закладывается холодная заготовка, далее посредством гидроцилиндра создается давление прессования при одновременном озвучивании резиновой смеси через излучатель, связанный с генератором ультразвука.

При наложении ультразвукового воздействия с амплитудой 12-15 мкм уменьшается давление, необходимое для ведения процесса, увеличивается на 10-15% объемная скорость заполнения формы и скорость вулканизации, увеличивается производительность оборудования.

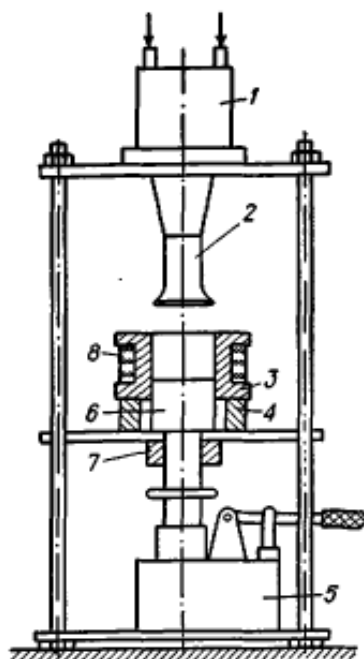


Рис. 4. Установка для ультразвукового прессования полимерных материалов:
 1 – магнитострикционный преобразователь, 2 – сменный формирующий инструмент, 3 – матрица пресс формы, 4 – ограничительное кольцо, 5 – гидравлический пресс, 6 – нижний пуансон, 7 – установочная втулка, 8 – электронагреватели

Таким образом, на основе анализа, можно сделать вывод, что каждая из рассмотренных установок хороша по-своему. Исходя из того, что требуется изготовить и в каких условиях будет выбираться соответствующая установка.

Библиографический список

1. Басов, Н.И. Виброформование полимеров / Н.И. Басов, С.А. Любартович, В.А. Любартович. – 1979.
2. Кирилов, И. В. Возможности повышения эффективности работы машин непрерывного безопалубочного виброформования / И. В. Кирилов, С. И. Ханин // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – С. 2155-2159.
3. Еремин, А. В. Направление совершенствования машин непрерывного виброформования / А.А. Еремин, С. И. Ханин // В сборнике: Интерстроймех - 2015. Материалы МНТК. КГАСУ. – 2015. – С. 86-92.
4. Чашин, Д. В. Моделирование процесса виброформования вертикального типа/ Д. В. Чашин // Молодой ученый. – 2016. – № 14 (118). – С. 199-201.
5. Берман, М.А., Гольденберг Л.Г., Пыльнев В.Г., Ям В.М. Установка для виброформования изделий // Авторское свидетельство SU 1388288 А1, 15.04.1988. Заявка № 4097777 от 19.05.1986.

6. Ключка, С.А., Дунай В.Ф. Устройство для контроля вибрация // Авторское свидетельство SU 1800284 А1, 07.03.1993. Заявка № 4746090 от 03.10.1989.

7. Илларионов, В.М. Литьевая форма // Авторское свидетельство SU 1519084 А1, 27.05.2000. Заявка № 4240984/05 от 05.05.1987.

8. Тюремнов, И. С. Статистический анализ технических характеристик грунтовых вибрационных катков / И. С. Тюремнов, А. А. Игнатьев, И. С. Филатов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2014. – № 3(34). – С. 81-88.

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ступин О. А., аспирант

Ковалева Е. В., канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Технический прогресс и внедрение новой техники ведут к повышению производительности общественного труда и экономии времени на производство. Несмотря на то, что вся экономия сводится к экономии времени, в период товарного производства и действия закона стоимости практически измерять эффективность внедрения новой техники экономией времени весьма трудно, если не сказать, что невозможно [1].

При внедрении новой техники интересуют как абсолютные показатели ее совершенства, так и относительные показатели, которые дают возможность оценить путем сравнения прогрессивность одной модели относительно другой.

Относительные изменения совершенства технологических машин ставят другой важный вопрос – выбор метода обеспечивающего соизмерения и практических приемов соизмерения. Это один из важных теоретических вопросов экономической оценки технологических машин. Однако, многие исследования содержат отработку чисто методико-практических путей оценки новой техники.

С теоретических позиций выбор базы для сравнения, выбор эталона произведен без должного обоснования, и только интуитивная тенденция к оптимизации любого процесса обеспечивала практическую приемлемость метода, основанного на сравнении двух моделей при параллельных испытаниях техники в исходном и изучаемых процессах [2].

Теоретическая база для определения эффективности внедрения новой техники заложена в трудовой теории стоимости. Технический прогресс, обуславливая совместное использование в процессе производительного потребления технологических машин различных технических уровней, приводит к объективному сосуществованию различных по величине индивидуальных затрат, определяющих индивидуальную стоимость товаров и услуг, произведенных при использовании различных технологических машин одинакового назначения. Эти индивидуальные издержки определяют общественные издержки производства.

Однако это не меняет теоретической постановки вопроса, заключающегося в том, что критерием эффективности в любом случае должен быть средний уровень издержек производства с учетом динамики его движения. Так как, только средний уровень издержек производства является объективным критерием, обусловленный существованием и производительным потреблением технологических машин, определяющих средние издержки производства.

Теоретическое обоснование критерия, основанного на среднем уровне общественных издержек производства, не противоречит и не отменяет практически принятой базы – эталона для оценки новой техники, а лишь по-иному объясняет её.

Эталонная технологическая машина может быть принята за базу при оценке новой техники, как обеспечивающая гарантия того, что общество не допускает создания новых машин с показателями, которые уже достигнуты, находящихся в производительном потреблении.

Однако, как видно из рассмотренных теоретических предпосылок, выбор эталона в качестве базы для сравнения – это лишь частный практический случай, вытекающий из теории, лежащей в основе методики экономической оценки технологических машин. Этот частный случай пригоден лишь для условий, характеризующих воспроизводство технических средств. Если же технологическая машина внедряется впервые, заменяя ручной труд, следует использовать общие требования, определяющие критерий новизны – необходимость снижения средних общественных издержек производства.

Это общетеоретическое требование проявляется и в том случае, когда при воспроизводстве техники на новой технической основе на смену старым технологическим машинам приходят новые, не только заменяющие отдельные машины, но и влияющие на эффективность использования всего машинно-тракторного парка.

Непризнание и неприменение основополагающего теоретического условия экономической оценки новой техники привело на практике к значительным

трудностям в оценке технологических машин и определению эффективности их внедрения.

Процесс экономической оценки на государственных испытаниях, когда используется одна технологическая машина как эталон внешне и, по существу, напоминает процесс обмена в товарном производстве на первых стадиях его развития, процесс натурального обмена без посредства денег. Как известно, при таком обмене соизмерялись потребительные стоимости через меновые стоимости. Такая форма обмена существовала в период отсутствия всеобщего эквивалента – посредника обмена денег, обеспечивающего экономическую оценку технологических н. Этот вопрос будет рассмотрен в последующих разделах диссертации [3].

Эту стадию обмена, но на первом этапе развития, напоминает процесс экономической оценки технологических машин, как процесс сравнения с эталоном. С позиции экономической оценки сравнение на более высоком этапе должно проводиться не с эквивалентной базовой машиной, а с величиной достигнутых минимальных общественных издержек, связанных с производством работ или продукции. Величина этих издержек может быть выражена в денежном выражении (в денежных единицах).

Сторонники натуральных оценок высказывают сомнения по поводу точности способа, призванного отразить совершенство новой техники через денежный измеритель. При использовании стоимостных показателей точность оценки не понижается. Кроме того, упрощается сам метод оценки, создается возможность провести оценку не двух машин, а целого их комплекса. Вновь внедряемая технологическая машина может быть оценена с позиции изменения приведенных затрат в целом по машинно-тракторному парку.

Примитивность способа экономической оценки технологических машин состоит и еще в одном обстоятельстве. С чисто теоретических позиций всякое измерение есть процесс сопоставления объекта измерения с единицей измерения, с эталоном [4].

Во всех измерениях физических за эталон принимается постоянная всеми признанная единица, например, метр, грамм, гектар. В экономических измерениях затраты общественного труда соизмеряются посредством денег с их масштабом. Эталоном в этом случае служит рубль с его золотым содержанием.

При экономической оценке технологических машин выбирается за эталон каждый раз новая машина. При этом сразу теряется возможность соизмерения трех и более объектов. Машина-эталон выступает лишь единицей измерения по отношению к испытываемой машине. Для другой испытываемой технологической машины выбирают другую машину-эталон, для третьей – третью.

Даже то, что признано обществом, что потребительные стоимости могут соизмеряться, так как существуют вместе со стоимостями и это соизмерение производится на современном этапе товарного производства в деньгах, не применяется при стоимостной оценке технологических машин.

С теоретических позиций политической экономии, процесс экономической оценки машин это преддверие обмена одного продукта на другой, преддверие купли-продажи, когда происходит соизмерение потребительных стоимостей через стоимости посредством использования денежных единиц. Единственным отличием процесса экономической оценки технологических машин от всеобщего процесса обмена состоит в том, что это соизмерение не заканчивается в тот же момент актом купли-продажи. Однако всем известно, что акт купли-продажи просто отодвигается на период, когда новые потребительные стоимости будут произведены в необходимом объеме и поступят в качестве товаров производительного потребления на организованный рынок. Таким образом, акт купли-продажи произойдет, причем он произойдет с использованием всех особенностей товарно-денежных отношений между обособленными предприятиями, действующими в условиях хозяйственного расчета. Оценка совершенства машин в этом случае будет выражена в денежной форме [6,7].

Суть сравнения и обмена товаров лежит в возможности соизмерения общественного труда через эквивалент, через денежные единицы.

Таким образом, в качестве критерия при экономической оценке новых технологических машин могут быть использованы:

- стоимость производства товаров или оказания услуг;
- приведенные затраты вида $C+E_nK$ как эквивалентная модель стоимости
- себестоимости производства товаров или оказания услуг.

На практике первый критерий не может быть использован из-за невозможности определения стоимости; два других находят применение при выполнении расчетов экономической оценки технологических машин.

Второй критерий чаще применяется лишь для определения годового экономического эффекта, хотя и используется исследователями для целей обоснования целесообразности внедрения новой техники при экономической оценке машин [8].

При экономической оценке технологических машин и во многих других случаях можно использовать любую из названных категорий в качестве критерия для сравнения. С математических позиций различие в критериях, соответствующих названным трем категориям будет состоять лишь в изменении начала отсчета, перенесение оси отсчета. Известно, что это повлияет лишь на абсолютную величину показателей, но не изменит их соотношений.

Подводя итог проведенному теоретическому анализу необходимо отметить:

Современная методика экономической оценки новой техники позволяет определить статические показатели совершенства технологических машин и предполагает их стабильность, хотя в действительности они динамичны.

Экономическая оценка новой техники производится путем сравнения с машиной – эталоном. Такой метод сравнения не соответствует теоретическим предпосылкам и современному уровню развития экономики и техники.

Библиографический список

1. Ковалева Е.В. /К вопросу об экономической оценке качества техники. //Международный научный журнал, №1, 2016. С.32-36.

2. Евграфов, В. А. Применение организационно-экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях агропромышленного комплекса / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 128 с.

3. Конкин Ю. А., Ковалева Е.В., Тришкина Л.В. / Об адекватности натуральной и стоимостной оценок средств производства// Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, выпуск №8(39), М.:2009, с. 19-23.

4. Анцев, В. Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 324-331.

5. Тойгамбаев, С. К. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

6. Ковалева Е.В. Экономическая оценка качества машин: выбор метода. // Техника и оборудование для села, 2016, №1 –с.42-45.

7. Ковалева Е.В. Экономическая оценка качества технических ресурсов АПК// Монография. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017 – 174 с.

8. Конкин Ю. А., Ковалева Е.В. Методические проблемы оценки качества машин //Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2018.№ 4 (77). С. 47-52

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ступин О. А., аспирант

Ковалева Е. В., канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В практике встречаются различные толкования понятия «качество техники». В широком смысле под ним понимается совокупность свойств, свидетельствующих о техническом уровне изделий данного вида. Сюда не включают не только эксплуатационно-потребительские свойства изделия, но и производственно-технологические и эстетические свойства, например, грузоподъемность, скорость, вес, трудоемкость изготовления, технологичность, надежность, долговечность, эстетичность машины. Все эти свойства, вместе взятые, определяют место данного вида техники среди аналогичных по назначению изделий, как отечественных, так и зарубежных [1].

Сравнение уровня выпускаемых изделий с современным техническим уровнем позволяет не только дать правильную оценку качества, но и наметить верные пути достижения в кратчайший срок уровня лучших мировых образцов [2].

Быстрые темпы прогресса науки и техники ведут к тому, что современный технический уровень, по которому оценивается качество выпускаемых изделий, может очень быстро устаревать.

В более узком смысле в понятие качества техники включается совокупность свойств, определяющих пригодность изделия для использования по назначению. Сюда включают только эксплуатационно-потребительские свойства, например, грузоподъемность, скорость, мощность двигателя, надежность, долговечность автомобиля [3].

Иногда в практике встречается еще более узкое толкование качества техники, под которым понимаются эксплуатационно-потребительские свойства изделий, не отличающихся друг от друга своими специфическими показателями. Например, машины, имеющие ряд одинаковых показателей (грузоподъемность, вес, скорость, мощность двигателя, экономичность и т. п.), различаются степенью надежности и долговечности.

Экономическое значение качества техники состоит прежде всего в том, что техника определенного качества создается при определенных затратах общественного труда; для достижения лучшего качества техники зачастую необходимы повышенные затраты живого и овеществленного труда на ее

изготовление; применение техники предполагает определенные затраты общественного труда для поддержания качества техники на том уровне, который был задан при изготовлении; регулируя качество техники при ее изготовлении, можно изменять затраты общественного труда на ее эксплуатацию.

Экономическое значение качества техники проявляется также в том, что применение техники соответствующего качества предполагает определенное ее количество для удовлетворения потребностей общества в соответствующей степени; одну и ту же потребность в технике можно удовлетворить разным количеством техники, если различен уровень ее качества.

В исследованиях этих ученых прослеживается изучение показателей, оценивающих тип воспроизводства, факторов, влияющих на процессы управления воспроизводством. Отмечаются специфические особенности воспроизводства в сельском хозяйстве.

Несмотря на многообразие видов техники, условий изготовления и эксплуатации, к ним всем предъявляются общие требования, одним из которых является требование обладать определенной работоспособностью.

Работоспособность техники – это такое ее состояние, при котором она может выполнять свои функции в заданных условиях эксплуатации с допустимыми отклонениями от установленных параметров. Недостаточно работоспособная техника не может быть эффективно использована по назначению, и затраты на ее изготовление являются растратой общественного труда.

Как бы ни была технически совершенна техника она не может быть работоспособной бесконечно. Через некоторое время эксплуатация вынужденно прекращается в результате неисправности техники или недопустимых отклонений от установленных параметров. Чтобы продолжить производственный процесс, должна быть восстановлена работоспособность или заменена техника, если работоспособность ее не может быть восстановлена. Технические изделия (детали, машины, узлы и т. д.), работоспособность которых не может быть восстановлена, являются изделиями однократного действия (электrolампы, подшипники качения, некоторые виды инструмента и т. д.) или невозстанавливаемыми изделиями.

Большинство видов техники, предназначенных для длительной работы с учетом восстановления работоспособности в процессе эксплуатации, являются восстанавливаемыми изделиями. Однако в процессе длительной эксплуатации техники такое восстановление может оказаться невозможным по техническим или экономическим причинам, и тогда техника должна быть заменена. Таким образом, работоспособность техники всегда ограничена определенным временем и объемом выполняемой работы.

Чтобы техника отвечала своему назначению, она должна исправно работать в течение обусловленного времени и в соответствующих условиях эксплуатации. Этому общему для всех видов техники требованию соответствуют такие общие показатели качества техники, надежность и долговечность [3].

Надежность – это свойство техники обеспечивать безотказное выполнение своих функций, в соответствующих условиях эксплуатации в течение определенного времени.

Из соотношения надежности со специфическими показателями качества техники вытекает то, что последние без показателя надежности не могут быть обеспечены при эксплуатации.

Требование надежности в работе предъявляется к любому виду техники независимо от его назначения, и, следовательно, надежность является самым общим показателем качества. Для многих видов техники, выход из строя которой может привести к тяжелым последствиям, надежность в работе становится наиболее важным показателем качества.

На восстановление работоспособности ненадежной эксплуатации техники требуется затратить определенное количество живого и общественного труда. Поэтому чем надежнее техника, тем меньше расходы, связанные с поддержанием на заданном уровне и восстановлением ее работоспособности. Повышение надежности техники означает сокращение затрат общественного труда на ее эксплуатацию [6].

Указанное выше понятие надежности является самым общим, относящимся ко всем видам техники. Конкретизируя его применительно к различным видам техники, определим критерий их надежности. Так, для некоторых видов техники (транспортные средства, аварийная сигнализация и т. п.) важнейшим мериллом надежности является отсутствие внезапных (аварийных) отказов в течение гарантийного времени; для контрольно-измерительной аппаратуры — сохранение ею стабильности, точности и своевременности показаний.

Для большинства видов технологического оборудования критерий надежности понимается в смысле стабильности эксплуатационных параметров в течение заданного времени.

Для определения уровня надежности техники необходимо иметь его количественные выражения – измерители (показатели) надежности. Каждому критерию надежности соответствуют свои количественные показатели.

Общество стремится к снижению общественных издержек производства, а потому заинтересовано во внедрении машин, обеспечивающих снижение общественных издержек, т.е. целесообразность использования техники определяется её возможностью производить продукцию с меньшими

издержками производства, чем эта продукция производится при использовании неэкономичной машины, находящейся в процессе производительного потребления [7].

Воспроизводство техники на новой технической основе вносит существенную поправку, определяющую отклонения действительного критерия эффективности от его низшего предела.

Современный этап развития процесса воспроизводства требует масштабных изменений. Это связано в первую очередь с трансформацией и изменением технологических процессов, обусловленных стремительным внедрением и применением информации цифрового формата в производстве машин [8].

Библиографический список

1. Ковалева, Е.В. Теоретические аспекты воспроизводства ресурсов в сельском хозяйстве [Текст] / Е.В. Ковалева // Техника и оборудование для села № 1(283) 2021 с. 2-6.

2. Евграфов, В. А. Применение организационно-экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях агропромышленного комплекса / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 128 с.

3. Конкин Ю. А., Ковалева Е.В., Тришкина Л.В. / Об адекватности натуральной и стоимостной оценок средств производства// Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, выпуск №8(39), М.:2009, с. 19-23.

4. Анцев, В. Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 324-331.

5. Тойгамбаев, С. К. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области / С. К. Тойгамбаев, А. С. Апатенко // Естественные и технические науки. – 2020. – № 8(146). – С. 207-212.

6. Ковалева Е.В. Экономическая оценка качества машин: выбор метода. // Техника и оборудование для села, 2016, №1 –с.42-45.

7. Ковалева Е.В. Экономическая оценка качества технических ресурсов АПК// Монография. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017 – 174 с.

8. Конкин Ю. А., Ковалева Е.В. Методические проблемы оценки качества машин //Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2018.№ 4 (77). С. 47-52

9. Севрюгина, Н. С. Системный подход к оценке влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса / Н. С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 56-59.

ВЛИЯНИЕ И ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Трофимова К. Р., магистрант

*Научный руководитель: Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия*

В современных условиях любая деятельность не обходится без рисков. Поэтому, риск можно охарактеризовать как любое событие или действие, которое может помешать предприятию достигнуть своих целей. По своей сущности риск, является измеряемой производной неопределенности, поэтому представляет множество возможных исходов, каждый из которых характеризуется определенной вероятностью. Новизна состоит в том, что любая опасность (риск), связанная с машиной и оборудованием, рано или поздно приведет к нанесению вреда, если ее не устранить или не предпринять необходимых защитных мер. Отсюда возникает необходимость прогнозирования, моделирования возможных будущих ситуаций для принятия более эффективных управленческих решений, и на этом этапе возникает понятие риска.

На сегодняшний день такая область как строительно-дорожное машиностроение развивается довольно стремительно. По определению, машина – это оборудование, которое остается потенциальным источником опасности как при безотказном выполнении ими функций по назначению, так и в случае критического отказа [1]. Другими словами, риски возникают на всем жизненном цикле автотранспортных средств, включая проектирование, создание, эксплуатацию и утилизацию этих средств [2].

Они связаны с [3]: человеческим фактором (то есть поведением водителя); погодными условиями (учет климатических особенностей); режимом работы и интервалами обслуживания, принятые в стране; качеством эксплуатационных материалов и запасных частей; уровнем технологического оснащения сервисных компаний; уровнем квалификации персонала, выполняющего техническое обслуживание и ремонт автомобиля.

Основные риски при эксплуатации строительной техники и оборудования могут быть распределены на несколько основных категорий [3]:

Природные воздействия. Сюда относятся: стихийные бедствия: оползень, ураган, смерч, тайфун, наводнение, затопление и т.п.; погодные явления необычные для данной местности: ливневые дожди, интенсивный снегопад, сильные порывы ветра, шторм, резкие перепады температур и т.п.; оседание грунта, вывал грунта, обвал склонов (откосов).

Экологический риск обусловлен технологическими процессами изготовления автомобилей и повторным использованием материалов, полученных после утилизации автомобилей.

Технологические риски. К ним относим: опрокидывание, падение с высоты; повреждения при транспортировке (ДТП, столкновение с транспортными средствами, другой строительной техникой); обрыв стропов, канатов; повреждение падающими, конструкциями, материалами кусками породы, обваливающимися частями зданий, сооружений, посторонними предметами; ошибки персонала.

Огневое воздействие. Здесь выделяются следующие риски: пожар, возгорание; ущерб, причиненный мерами пожаротушения;

Противоправные действия. Наконец, среди этой категории: умышленное повреждение третьими лицами (вандализм); аварии

Производственный риск связан с выпуском транспортных средств, товаров (комплектующих и оборудования) и услуг (поставки готовой продукции на рынок), а также с любыми видами деятельности, в процессе которой предприниматели могут столкнуться с проблемами неадекватного использования сырья, роста себестоимости, увеличения потерь рабочего времени, использования новых методов производства и т.п.

Финансовый и инвестиционный риски, которые связаны со спецификой вложения компанией денежных средств. Ни для кого не секрет, что сейчас остаются за пределами высокими риски вложения в производство беспилотных автомобилей, ведь спрос на такие средства еще невелик. Еще одним не маловажным фактором является налог на ввоз беспилотного транспорта.

Также можно выделить группу профессиональных рисков. Профессиональный риск – это вероятность причинения вреда здоровью при воздействии на работников вредных и опасных производственных факторов.

Оценка риска – процесс, объединяющий идентификацию, анализ и сравнительную оценку риска [4]. Основной целью оценки рисков, возникающих при эксплуатации строительной техники, является выявление на основе объективных свидетельств информации, необходимой для принятия обоснованного решения относительно способов предупреждения или уменьшения отказов и аварийности.

Оценка риска обеспечивает: понимание потенциальных опасностей и воздействия их последствий на достижение установленных целей организации; получение информации, необходимой для принятия решений по обеспечению безопасности; понимание источников опасности и возможных последствий; идентификацию ключевых факторов, формирующих риск, уязвимых мест транспорта и его систем; возможность сравнения рисков альтернативных моделей строительных машин, технологий, методов и процессов; накопление, хранение, анализ информации о риске и неопределенностях; получение информации, необходимой для ранжирования рисков; предотвращение аварийных ситуаций на основе исследования последствий отказов; выбор способов обработки риска; получение информации, необходимой для обоснованного решения о принятии риска в соответствии с установленными критериями; оценка риска на всех стадиях жизненного цикла строительного транспорта.

Оценка риска позволяет ответить на следующие основные вопросы: какие события могут произойти и их причина (идентификация опасных событий); каковы последствия этих событий; какова вероятность их возникновения; какие факторы могут сократить неблагоприятные последствия или уменьшить вероятность возникновения опасных ситуаций. Оценка риска может быть выполнена с различной степенью глубины и детализации с использованием одного или нескольких методов разного уровня сложности.

При выборе метода оценки риска необходимо учитывать, что метод должен [5]: соответствовать рассматриваемой ситуации и организации; предоставлять результаты в форме, способствующей повышению осведомленности о виде риска и способах его обработки; обеспечивать прослеживаемость, воспроизводимость и верификацию процесса и результатов.

Задачей качественного анализа [6, 7] риска является выявление источников и причин риска, этапов и работ, при выполнении которых возникает риск, то есть: определение потенциальных зон риска; выявление рисков, сопутствующих деятельности предприятия.

Методы качественного анализа можно разделить на четыре группы [6, 7]: методы, базирующиеся на анализе имеющейся информации; методы сбора новой информации; методы моделирования деятельности организации; эвристические методы качественного анализа.

Кроме этого, существуют метод экспертных оценок, «мозгового штурма», структурированные или частично структурированные интервью, метод Дельфи, контрольные листы. Итоговые результаты качественного анализа риска, в свою очередь, служат исходной информацией для проведения количественного анализа. На этапе количественного анализа риска вычисляются числовые

значения вероятности наступления рисков событий и объема вызванного ими ущерба или выгоды.

Метод рейтинговых оценок основан на самостоятельном или экспертном ранжировании уже имеющегося списка рисков по вероятности их возникновения или опасности последствий.

Контрольные списки источников рисков. Этот метод базируется на разборе рисков, с которыми столкнулись в предыдущих проектах. Метод аналогий – это разновидность контроля списков источников риска. Отличается тем, что предыдущий опыт не только исследуют, но выявляют с его помощью закономерности между процессами в разных проектах.

Сценарный анализ заключается в моделировании возможных ситуаций и последующей количественной оценке рисков на основе выводов, сделанных по результатам моделирования, т.е. какая-либо конкретная ситуация сравнивается с другой (обычно выборы «плохих» и «хороших» обстоятельств сравниваются с наиболее вероятными обстоятельствами). Он позволяет оценить потенциальное одновременное воздействие ряда факторов риска на деятельность организации в случае наступления экстремального, но вместе с тем вероятного события.

Также существуют и смешанные методы оценки. К примеру, матрица последствий и вероятностей. Данный метод предполагает расположение ранжированных показателей последствий вероятностей в виде таблицы (матрицы). При заранее сформированной матрице последствий и вероятностей предполагается отнесение в одну из ячеек матрицы. В зависимости от места оцененного риска в матрице делается вывод о его допустимости либо недопустимости.

Это самый простой, недорогостоящий и наглядный метод оценки профессиональных рисков. Данный способ оценки позволяет с достаточной достоверностью, в случае соблюдения правил получения качественных оценок, представить информацию о рисках предприятия.

Модифицированная матричная методика оценки рисков эффективна при оценке риска с устоявшейся практикой эксплуатации и с хорошо известными технологиями, оборудованием, сырьем, и т.п., и заключается в том, что риск от рассмотренных опасностей зависит от тяжести возможного ущерба и вероятности нанесения этого ущерба.

Согласно стандарту СРО «Идентификация опасностей, оценка и управление профессиональными рисками. Оценка результативности принятых мер по снижению уровня профессиональных рисков» первым шагом определяем вероятность реализации опасности (табл. 1 и 2) [8].

Таблица 1 Вероятность реализации опасности

Вероятность	Характеристика
5 – почти наверняка	Событие наблюдается регулярно. Событие, которое случается в большинстве случаев.
4- высокая вероятность	Событие наблюдается периодически.
3 – возможно	Событие, которое случается иногда.
2 – маловероятно	Событие наблюдается редко.
1 – практически невероятно	Событие, которое случается только при исключительном стечении обстоятельств

Таблица 2 Степень тяжести последствий реализации опасности

Тяжесть опасного события	Последствия
5 - катастрофическая	Очень критические последствия, которые могут привести к прекращению работ объекта
4 – существенная	Критические последствия, реализация которых может привести к значительным потерям
3 – средней степени	Значительные последствия
2 - минимальная	Допустимые последствия
1 - несущественная	Незначительные или минимальные последствия

Далее выполняем расчет риска идентифицированной опасности. Результатом оценивания (расчета) профессионального риска каждой идентифицированной опасности является расчетная величина P_i :

$$P_i = T_i \cdot B_{pi},$$

где P_i – степень риска i -ой опасности;
 T_i – степень тяжести реализации i -ой опасности;
 B_{pi} – вероятность реализации i -ой опасности.

При помощи полученных данных определяем категорию риска (табл. 3).

Таблица 3 Определение категории риска

№	Характеристика воздействия	Показатель матрицы риска
5	Критический	20-25
4	Высокий	15-19
3	Средний	9-14
2	Низкий	5-8
1	Пренебрежимо малый	1-4

В конечном итоге, просуммировав все значения степени рисков, определяется общий уровень риска (табл.4)

Таблица 4 Определение общего риска

№	Уровень риска	Числовое значение риска
5	Критический	81-100
4	Высокий	61-80
3	Средний	41-60
2	Низкий	21-40
1	Пренебрежимо малый	0-20

Вышеуказанные пункты и факты дают возможность определить, что эффективный анализ всех существующих категорий и видов рисков требует применения многообразного, систематичного комплекса методов и приемов. И это подтверждает актуальность разработки комплексного механизма управления рисками.

Вывод: Риск - это всепроникающее явление, присущее всем предприятиям. Конкретные методы и приемы, которые используются при принятии и реализации решений в условиях риска, в значительной степени зависят от специфики предпринимательской деятельности, принятой стратегии достижения поставленных целей, конкретной ситуации и т.п. Но важно каждому предприятия еще на ранних проявлениях опасностей идентифицировать их и принять меры для минимизации.

Библиографический список

1. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем. М: Академия, 2015. 208 с.
2. ГОСТ Р 54124-2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность машин и оборудования. Оценка риска
3. ГОСТ ISO 12100—2013 Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска
4. Оценка рисков: учебное пособие / А. И. Уколов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2014
5. ГОСТ 34019-2016 Межгосударственный стандарт. Краны грузоподъемные. Методы и процедура оценки и снижения риска
6. Токаренко Г.С. Методы оценки рисков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://referent.mubint.ru/security/8/4829/1->
7. ГОСТ Р 58771-2019 Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Технологии оценки риска.
8. СТО.СУОТ.Р.-01-01-19 Стандарт СРО «Идентификация опасностей, оценка и управление профессиональными рисками. Оценка результативности принятых мер по снижению уровня профессиональных рисков».

УЛУЧШЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА КОВША ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

Трошин В. А., студент

Скукин А. А., студент

Маньков П. А., студент

Научный руководитель: Нилов В. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,

г. Воронеж, Россия

В настоящее время очень широкое распространение для выполнения земляных работ в строительстве получили гидравлические экскаваторы с оборудованием обратная лопата [1].

Их основным достоинством являются простое преобразование вращательного движения в поступательное и высокие усилия на зубьях ковша. Для увеличения угла поворота ковша обратной лопаты необходимо применять рычажный шестизвенный механизм с коромыслом (рис. 1).

Недостатком такого механизма является неравномерное распределение усилий на зубьях ковша по траектории при повороте ковша и сравнительно

небольшая область высоких усилий, которые резко снижаются по мере заполнения ковша грунтом [2, 3]. Этот недостаток заставляет оператора уменьшать толщину срезаемой стружки, что отрицательно сказывается на производительности экскаватора [4]. Известны попытки расширить зону действия высоких усилий на зубьях ковша гидравлического экскаватора [5], однако такая конструкция существенно изменяет угол резания и траекторию ковша, а также предусматривает усложнение конструкции за счет установки двух дополнительных гидроцилиндров.

Для устранения этого недостатка (при минимальных изменениях в стандартной конструкции привода ковша) и расширения зоны высоких усилий на зубьях ковша предложена новая конструкция механизма поворота ковша [6], разработанная на кафедре Строительной техники и инженерной механики имени профессора Н.А. Ульянова Воронежского государственного технического университета (рис. 2).

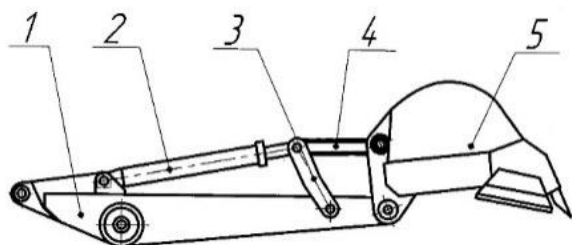


Рис. 1. Механизм поворота ковша:
1 – рукоять; 2 – гидроцилиндр привода;
3 – коромысло; 4 – тяга; 5 – ковш

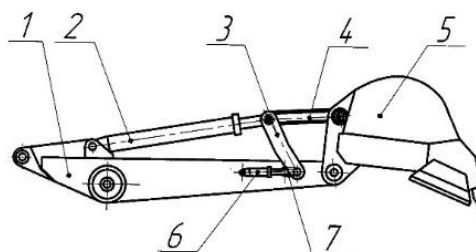


Рис. 2. Новый механизм поворота ковша:
1 – рукоять; 2 – гидроцилиндр привода; 3 – коромысло; 4 – тяга; 5 – ковш; 6 – гидроцилиндр смещения коромысла; 7 – паз направляющий

Новая конструкция механизма поворота ковша предусматривает *смещение опоры коромысла 3* в пазах рукояти во второй фазе заполнения ковша, когда при серийной конструкции начинается снижение усилий на зубьях.

Эта конструкция [6] кроме известных элементов: рукоять 1, гидроцилиндр привода 2, коромысло 3, тяга 4, ковш 5 включает гидроцилиндр 6 и направляющие 7, в которых может перемещаться опора коромысла 3.

Для разработки грунта поворотом ковша 5 оператор подает гидравлическую жидкость в бесштоковую полость гидроцилиндра привода 2, шток которого начинает перемещаться. Далее движение через коромысло 3 и тягу 4 передается ковшу 5, который поворачивается относительно рукояти 1 и выполняет разработку грунта. В силу кинематики механизма поворота ковша 5

усилия на его зубьях сначала увеличиваются, а потом начинают уменьшаться (рис. 3 а, зависимость 1). Уменьшение усилия на зубьях ковша 5 отрицательно сказывается на процессе его наполнения грунтом и снижает производительность экскаватора.

После того, как плечо между коромыслом 3 и гидроцилиндром привода 2 начинает уменьшаться (примерно в этот же момент начинается уменьшение усилия на зубьях ковша 5), оператор гидроцилиндром 6 перемещает коромысло 4 в направляющих 7 рукояти 1 в крайнее правое положение (рис. 2).

В результате увеличивается плечо между гидроцилиндром привода 2 и коромыслом 4, что способствует увеличению усилия на зубьях ковша 5 и расширяет зону высоких значений усилий (рис. 3 а, зависимость 2).

Смещение опоры коромысла 3 вправо увеличивает зону максимальных усилий (более 78,65 кН) с углов $0...50^{\circ}$ до углов $50...60^{\circ}$ поворота ковша, т.е. на 20%, рис. 3 а. Зона усилий больше 75 кН увеличивается до диапазона углов поворота ковша $50...65^{\circ}$, т.е. на 30%. При угле поворота ковша более 60° смещение опоры коромысла 3 вправо увеличивает усилие на зубьях ковша 5 на 10...20%.

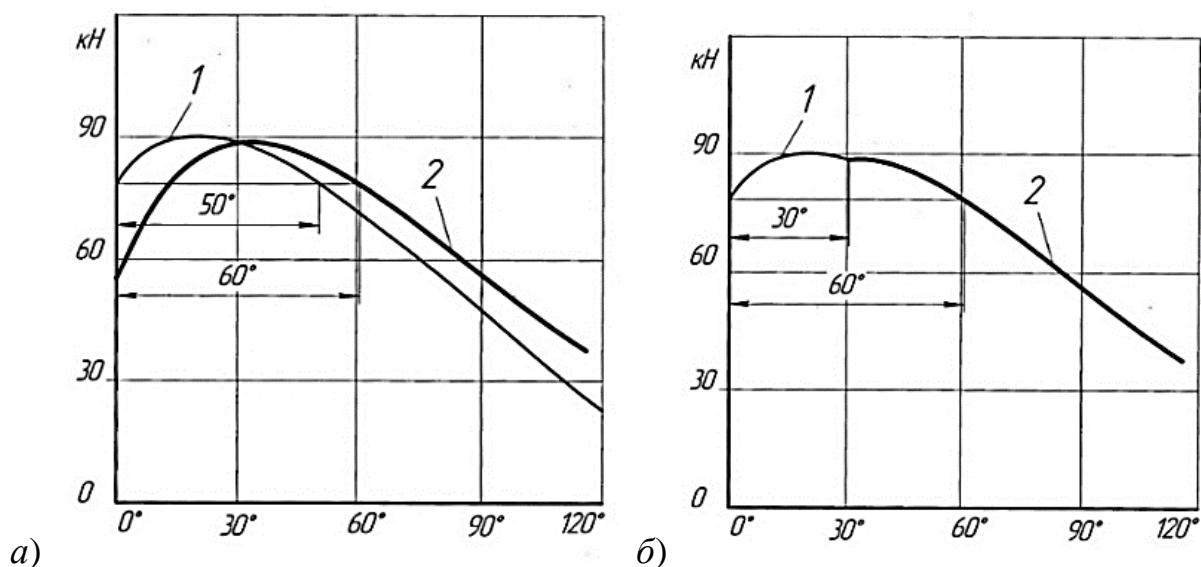


Рис. 3. Изменение усилий на зубьях ковша:

- а) 1 – усилия для серийного механизма; 2 – усилия при смещении опоры коромысла; б) рекомендуемое изменение усилий при смещении опоры коромысла

На рис. 3 б показан рекомендуемый момент перемещения опоры коромысла 3. Перемещение опоры коромысла 3 необходимо при угле поворота ковша более 30° . В этом случае усилие на зубьях ковша возрастает на 10...20%. Разработку грунта в начальный период копания (угол поворота ковша менее 30°)

следует выполнять без смещения опоры коромысла, рис. 3а. Процесс перемещения коромысла 3 нетрудно автоматизировать и избавить оператора от необходимости самому контролировать рациональный момент начала перемещения опоры коромысла 3.

Вывод. Предложена простая конструкция для расширения области высоких усилий на зубьях ковша обратной лопаты гидравлического экскаватора с 50° до $70^{\circ}\dots 90^{\circ}$ при минимальных затратах.

Библиографический список

1. Машины для земляных работ. Под общей редакцией Ветрова Ю.А. Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 368 с.
2. Бурый, Г.Г. Рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора с изменяемой механикой копания / Г.Г. Бурый, И.К. Потеряев, С.Б. Скобелев, В.Ф. Ковалевский // Вестник БГТУ. 2018. – № 11. – С. 126-131.
3. Бурый, Г.Г. Совершенствование конструкции ковша гидравлического экскаватора / Г.Г. Бурый, И.К. Потеряев, С.Б. Скобелев, В.Ф. Ковалевский // Вестник СибАДИ. 2019. – Том 16. – № 3. – С. 202-213.
4. Побегайло, П.А. Исследование нагруженности одноковшовых гидравлических экскаваторов / П.А. Побегайло // Проблемы механики современных машин, материалы VII Международной научной конференции. Улан-Уде. 2018.
5. Патент 2208095 Российской Федерации, МПК E02 F 3/38. Гидрофицированный привод поворота ковша одноковшовой машины / А.Ю. Кобзов, П.Л. Коробка, Е.А. Перевощиков, В.В. Жмуров; Заявитель и патентообладатель Братский государственный технический университет, заявл. 19.11.2001; опубл. 10.07.2003.
6. Патент 2764681 Российская Федерация, МПК E02F 3/43. Механизм поворота ковша гидравлического экскаватора / В.А. Нилов, Е.В. Федоров, А.А. Скукин; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. № 2021100297; заявл. 11.01.2021; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 2.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ БОЛЬШОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Фомин Н. А., студент

Степанченко К. А., студент

Ильенко А. А., студент

Научный руководитель: Понитаев А. А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

В настоящий момент наблюдается скачок в разработке и применении IT систем и технологий. Вместе с этим обыватель перестаёт обращать внимание на развитие такой отрасли, как тяжёлое машиностроение. Человеку, не сталкивающемуся с ней постоянно, кажется, что она канула в лету вместе с индустриализацией. Однако, современные проекты по созданию атомных станций, ветрогенераторов, нефтехимических перерабатывающих комплексов [1], производств металлоконструкций, металлургических комплексов и т.д. не могут быть реализованы без использования транспортных систем, зачастую, большой грузоподъёмности [2, 3, 4]. С каждым годом возникает потребность в технике с всё большей грузоподъёмностью и особыми требованиями к подвеске.

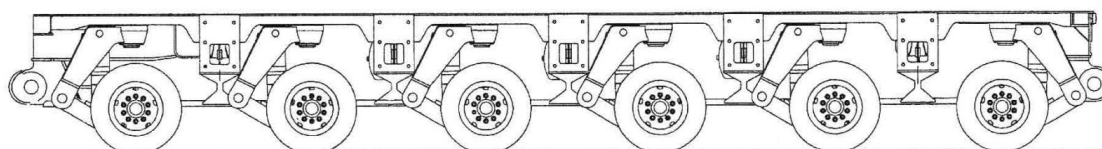


Рис. 1. Эскизный вид подвески.

Рассмотрим основные требования, а также конструктивные решения на основе продукции компании Cometto (Италия), являющейся лидером в этой отрасли. Эта фирма специализируется на производстве самоходных модульных транспортных средств для перевозки негабаритных тяжёлых грузов.

В портфолио бренда присутствуют решения для перевозки грузов от 15 до 15'000 тонн. Для выполнения подобных задач компания производит несколько линеек модульных систем [5]: MSPE / SPMT [6], Eco1000 / Eco1500, ModulMAX SP – E и BladeMAX. Каждая из этих систем имеет как плюсы, так и минусы.

Конструкция подвески (Рис. 1) практически не менялась со времени выпуска. Она представляет собой набор металлопроката различного сортамента с преобладанием профилированных листов и двутавровых балок.

На рис.2 представлена конструкция вращательного звена подвески.

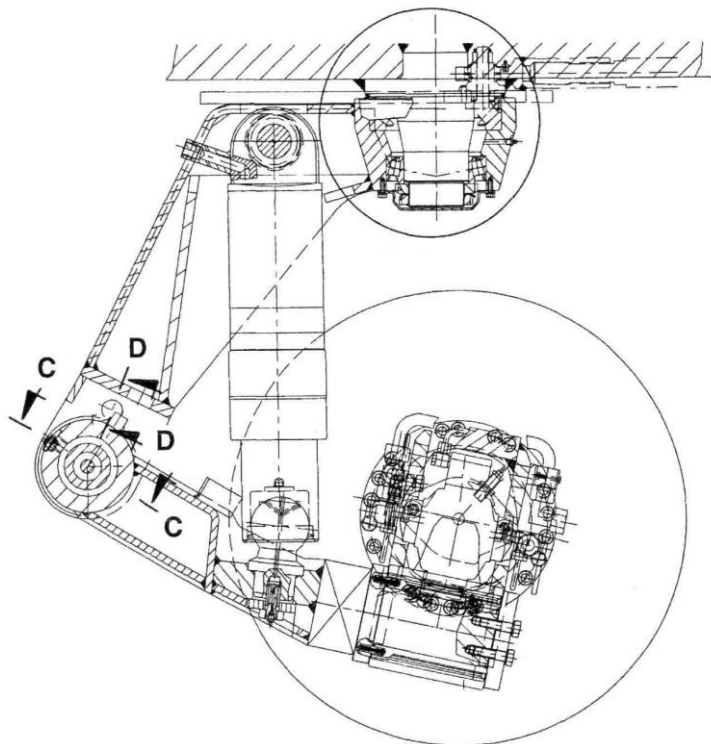


Рис. 2. Конструкция вращательного узла подвески.

Регулирование ее высоты осуществляется выдвиганием штока гидроцилиндра. К металлоконструкции платформы крепится узел, вращающийся вокруг вертикальной оси, к которому, в свою очередь, крепятся два узла, имеющих степени подвижности в вертикальной плоскости — гидроцилиндр и кривошип, соединенные между собой при помощи сферического шарнира. Во избежание «паразитной» степени подвижности, верхнее крепление гидроцилиндра выполнено в виде цилиндрического шарнира. Все температурные деформации и деформации, возникающие в следствие нагружения, а также остальные, компенсируются при помощи нижнего сферического шарнира.

Кривошип и узел, вращающийся вокруг вертикальной оси, соединены между собой вращательной парой с одной степенью подвижности. В совокупности образуется замкнутая кинематическая цепь, в которой вращательное движение реализуется поступательным движением гидроцилиндра. Практическая реализация данного узла «в металле» представлена на рис.3.

Вращение вокруг вертикальной оси (рис.4.) осуществляется при помощи гуськов и коромысел (в старых моделях) или при помощи принудительного поднятия системой управления одной оси с колёсами для ее поворота на нужный угол без излишней нагрузки (в новых моделях) [7].

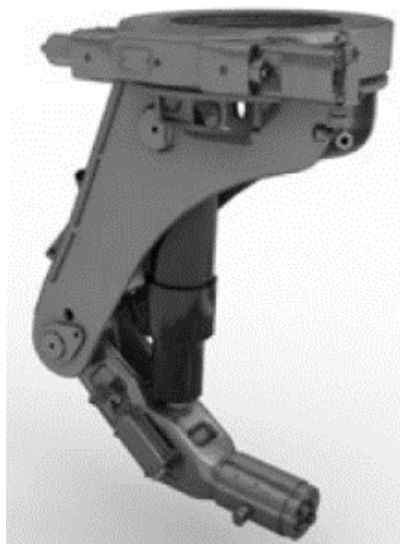


Рис. 3. Общий вид узла подвески

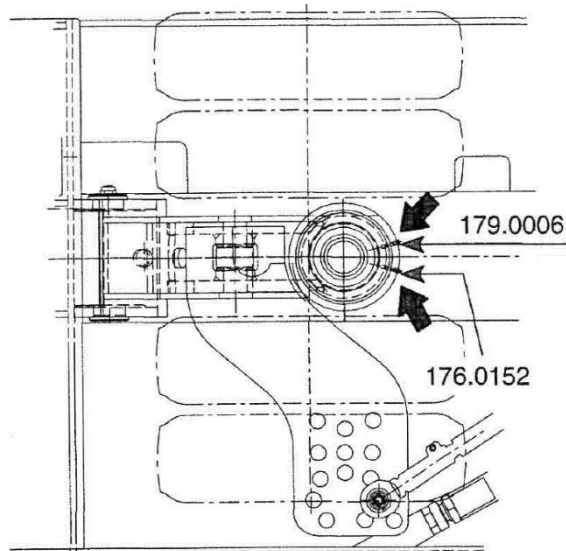


Рис. 4. Конструктивное решение узла вращения осей в горизонтальной плоскости

Поскольку в условиях ограничения габаритных размеров конструкции практически невозможно реализовать абсолютно жесткую платформу, в Cometto применяется гидравлическая система управления подвеской, использующая принцип сообщающихся сосудов, по закрытым контурам, что позволяет при помощи изменения давления в контуре регулировать высоту подвески. Это позволяет, в определенных пределах, компенсировать нежесткость конструкции, погрешность установки груза (смещенный центр тяжести) и неровности рельефа.

Вначале была разработана система управления четырьмя замкнутыми контурами, как самая простая в управлении. Данная схема дает значительную зону условной нечувствительности (рис.5) к погрешности установки груза.

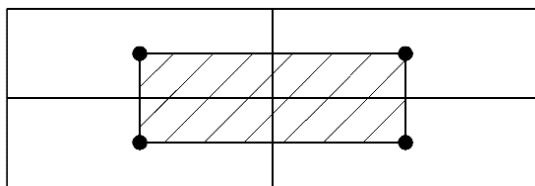


Рис. 5. Зона условной нечувствительности к погрешности установки груза. «Прямоугольная» схема.

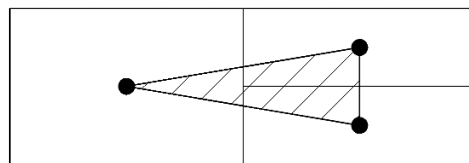


Рис. 6. Зона условной нечувствительности к погрешности установки груза. «Треугольная» схема.

Условной, данная зона нечувствительности называется по причине того, что при значительном отклонении центра тяжести груза от центра тяжести зоны возникает непреодолимый перекося сил, приводящий к «вывешиванию» углов.

Конструкция позволяет независимо настраивать положение каждого из углов платформы, что может привести к его «вывешиванию» (чрезмерное отклонение от плоскости поверхности платформы). Эта особенность является существенным недостатком, так как создает излишние напряжения в других частях платформы.

Позднее была придумана трехконтурная гидравлическая схема (рис.6), которая хотя и усложнила конструкцию, однако позволила избавиться от непреднамеренного «вывешивания» углов. Тем не менее и это решение имеет свои недостатки — значительно меньшую зону условной нечувствительности к погрешности установки груза.

Сравнительный анализ позволяет выявить преимущества и недостатки одной схемы перед другой. «Прямоугольная» схема выгодно отличается от «треугольной» значительно большей зоной условной нечувствительности и более простой системой управления. Тогда как «треугольная» схема имеет преимущество в устойчивости и отсутствии «вывешенных» углов, а также меньшую чувствительность к отклонению центра тяжести груза от центра тяжести зоны условной нечувствительности.

Библиографический список

1. Поникаров, И.И. Монтаж, техническая диагностика и ремонт основного технологического оборудования химических производств и нефтегазопереработки: учебник. / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.И. Валеев, С.А. Вилохин, С.В. Рачковский, А.А. Хоменко – Казань: КНИТУ, 2018. – 783 с.
2. Горелов, В.А. Математическая модель криволинейного движения транспортной системы для перевозки крупногабаритных неделимых грузов /

В.А. Горелов, О.К. Наседкин, О.И. Чудаков // Транспортные системы. 2019. – №4(14). – С. 34-41.

3. Тропин, С.Л. Оценка возможности использования мобильных мостов для преодоления искусственных сооружений специализированными многоосными колесными транспортными средствами / С.Л. Тропин, А.Н. Мисинев, С.Г. Гнездилов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. №3. – С. 296-301.

4. Горохов, П.А. Переход к блочному методу постройки кораблей при использовании современных мобильных систем / П.А. Горохов, А.В. Вершинский, С.Л. Тропин // Механизация строительства. 2017. – №6. – С. 5-8.

5. Электронный ресурс: Продукция. Cometto propelled to the max. URL: <https://www.cometto.com/products-ru/> (дата обращения: 10.03.2022 г.).

6. Электронный ресурс: «MSPE / SPMT» Cometto propelled to the max. 09. 2020 г. URL: <https://www.cometto.com/files/98331.pdf> (дата обращения: 10.03.2021 г.).

7. Буланов, С. В. Обоснование состава, структуры и параметров индивидуального рулевого привода с микропроцессорным управлением, и привода ведущих колес транспортных средств большой грузоподъемности с применением модульного принципа создания // Автомобильный транспорт. 2015. – №1(3).

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПУТЕВЫХ МАШИН, ВОССТАНАВЛИВАЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕЧЕНИЕ КАЛЕНДАРНОГО ВРЕМЕНИ

Честнова А. А., магистрант

Научный руководитель: Чалова М. Ю., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Железные дороги – основная стратегическая транспортная сеть практически любого государства. Ритмичность и интенсивность железнодорожных перевозок является главным фактором, определяющим состояние экономики страны, поэтому состояние железнодорожного полотна служит ключом к обеспечению эффективного грузооборота. Для решения соответствующего комплекса проблем используются различные путевые машины. По этой причине, одним из важных направлений работы в железнодорожной отрасли является совершенствование специального подвижного состава. Высокая производительность и надежность машин дает

возможность постоянно поддерживать состояние полотна в требуемом состоянии, гарантирующем высокий темп передвижения транспорта. Неисправность путевой машины часто приводит к значительным убыткам, поскольку нарушение графика ремонтных работ вызывает сбои в расписании движения поездов [1]. Поэтому обеспечение и поддержание надежности путевых машин при эксплуатации является важнейшей задачей ОАО «РЖД».

В процессе технической эксплуатации путевых машин (специального подвижного состава), строительных машин и механизмов важное место занимает *система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта* — система ППР. ГОСТ 18.322—2016 [2] «Система технического обслуживания и ремонт техники. Термины и определения» трактует ППР как комплекс взаимосвязанных средств технического обслуживания и ремонта, необходимых для поддержания и восстановления соответствующего качества машин в заданных условиях эксплуатации. ТО и ремонты, предусмотренные указанной системой, проводятся в плановом порядке после определенной наработки. Отличительной особенностью системы ППР является предварительное планирование всех операций по ремонту и ТО машин и выполнение их не в тот момент, когда машина уже находится в неработоспособном состоянии, а заранее, когда еще можно предотвратить ее непредвиденную остановку.

Таким образом, система планово-предупредительного ремонта, а именно организация технического обслуживания машин направлена на предупреждение преждевременного износа деталей, узлов и агрегатов, содержание их в работоспособном состоянии, сокращение простоев, обеспечение роста эффективности использования машин и механизмов, а также должна обеспечивать безопасность труда обслуживающего персонала [3].

Для расчета эксплуатационных (фактических) показателей надежности путевых машин (ПМ) дирекции по эксплуатации и ремонту путевых машин (ДПМ) рассматриваются ПМ по объекту оценки и связанные с ними статистические данные на заданном интервале наблюдения.

Суммарная продолжительность (T_H , ч) unplanned ремонтов путевых машин, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения, ч:

$$T_H = \sum_{s=1}^n t_H,$$

где n – количество ПМ, входящих в объект оценки в простое;

t_H – общее время, ч, unplanned ремонта s -й ПМ ($s = 1 \dots n$), входящей в объект оценки, за интервал наблюдения.

Суммарная продолжительность ($T_{ТО}$, ч) ТО путевых машин, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения:

$$T_{ТО} = \sum_{s=1}^n (t_{ТО1s} + t_{ТО2s} + t_{ТО3s} + t_{ТО4s} + t_{ТО5s}),$$

где n – количество путевых машин, входящих в объект оценки;

$t_{ТО1s}, t_{ТО2s}, t_{ТО3s}, t_{ТО4s}, t_{ТО5s}$ – общее время, ч, продолжительности ТО соответствующего вида s -й путевой машины ($s = 1 \dots n$), входящей в объект оценки, за интервал наблюдения.

Суммарная продолжительность ($T_{ТР}$, ч) плановых ремонтов путевых машин, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения, ч:

$$T_{ТР} = \sum_{s=1}^n (T_{ТР1s} + T_{ТР2s} + T_{ТР3s} + T_{ТР4s} + T_{ТР5s}),$$

где n – количество ПМ, входящих в объект оценки;

$t_{ТР1s}, t_{ТР2s}, t_{ТР3s}, t_{ТР4s}, t_{ТР5s}$ – общее время, ч, продолжительности плановых ремонтов соответствующего вида s -й путевой машины ($s = 1 \dots n$), входящей в объект оценки, за интервал наблюдения.

Суммарная продолжительность ($T_{НАР}$, ч) работы ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения:

$$T_{НАР} = \sum_{s=1}^n t_{НАР}$$

где n – количество ПМ, входящих в объект оценки;

$t_{НАР}$ – общее время, ч, продолжительности работы соответствующего вида s -й ПМ ($s = 1 \dots n$), входящей в объект оценки, за интервал наблюдения.

Коэффициент (внутренней) готовности ПМ [4], входящей в объект оценки, определяется по формуле:

$$K_{Г} = \frac{T_{НАР}}{T_{НАР} - T_{Н}}$$

где $T_{НАР}$ – суммарная продолжительность работы ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения;

$T_{Н}$ – суммарная продолжительность неплановых ремонтов ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения.

Коэффициент технической готовности ПМ, входящей в объект оценки, определяется по формуле:

$$K_{\text{ТР}} = \frac{T_{\text{НАР}}}{T_{\text{НАР}} + T_{\text{Н}} + T_{\text{Р}} + T_{\text{ТО}}}$$

где $T_{\text{НАР}}$ – суммарная продолжительность работы ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения;

$T_{\text{Н}}$ – суммарная продолжительность неплановых ремонтов ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения.

$T_{\text{ТО}}$ – суммарная продолжительность, ТО ПМ входящих в объект оценки, за интервал наблюдения;

$T_{\text{Р}}$ – суммарная продолжительность, плановых ремонтов ПМ, входящих в объект оценки, за интервал наблюдения.

Таблица 1 Данные по путевым машинам Октябрьской дороги

Наименование группы машин	$T_{\text{Н}}, \text{ч}$	$T_{\text{ТО}}, \text{ч}$	$T_{\text{Р}}, \text{ч}$	$T_{\text{НАР}}, \text{ч}$	$K_{\text{Г}}$	$K_{\text{ТР}}$
I квартал						
Машины для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы	0	738	71	30	1,00	0,04
Машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта	0	985	276	276	1,00	0,18
II квартал						
Машины для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы	37	685	46	404	0,91	0,34
Машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта	71	1247	502	2493	0,97	0,58
III квартал						
Машины для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы	7	880	68	404	0,98	0,30
Машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта	28	5692	480	966	0,97	0,13

На примере Северо-западной ДПМ (Октябрьская железная дорога) рассмотрим эксплуатационные показатели надежности путевых машин. Октябрьская железная дорога проходит по Ленинградской, Псковской, Новгородской, Мурманской, Тверской областям и республике Карелия [5].

Данные по продолжительности работы, ТО, плановых и неплановых ремонтах машин для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы; машин для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта, Октябрьской дороги за I квартал 2020 г. приведены в таблице 1.

Рассматриваемые машины работают при температурах выше 0°C. В I квартале суммарная продолжительность (T_H , ч) неплановых ремонтов путевых машин равна «0», т.к. показатели надежности объектов, восстанавливаемых в процессе применения, вычисляются в календарном времени [6].

Время на ТО машин для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта составляет 64%; плановые ремонты – 18%. Время ТО машин для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы – 88%; плановые ремонты – 8%. (рис.1) Весна – период размораживания балластной призмы и земляного полотна. В это период выполняются неотложные работы по регулировке стыковых зазоров, выправке, рихтовке, перешивке пути [7]. Поэтому в I квартале 2020 г. машины класса ВПР наработали 276 часов (18%) против 30 часов (4%) работы машин для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы. Это связано с тем, что машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки применяются при текущем содержании, среднем и капитальном ремонте и строительстве пути, машины для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы – только при среднем и капитальном ремонте пути.

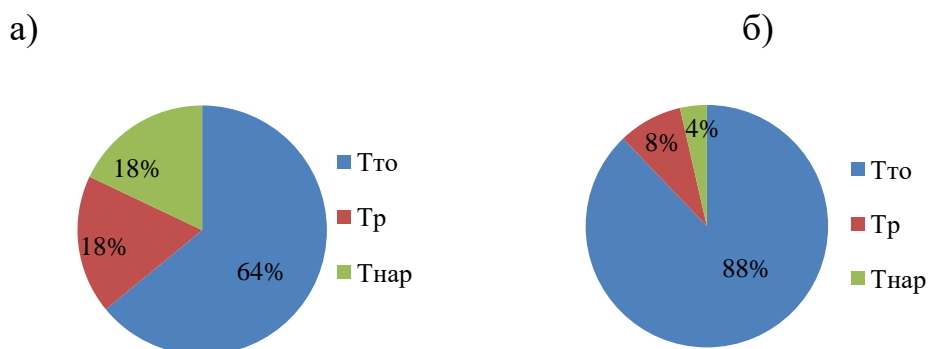


Рис. 1. Простои и продолжительность работы путевых машин в I квартале 2020 г.: а) машины для очистки балласта, распределения, дозировки балласта и отделки балластной призмы; б) машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов и подбивки балласта

Проведя анализ временного использования путевых машин в календарный период времени, планово-текущие ремонты и ТО, необходимые для поддержания работоспособности, проводятся при интенсивной эксплуатации путевых машин. Это приходится на II и III кварталы, в период I и IV кварталов путевые машины этих видов практически не применяются (табл.1).

Библиографический список

1. Фокин, С.В. Надежность работы железнодорожных путевых машин: проблемы и пути решения / С.В. Фокин, П.Ю. Бунаков. – Текст непосредственный // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2014. – Том 4. – №1. – С. 57-60.

2. ГОСТ 18322—2016 Система технического обслуживания и ремонта техники межгосударственный стандарт. Термины и определения - Maintenance and repair system of engineering. Terms and definitions: межгосударственный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 марта 2017 г. N 186-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 18322-2016 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2017 г.: взамен ГОСТ 18322-78: дата введения 2017-09-01 / разработан АО "Кодекс". – Москва: Стандартинформ, 2017.

3. Информо: [сайт] – URL: <https://www.informio.ru/publications/id561/Organizacija-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-putevyh-mashin-na-2013> (дата обращения 16.04.2022).

4. ГОСТ 32192-2013 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения = Dependability in railway technics. General concepts. Terms and definitions: межгосударственный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2013 г. N 2420-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 32192-2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2014 г.: введен впервые: дата введения 2014-07-01 / разработан АО "Кодекс". – Москва: Стандартинформ, 2016.

5. Октябрьская железная дорога: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://ozd.rzd.ru/ru/4012/page/103290?id=5018#main-header> (дата обращения 16.04.2022).

6. Карпущенко, Н.И. Оценка надежности технологических процессов реконструкции и ремонтов железнодорожного пути / Н.И. Карпущенко, А.С.

Пикалов. – Текст непосредственный // Наука и транспорт. – Санкт-Петербург: Т-пресса, 2012. – №3. – С. 61-64.

7. Поиск лекций: [сайт] – URL: <https://poisk-ru.ru/s9797t3.html> (дата обращения 16.04.2022).

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЖЕНИЯ ВАГОНА СЛУЖЕБНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТИПА

Харитонов С. С., студент

Шухмина Л. А., студентка

Научный руководитель: Зайцева Н. А., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

При проектировании или модернизации грузовых вагонов, автотрис и локомотивов необходимо определить параметры торможения для предотвращения возникновения юза и возможного схода вагона с рельс.

Вагон служебно-технического пассажирского типа со стандартной максимальной массой кузова 62 тонны перевозит груз, фактический диапазон которого варьируется от 1 до 10 т. При увеличении массы вагона, использование чугунных колодок может привести к возникновению юза в момент торможения. Для удовлетворения параметрам торможения при разных условиях необходимо заменить материал тормозных колодок и распределить давление нажатия на колодку для предотвращения юза колёс вагона [6].

Данный вагон оборудован авторежимом – устройством, обеспечивающим регулирование силы нажатия колодок на колёса в зависимости от нагрузки [4].

Авторежим неподвижно закреплён на раме вагона и расположен на трубопроводе между воздухораспределителем и тормозным цилиндром. Он осуществляет автоматическую регулировку выхода штока. Авторежим содержит подвижный шток демпферного узла, который упирается в специальную площадку на раме тележки. При завышенном выходе штока (рисунок 1) воздух из тормозного цилиндра попадает из трубопровода 5 с разобщительным краном 8 в полость регулятора 4. Если положение штока находится на необходимом расстоянии, воздух не поступает в регулятор, т.к. отверстие в тормозном цилиндре 6 находится за поршнем, не достигающим до него.

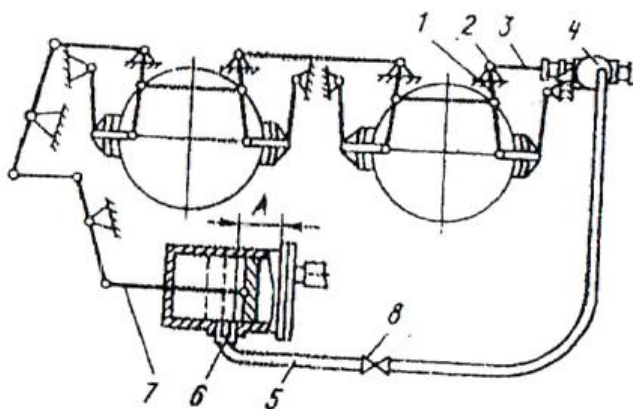


Рис. 1. Схема действия авторежима: 1, 2 – шарнирные соединения; 3 – тяга; 4 – авторегулятор; 5 – патрубок; 6 – нипель тормозного цилиндра; 7 – шток; 8 – разобщительный кран

От величины вдавливания штока при загрузке вагона зависит давление на выходе авторежима. Графическая характеристика авторежима (зависимость давления в тормозном цилиндре от величины вдавливания штока демпферного узла) приведена на рисунке 2:

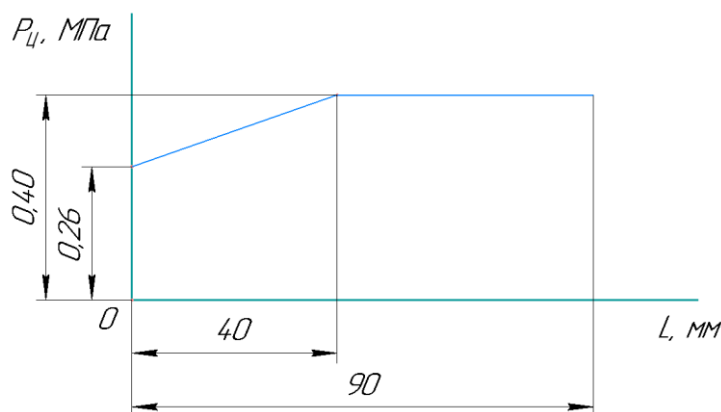


Рис. 2. Графическая характеристика авторежима 265Б-1

где $P_{ц}$ – давление в тормозном цилиндре;

L – величина вдавливания штока демпферного узла.

Для колодочного тормоза расчетный тормозной коэффициент δ_p (коэффициент силы нажатия тормозных колодок) определяется по формуле:

$$\delta_p = \frac{K_p \cdot m}{T + Q},$$

где K_p – расчетная сила нажатия тормозной колодки на колесо;

m – число тормозных колодок подвижной единицы;

T – масса порожнего экипированного вагона;

Q – полезная нагрузка на вагон.

При проверке возможности юза необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$\delta_P \cdot \varphi_{\text{КР}} < 0,9 \cdot [\psi_P],$$

где δ_P – расчётный тормозной коэффициент (коэффициент силы нажатия);
 $\varphi_{\text{КР}}$ – расчётный коэффициент трения тормозной колодки о колесо;
 $[\psi_P]$ – расчётный допускаемый коэффициент сцепления колес с рельсами при торможении.

Проверка производится для скоростей движения от 20 км/ч до 160 км/ч для чугунных и композиционных колодок.

Расчётный коэффициент трения тормозных колодок о колесо, определяется по формулам:

$$\text{- для композиционных колодок } \varphi_{\text{КР}} = 0,36 \cdot \frac{3,6 \cdot V + 150}{7,2 \cdot V + 150},$$

$$\text{- для чугунных колодок } \varphi_{\text{КР}} = 0,27 \cdot \frac{3,6 \cdot V + 150}{18 \cdot V + 150},$$

где V – скорость движения, м/с.

Расчётный допускаемый коэффициент сцепления колес с рельсами при торможении:

$$[\psi_P] = \psi(q_0) \cdot \psi(v),$$

где q_0 – нагрузка на колесную пару, кН;
 v – скорость, м/с.

Гибкость центрального подвешивания одной тележки вагона:

$$\lambda_T = 0,3644 \text{ мм/кН};$$

Расчёты для различных значений полезных нагрузок Q от 0 до 98,066 кН с шагом 9,806 кН, с учетом высоты кузова вагона в порожнем состоянии и жесткости центральных рессор тележки. Т.к. грузовой отсек вагона находится в середине вагона, распределение нагрузки Q на тележки принято, как равномерное. Результаты расчётов приведены в таблице 1 и 2.

На основании данных из таблиц 1 и 2 видно, что при всех допустимых значениях полезной нагрузки Q и соответствующим им значениям давления в тормозных цилиндрах, тормозной путь соответствует требованиям ГОСТ 34681-2020 п.4.2.7.2., а также обеспечивается отсутствие юза при торможении.

Таблица 1 Результат расчёта для композиционных колодок

Полезная нагрузка Q, кН	Прогиб ц.п. тележки f_2 , мм	Выдавливание штока авторежима f_D , мм	Давление в тормозном цилиндре $P_{ц}$, МПа	Расчётный тормозной коэффициент δ_p	Тормозной путь со скоростью 160 км/ч $S < 1450$ м	Проверка юза $\frac{\delta_p \cdot \varphi_{кр}}{\psi_p} < 0,9$
0	0,000	27,133	0,355	0,295	1398	0,75
9,807	1,787	28,920	0,361	0,295	1396	0,753
19,613	3,573	30,706	0,367	0,296	1395	0,756
29,42	5,360	32,493	0,374	0,297	1390	0,762
39,227	7,147	34,280	0,380	0,298	1389	0,765
49,033	8,933	36,066	0,386	0,298	1389	0,768
58,84	10,72	37,853	0,392	0,298	1388	0,77
68,647	12,51	39,640	0,399	0,3	1384	0,775
78,453	14,29	41,426	0,400	0,296	1400	0,768
88,26	16,08	43,213	0,400	0,292	1418	0,759
98,066	17,87	45,000	0,400	0,288	1437	0,75

Таблица 2 Результат расчёта для чугунных колодок

Полезная нагрузка Q, кН	Прогиб ц.п. тележки f_2 , мм	Выдавливание штока авторежима f_D , мм	Давление в тормозном цилиндре $P_{ц}$, МПа	Расчётный тормозной коэффициент δ_p	Тормозной путь со скоростью 160 км/ч $S < 1000$ м	Проверка юза $\frac{\delta_p \cdot \varphi_{кр}}{\psi_p} < 0,9$
0	0,000	27,133	0,355	0,696	892	0,836
9,807	1,787	28,920	0,361	0,693	896	0,834
19,613	3,573	30,706	0,367	0,69	900	0,832
29,42	5,360	32,493	0,374	0,689	902	0,832
39,227	7,147	34,280	0,380	0,689	906	0,83
49,033	8,933	36,066	0,386	0,683	910	0,828
58,84	10,72	37,853	0,392	0,68	913	0,826
68,647	12,51	39,640	0,399	0,679	916	0,825
78,453	14,29	41,426	0,400	0,67	926	0,817
88,26	16,08	43,213	0,400	0,661	939	0,808
98,066	17,87	45,000	0,400	0,651	951	0,798

В результате расчёта стало ясно, что колодки обоих материалов в итоге проходят проверку, однако коэффициент проверки юза у композиционных колодок ниже, чем у чугунных, при равном давлении в тормозном цилиндре. Для предотвращения юза рациональнее принять к использованию колодки из композиционных материалов.

Библиографический список

1. «Нормы для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1983.
2. ГОСТ 34681-2020 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования.
3. Тяговые расчёты: Справочник. / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова – М., «Транспорт», 1987.
4. Типовой расчёт тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. М: ВНИИЖТ, 1996
5. «Инструкция по ремонту тормозного оборудования вагонов ЦВ-ЦЛ-945» МПС РФ, 2003.
6. Крылов, В.И. «Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава». Справочник. М., «Транспорт», 1989.
7. «Инструкция по эксплуатации тормозов грузовых и рефрижераторных вагонов» ВНИИЖТ, 1996.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОТРИСЫ ПРИ УСТАНОВКЕ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ БЕЗ АУТРИГЕРОВ ПРИ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Швецов В. В., студент

Научный руководитель: Лукашук О. А., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Автомотриса (рис. 1) представляет собой самоходный двухосный экипаж. На передней консоли рамы расположена кабина, рассчитанная на перевозку 9 человек, включая машиниста и помощника, на задней консоли – силовая установка. [1]

Автомотриса дизельная монтажная (АДМ) предназначена для выполнения монтажных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ на контактной сети и воздушных линиях электрифицированных железных дорог. Управляют автоматрисой машинист и его помощник. Она имеет подъёмную рабочую площадку, изолированную от заземленных частей, что позволяет выполнять с неё работы под напряжением на контактной сети постоянного и переменного тока [2]. Управление площадкой – дистанционное; допускаемый угол её поворота 210°, работа от оси пути на расстоянии 6,8 м.

На кабине автомотрисы расположен стреловой кран, используемый для установки опор контактной сети, погрузки и выгрузки грузов и материалов, производства ремонтных, монтажных, аварийно-восстановительных работ. Допускается, не применяя аутригеры, устанавливать железобетонные опоры на расстоянии 3,6 м от оси пути и при использовании аутригеров — на расстоянии 5,7 м [3].

АДМ-1 оборудована грузоподъемным краном, выполненным в соответствии ПБ 10-382-00 [4, 5], расчет устойчивости производится в соответствии с правилами Ростехнадзора России. Устойчивость путевой машины - это способность противостоять внешним силам, стремящимся отклонить от заданного направления движения и привести к сходу с рельсовой колеи, вызвать продольное или поперечное опрокидывание. При работе, транспортировании и стоянке путевой машины на нее воздействуют различные по причинам возникновения и характеру статические и динамические нагрузки. Потеря устойчивости машины происходит относительно ребра опрокидывания (левой, правой) рельсовой нити или точки опрокидывания [6].

Опорный контур – контур, образуемый горизонтальными проекциями прямых линий, соединяющих вертикальные оси опорных элементов крана. Отличительной особенностью стреловых кранов являются подъем и перемещение груза в зоне, выходящей за пределы опорного контура крана. Действующие на кран внешние нагрузки создают относительно одного из краев опорного контура (ребра опрокидывания) опрокидывающий момент. При опрокидывании совершается работа по подъему центра тяжести крана. Значения действующих моментов определяются относительно ребра опрокидывания [7].

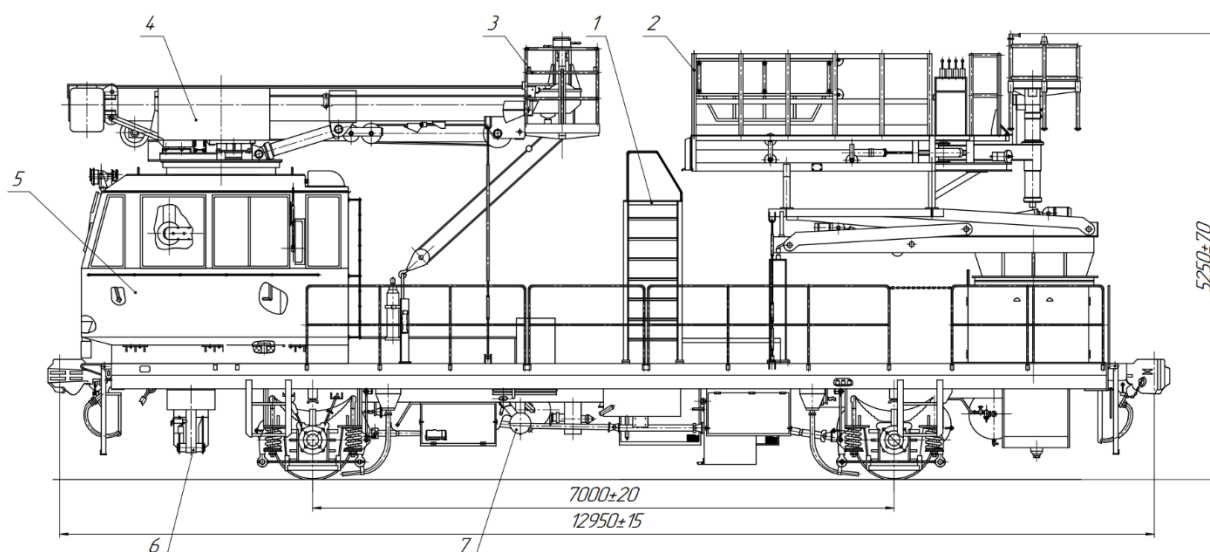


Рис. 1. Схема АДМ-1: 1 – переходная площадка; 2 – рабочая площадка; 3 – съемная люлька; 4 – грузоподъемный кран; 5 – кабина; 6 – выносная опора (аутригер); 7 – дизель и газопровод.

максимальном вылете 8 м коэффициент устойчивости составит 2,43. В другом расчетном случае, при работе с грузом $G_T=35000$ Н и вылете 6 м коэффициент устойчивости составит 2,21. В случае работы на прямом участке без дополнительных нагрузок с грузом $G_T=35000$ Н и максимальном вылете 8 м коэффициент грузовой устойчивости будет равен 2,31.

Таким образом, расчеты показали, что коэффициент грузовой устойчивости как на косогоре с углом наклона, так и на прямых участках, во всех рассмотренных положениях обеспечивается с запасом. Поэтому в случае необходимости работы при аварийной ситуации устойчивость автотрисы без использования аутригеров будет гарантирована.

Библиографический список

1. Автотриса дизельная монтажная АДМ-1 : руководство по эксплуатации / ОАО «Тихорецкий машиностроительный завод им. В.В. Воровского» ; сост : В. В. Полянская – Тихорецк, 2003 – 65 с.
2. Методические рекомендации по безопасному проведению работ с использованием кранов, монтажных площадок и локтевых вышек, установленных на специальном самоходном подвижном составе / Отраслевой учебно-методический центр охраны труда ; сост. : Д. Л. Баулин, Г. Л. Решетникова – Харьков, 2010 – 40 с.
3. Обзор техники - Спецтехника. Автомобили. Поезда : [сайт]. – URL : <https://sptechnika.ru/> (дата обращения: 25.04.2022). – Текст : электронный.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов: ПБ 10-382-00 : утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 31 декабря 1999 г. № 98 с изменениями в ред. Приказа Ростехнадзора от 28.10.2008 № 849-а от 28.10.2008 г. – Москва: ДЕАН, 2009. – 272 с
5. Кран грузоподъемный автотрисы АДМ-1. Руководство по эксплуатации. 77.020-06.00.000 РЭ : [сайт]. – URL : <https://www.cranefinfo.ru/2019/11/1.html> (дата обращения: 25.04.2022).
6. Региональный центр инновационных технологий : [сайт]. – URL : <http://www.rcit.su/techinfo31.html> (дата обращения 25.04.2022).
7. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве / Фролов А.В., Лепихова В.А., Ляшенко Н.В. [и др.] – Ростов н/Д: Феникс, 2009 – 566 с.
8. Обеспечение безопасности строительно-монтажных работ. Устойчивость грузоподъемных кранов : Методические указания к практическим занятиям / КГАСУ ; сост. : С. Г. Кашина, Д. К. Шарафутдинов. – Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2012. – 39 с.

РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Шухмина Л. А., студентка

Харитонов С. С., студент

Научный руководитель: Зайцева Н. А., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

При передвижении на различных участках дороги, грузовые вагоны могут двигаться с разной скоростью, в зависимости от выполняемых в данный момент функций и состояния самого вагона. Вагон может передвигаться порожний и груженный. При этом машинист должен знать, на каком расстоянии до места остановки он должен начать тормозить. В процессе испытаний вагона до выпуска его в эксплуатацию производится расчёт тормозного пути вагона. В нашем случае будет рассмотрен тормозной путь грузового вагона в нагруженном состоянии с использованием чугунных и композиционных колодок при одинаковом давлении в тормозном цилиндре.

Испытания для определения тормозного пути вагона и других железнодорожных машин обычно происходит на полигонах с максимально ровной поверхностью для минимизации сил, действующих на вагон или машину при торможении.

Тормозной путь вагона в составе поезда при экстренном торможении на площадке S_T , м, определяется по формуле:

$$S_T = S_{II} + S_D, \quad (1)$$

где S_{II} – подготовительный путь, м;

S_D – действительный тормозной путь, м.

Подготовительный тормозной путь S_{II} , м, определяется по формуле:

$$S_{II} = \frac{V_0 \cdot t_n}{3,6}, \quad (2)$$

где t_n – время подготовки тормозов к действию, принимается 2 с.

Действительный тормозной путь S_D , м, определяется по формуле:

$$S_D = \sum_1^K \frac{4,17 \cdot (V_H^2 \cdot V_{H+1}^2)}{(b_T \cdot \omega_0)}, \quad (3)$$

где K – число интервалов скоростей ($K = 16$);

V_H, V_{H+1} – начальная и конечная скорости в принятом интервале скоростей (рекомендуемый интервал не более 10 км/ч);

b_T – удельная тормозная сила, кгс/т, определяется по формуле:

$$b_T = 1000 \cdot \varphi_{\text{крК}} \cdot \delta_P, \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{крК}}$ – расчётный коэффициент трения композиционных тормозных колодок;

δ_P – расчётный коэффициент силы нажатия тормозных колодок, принимается $\delta_P = 0,285$;

ω_0 – основное удельное сопротивление при средней скорости.

Значение основного удельного сопротивления движению вагона в режиме тяги определяется по формуле:

$$\omega_0 = 0,7 + \frac{8+0,16v+0,0023v^2}{0,101972 \cdot q_0}, \quad (5)$$

где q_0 – нагрузка брутто на колесную пару;

Результаты вычислений основного удельного сопротивления движению и удельной тормозной силы автомотрисы, оборудованного чугунными тормозными колодками, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 Удельное сопротивление движению и удельная тормозная сила вагона с чугунными и композитными колодками

Интервалы скорости, км/ч	V, км/ч	$\varphi_{\text{крК}}$	$\varphi_{\text{крЧ}}$	$b_T(\varphi_{\text{крК}})$	$b_T(\varphi_{\text{крЧ}})$	ω_0
150-140	145	0,241	-	69,476	-	5,12
140-130	135	0,244	-	70,317	-	4,673
130-120	125	0,248	-	71,243	-	4,252
120-110	115	0,251	0,086	72,265	56,022	3,857
110-100	105	0,255	0,089	73,401	57,69	3,487
100-90	95	0,259	0,092	74,671	59,647	3,142
90-80	85	0,264	0,095	76,1	61,978	2,823
80-70	75	0,27	0,099	77,719	64,799	2,53
70-60	65	0,276	0,105	79,57	68,284	2,262
60-50	55	0,284	0,112	81,705	72,698	2,02
50-40	45	0,292	0,12	84,196	78,471	1,803
40-30	35	0,303	0,133	87,14	86,343	1,612
30-20	25	0,315	0,15	90,672	97,713	1,447
20-10	15	0,33	0,177	94,99	115,58	1,307
10-0	5	0,349	0,255	100,387	147,742	1,192

Результаты вычислений действительного тормозного пути S_d , м, в интервале скоростей 120-0 км/ч для чугунных колодок, представлены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты вычислений действительного тормозного пути

Интервал скорости, км/ч	$S_D = \sum_1^K \frac{4,17 \cdot (V_H^2 \cdot V_{H+1}^2)}{(b_T \cdot \omega_0)}$, м	
	композит	чугун
150-140	162,113	-
140-130	150,139	-
130-120	138,089	-
120-110	125,996	160,174
110-100	113,893	143,144
100-90	101,820	126,184
90-80	89,821	109,397
80-70	77,945	92,902
70-60	66,246	76,843
60-50	54,787	61,391
50-40	43,640	46,752
40-30	32,889	33,188
30-20	22,634	21,027
20-10	12,991	10,703
10-0	4,105	2,8
	$S_D = 1371,092$ м	$S_D = 884,505$ м

Полный действительный тормозной путь S_T составит:

- для композиционных колодок $S_T = 1371,092 + 66,667 = 1437,759$ м.

- для чугунных колодок $S_T = 884,505 + 66,667 = 951,171$ м.

Таким образом, полный действительный тормозной путь для композиционных колодок составляет $1437,759$ м < 1450 м, для чугунных $951,171$ м < 1000 м, что соответствует ГОСТ 34681-2020 п.4.2.7.2.

Также по результатам таблицы 2 видно, что использование чугунных колодок ограничивает использование более высоких скоростей (допустимая скорость ниже на 40 км/ч в сравнении с композиционными колодками) и поэтому их использование менее рационально, чем использование композиционных колодок.

Библиографический список

1. «Инструкция по эксплуатации тормозов грузовых и рефрижераторных вагонов» ВНИИЖТ, 1996.
2. Тяговые расчёты: Справочник. / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова – М., «Транспорт», 1987.
3. «Нормы для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1983.
4. ГОСТ 34681-2020 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования.

5. Крылов В.И. «Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава». Справочник. М., «Транспорт», 1989.
6. Типовой расчёт тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. М: ВНИИЖТ, 1996
7. «Инструкция по ремонту тормозного оборудования вагонов ЦВ-ЦЛ-945» МПС РФ, 2003.

СЕКЦИЯ 3.

СКЛАДСКАЯ И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В СИСТЕМЕ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Бурцев И. А., магистрант

Шепелина П. В., канд. техн. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Транспортно-технологические комплексы (ТТК) в мультимодальных грузоперевозках, как достаточно новая отрасль транспортного процесса, теория и практика которых стремительно развиваются, имеют особенности для грузовых перевозок.

В Транспортной стратегии РФ предусмотрен комплекс мер по ускоренному созданию, расширению и реконструкции терминалов, перевалочных и складских комплексов, элементов контейнерной системы, создание мультимодальных логистических центров. При этом предусматривается решение следующих задач:

- терминализация мультимодальных перевозок по основным направлениям грузопотоков всех видов транспорта;
- техническое переоснащение главных транспортных узлов страны;
- создание региональных терминальных систем;
- совершенствование и модернизация транспортно-таможенной инфраструктуры страны на базе опыта ведущих стран мира;
- реализация международных транспортно-логистических проектов на основе привлечения финансово-кредитных инструментов ЕС;
- создание системы обеспечения терминалов и складов различного назначения современными высокоэффективными средствами грузопереработки и информационного обеспечения.

Таким образом, развитие транспортно-логистического рынка РФ в целом и сегмента мультимодальных перевозок в частности является требованием времени. Базовыми составляющими развития данного сегмента является выгодное географическое положение России, мощный потенциал по обслуживанию евроазиатских транспортных потоков [1].

В исследованиях по проблемам ТТК сформировалась следующая система наименований [2]: контейнерная (контейнер - тип средства укрупнения груза); пакетная (пакет - тип средства укрупнения груза); паромная (паром - тип

морского (речного) транспортного судна); ролкерная (ролкер - тип морского (речного) транспортного судна); лихтеровозная (лихтеровоз - тип морского транспортного судна).

Система наименований, которая сложилась, не является классификационной, поскольку в ней нарушено основное правило образования классификации - разделение на одной ступени по одной основе. Вместе с тем эта система наименований ТТК отражает тот факт, что пионером в развитии массовых перевозок грузов специализированными транспортными средствами стал морской транспорт.

Для ТТК в основе не может лежать тип перевозочного средства, поскольку под ТТК понимаем использование двух видов транспорта. В основу классификации ТТК доставки генеральных грузов должен быть положен признак, общий для всех видов транспорта - тип средства укрупнения грузов.

Согласно этому сформировалась следующая двухуровневая классификация ТТК [2]:

- 1) по типу средств укрупнения (ТТК доставки генеральных грузов): контейнерная; пакетная; трейлерная; фрейджерная; лихтерная;
- 2) по типу грузов (ТТК доставки массовых грузов): наливная; насыпная; навалочная.

В целом ТТК определяют и в основном будут определять одно из важнейших направлений в развитии транспортного обеспечения общественного производства.

Из приведенной выше классификации наименее известной является трейлерная - доставка грузов укрупненными местами - трейлерами, то есть автомобильными прицепами или полуприцепами с крытыми кузовами. Также нужно обратить внимание на особенности контрейлерных перевозок - форме железнодорожно-водно-автомобильных перевозок. По этой технологии автопоезд в полном составе устанавливается на специализированную платформу для контрейлерных перевозок; прицеп (полуприцеп) отцепляется от тягача на станции отправления, устанавливается на платформу, доставляется на станцию назначения, снова цепляется к тягачу, который доставляет его непосредственно грузополучателю.

Перспективным является также использование роудрейлеров - железнодорожных вагонов с комбинированными ходовыми частями, что позволяет им двигаться как железными, так и автомобильными дорогами, используемых при железнодорожно-автомобильных перевозках.

Ускорению доставки товаров за рубежом способствуют мощные терминальные системы, которые возникают и развиваются благодаря развитию системы прямых и смешанных, в первую очередь контейнерных перевозок.

Поэтому полезным является ознакомление с зарубежным опытом организации контейнерных перевозок в смешанном сообщении.

Другие перевозки по типу средств укрупнения, кроме пакетной, контейнерной и трейлерной, характеризуются отсутствием автодорожной составляющей, интегрируя другие виды транспорта, поэтому относятся более к интермодальным транспортным технологиям.

Нужно также отметить, что существенной особенностью ТТК является то, что они могут существовать и в рамках одного вида транспорта и даже одного транспортного объединения, если в рамках этого вида транспорта или транспортного объединения взаимодействуют два и более самостоятельных транспортных предприятия [4].

Также интересным является определение типа ТТК, если в процессе доставки используются два средства укрупнения грузов.

Если у грузоотправителя пакетированная продукция загружается в контейнеры, то в этом случае следует вести речь не о контейнерно-пакетной, а о контейнерной перевозке, поскольку в контейнеры загружаются пакеты, которые рассматриваются как вид грузов, а не самостоятельные предъявлены к перевозке укрупненные грузовые места.

Важным является также принцип бесперегрузочной доставки грузов, необходимым атрибутом которого служит единственный документ с указанием выходных характеристик укрупненного грузового места, то есть говорить о смешанных (например, контейнерно-пакетных) ТТК нельзя и в случае, когда укрупнение грузовых мест происходит не у грузоотправителя, а в одном из транспортных звеньев.

Принцип укрупнения грузовых единиц для повышения интенсивности грузовых операций при минимальных материальных и трудовых затратах используется почти во всех ТТК [3]. При этом масса укрупненного места может быть от 1-1,5 т (пакет с генеральным грузом) до 30 т (крупнотоннажный контейнер) и 500-1000 т (лихтер). Интенсивность грузовых операций возрастает почти прямо пропорционально размерам укрупненной единицы.

Главными факторами, определяющими разработку ТТК, являются вид перевозимого груза и условия его транспортировки, погрузка-разгрузка, хранение.

Структурной единицей любого технологического процесса доставки грузов, используемой для его нормирования, планирования, учета и контроля является технологическая операция.

Операции в грузовых перевозках — это совокупность приемов, способов и методов перемещения грузов от производителей к потребителям продукции, а

также со складов грузоотправителей на станции и в порты или из этих пунктов на склады грузополучателей.

Основные операции наземных ТТК (НТТК) — это консолидация / комплектация и разукрупнение партий грузов с сопровождающими погрузочно-разгрузочными работами в обычном режиме проходят определенные технологические циклы. Для ускорения прохождения грузов через НТТК технологический цикл может быть упрощен. Так груз может пройти хранение и складскую грузопереработку и сразу перегружаться на другой вид транспорта для отправки потребителю, или партия груза может быть консолидирована/разукрупнена в соответствующей зоне без промежуточного хранения.

Основные технологические процессы сопровождаются рядом поддерживающих операций и дополнительных логистических услуг: ведение графика выполнения технологических процессов; контроль за состоянием и подготовка тары; предоставление различных услуг клиенту; начисление платежей и контроль за движением средств; поддержка функционирования разветвленного складского хозяйства; выяснения неисправностей подвижного состава при перевозках; розыск и идентификация грузов без маркировки; осуществление таможенного контроля складов временного хранения.

Эффективную обработку данных об операциях НТТК обеспечивает система обработки транзакций, при этом упор делается на скорость и сокращение затрат времени. Система электронного обмена данными (EDI) межкомпьютерная передача экономической информации в структурированном формате обеспечивает надежные каналы, как с поставщиками, так и с клиентами и предоставляет дополнительные преимущества контрагентам. Применение EDI включает оформление счетов-фактур, заказов на закупку, установка цен, оформление ордеров на отгрузку, пересылки электронных денег и оплату счетов [5].

К системе обработки транзакций НТТК также относят технологии автоматической идентификации - оптического распознавания символов (букв, слов, чисел), что позволяет сканировать, анализировать и интерпретировать информацию.

Контейнеризация и использование мультимодальных перевозок ускорили развитие терминальных систем транспортировки и перевалки грузов от пункта отправления в пункт назначения магистрально-фидерными линиями (морские перевозки грузов небольшими судами на небольшие расстояния для дальнейшей консолидации, погрузка и перевозка на судах океанских линий). Перевозчики магистральных видов транспорта (железнодорожного, морского, автомобильного, авиационного) создают многоотраслевые транспортные

группировки и привлекают кроме совместимых видов транспорта еще и мощные экспедиторские предприятия, а также устанавливают контроль над большими массами грузов, что в свою очередь необходимо для эффективного функционирования капиталоемких транспортных систем.

Важным условием выбора вида транспорта является обеспечение хранения груза в пути, соблюдение стандартов качества перевозочного процесса, международных экологических условий и тому подобное. Процедура выбора способа транспортировки, вида транспорта и перевозчика являются взаимосвязанными многокритериальными задачами, и должны решаться специальными методами векторной оптимизации. Сложности заключаются в том, что многокритериальный подход предполагает учет разнонаправленных критериев и ограничений, разницу в размерности и измеримости, а также в качественном характере многих показателей.

Все эти процедуры выполняются на основе одного или системы критериев при учете заданных логистической системой ограничений, которые обусловлены стратегией или факторами макро- и микросреды. Например, в системе терминального обслуживания ограничениями могут быть время доставки грузовых единиц, затраты на транспортировку, сохранность груза, дислокацию запасов, место складирования или перевалки груза на другие виды транспорта.

Функционирование терминального бизнеса является индикатором развития экономики, а также сферой конкуренции на рынке транспортных услуг. Критерием работы является соблюдение установленных нормативов расходов и показателей технологической эффективности, например, среднего времени обработки автомобиля или судна, производительности средств погрузки/разгрузки.

Стратегическое развитие мультимодальных технологий в системе развития транспортно-технологических комплексов РФ предусматривает:

- наращивание объемов контейнерных и контрейлерных перевозок, активное внедрение мультимодальных технологий в процесс транспортировки грузов;
- оптимизацию технологии организации мультимодальных перевозок на базе формирования транспортно-логистических систем и специальных инфраструктурных комплексов (портовых и перегрузочных комплексов, логистических центров, «сухих» портов и т. п.);
- совершенствование нормативно-правового обеспечения развития мультимодальных технологий в целом и транспортной логистики в частности;
- активизацию и стимулирование развития мультимодальных перевозок через создание благоприятных экономических условий для грузовладельцев и перевозчиков [6];

- разработка сети маршрутов регулярных контейнерных и контейнерных грузовых поездов, прежде всего международного направления. Мировой опыт ведущих стран, в частности США, ЕС, Китая, подтверждает, что железнодорожный транспорт обладает достаточным потенциалом, чтобы обеспечить значительные объемы транзитных перевозок по мультимодальным технологиям [7];

- внедрение бимодальных технологий, основанных на эксплуатации специальных платформ, транспортируемых как с использованием автотягачей, так и железнодорожной колесной. Их использование позволяет значительно сократить время на операции по перегрузке контейнеров и нивелирует потребность в специальной перегрузочной и складской инфраструктуре [8].

Уровень конкурентоспособности НТТК обеспечивается комплексом взаимосвязанных факторов.

Во-первых, это расположение на транспортной сети. НТТК получает преимущества при расположении в полосе транспортного коридора, на территории порта, аэропорта или логистического центра. Важным условием является наличие удобных выходов на магистральные пути сообщения, имеющие запас пропускной способности. Во-вторых, размещение НТТК в отношении грузовладельцев. Выгодным является размещение в промышленных зонах или на территориях с высокой интенсивностью экономической деятельности, которая связана с профилем НТТК [9]. Важным является удобство локального подъезда и умеренная загруженность дорожной сети в зоне размещения НТТК. В-третьих, возможность обработки в НТТК транспортных средств большой грузоподъемности и скорость выполнения соответствующих операций, включая время ожидания.

Кроме того, конкурентоспособность обеспечивается наличием регулярных транспортных сервисов связи с другими НТТК, способностью бесперебойно функционировать в периоды пиковой загрузки, наличием резервных территорий, которые позволяют при необходимости наращивать мощность НТТК или создавать новые сервисы.

Таким образом, НТТК как субъекты логистической деятельности сочетают операции грузопереработки в соответствии с требованиями клиентов, обеспечивают непрерывность цепей поставок товаров на мировом рынке, устанавливают сбалансированное движение грузопотоков и оптимизируют экономические процессы.

Заключение

Обеспечение высокого уровня эффективности мультимодальных технологий в системе развития транспортно-технологических комплексов возможно за счет системной оптимизации взаимодействия всех видов

транспорта и непосредственно процесса перевозки грузов, модернизации объектов инфраструктуры железных дорог, морских портов, обеспечению развития сети автомобильных дорог, оптимизации работы грузовых терминалов, формирования и развития сети транспортных коридоров, развития инновационных высокотехнологичных и функциональных технологий. Существенное внимание следует уделять минимизации рисков на всех этапах осуществления мультимодальных перевозок, усовершенствованию нормативно-правового поля и автоматизации процессов документооборота.

Библиографический список

1. Брагинский В. В. Развитие транспортно-логистической системы как форма реализации транзитного потенциала РФ [Электронный ресурс] // Государственное управление: теория и практика: науч. специальность. изд. Российской академии управления при Президенте РФ. - 2021. - № 2 - 12 с. - Режим доступа: <http://www.academy.ru/ej/ej14/index.htm>
2. Кириллова Е. В. Транспортно-технологические и логистические системы: дискуссионные вопросы терминологии и исторические аспекты развития теории и практики // Методы и средства управления развитием транспортных систем: сб. науч. пр. - Оренбург: ОНМУ, 2011. - Вып. 18. - С. 134-153.
3. Иртышева И.А. Структура транспортно-логистической системы // Глобальные и национальные проблемы экономики. - 2020. - № 4. - С. 146-149.
4. Кухарчик А.Г. Оптимизация перевозки грузов при мультимодальных перевозках: региональный аспект // Вестник МЭСИ. Экономические науки. - 2020. - № 4. - С. 430-439.
5. Шепелина, П. В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 2. – С. 45-49.
6. Решетник Н.М. Оценка издержек и эффективности функционирования логистической системы предприятия / Н. Решетник, В. Шумаев // РИСК. - 2021. - № 1. - С. 44-47.
7. Полякова А. Н., Шраменко А. В. Современные тенденции развития транспортно-логистической инфраструктуры в России и мире // Проблемы транспортного комплекса. - 2020. - № 58. - С. 126-134.
8. Мультимодальные перевозки как базовый сегмент транзитного потенциала РФ // Транспортные системы и технологии перевозок. - 2020. - Вып. 14. - С. 20-29.
9. Шабарова Э. В. Концепция формирования транспортно-логистических центров // Вестник ТГПУ. - 2020. - №4(5). - С. 170-182.

10. Шепелина, П. В. Особенности механизма взаимодействия различных видов транспорта в логистической системе / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 1. – С. 32-34.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕРВИСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В АПК

Владимирова Н. И., аспирант

Научный руководитель: Апатенко А. С., д-р техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Для выполнения мелиоративных работ применяют специальные (мелиоративные), и общестроительные, дорожные и сельскохозяйственные машины. Комплексная механизация мелиоративных работ должна быть основана на оптимальном сочетании использования строительных и мелиоративных машин. В основу такой оптимизации, естественно, должен быть положен принцип обеспечения наибольшей производительности при качестве, минимальной трудоемкости и стоимости работ [1].

Наряду с российской техникой выполнения мелиоративных работ используются и зарубежная сельскохозяйственная и мелиоративная техника. Однако, по сравнению с российской техникой, импортные машины требуют более дорогого обслуживания, очень высокие затраты на запасные части и расходные эксплуатационные материалы.

Одновременно с этим, остаются низкими показатели надежности отечественной техники в условиях эксплуатации. Сроки фактической эксплуатации машин и оборудования превышают нормативные в 2 – 3 раза [2]. Проведенный ГОСНИТИ анализ затрат на ремонт техники показал, что в настоящее время почти 50 млрд. руб. или 10% от всей выручки за произведенную сельскохозяйственную продукцию ежегодно затрачивается на поддержание машинно-тракторного парка в рабочем состоянии. Для поддержания машин в работоспособном состоянии на протяжении всего срока службы вкладываются товаропроизводителями крупные финансовые средства на ремонтно-обслуживающие воздействия [3].

Определение затрат на запасные части за межремонтный период позволяет управлять надежностью машин или их ресурсом.

Одновременно, с затратами на запасные части важно учесть снижение трудовых затрат на проведение ремонта. Например, отказ может возникнуть уже после проведенного ремонта. Это приведет к дополнительным затратам на разборку и замену отказавшей детали.

Количество отказов и затраты на простои можно сократить путем групповой замены деталей.

Для примера рассмотрим замену деталей механизма газораспределения: головка цилиндров блока (деталь № 1), коромысло (деталь № 2), клапан (деталь № 3).

Возможен следующий вариант замены данных деталей:

Вариант № 1: каждая деталь заменяется отдельно;

Вариант № 2: деталь № 1 заменяется отдельно, а детали № 2 и 3 группой;

Вариант № 3: деталь № 2 заменяется отдельно, а детали № 1 и 3 группой;

Вариант № 4: деталь № 3 заменяется отдельно, а детали № 1 и 2 группой;

Вариант № 5: все детали заменяются группой.

Зная ресурс работы машины, можно рассчитать стоимость запасных частей для каждого варианта.

$$C_{зч1} = O_1(t_p) \cdot C_1 + O_2(t_p) \cdot C_2 + O_3(t_p) \cdot C_3$$

$$C_{зч2} = O_{2,3}(t_p) \cdot (C_2 + C_3) + O_1(t_p) \cdot C_1$$

$$C_{зч3} = O_{1,3}(t_p) \cdot (C_1 + C_3) + O_2(t_p) \cdot C_2$$

$$C_{зч4} = O_{1,2}(t_p) \cdot (C_1 + C_2) + O_3(t_p) \cdot C_3$$

$$C_{зч5} = O_{1,2,3}(t_p) \cdot (C_1 + C_2 + C_3)$$

где $C_{зч1}, C_{зч2}, C_{зч3}, C_{зч4}, C_{зч5}$ – стоимости запасных частей;

O_1, O_2, O_3 – количество отказов групп;

C_1, C_2, C_3 – стоимость деталей;

t_p – ресурс работы машины.

Проанализировав полученные данные, можно сделать выводы, какой из вариантов будет наиболее оптимальный с точки зрения трудовых затрат и с точки зрения минимума затрат на запасные части.

Однако, следует отметить, что машины для выполнения мелиоративных работ эксплуатируются в полевых условиях. Это предъявляет повышенные требования к безотказности машин.

Нарушение работоспособного состояния в процессе эксплуатации машин происходит под воздействием множества факторов (конструктивных, технологических, эксплуатационных, организационно-производственных и других) и носит случайный характер. Интенсивность потока отказов зависит от

совместного влияния возраста машины, условий эксплуатации, квалификации машиниста и др.[4].

Вместе с тем, интенсивность отказов зависит так же от возраста машины и условий ее эксплуатации.

Таким образом, можно сделать вывод, что устранение потери времени на ремонт и техническое обслуживание является главной задачей на сегодняшний день.

Установлено, что основная нагрузка по поддержанию машин в работоспособном состоянии ложится на эксплуатационное предприятие. Изучение организации процесса, устранения технических отказов в различных мелиоративных организациях показали, что единого подхода к решению этого вопроса нет. Общим является то, что отказы за редким исключением устраняются на месте работы машин силами выездных ремонтных бригад, оснащённых передвижными ремонтными мастерскими [5].

В связи с этим, для уменьшения времени простоя машин целесообразно использовать не только стационарные, но и передвижные мастерские, так как отказы зачастую устраняются на месте работы машины.

Передвижные ремонтные бригады должны быть оснащены необходимым диагностическим и слесарным оборудованием, инструментами и машинами технической помощи, сверлильным и сварочным аппаратом. Оснащение зависит от предназначения передвижной мастерской.

Для планового ремонта мастерские должны иметь оборудование, необходимое для выполнения всего объема работ (включая ТО). А для непланового ремонта мастерские должны быть оснащены только тем оборудованием, которое обеспечит ремонт наиболее часто встречающихся неисправностей машин [6-7].

На основании вышеизложенного, можно сделать выводы, что использование передвижных ремонтных мастерских – надежное и современное решение. Особенно целесообразно их использование в целях устранения неплановых отказов машин мелиоративного комплекса. Они предназначены для перевозки и использования специального оборудования на месте аварии или проведения профилактических восстановительных работ. Отличаются высокой вместительностью, практичностью, возможностью применения даже в сложных дорожных условиях.

Библиографический список

1. Апатенко А.С. Повышение технической готовности машин мелиоративного комплекса за счет оптимизации ремонтно-технических

воздействий/ Апатенко А.С., Владимирова Н.И. // Труды ГОСНИТИ. – М.: – 2013. – Том 113 – С. 116-121.

2. Севрюгина, Н. С. Системный подход к оценке влияния эргономических показателей транспортных машин на эффективность технического сервиса / Н. С. Севрюгина // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 56-59.

3. Шафорост, А. Н. Структурно-параметрический синтез транспортных систем механосборочных цехов машиностроительных предприятий / А. Н. Шафорост // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 11-2. – С. 115-123.

4. Апатенко, А.С. Повышение технической готовности машин мелиоративного и отказов агрегатов для выполнения культур технических работ/ Апатенко А.С.// Техника и оборудование для села. – М.: – 2014. – №2 - С.14-17.

5. Апатенко, А.С. Оптимизация обеспеченности агрегатов мелиоративных технологических комплексов в ремонтно-технических воздействиях /Евграфов В.А., Апатенко А.С.// Техника и оборудование для села. – М.: – 2014. - № 8- 41-44С.

6. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 144 с.

7. Анцев, В. Ю. Оптимизация структур транспортно-складских систем механосборочного производства / В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. – 2014. – № 7. – С. 245-250.

СТРАТЕГИЯ ОБНОВЛЕНИЯ АВТОПАРКА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ В РОССИИ

Исаков А. В., студент

Научный руководитель: Коротких Ю. С., к.э.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Автобусный транспорт представляет собой самый массовый вид автомобильного транспорта для перевозки пассажиров. Автобусы используются для перевозок как на всей территории страны, так и за её пределами. Во многих

случаях являясь единственным транспортом для удаленных уголков нашей страны.

При всём этом автобусы остаются самым малочисленным сегментом автопарка: если раньше их насчитывалось около 407 тыс. экземпляров, то в данный момент - 405,7 тыс. штук. Отсюда следует и снижение доли данного сегмента: с 0,9% до 0,7%

В настоящее время на территории Российской Федерации в эксплуатации находятся около 409,9 тыс. автобусов [1]. Средний возраст автобусного парка в России составляет 16,5 лет, кроме того, автобусов старше 15 лет 45,8%, класса ЕВРО-4 и выше около 22,7%, иномарки 25,8%. Основную долю среди техники занимает ПАЗ, выпущенный в 80-90-х годах, около 185,7 тыс. шт. В таблице 1 можно увидеть численность автобусов по их маркам.

Таблица 1. Численность автобусов по маркам

Марка	Численность (тыс. шт)
ПАЗ	185,7
КАВЗ	48,5
ЛиАЗ	37,0
Hyundai	16,4
НефАЗ	12,8
МАЗ	10,0
ЛАЗ	10,0
Mercedez-Benz	8,9
Ikarus	8,6
Daewoo	4,9

Больше половины вторичного рынка автобусной техники (52,3%) в России так же приходится на марку «ПАЗ» за год ее перепродажи были равны примерно 12 тыс. шт (+16,6%). С огромным разрывом от первого места, тройку лидеров занимают российский «ЛИАЗ» (около 2 тыс. шт.; +46,2%) и корейский Hyundai (1 883 шт.; +8,3%).

Исходя из вышеприведенных данных, видна необходимость обновления автобусного парка в России. Из-за угроз, связанных с риском эксплуатации, в данной работе мы будем рассматривать стратегии по обновлению и развитию автобусного парка с помощью государственных программ и иных инструментов.

С учетом опыта других стран могут быть предложены различные попытки по его обновлению, такие как ограничение в использовании для перевозок автобусов старше 15 лет, средних 7 лет и малых 5 лет. Другие предложения по

данному вопросу представляют собой повышение коэффициента страховых тарифов для владельцев автотранспортных средств коммерческого назначения в зависимости от возраста эксплуатируемой техники [2].

Так же имеются предложения для утилизации автобусов старше 1995 г.в. и старше, при которых владелец автобуса должен получить компенсацию в размере 15% от средней цены нового автотранспортного средства на покупку продукции соответствующего класса российских автобусных заводов, таких как ЛиАЗ, ПАЗ, ГолАЗ, НефАЗ, «Волжанин», КАвЗ и Scania. Для микроавтобусов, предполагается компенсация в 80 тыс. руб., для малых автобусов в 180 тыс. руб., для средних в 300 тыс. руб., а для больших, особо больших и междугородних в 300 тыс. руб. Кроме прямых покупок нужно обратить внимание на шанс использования денежного возмещения в качестве авансового платежа или его части для приобретения автотранспорта в кредит или лизинг.

Реализуемым и эффективным инструментом, задающим начало в решении проблемы пассажирского транспорта, будет являться также программа обновления автобусного парка через использование лизингового механизма с помощью государственного финансирования. В лизинге есть возможность покупки большого объема техники, так как оплачивается не полная стоимость, а только авансовый платеж. Последующие платежи могут быть распределены по времени и выплачиваются из текущей деятельности предприятий. Кроме того, существенный плюс государственного лизинга заключается в его низкой стоимости. Это позволяет воспользоваться лизингом многим предприятиям, для которых ставки коммерческих лизинговых компаний слишком высоки.

Требуется отметить экономический выгоду в использовании такого рода государственных программ. Возможная денежная сумма техники, покупаемой в лизинг с помощью прямого государственного финансирования, составляет примерно 8,7 млрд. руб. в год или 43,3 млрд. руб. из расчета на 5 лет. Если разбирать покупку автобусного парка в лизинг, что делает возможным возврат государственных средств и возможность их дальнейшего реинвестирования в эту же самую программу, инвестиции из государственного бюджета примерно составляют от 7,4 млрд. руб. в первый год и до 1,7 млрд. руб. в пятый год. Помимо того, лизинг помогает стимулировать развитие экономически активной части предприятий в транспортной отрасли, что способствует развитию бизнеса в целом и повышению объема налогооблагаемой базы [3, 4].

Если вышеизложенное нами рассматривать со стороны покупателя, в таком случае государственные проекты лизинга можно считать мотивацией к приобретению и последующему использованию новых автотранспортных средств, которые в свою очередь отвечают всем современным параметрам.

Государственный лизинг даёт возможность эффективно провести техническое обновление предприятий, для которых будет сложно получить кредит и выплачивать значительные средства из своего дохода.

В данный момент для широкого влияния в данной области понадобится период. Но в настоящее время данные проекты легкодоступны для автотранспортных организаций и муниципалитетов, которые стараются стимулировать развитие собственных автотранспортных парков [5].

На основе всего выше написанного можно сделать вывод, что всё для обновления автобусного парка в нашей стране идет равномерно. Появление множество новых проектов в плане поддержки и финансирования для обновления автобусных парков с каждым годом все больше и больше, что не может не нести благоприятные прогнозы на будущее.

Библиографический список

1. Сулейманов Э.С. Оценка влияния совокупности удельных экономических показателей работы автобуса на срок эксплуатации при приобретении его в лизинг / Э.С. Сулейманов, Э.Д. Умеров // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2019. № 3 (65). С. 197-202.
2. Абибуллаев К.О. Эффективность обновления пассажирского автотранспорта по договору лизинга / К.О. Абибуллаев // *Vonum Initium*. 2020. № 11 (19). С. 3-6.
3. Коротких Ю.С. Пассажирские перевозки / Ю.С. Коротких, М.: ООО «Автограф» 2018. 203 с.
4. Пуляев Н.Н. Оптимизация процессов и решений: монография. М.: "Автограф", 2019. 90 с.
5. Шепелина, П. В. Особенности механизма взаимодействия различных видов транспорта в логистической системе / П. В. Шепелина // *Строительные и дорожные машины*. – 2020. – № 1. – С. 32-34.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ В РФ

Коротких Ю. С., к.э.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Автомобильный транспорт стал неотъемлемой частью в жизни каждого человека. Для реализации всех процессов, осуществляющих движение

автомобильного транспорта необходимо наличие соответствующего дорожного полотна и грамотно организованной дорожной сети. Что обуславливает актуальность рассмотрение данного вопроса, в результате чего будет приведён анализ развития и текущего состояния системы дорог в Российской Федерации со сравнительной характеристикой сети дорог в США.

Основные задачи дорожной отрасли в Российской Федерации: улучшение социально-экономического положения страны, освоение новых территорий, снижение издержек при автомобильных перевозках, укрепление обороноспособности.

Ниже приведена классификация автомобильных дорог общего пользования:

- Дороги федерального значения;
- Дороги регионального значения;
- Дороги местного значения.

Также, как отдельный вид выделяют автодороги частного пользования.

Постановлением Правительства РФ от 17.11.2010 № 928 «О перечне автомобильных дорог общего пользования федерального значения» были утверждены новые учетные номера автодорог федерального значения [1]. Переход к обязательному их использованию завершился 1 января 2018 года. Ранее действовал официальный перечень, утвержденный Постановлением Правительства РСФСР от 24.12.1991 № 62[2].

Учетный номер с заглавной буквы «М» имеют автодороги федерального значения, соединяющие Москву со столицами иностранных государств и административными центрами субъектов РФ («Москва»). Буква «Р» — автодороги федерального значения, соединяющие административные центры РФ («Регион»). Буква «А» — автодороги федерального значения, являющиеся подъездом к крупнейшим транспортным узлам и специальным объектам либо подъездом от административного центра субъекта РФ, не имеющего дорожной связи с Москвой, к морским или речным портам, аэропортам и железнодорожным станциям либо границам других государств; автодороги, соединяющие дороги федерального значения между собой («Автомагистраль»).

Основными функциями автомобильных дорог являются доступность и мобильность.

Протяжённость дорожного полотна в России составляет 1529373,4 км на период 2020 г. В США эта величина приравнивается к 6,5 млн км притом, что площадь их территории почти вдвое меньше площади нашего государства [3].

Второй аспект заключается в укладке дорожного полотна. На его строительство в РФ ежегодно выделяются бюджетные средства. Технология укладки дорог на территории РФ считается устаревшей, требует частого ремонта

и не отвечает климатическим условиям. В то время, как в Соединенных Штатах давно используют бетонные плиты, стянутые стальными тросами. Благодаря этой технологии строительство обходится более дешево, имея высокое качество.

В целом, если рассматривать период за последние 10 лет, в РФ улучшилось качество автодорог. И по оценкам Всемирного экономического форума наша страна поднялась со 136-го места на 99-е из 141-й рассматриваемой страны. Несмотря на эту положительную динамику, качество дорог остается на достаточно низком уровне [4].

Но вышеперечисленные факторы играют не столь значительную роль. Более подробно мы остановимся на топологиях (схемах) дорожной сети.

Существующие планировочные схемы улично-дорожной сети: радиальная, радиально-кольцевая, прямоугольная, прямоугольно-диагональная, смешанная

В России используется радиально-кольцевая система дорог, центром которой является Москва. Чуть ранее она была радиальной.

Недостатками данной схемы являются небольшая пропускная способность и большая перегрузка в центре пересечения радиальных магистралей. Позднее данную проблему попытались решить путём добавления поперечных кольцевых связей. И в час пик, действительно, немного удалось снизить нагрузку на центр, но этот показатель оказался очень незначительным.

Данную схему можно наблюдать и на железнодорожном транспорте, а наиболее ярким примером будет Московское метро.

Лучше всего себя зарекомендовала прямоугольная дорожная сеть. Схематично она представляет собой "решётку". Лишь благодаря этой модели удаётся снизить процент транзита на центр более чем в 8 раз в сравнении с радиальной и в 4 раза в сравнении с радиально-кольцевой. На данной топологии устроено большинство дорог в США, и именно она является ведущей во всем мире. Во время большой загруженности транспортных узлов достаточно легко совершить объезд, т. к. доступно сразу несколько альтернативных маршрутов, что значительно экономит время. В тот момент, когда на радиально-кольцевой схеме вектор движения будет единственным в случае аварии или другой чрезвычайной ситуации [5, 6].

Однако, благодаря последним исследованиям специалистов в данной области, при проектировании новых городов на территории РФ строят дороги по типу прямоугольной системы.

Исходя из данных факторов можно сделать следующие выводы:

Необходимо проводить анализ ведущих автодорожных сетей и перенимать опыт зарубежных коллег при строительстве и проектировании.

Возможные пути решения поставленной проблемы: изменить технологию и материал дорожного полотна на бетонные плиты. Это значительно сократит расходы из бюджета на данную отрасль.

Переход от топологии радиально-кольцевой сети к смешанной, путём добавления прямоугольных связей между кварталами позволит не создавать скопление машин в городе, и ускорит процесс доставки грузов и пассажиров точно-в срок [7].

Также, проводя данные мероприятия по развитию дорожной сети нельзя забывать о том, чтобы они не нарушали целостность экологической обстановки на данной территории.

Библиографический список

1. Пуляев Н. Н. Оптимизация процессов и решений / Н.Н. Пуляев -М.: ООО «Автограф», 2019. -90 с.
2. Коротких, Ю. С. Моделирование прибыльных процессов / Ю. С. Коротких , Н. Н. Пуляев . - М.: ООО "Автограф", 2019. - 150 с.
3. Морозов П.А. К вопросу движения грузового автомобильного транспорта в условиях города Москвы / П.А. Морозов, Ю.С. Коротких // Наука без границ. 2020. № 7 (47). С. 43-47.
4. Коротких Ю. С. Международные перевозки / Ю.С. Коротких -М.: ООО «Автограф», 2018. -250 с.
5. Бочкарев А. А. Логистика городских транспортных систем / А.А. Бочкарев, П.А. Бочкарев -М.: Юрайт, 2017. -150 с.
6. Егоров Р. Н. Планирование грузовых автомобильных перевозок / Р.Н. Егоров, А.Е. Лелетко // В сборнике: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2021. С. 147-151.
7. Куфтинова Н. Г. Проблема интеллектуального анализа данных при моделировании транспортных потоков мегаполиса / Н.Г. Куфтинова // Мир транспорта. 2020. № 18 (5). С. 24-40.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОЕКТА ВТОРОГО ТРАНСПОРТНОГО КОЛЬЦА

Ли Сю Ань, магистрант

*Научный руководитель: Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия*

Московское метро – шестое в мире по интенсивности использования после метрополитенов Пекина, Токио, Шанхая, Сеула и Гуанчжоу, шестое – по длине эксплуатируемых линий. Эксплуатацию метрополитена осуществляет ГУП «Московский метрополитен» (полное название – государственное унитарное предприятие города Москвы «Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени метрополитен имени В.И. Ленина») [1-7].

В конце 2011-го возникло предложение объединить северное полукольцо с южным. Замкнуть линию планировали на «Авиамоторной». В таком виде в 2012 году проект приняло Правительство Москвы.

Трассу нового кольца ещё несколько раз корректировали. Например, участок от «Рижской» до «Авиамоторной» решили прокладывать не через «Красносельскую» и «Бауманскую», а через «Сокольники» и «Электrozаводскую». Это сильно упростило строительство и отодвинуло линию дальше от Кольцевой.

После в проекте появились пересадочные узлы с кроссплатформенной пересадкой, когда на разных сторонах одной платформы объединяют направления двух веток. Несколько станций решили делать двухпутными, где по одному тоннелю в разных направлениях движутся два поезда. Пути в них строят в центре станции, а платформы – по бокам.

В прошлом году сразу несколько станций ТПК получили новые названия: «Рижская» стала «Ржевской», «Марьино» – «Шереметьевской», «Кунцевская» – «Можайской», «Нижегородская улица» – «Карачаровом», «Электrozаводская» – «Рубцовской», «Сокольники» – «Стромынкой», «Калужская» – «Воронцовской», а «Нагатинский Затон» переименован в «Кленовый бульвар».

Для сбора данных использовались вопросники. В общей сложности методом анкетирования было выдано 26 анкет с использованием двух форм офлайн-рассылки анкет и онлайн-рассылки анкет по электронной почте. Было восстановлено 26 анкет, в том числе 26 действительных анкет.

Группы, заполнившие анкету, состояли из главного инженера проектного отдела, заместителя главного инженера Проектного отдела, главного инженера-геодезиста Проектного отдела, главного электрика проектного отдела, министра

материалов Проектного отдела, министра безопасности Проектного отдела, министр инженерных работ Проектного департамента, министр финансов Проектного департамента, министр экономического планирования Проектного департамента, главный инспектор по безопасности строительной площадки, начальник строительной площадки, заместитель начальника строительной площадки, а также водитель щита и механик-водитель. Каждый из них имеет более чем 4-летний опыт работы в отрасли, и с точки зрения профессиональных навыков они имеют одинаковый вес.

Иерархический кластерный анализ.

Эта процедура [1-5] предназначена для выявления относительно однородных групп наблюдений (или переменных) по заданным характеристикам при помощи алгоритма, который вначале рассматривает каждое наблюдение (переменную) как отдельный кластер, а затем последовательно объединяет кластеры, пока не останется только один. Можно анализировать исходные переменные или воспользоваться набором стандартизирующих преобразований.

Рассмотрим основные этапы иерархического анализа. Метод анализа иерархий (МАИ) состоит в декомпозиции проблемы на более простые составные части и дальнейшей обработке последовательности суждений эксперта по парным сравнениям. Метод анализа иерархий служит для обоснования принятия решений в условиях определенности и многокритериальности. Метод базируется на следующих принципах.

Принцип декомпозиции. Данный принцип предусматривает структурирование проблемы в виде иерархии, что является первым этапом применения МАИ. Иерархия считается полной, если каждый элемент заданного уровня связан со всеми элементами последующего уровня. Простейшая полная иерархия проблемы многокритериального выбора включает в себя три уровня (рис. 1): цель; критерии; альтернативы.



Рис. 1. Иерархия проблем

Иерархический анализ проводится в четыре этапа.

Этап 1. Формируется иерархическая структура целей. Реализация задачи декомпозиции принятия решений и выделения основных целей, подцелей и различных целевых функций (альтернатив). Элементы одного и того же уровня должны быть сопоставимы друг с другом с точки зрения возможности расстановки приоритетов.

Этап 2. Определение приоритетов. Чтобы установить приоритеты критериев, получить оценки для альтернативных решений, строятся матрицы парных сравнений A .

$$A = a_{ij},$$

где a_{ij} – матрица парных сравнений является результатом измерения по фундаментальной шкале степени предпочтительности альтернативы A_i по отношению к альтернативе A_j .

Следует помнить, что между собой сравниваются элементы принадлежащие к одному уровню иерархии. При построении матриц парных сравнений пользуются фундаментальной шкалой предпочтений (шкалой относительной важности) (таблица 1).

Таблица 1 Фундаментальная шкала предпочтений (шкала относительной важности)

a_{ij}	Пояснения
1	Равная важность сравниваемых элементов иерархии. Оба сравниваемых элемента имеют <i>одинаковую</i> значимость для элемента более высокого уровня
3	Умеренное превосходство i -го элемента иерархии над j -ым. Предшествующий опыт и оценка говорят <i>о немного большей</i> значимости одного элемента по сравнению с другим
5	Существенное или сильное превосходство i -го элемента. Предшествующий опыт и оценка говорят <i>о более высокой</i> значимости одного элемента по сравнению с другим
7	Значительное превосходство i -го элемента. <i>Очень высокая</i> значимость элемента явно проявилась в прошлом
9	Очень значительное превосходство i -го элемента. Речь идет о <i>максимально возможном различии</i> между двумя элементами
2, 4, 6, 8	Промежуточные степени превосходства. Значения попадают в интервал <i>между</i> определенными выше баллами значимости

Количество ответов экспертов для построения матрицы парных сравнений для n сравниваемых элементов равно

$$2n \cdot (n - 1) / 2.$$

Или

$$n^2/2 - n/2.$$

При заполнении матрицы парных сравнений достаточно определить элементы, расположенные над главной диагональю матрицы. Элементы под диагональю согласно свойству обратной симметричности матрицы вычисляются по формуле $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Первоначально строится матрица парных сравнений для критериев, используемых в иерархии.

Этап 3.

Расчет локальных векторов приоритетов. Для каждой матрицы мы можем рассчитать локальные приоритеты сравниваемых элементов. Каждой строке матрицы, а, следовательно, соответствующему элементу, ставим в соответствие геометрическое среднее ее элементов. Суммируя полученные результаты, делим геометрические средние каждой из строк матрицы на эту сумму. В результате получаем локальные приоритеты соответствующих сравниваемых элементов.

Этап 4.

Проверка ограниченности оценки приоритетов. На этом этапе вычисляется так называемый индекс согласованности (ИС) суждений по каждой матрице

$$NC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

где n – размерность матрицы.

Величина λ_{max} вычисляется следующим образом:

1 суммируется каждый столбец матрицы парных сравнений;

2 сумма первого столбца умножается на первую компоненту локального вектора приоритетов (расположен в первой строке столбца 9 в примере), сумма второго столбца на вторую компоненту и т. д.; полученные произведения суммируются.

Этап 5.

Расчет приоритетов для всей иерархии в совокупности.

Используем непосредственно к принципу синтеза приоритетов.

Локальные приоритеты альтернатив умножаются на приоритеты соответствующих критериев уровня и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями. В результате определяются глобальные приоритеты альтернатив с учетом приоритетов критериев. Наиболее высокий рейтинг будет соответствовать альтернативе с наибольшим значением глобального приоритета.

Создание модели оценки рисков.

На основе рисков, выявленных [6, 7] в ходе идентификации рисков проекта Второй кольцевой линии Московского метрополитена, в настоящем документе устанавливаются соответствующие общие показатели идентификации рисков, как показано в табл. 2.

Таблица 2 Методика расчета при оценке рисков

	Категория риска	Показатели оценки рисков
Анализ рисков проекта Второй кольцевой линии Московского метрополитена	Рыночный риск (A_1)	Метро конкурирует с другими видами транспорта (A_{11})
		Точность прогноза пассажиропотока (A_{12})
	Риск капитала (A_2)	Риск изменения процентной ставки (A_{21})
		Финансовый риск (A_{22})
		Инвестиционный инфляционный риск (A_{23})
	Технический риск (A_3)	Риск в области инженерных технологий (A_{31})
		Риск состояния оборудования (A_{32})
	Ресурсный риск (A_4)	Водные ресурсы (A_{41})
		Электрическая энергия (A_{42})
		Земельные ресурсы (A_{43})
	Строительный риск (A_5)	Риск завершения работ (A_{51})
		Риск инженерных изменений (A_{52})
		Неблагоприятная работа поставщика материалов и риск неисполнения обязательств (A_{53})
		Риск технической аварии (A_{54})
Другие риски (A_6)	Риск украшения (A_{61})	

Среди них A представляет систему индексов оценки рисков, A_i представляет индекс оценки рисков первого уровня, A_{ii} представляет индекс оценки рисков второго уровня.

Предложенный подход позволит сделать процесс управления рисками при строительстве метрополитена более эффективным. Он поможет более детально и точно производить качественный анализ в цепи управления рисками, в том числе, с использованием обработанных архивных данных. В настоящий момент для практической реализации необходимо разработать методику оценки каскада геотехнических рисков при строительстве метрополитенов для последующего количественного анализа.

Библиографический список

1. Исследования по управлению рисками безопасности на этапе строительства проектов метрополитена [БКР]// Чэнь Юаньцзянь- Режим доступа:1111-(дата обращения: 16.03.2022).
2. Исследование и оценка рисков глубоких котлованов, прилегающих к линиям метро [Гражданское строительство и управление Прессой]// Пэн Тао, Пэн Циншунь- Режим доступа:1111-(дата обращения: 19.02.2022).
3. Выявление и анализ рисков безопасности при строительстве метро Шэньчжэня Проект[БКР]// Ван Сяолей- Режим доступа:1111-(дата обращения: 10.03.2022).
4. Исследование по управлению рисками Проекта расширения линии 2 Шэньянского метрополитена[БКР]// Лу Чжэн- Режим доступа:1111-(дата обращения: 19.03.2022).
5. Анализ рисков проекта метро в Сиане[газета]// Су Яньли- Режим доступа:1111-(дата обращения: 20.03.2022).
6. Зачем московскому метро еще одно кольцо [Электронные ресурсы] -Режим доступа: https://progulkipomoskve.ru/vtoroe_bolshoe_kolco_metro_moskvy_istoriya_stroitelstvo -(дата обращения: 22.03.2022).
7. Москва по кругу: каким станет второе кольцо метро [Электронные ресурсы] //Строительство и реконструкция-Режим доступа: <https://www.mos.ru/news/item/8831073/>-(дата обращения: 24.03.2022).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ МОДУЛЬНЫХ АВТОПОЕЗДОВ В ПРОЦЕССАХ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Меркулов В. Д., магистрант

Научный руководитель: Виноградов О. В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Основа формирования типажа автомобильной техники на базе модульных принципов состоит в том, что создаваемая автомобильная техника должна одновременно отвечать ряду главных критериев [3]. Это обеспечит возможность ее широкого практического применения. К таким критериям относят следующие:

- более высокая производительность и сокращение непроизводительных затрат, включая фонд оплаты труда водителей;
- более высокая рентабельность по сравнению с классическими аналогами;
- конструктивная реализация более оперативных решений по погрузке и разгрузке транспортных средств;
- повышение массы перевозимого груза (грузоподъемности);
- повышение объема перевозимого груза (грузовместимости);
- повышение средней технической скорости на маршруте;
- уменьшение расхода топлива;
- более низкая себестоимость изготовления по сравнению с обычными аналогами, а значит, и более низкая цена для потребителя;
- возможность более простой адаптации конструкции к требованиям перевозчиков и водителей;
- снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду (удельные выбросы на единицу веса транспортного средства);
- уменьшение удельной трудоемкости технического обслуживания и текущего ремонта на 1000 км пробега;
- обеспечение заданного ресурса автотранспортного средства до списания;
- уменьшение времени простоя в ремонте;
- возможность сочетания в составе транспортного средства грузовых модулей (звеньев) различной полной массы;
- повышение коэффициента использования парка.

Согласно приведенному комплексу критериев транспортные средства должны превосходить существующие классические аналоги, иначе новые автопоезда будут невостребованными на рынке [1]. В соответствии с данными критериями типаж автопоездов может быть не только сформирован на основе модульных принципов, но и оптимизирован.

Определенные трудности при создании магистральных автопоездов доставляют массогабаритные ограничения, установленные действующими национальными нормативными документами. Например, предельные осевые нагрузки на дорогу принимаются с учетом прочности и износостойкости дорожных покрытий, стоимости строительства и содержания дорог. Кроме того,

в этих документах в зависимости от типа моста (оси) автотранспортного средства и его конфигурации (ведущий, пассивный, одинарный, двоярный или строенный) устанавливаются другие ограничения, так как износ дорожного покрытия при увеличении нагрузки на ведущий мост автомобиля растет более интенсивно, чем в случае пассивной оси, а также зависит от расстояния между смежными осями. Максимально допустимые габариты транспортных средств устанавливаются соответствующими национальными нормативными документами с учетом имеющихся и строящихся дорожных сооружений, высоты мостов, туннелей и т. п. Например, в Беларуси и России максимальная длина магистрального автопоезда не может превышать 20 м. В том случае, если транспортное средство имеет габариты и массы, превышающие допустимые нормативными документами, оно может перемещаться по дорогам общего пользования по особым разрешениям и с соблюдением ряда условий, что оговаривается отдельными нормативными документами.

Актуальной является задача дальнейшего развития нормативных правовых и технических актов по допустимым параметрам автотранспортных средств для стран СНГ, Дальнего и Ближнего Востока, что создаст правовые условия для эксплуатации многосвязных автопоездов и повышения экономической эффективности автомобильных перевозок [6]. Это включает перспективные предложения по увеличению значений максимальных разрешенных общих длин и масс магистральных автопоездов. В их основе заложено дифференцирование максимальных массовых и габаритных (общая длина) параметров многосвязных магистральных автопоездов в зависимости от количества звеньев при соблюдении ограничений по осевым нагрузкам, общей высоте и ширине магистральных автопоездов [2].

На наш взгляд, в типаже перспективных магистральных многосвязных автопоездов следует предусмотреть следующие массы и длины звеньев как максимально допустимые:

1) общая масса звеньев, т:

двухосный тягач (тележка) + двухосный полуприцеп – 40;

двухосный тягач (тележка) + трехосный полуприцеп – 42;

трехосный тягач + двухосный полуприцеп – 42;

трехосный тягач + трехосный полуприцеп с 40-футовым ISO-контейнером, используемым для смешанных перевозок, – 47;

2) общая длина звена, м:

головное звено – 20;

прицепное звено – 16,5;

3) общая длина автопоезда, м:

двухзвенный $(20 + 16,5) = 36,5$;

трехзвенный $(20 + 16,5 + 16,5) = 53$;

четырёхзвенный $(20 + 16,5 + 16,5 + 16,5) = 69,5$;

пятизвенный $(20 + 16,5 + 16,5 + 16,5 + 16,5) = 86$.

Приведенные максимально разрешенные общие массы прицепных и седельных звеньев многосвязных автопоездов являются более прогрессивными и обеспечат эффективную магистральную перевозку грузов.

В типаже магистральных многозвенных автопоездов есть возможность создания унифицированных семейств автомобилей и автопоездов на основе модульных принципов с использованием готовых модулей [4]. Этот метод конструирования автомобилей из унифицированных и стандартных деталей и узлов многократного использования позволяет значительно уменьшить объем конструкторских работ и сократить сроки проектирования, освоения и подготовки производства, создать специализированные производства, уменьшить номенклатуру и число типоразмеров конструктивных элементов деталей. В качестве главного параметра в типаже многозвенных магистральных автопоездов может быть принята полная масса как величина, наиболее полно выражающая технические и эксплуатационные свойства и остающаяся постоянной при возможных технических усовершенствованиях в период действия типажа.

В качестве основных параметров базовых моделей автомобилей и автопоездов рекомендуется принять принадлежность автотранспортного средства к определенной группе по габаритной длине, осевой нагрузке, колесной формуле, грузоподъемности, колесной базе, типу и мощности источников энергии, долговечности и др. Структура перспективного типажа автомобильной техники, построенной на основе модульных принципов, предпочтительно должна основываться на ее функциональном назначении, принципе использования и условиях эксплуатации. Модульные транспортные средства должны учитывать необходимость использования автомобилей и автопоездов для местных, региональных, междугородных и международных перевозок [2].

Полную массу автопоезда, как один из главных параметров типажа, следует определять из условий, что она не должна превышать значений, ограниченных сцепным весом ведущего моста (мостов), соответствия масс звеньев автопоезда и допустимого их соотношения критериям безопасности движения в заданных дорожных условиях. При принятых максимально допустимых осевых нагрузках на одиночную ось и на тележку мостов, в типаже следует предусмотреть полные массы звеньев в соответствии с принципами и численными значениями [6]. Габаритную длину звеньев и автопоезда предлагаем выбирать на основе предложенных значений (рисунок 1). Грузоподъемность автотранспортного средства является одним из важнейших основных параметров типажа, характеризующих его производительность. В отличие от постоянного значения главного параметра – полной массы – грузоподъемность даже при одной и той же полной массе является величиной переменной, зависимой от колесной базы и длины автомобиля, его комплектации, и прежде всего – конструкции смонтированного на шасси звена кузова [7]. Следовательно, основой для назначения грузоподъемности автомобиля должна являться грузоподъемность его шасси. Поэтому в типаже необходимо указывать грузоподъемность как шасси, так и базовых моделей звеньев, отличающихся колесной базой, комплектацией (например, различными двигателями) и смонтированным на шасси оборудованием.

Грузовместимость многозвенных автопоездов главным образом определяет цель их создания и вносит основной вклад в повышение эффективности магистральных перевозок грузов [5].

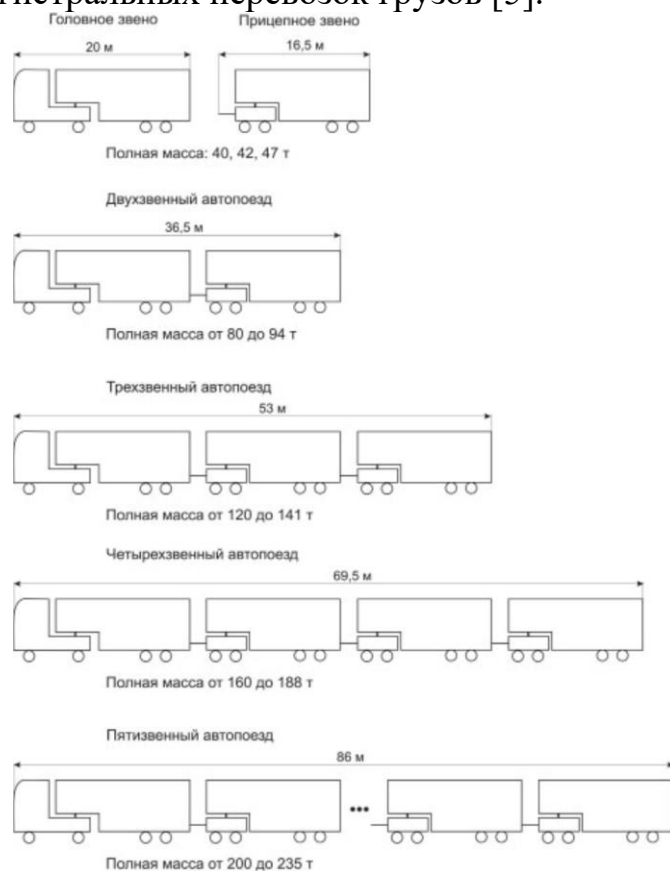


Рис. 1. Полная масса и габаритная длина моделей перспективного типажа многозвенных модульных автопоездов

Проведенный анализ условий реализации эксплуатационных свойств автопоездов свидетельствует о широком разнообразии дорожных и климатических составляющих условий, оказывающих большое влияние на сцепные свойства. Эффективно применяться многозвенные автопоезда в таких условиях могут при реализации различных колесных формул. Эксплуатация многозвенных автопоездов в менее благоприятных дорожных условиях (заснеженные дороги, гололед и др.) целесообразна при использовании автопоезда с полноприводными или многоприводными головными тягачами (колесная формула 4x4, 6x4, 6x6), полноприводными тяговыми тележками и/или приводными колесами грузовых модулей (полуприцепов). В этом случае автопоезду будет обеспечена возможность движения в ухудшенных дорожно-сцепных условиях. На автомагистралях с дорожным покрытием высокого качества, имеющих не менее двух полос для движения в одном направлении, целесообразно использовать многозвенные автопоезда со звеньями, имеющими одну ведущую ось. Накопленный опыт производственными и эксплуатирующими организациями показал, что достигаемое при этом использование сцепного веса не менее 0,25 обеспечивает реализацию заданных тягово-скоростных и топливно-экономических свойств. Необходимость эксплуатации многозвенных автопоездов в гористой местности и в целом в

дорожных условиях с повышенным сопротивлением движению требует существенного увеличения количества ведущих осей для обеспечения заданных тягово-скоростных свойств. В данном случае целесообразно, чтобы не менее половины общего веса автопоезда приходилось на его ведущие мосты, а тяговые подкатные тележки должны быть полноприводными. При этом в зависимости от компоновочной схемы головной тягач может быть также полноприводным или иметь колесную формулу бх4. В заключение можно отметить, что применение многозвенных модульных автопоездов в процессах транспортной логистики позволит существенно снизить себестоимость доставки грузов автомобильным транспортом при условии снятия законодательных ограничений на подобные решения.

Библиографический список

1. Белоусов, Б. Н. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкция. Теория. Расчет [Текст]/Б.Н. Белоусов, С. Д. Попов ;под общ. ред. Б. Н. Белоусова. – М., 2006. – 728с.
2. Высоцкий М.С., Кочетов С.И., Харитончик С.В. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов. Минск: Беларус. навука, 2015. с. 95-96
3. Дидманидзе О.Н, Солнцев А.А., Митягин Г.Е. Техническая эксплуатация автомобилей. Учебник. М.: УМЦ «Триада», 2012. 455 с.
4. Княгинин В.Н. Модульная революция: распространение модульного дизайна и эпоха модульных платформ: учеб. пособие / под ред. М. С. Липецкой, С. А. Шмелевой. – СПб., 2013. — 80 с.
5. Москвичев Д.А., О.В. Виноградов Оптимизация производства схемами поставок модульных транспортных средств // Грузовик. – 2018. – №4. – С. 21-23.
6. Модульные принципы построения автопоездов для междугородных, международных и трансконтинентальных перевозок грузов: отчет о НИР (заключ.) / ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»; науч. рук. акад. М.С. Высоцкий. – Минск, 2008. – 50 с.
7. Тимохин – Смирнов М.А., Виноградов О.В. Повышение уровня технического обслуживания и эксплуатации на автотранспортном предприятии путем внедрения автотранспортных средств модульной конструкции // Научные перспективы XXI века. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск, 2015.

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ В ПОРТУ С НАВАЛОЧНО-НАСЫПНЫМИ ГРУЗАМИ

Моргунов А. С., студент

Махова Н. Б., к.т.н.

Научный руководитель: Новиков В. К., д.т.н., профессор

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Порты, являясь крупными транспортными узлами по хранению и перегрузке различных грузов с одного вида транспорта на другой, своей эксплуатационной деятельностью оказывают негативное воздействие на атмосферный воздух, почву, акваторию порта и прилегающую к порту территорию. Наиболее существенно это влияние проявляется вследствие пыления при хранении и перегрузочных операциях с навалочно-насыпными грузами, которые составляют около 70 % объема перевозимых водным транспортом [1,2].

К навалочно-насыпным грузам относятся: апатит, нефелиновый и железорудный концентраты, цемент и другие сыпучие грузы (угли различных марок, песок, комовая сера и пр.), содержащие в своем составе мелкие частицы, которые склонны к пылеобразованию [1].

Интенсивное пыление при перегрузочных работах с навалочно-насыпными грузами приводит к безвозвратным потерям груза от пылеуноса взвешенных частиц воздушными потоками. При этом пыль оседает на территории и акватории порта и прилегающих к нему районах, оказывая негативное воздействие, как на окружающую среду, так и на население, проживающее в районе порта [3].

Ряд навалочно-насыпных грузов (минеральные удобрения, комовая сера и др.) способны образовывать пожаровзрывоопасные пылевоздушные смеси, которые при определенных концентрациях взрывоопасны [4].

Наиболее распространенными способами перегрузки навалочно-насыпных грузов в портах в основном являются три следующих способа: с использованием грейферных кранов и перегружателей; конвейерным транспортом (специализированными установками); с помощью пневмоустановок.

Показано, что «при крановой схеме механизации потери груза составляют (1,0–2,3) % от грузооборота, а запыленность воздуха превышает установленные санитарные нормы в десятки, сотни и даже тысячи раз. Анализ причин, способствующих процессу пылеобразования при перегрузке навалочно-

насыпных грузов грейферными кранами и перегружателями, показывает, что основным источником пыления и источником искрения (зажигания пылевоздушной смеси) является сам грейфер» [5].

Специализированные установки, обладая высокой производительностью, имеют значительное количество узлов перегрузки, что осложняет борьбу с пылью. Потери груза на этих комплексах составляют (0,1–0,5) %, а запыленность воздуха достигает 2000 мг/м^3 при величине предельно допустимой концентрации воздуха рабочей зоны (4–6) мг/м^3 [5].

Пнемоустановки позволяют исключить пыление по всей трассе перемещения навалочно-насыпных грузов и при этом свести до минимума потери груза от пылеобразования и пылеуноса. Однако запыленность воздуха в зоне работы этих машин достигает до 150 мг/м^3 , а в трюме судна — (75–100) мг/м^3 [5].

Таким образом, навалочно-насыпные грузы независимо от их физико-механических свойств объединяет между собой наличие в их фракционном составе мелких частиц, что вызывает пылеобразование при их перегрузке и хранении в порту открытым способом.

Применяемые в настоящее время способы перегрузки и перегрузочное оборудование для сыпучих навалочно-насыпных грузов оказывают негативное влияние на окружающую среду в порту и прилегающей территории, создавая уровни запыленности воздуха, превышающие санитарные нормы [6], как это, для примера, показано на рис. 1.



Рис. 1. Состояние атмосферы в районе погрузки угля

Экологическая и санитарно-гигиеническая оценка существующей технологии перегрузки навалочно-насыпных грузов показывает, что перегрузка в портах руды, угля, минерально-строительных, химических и зерновых грузов сопровождается интенсивным загрязнением атмосферного воздуха твердыми аэрозолями фракцией размером от 0 до 100 мкм. При этом интенсивность загрязнения воздушной среды зависит как от физико - химических свойств

перегружаемого груза, так и от способа перегрузки. Аналогичное загрязнение атмосферного воздуха происходит на прилегающих к порту акватории, промышленных площадок и жилых районах, размещенных вокруг порта.

Пылевыведение в ходе перегрузочных работ с навалочно-насыпными грузами и последующая седиментация пыли из атмосферного воздуха является основным источником ухудшения качественного состава водной среды в районе порта. Удельный вес этих источников в общем объеме взвешенных веществ, поступающих в водную среду в районе порта, составляет порядка 70 %. В крупных портах со значительным потоком пылящих грузов абсолютное количество этих веществ может достигать 1000 т в год. Так, по опыту работы Вентспилского порта по перегрузке хлористого калия на специализированном комплексе показано, что прилегающей к порту территории рассеивается 7450 т [7].

Данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу, полученные на основании анализа документации для портов Черноморско - Азовского бассейна (на примере порта Евпатория), показывают, что выбросы пыли при перегрузке навалочно-насыпных грузов составляют от общего валового выброса всех источников порта от 12,5 % до 85,75 % [8].

Таким образом, основное неблагоприятное с экологической точки зрения воздействие на окружающую среду при перегрузке навалочно-насыпных грузов, как правило, оказывает сам перегружаемый груз. Основной объем образующейся пыли, например, угольной поступает в атмосферу в случае:

- падения струи груза при перегрузке;
- сдувания под воздействием ветрового потока пылевой фракции со свободной поверхности груза;
- механического воздействия на груз.

Исходя из этого, в ходе проведения специальных исследований должны разрабатываться соответствующие меры и мероприятия, снижающие негативное воздействие перегрузочных процессов навалочно-насыпных грузов на окружающую среду [9].

Таким образом, проведенные исследования показали, что перегрузочные операции с навалочно-насыпными грузами в порту приводят к существенному загрязнению атмосферного воздуха в районе порта, акватории порта и прилегающей к порту территории.

Библиографический список

1 Насыпные и навалочные грузы. <http://beltransways.com/nasypnye-i-navalochnye-gruzu/>

2 Особенности перевозки навалочных и насыпных грузов. URL: <https://topuch.ru/osobennosti-perevozki-navalochnih-i-nasipnih-gruzov/index.html> (дата обращения: 28.04.2022).

3 Пылящий вопрос. URL: <http://www.morvesti.ru/analitika/1692/31749/> (дата обращения: 28.04.2022).

4. 9 обычных рисков, связанных навалочными/насыпными грузами. URL: <https://more-angl.ru/morskoe-sudno/9-obychnyh-riskov-svyazannyh-s-navalochnym-nasypnym-gruzom-na-sudah/> (дата обращения: 29.04.2022).

5. Новиков В.К., Кожин Д.Г. Экологические аспекты эксплуатации перегрузочного оборудования в порту. Учебное пособие. - М.: МГАВТ, 2015. - 143 с.

6. Санитарно-гигиенического надзора при перевозке и перегрузке пылящих навалочных грузов в портах методические указания. МУ 3169-84.

7. Посыпать голову солью. URL: https://www.belgazeta.by/ru/2005_03_14/ekonomika/9192/

8. Экология морских портов (Черноморско-Азовский бассейн). https://www.researchgate.net/publication/324169848_Ekologia_morskih_portov_Cernomorsko-Azovskij_bassejn (дата обращения: 29.04.2022).

9. Инженерные методы защиты атмосферы при перегрузке пылящих навалочных грузов в порту. URL: https://vuzdoc.org/11470/estestvoznание/inzhenernye_metody_zaschity_atmosfery_peregruzke_pylyaschih_navlochnyh_gruzov_portu (дата обращения: 29.04.2022).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ В АПК

Некрасов С. И., аспирант

*Научный руководитель: Горностаев В. И., к.т.н., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА
имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия*

Благодаря повсеместному развитию и распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений, развитию технологий межмашинного взаимодействия появилась возможность автоматизировать процесс сбора телеметрической информации с различных видов датчиков, что открывает возможности для удаленной диагностики и контролю рационального распределения целевого использования производственных ресурсов, в том числе

в автоматическом режиме. В этом случае диагностика осуществляется удаленным сервером на основе накопленных и оперативных данных.

В данной работе будет разработан программно-аппаратного комплекса и программных модулей, позволяющих минимизировать затраты на разработку, внедрение, эксплуатацию и последующую модернизацию систем управления распределения и контроля производственных ресурсов АПК. Архитектура решения представлена на рисунке 1.

В состав программно-аппаратного комплекса входят: микроконтроллера, платформы обеспечивающий передачу информацию с помощью GPS/ГЛОНАСС, программного ядра, располагающего на сервере, ПО установленного на стационарные ПК и мобильные устройства, облачный сервер. С помощью нашего проекта решается проблема себестоимости продукции АПК, за счет минимизации затрат механизации и рационального распределяя ресурсов Мы решаем проблему контроля и планирования использования производственных ресурсов.

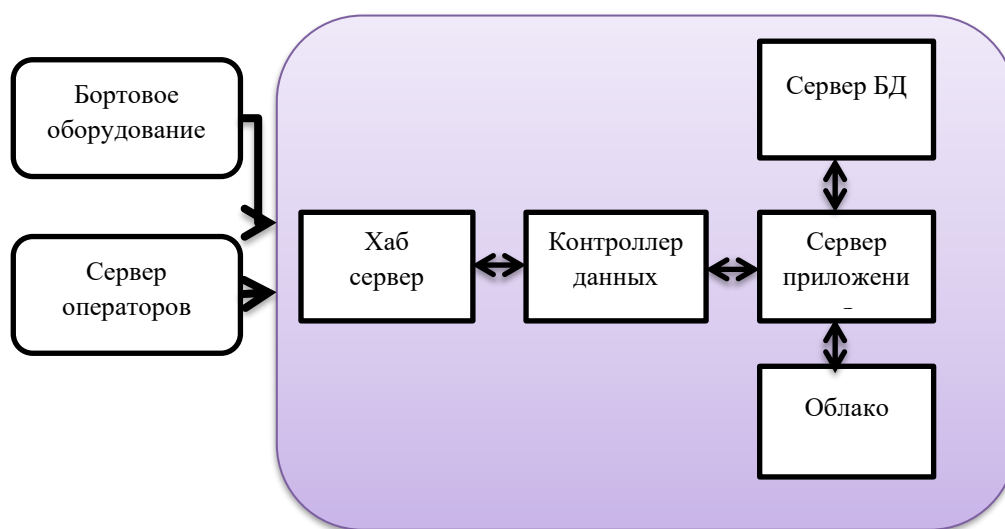


Рис.1. - Архитектура решения

Представляемый программно-аппаратный комплекс позволит отслеживать перемещение и транспортных средств, контролировать расходование топлива, создавать контрольные зоны и маршруты, собирать отчеты. Платформа даст возможность своевременно контролировать состояние системы, а также использовать весь спектр разнообразных возможностей проведения как отдельных прямых экспериментов типа «если-то», так и серий подобных экспериментов для решения всевозможных обратных задач, направленных на

поиск параметров модели, оптимизирующих ее функционирование. Функционал ПАК'а представлен на рисунке 2.

Внедрение разрабатываемого ПАК позволит потребителю рационально распределять ресурсы внутри хозяйствующих субъектов, а также взаимодействовать с другими организациями и обмениваться ресурсами (или совместно владеть ресурсами) с максимальной эффективностью. Предварительно моделировать различные ситуации и выбирать наиболее эффективные решения для реализуемых процессов [4-7].

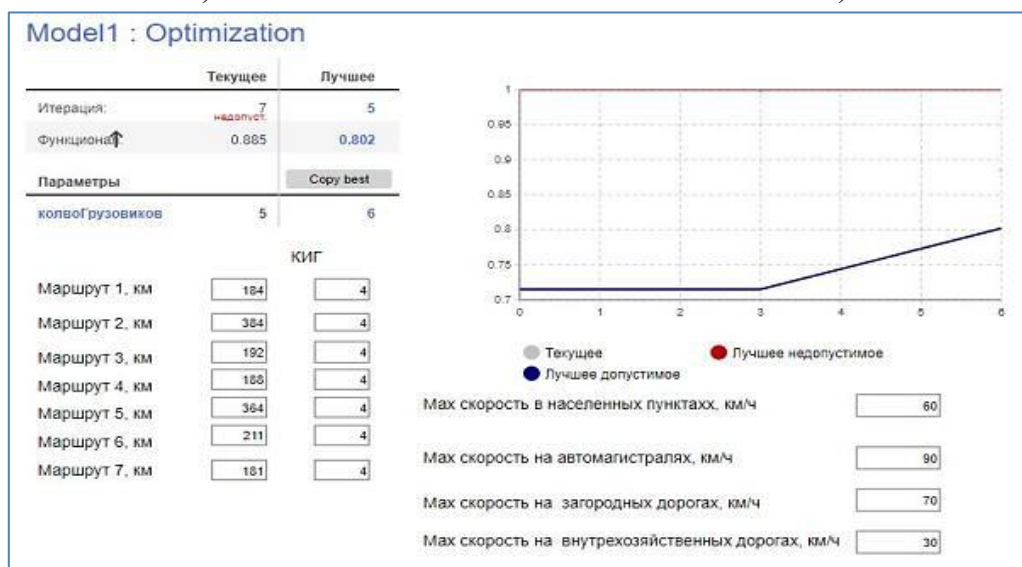
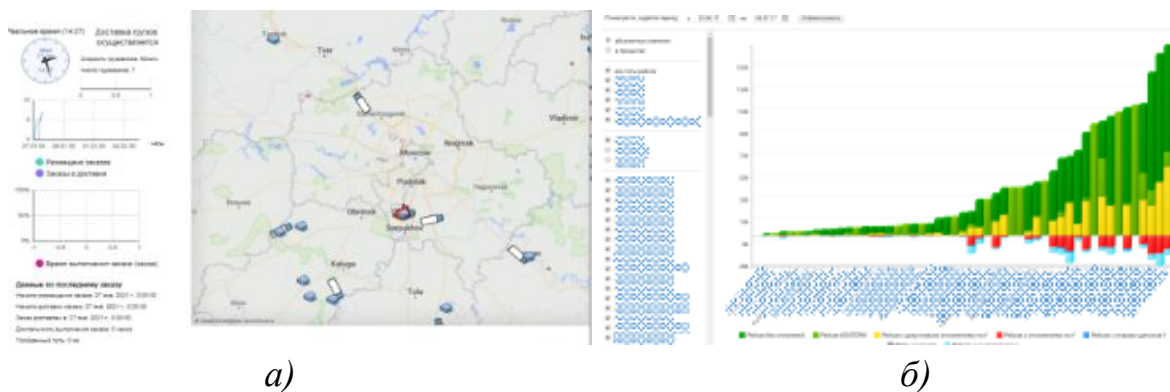


Рис. 2. Функционал ПАК'а: а) контроль соблюдения маршрута; б) формирование отчета; в) оптимизационный модуль

Основным преимуществом ПАК является защищённость от воздействия человеческого фактора при принятии случайных решений. У конкурентных работ обычно развита одна из составных частей функционала обычно это трекинг, либо контроль ресурсов, либо электронный документооборот, либо построение логистических схем. Объединение всех частей в одном ПАК с

функционалом распределения ресурсов между участниками процесса по принципу Uber'a не имеет аналогов.

Библиографический список

1. Горностаев, В. И. Функциональное описание элементов системы транспортного обеспечения объектов природообустройства / В. И. Горностаев, С. И. Некрасов // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 555-557.

2. Функциональное моделирование технологических систем в задачах оценки эффективности механизированных процессов в природообустройстве / В. И. Горностаев, В. А. Евграфов, А. И. Новиченко [и др.] // Научное обозрение. – 2016. – № 24. – С. 85-89.

3. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : Монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко ; Российский государственный аграрный университет - московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2015. – 116 с.

4. Глаголев, С. Н. Эффективность функционирования системы "владелец-автомобиль-сервис" как результат выбора ее акцентированной компоненты / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 10-11.

5. Шепелина, П. В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов / П. В. Шепелина // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 2. – С. 45-49.

6. Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства / Н. С. Севрюгина, Е. В. Рузанов, М. А. Матвеев, А. С. Апатенко // 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.

7. Апатенко, А. С. Повышение технической готовности машин мелиоративного комплекса за счет оптимизации ремонтно-технических воздействий / А. С. Апатенко, Н. И. Владимирова // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 116-120.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ НА ОСНОВЕ КАМЕР ГЛУБИНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРУЗОВ ПАЛЛЕТЫ

Кузнецов М. А., студент

Невзорова Е. В., студент

Научный руководитель: Гнездилов С. Г., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

В настоящее время актуальна логистическая задача автоматизирования работы складских систем, в частности загрузки и разгрузки паллет. В связи с повсеместным внедрением систем компьютерного зрения, возникает проблема интеграции с роботизированными системами перемещения грузов.

Для автоматизированной обработки (загрузки и разгрузки) паллет с ящиками применяют паллетайзеры и депаллетайзеры. Как можно догадаться из названий, в первом случае устройства обеспечивают автоматическую укладку ящиков с товарами или продуктами на поддон, во втором – автоматизируют процесс распаковки пустой тары: снимают ее с паллет и подают на приемный конвейер. Выбор подходящего устройства обычно зависит от следующих факторов: грузоподъемность, досягаемость, режим работы, время цикла и занимаемая площадь [6].

Рассмотрим случай загрузки паллеты. Укладываемый груз — стандартные картонные коробки с размерами 300 x 400 x 200 мм, т.е. габаритные размеры заведомо известны — появляется возможность фильтрации объектов на изображении по площади. Также известны габаритные размеры конвейера, зная которые можно определить высоту захвата груза.

Сложность задачи заключается в том, что загруженная паллета представляет собой многоуровневый объект, каждый слой которого состоит из близкорасположенных коробок. Из-за этого возникают сложности с исключением заднего фона для каждого слоя, что нереализуемо при использовании обычной видеокамеры.

В промышленности при решении таких задач применяют специальные камеры глубины *Time of Flight (TOF)* [2]. Расчёт расстояний производится по технологии измерения «времени полёта», построенной на алгоритмах, используемых в радарх. Благодаря этому формируется дальностное изображение, подобное радиолокационным портретам. Для его построения задействован световой импульс вместо радиочастотного сигнала.

Но, в связи с дороговизной таких камер, был использован самый дешевый и доступный вариант – контроллер *Kinect* (рис. 1), являющийся бесконтактным сенсорным игровым контроллером, который первоначально представлен для консоли *Xbox 360* и персональных компьютеров под управлением ОС *Windows*. Разработан компанией *Microsoft*.



Рис. 1. Устройство контроллера *Kinect*

Внешне он представляет собой горизонтально расположенную коробку на небольшом круглом основании. Размеры — примерно 23 см в длину и 4 см в высоту. Состоит из двух сенсоров глубины, цветной видеокамеры и микрофонной решетки. Датчик глубины состоит из инфракрасного проектора, объединенного с монохромной КМОП-матрицей, что позволяет датчику *Kinect* получать трёхмерное изображение при любом естественном освещении (рис. 2).



Рис. 2. Фото глубины коробок паллеты

Аппаратная часть устройства состоит из стойки для фиксации котроллера, контроллера *Kinect* и одноплатного мини-компьютера, имеющего достаточную мощность для обработки видеопотоков в режиме реального времени (например, *Raspberry Pi*) [7].

Для решения задачи была написана программа на языке *Python* с использованием библиотеки *OpenCV* (англ. *Open Source Computer Vision Library*). Это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом [5].

Программа выдает корректные результаты лишь при предварительной фильтрации заднего фона изображения (что достигается применением камеры

глубины) и высоком качестве видеопотока. Также немаловажную роль играет освещение.

Написанная программа протестирована на испытательном стенде с камерой *Kinect* (рис. 3).



Рис. 3. Место испытаний

Посредством калибровки параметров функций программы были получены результаты, представленные на рис. 4–5.

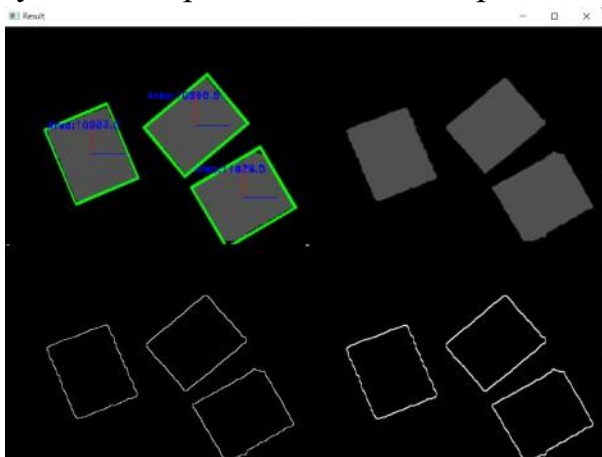


Рис. 4. Результат работы программы при хаотичном порядке размещения коробок на поддоне

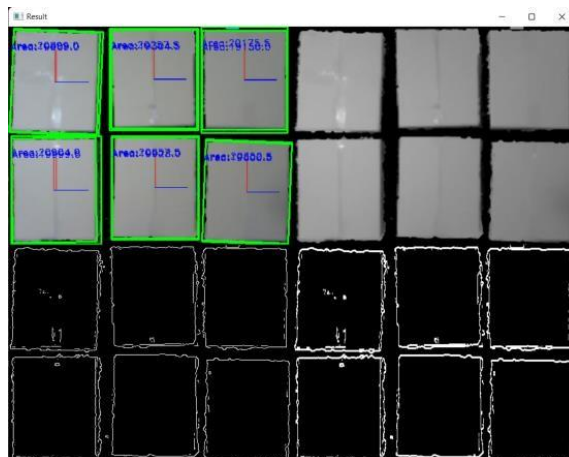


Рис. 5. Упорядоченное расположение коробок

При плотной расстановке коробок (рис. 6–7) иногда возникают «артефакты»: контура отдельных ящиков сливаются, образуя один общий контур. Это связано с низким разрешением изображения камеры (640 x 480 пикселей) и невысокого качества ИК-сетки, излучаемой проектором.

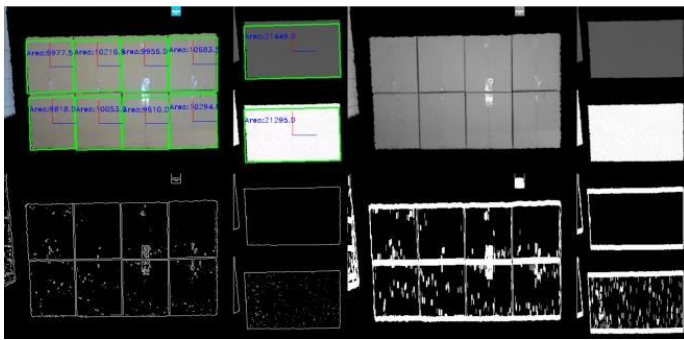


Рис. 6. Случай плотной расстановки коробок

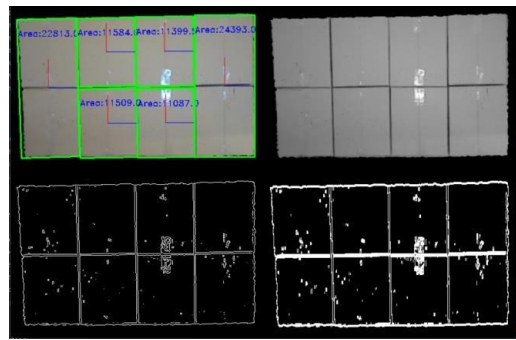


Рис. 7. Пример неудачного результата работы программы

Частичного улучшения результатов получилось добиться, путем увеличения интенсивности освещения. Также расположение осветительной лампы перпендикулярно плоскости слоя коробок помогло уменьшить количество шумов на изображении. В свою очередь, калибровка входных параметров функций программы не принесла существенных изменений.

Анализируя результаты эксперимента, можно сделать вывод: что для целостного решения проблемы нужно прибегнуть к более современному (*Kinect* был выпущен в 2010 году) и технологичному оборудованию. Например, это трехмерные *ToF* камеры, созданные специально для таких задач [4].

Библиографический список

1. Kumar, Shrawan; Mitalb, Anil; Garanda, Doug; Persada, A. (1993). «Operator stress in palletizing tasks with restricted access and headroom». *International Journal of Industrial Ergonomics*. 12 (1): 153– 162. doi:10.1016/0169-8141(93)90046-G
2. Камеры глубины — тихая революция (когда роботы будут видеть) Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/457524/>. – Дата доступа: 24.12.2021.
3. How to Use Background Subtraction Methods [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.opencv.org/4.x/d1/dc5/tutorial_background_subtraction.html. – Дата доступа: 24.12.2021.
4. Intel выпустила две камеры глубины для инженеров и ученых [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2018/01/19/intel-d400>. – Дата доступа: 24.12.2021.
5. OpenCV Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opencv.org/> Дата доступа: 24.04.2022.
6. Palletizing Robots | Robotic Palletizing Systems & Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.fanucamerica.com/solutions/applications/palletizing-robots>. – Дата доступа: 24.04.2022.

7. Обзор Kinect для Xbox 360 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itc.ua/articles/obzor_kin-ect_dlya_xbox_360_50024/. Дата доступа: 24.04.2022.

АНАЛИЗ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Рудь Е. Г., магистрант

Научный руководитель: Шепелина П. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

В последние десятилетия стремительное развитие технологий привело к стремительному росту в секторе логистики. Интеллектуальные склады появились как продукт интеллектуальных технологий, вызвав волну трансформации отрасли, которая может привести к кардинальным изменениям. Учитывая бум электронной коммерции, склады электронной коммерции являются одними из наиболее перспективных направлений среди различных интеллектуальных складов.

Гиганты розничной торговли и технологий вкладывают значительные средства в интеллектуальные склады, чтобы своевременно и экономически эффективно обрабатывать взрывной спрос на логистику электронной коммерции. Концепция умных складов не ограничивается индустрией электронной коммерции. Другие отрасли также используют логистический потенциал с помощью интеллектуальных складов, чтобы справиться с растущими потребностями в логистике.

Движимые потребностями отрасли, академические исследования в области интеллектуальных складов стали горячей темой. Некоторые ученые выдвинули свою идею об умных складах и умной логистике.

Согласно резюме McFarlane, термин “интеллектуальная логистика” относится к различным логистическим операциям, которые планируются, управляются или контролируются более интеллектуальным способом по сравнению с обычными решениями. Работа показывает высокую потребность в автоматизации и интеллектуальных технологиях в интеллектуальной логистике. По мнению автора: «умные склады – это коллекция интеллектуальных технологий в разделе склад и ряд методов управления операциями, позволяющих сделать склады более “умными”» [1].

Интеллектуальные склады превратились в неотъемлемую часть передовых технологий, складских процессов и управления складскими операциями. Основные характеристики интеллектуальных складов определяет следующий аспект, как информационная взаимосвязь, которая предполагает проектирование интеллектуальных складов на высшем уровне.

Это основа интеллектуальных складов и операционных управление. Основанный на технологиях, полученных из Интернета вещей (IoT), киберфизических систем (CPS) и других новых технологий, информационный поток может совместно использоваться и обрабатываться многочисленными логистическими узлами и, таким образом, создавать дополнительные ценности.

RFID - это технология автоматической идентификации объектов и сбора данных на основе радиоволн. Среди технологий межсоединения RFID считается предпочтительным для позиционирования, идентификации, информационного взаимодействия и управления складом на интеллектуальном складе. Его сильные стороны включают бесконтактную сенсорную способность, высокую гибкость, конфигурируемость, высокую эффективность и низкую стоимость работают над обобщенной моделью сравнения производительности различных реализаций RFID [2].

Для определения и количественной оценки величины задержки во времени передачи применяется вероятностная модель оценки риска. Применение RFID на интеллектуальных складах в основном сосредоточено на отслеживании запасов, локализации и управлении складом. Обмен информацией, который является основной функцией RFID-системы, существенно влияет на эффективную коммуникацию складов. Точность информации имеет важное значение для управления складской информацией эффективность и результативность обмена [2].

WMS — это компьютеризированное приложение для баз данных, широко используемое отделом логистики для управления и оптимизации склада. Общая WMS включает в себя складские процессы, включая прием, хранение, комплектацию заказов, упаковку и отправку. Интернет вещей предоставляет способы сбора информации и обмена ею для WMS. Осуществление WMS на основе Интернета вещей также может облегчить работу склада. Инновации данного метода заключается в том, что он включает в себя обмен различной информацией уровни, информационная структура и инструменты принятия решений. WMS на основе Интернета вещей, интегрированную с методом нечеткой логики. WMS - демонстрирует свою конкурентоспособность в повышении производительности склада, точности комплектации, эффективности и надежности при изменчивости заказов [3].

Информационная взаимосвязь – это относительно новая проблема в работе склада, которую поднимают IoT и CPS. IoT, CPS и другие новые взаимосвязи технологии улучшают информационное взаимодействие внутри складской системы и всей логистической цепочки.

Автоматизация оборудования описывает характеристики интеллектуального склада на стратегическом и тактическом уровнях.

Автоматизация — это техническая поддержка интеллектуального склада. Оснащенные автоматическим оборудованием, интеллектуальные склады позволяют достичь высокого уровня автоматизации складской деятельности. Автоматизация оборудования может повысить производительность склада при одновременном снижении потребности в ручном труде. Кроме того, управление операциями интеллектуальных складов уделяет больше внимания характеристикам оборудования при принятии решений на стратегическом уровне и характеристикам продукта при принятии решений на тактическом уровне, обеспечивая целостное представление о технологии и повышая точность принятия решений.

Складирование часто рассматривается как трудоемкая деятельность. Управление традиционным ручным складом стало критической проблемой для повышения производительности с большой сложностью. Эта проблема решается путем оснащения многих складов оборудованием автоматизации. Автоматизация — это технология, используемая для обработки задач с минимальным ручным трудом. Это изменяет работу склада во многих аспектах, включая повышение эффективности, гибкое реагирование на заказы клиентов и значительное сокращение затрат на рабочую силу и ошибок. Автоматизированные детали-системы комплектования заказов стали популярными для складских операций. Расширение применения средств автоматизации является значительным; следовательно, поиск оптимальных стратегий для проектирования и управления автоматизированными складскими системами становится все более сложной задачей с ростом и проникновением современных компьютерных технологий.

При применении технологии автоматизации к проектированию и эксплуатации склада, изучение внутренней взаимосвязи стратегических и тактических решений наряду с некоторой системой характеристики очень важны.

Интеграция процессов является требованием интеллектуального управления складскими операциями и функционирует в качестве операционной поддержки в рамках платформы.

Интеграция процессов пытается реализовать общее планирование среди различных складских процессов и фокусируется на новых операционных

проблемах, возникающих при эксплуатации интеллектуальных складов. Целью интеграции процессов является достижение координации при одновременном устранении несогласованности управления складскими операциями.

Чтобы охарактеризовать основные характеристики и перспективы интеллектуальных складов, предлагается концептуальная основа, которая показана на рисунке 1.

В рамках концепции, интеллектуальные склады строят крыши в среде управления складскими операциями. Информационная взаимосвязь является основой складов, которая обеспечивает канал обмена информацией и базовую технологическую поддержку складской системы. Автоматизация оборудования и интеграция процессов — это два столпа склада. Автоматизация оборудования направлена на достижение автоматической работы за счет проектирование и внедрение автоматизированного оборудования, а также реализация надлежащих стратегий. Он обеспечивает поддержку на стратегическом и тактическом уровнях. Интеграция процессов направлена на контроль и координацию различных складских процессов и технологий. Он обеспечивает поддержку на оперативном уровне.

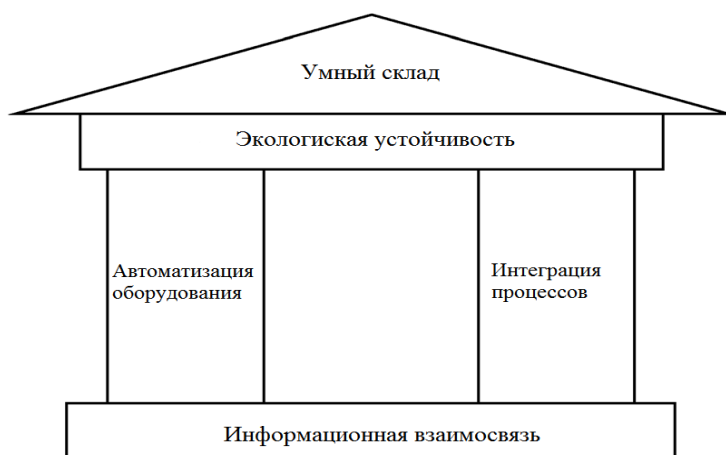


Рис. 1. Концептуальная основа интеллектуального склада.

Операционное управление различными процессами на складах логически взаимосвязано. На хорошо управляемом складе следует учитывать взаимодействие между различными процессами для дальнейшего улучшения производительности склада. Таким образом, необходимо внедрить интегрированное планирование в управлении складскими операциями

Экологическая устойчивость — это будущее интеллектуальных складов, поддерживаемое автоматизацией оборудования и интеграцией процессов.

Устойчивое развитие интеллектуальных складов связано с проблемами, связанными с окружающей средой, такими как потребление энергии и выбросы углерода. Операционное управление интеллектуальных складов на

стратегическом, тактическом и оперативном уровнях следует внедрять экологически чистым способом, чтобы создать устойчивую дорожную карту в разделе склада

Изменение климата, нехватка ресурсов и другие экологические проблемы создают значительные угрозы будущему человеческого общества. Термин “устойчивость”, который постепенно включает в себя социальную, экологическую и экономическую ответственность, в первую очередь относится к процессу развития, который удовлетворяет нынешние потребности без ущерба для возможностей будущего. В разделе логистики осуществляется устойчивое управление логистикой и цепочками поставок с целью улучшения их экологических показателей и получения конкурентных края экологически чистым

Интеллектуальные склады обычно потребляют гораздо больше энергии, чем традиционные ручные склады, поскольку в интеллектуальных складах используется больше автоматизированных средств. Увеличение энергопотребления на складах становится основной составляющей эксплуатационных расходов склада. Между тем, увеличение потребления энергии приводит к дополнительным выбросам углерода в природу, что является основной причиной изменения климата. Устойчивые склады нацелены на достижение целей устойчивого развития, таких как энергоэффективность, выбросы парниковых газов сокращение выбросов, снижение затрат и минимизация времени прохождения. Устойчивое развитие — это общая нить, проходящая через стратегические, тактические и операционные решения устойчивого склада [5].

Выводы:

Такие аспекты как информационная взаимосвязь, автоматизация оборудования, интеграция процессов и экологическая устойчивость, создают концептуальную каркас умных складов.

Основными факторами, влияющими на выбор технологии автоматической идентификации, являются организационные, операционные, структурные, ресурсные, внешние, экологические и технологические факторы.

Интеллектуальные склады играют важную роль в будущем развитии складов. Исходя из состояния складской отрасли, исследованиям по модернизации существующих складских систем может потребоваться больше внимания. Например, средства помощи при комплектации могут быть более популярными, особенно при модернизации систем традиционных складов.

Внедрение и эксплуатация интеллектуальных складов остаются потенциальными возможностями и препятствиями сточки зрения, ориентированной на человека. Влияние управленческих навыков, мировоззрения

и других человеческих факторов может повлиять на эффективность внедрения технологий. Складирование является фундаментальным компонентом логистики и управления цепочками поставок.

Библиографический список

1. McFarlane D, Giannikas V, Lu W R. Intelligent logistics: Involving the customer. *Computers in Industry* 81, 2016. – 105 с.
2. Zhong R Y, Huang G Q, Lan S L, Dai Q Y, Chen X, Zhang T. A big data approach for logistics trajectory discovery from RFID-enabled production data. *International Journal of Production Economics*, 165, 2015. С.260–272
3. Lee C K M, Lv Y Q, Ng K K H, Ho W, Choy K L. Design and application of Internet of Things-based warehouse management system for smart logistics. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2018. С. 2753–2768
4. Дыбская, В.В. Управление складированием в цепях поставок / В.В. Дыбская. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2014. – 720 с.
5. Маслеева О.В., Пачурин Г.В. Комплексная экологическая оценка жизненного цикла малой распределенной и возобновляемой энергетики // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 8-2. – С. 81-86.
6. Шепелина, П. В. Возможности цифровизации и автоматизации транспортно-технологических комплексов / П. В. Шепелина // *Строительные и дорожные машины*. – 2020. – № 2. – С. 45-49.

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОГРУЗЧИКОВ В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рудь Е. Г., магистрант

Научный руководитель: Шепелина П. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

При создании и эксплуатации транспортно-технологических средств, существует много факторов риска, влияющих на безопасность процесса. В работе представлена методика анализа и управления рисками на примере погрузо-разгрузочных работ в складских помещениях с применением погрузчиков.

Методика проведения оценки рисков на законодательном уровне отсутствует, поэтому работодатель имеет право разработать ее самостоятельно и

утвердить локальным документом, провести оценку самостоятельно или заключить договор со сторонней организацией.

На подготовительном этапе оценки рисков назначаются лица, ответственные за разработку методики ее проведения и само проведение. Методика должна содержать: цель и задачи проведения оценки; этапы и сроки проведения оценки; нормативные правовые акты, источники информации о рисках; требуемый объем ресурсов и финансирования; методы проведения оценки рисков; требования к оформлению документации, результатов оценки.

Состав комиссии по оценке рисков определяется самой организацией в зависимости от ее численности и специфики деятельности.

Оценка рисков служит определенным этапом в принятии решения по управлению рисками и используется в качестве превентивной меры.

Процедуру оценки рисков можно условно разбить на этапы: идентификация опасностей, анализ рисков, повторный анализ рисков для проверки достижения допустимости уровня рисков.

Результатом анализа рисков является количественное и (или) качественное выражение уровня каждого риска. Эти данные используют для определения срочности принятия мер обеспечения безопасности.

По уровням риски можно разделить на 3 основные типа:

1) однозначно высокий уровень: высокая вероятность возникновения опасности в сочетании с высокой тяжестью последствий;

2) однозначно низкий уровень: низкая вероятность возникновения опасности в сочетании с низкой тяжестью последствий;

3) средний уровень: высокая вероятность возникновения опасности в сочетании с невысокой тяжестью последствий или низкая, но отличная от нуля, вероятность возникновения опасности в сочетании с очень высокой тяжестью последствий. Этот уровень может быть разделен на промежуточные. И именно их установление является самым затруднительным по причине отсутствия регистрации и учета незначительных травм или крайней редкости и уникальности возникновения опасностей.

По результатам определения уровней рисков составляется карта оценки рисков, в которой указываются степень вероятности и степень последствий наступления каждой опасности, как правило, в количественном (в баллах) и в качественном (описание характеристики) выражениях. На этом этапе определяется, является ли оцененный уровень риска допустимым для организации, при которой принятие каких-либо дополнительных мер обеспечения безопасности, кроме уже применяемых. В зависимости от того, является риск допустимым для организации или нет, выбирается тот или иной способ управления риском. По результатам анализа рисков составляется

перечень ранжированных по уровню рисков на каждом рабочем месте и в целом в организации с указанием допустимости рисков, необходимости принятия мер и их описанием. Этап повторного анализа рисков заключается в том, что организация стремится к достижению уровня риска, который она сможет считать допустимым, когда все возможные меры будут исчерпаны.

Последовательность этапов оценки рисков не является строгой и при необходимости может меняться. Реестр опасностей — живой документ: у одних и тех же опасностей может меняться уровень риска, могут появляться новые меры управления, кроме того, должны постоянно идентифицироваться новые опасности.

Свойство машины безотказно выполнять свои функции в течение установленного времени называется надежностью. Надежность машины тесно связана с долговечностью. Рассматривая поток отказов погрузчика при расчете его безотказности и долговечности, разбивают его на потоки отказов механических, гидравлических, электромеханических систем и оценивают долю каждого потока отказов.

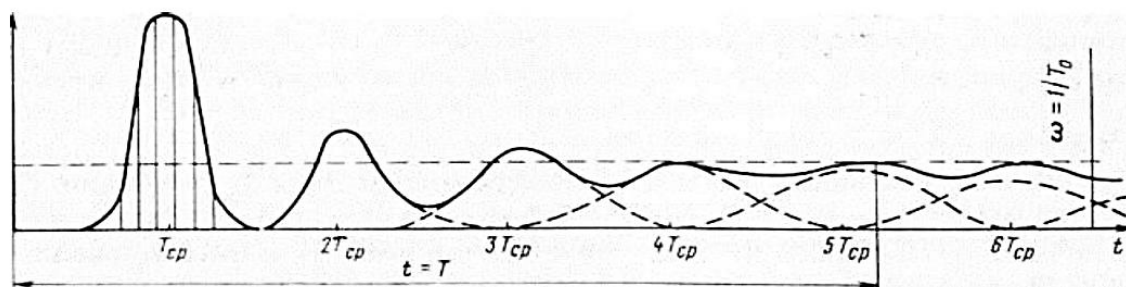


Рис. 1. Стабилизация параметра потока отказов погрузчиков и их систем из-за неодновременной замены составляющих изделий

Значение параметра потока отказов элементов погрузчика стабилизируется и стремится к постоянному значению при эксплуатации в различные периоды, даже если интенсивности или параметры потока отказов отдельных систем и их элементов непостоянны. Такой эффект возникает вследствие неодновременной замены элементов при эксплуатации. На рис. 1 видно, как быстро стабилизируется поток отказов даже для изделий, не имеющих экспоненциального распределения времени безотказной работы элементов системы. После отказа каждый элемент заменяется новым, т.е. второй элемент и последующие вступают в работу постепенно по мере отказов начальных элементов. Вследствие этого второй пик и следующие за ним сглаживаются. По этим же причинам при большом числе замен элементов сложных систем с ростом числа замен можно считать, что параметры потоков отказов практически постоянны. Итак, условие стационарности потока отказов не противоречит реальному положению, которое наблюдается при эксплуатации погрузчиков.

Поток отказов еще больше стабилизируется и выравнивается при различных сроках службы и законах распределения для многокомпонентных систем, которыми являются погрузчики.

Для большинства изделий машиностроения, руководствуясь классификацией машин по последствиям отказа, вероятность безотказной работы на заданный период принимается 0,9 – 0,95 и в редких случаях выше. Погрузчики не представляют повышенной опасности, поэтому для них в первом приближении можно ограничиться нижним пределом значения вероятности безотказной работы 0,9.

Достоинство показателей долговечности, выраженных в календарном времени работы, заключается в относительной простоте учета длительности работы погрузчика и в облегчении непосредственного использования этих показателей в планировании (сроков замены погрузчиков, поставок запасных частей, организации ремонтов и т. д.). Однако они не отражают режимы использования погрузчиков в различных условиях эксплуатации, в связи с чем одному и тому же календарному времени может соответствовать различный объем выполненной работы.

При сборе информации необходимо получить: наработку на отказ детали, узла, погрузчика; характер отказа, его причину; способ восстановления работоспособности; время на устранение отказа; стоимость восстановления; прочие технические и экономические сведения о работе погрузчиков.

Минимальная наработка на отказ систем, узлов и агрегатов погрузчика составляет 1200 моточасов в год и складывается из средней наработки погрузчиков, эксплуатируемых на объектах ОСТ в течение 1 года, без учета коэффициента корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий.

В проведенном исследовании были рассмотрены характерные неисправности системы, узлов и агрегатов погрузчика, недопустимые при наработке на отказ.

В настоящее время используются различные методики для оценки рисков, все они основываются на перемножении ключевых показателей вероятности возникновения риска и его последствий (потери здоровья и материальных потерь). Матрица оценки рисков может состоять из трех, пяти и более многоуровневой шкалы. Основная формула метода оценки рисков с многоуровневой шкалой:

$$P = (B_{\text{ч}} + B_{\text{к}} + B_{\text{о}}) \times \Pi \times B_{\text{р}},$$

где $B_{\text{ч}}$ — величина ущерба для человека;

$B_{\text{к}}$ — величина ущерба для коммерческой деятельности;

$B_{\text{о}}$ — величина ущерба для окружающей среды;

P — подверженность опасности;

V_p — вероятность возникновения опасности.

В проведенном исследовании была использована методика матрицы оценки рисков по трехуровневой шкале. При этом необходимо провести идентификацию опасностей, связанных с различными видами деятельности и оценку уровня риска, связанного с выявленной опасностью (риск-сочетание вероятности и последствий конкретного возникающего случая).

Это простая и удобная в работе оценка рисков, когда в матрице рисков для каждой опасности вероятность ее возникновения и последствия определены по 3-х уровневой шкале (3x3). Перемножив показатели вероятности и последствия, мы получаем величину тяжести текущего риска (табл. 1). При этом наиболее значительный риск на уровне девяти, а наименьший риск равен единице.

Таблица 1 Тяжесть текущего риска

Вероятность	Последствия		
	1. Незначительная вредность Отсутствие менее 3 дней или случайное отсутствие. Незначительные последствия: растяжения, ушибы, временная болезнь, дискомфорт	2. Вредный Отсутствие 3 -30 дней или повторяющиеся отсутствие. Продолжительные серьезные последствия или постоянный незначительный вред, переломы, ожоги, повреждение слуха	3. Чрезвычайно вредный Отсутствие более 30 дней или постоянное отсутствие. Постоянные серьезные последствия: пост. нетрудоспособность, серьезные ожоги, связанные с работой онколог. заболевания, астма, смерть
1. Маловероятно Случайная опасная ситуация, кратковременное воздействие, возникает редко.	1	2	3
2. Возможно Ежедневная опасная ситуация или воздействие. Аварийные случаи были.	2	4	6
3. Очень вероятно Опасные ситуации повторяются часто и регулярно. Несчастные случаи были.	3	6	9

После идентификации риска, для его исключения или снижения, разрабатывается комплекс мероприятий, которые напрямую зависят от тяжести риска. Специальное внимание уделяется контролю наиболее тяжелых рисков с уровнем равным 6 или 9 (табл. 2).

(1) Незначительный риск - Дополнительные мероприятия или дополнительный контроль не требуется

(2) Небольшой риск - Риск находится (или был сокращен) на таком низком уровне, какой наиболее применим на практике. Дополнительные мероприятия не требуются. Рассмотрение может быть при более эффективном, с точки зрения затрат, решении или улучшении, которое не требует денежных затрат.

(3-4) Приемлемый риск - Мероприятия должны быть произведены для снижения риска, но затраты по улучшению должны быть тщательно оценены и ограничены. Мероприятия по снижению риска должны быть четко ограничены по времени. В местах, где умеренный риск ассоциируется с особо вредными

условиями, должны быть внедрены дополнительные мероприятия, и они должны отслеживаться.

(6) Значительный риск - Работа не должна продолжаться, пока риск не сокращен. Значительные средства могут быть потрачены для сокращения риска. Если риск входит в обычную работу, срочные мероприятия должны быть внедрены незамедлительно.

(9) Неприемлемый риск - Работа не должна начинаться или продолжаться, пока риск не сокращен. Если невозможно сократить риск даже с привлечением огромных ресурсов, работа все равно должна быть прекращена

Для идентификации рисков, влияющих на процессы создания и эксплуатации погрузчиков работодатель может использовать любую методику, которую он считает эффективной.

Итак, рассмотрим первые этапы оценки рисков:

1. Составление списка должностей, участков или однотипных работ
2. Составление Приказа с назначением ответственных за оценку рисков по каждому участку
3. Описание «Вида работ или операции».

Выявлены следующие виды работ (операции), выполняемые водителями погрузчиков в течение рабочей смены: выгрузка паллет с грузом из вагонов; выгрузка паллет с грузом из автофур; складирование паллет с грузом; заправка дизельных погрузчиков; зарядка аккумулятора; транспортировка, складирование и установка паллет, сырья и готовой продукции; проведение технического обслуживания.

4. Для каждого «Вида работ или операции» был определен «Фактор риска».

На этом этапе учитываются все опасности и факторы риска, при которых может возникнуть аварийная ситуация, способная нанести вред работнику.

5. Для каждого «Фактора риска» приводим его описание

6. Полученные данные заносим в таблицу «Анализ опасностей»

Таким образом, выполнены первые этапы в проведении анализа профессиональных рисков, это [1]:

- Составление списка должностей, участков или однотипных работ;
- Описание работ или операции;
- Определение фактора риска;
- Описание фактора риска;
- Составление таблицы «Анализ опасностей»

Второй этап «Классификация рисков» состоит из определения текущего уровня риска, определения вероятности возникновения риска и последствий риска (табл. 1) [2].

Для специфики работ водителей погрузчиков характерна низкая статистика возникновения рисков и серьёзные последствия в случае возникновения риска/аварийной ситуации. При возникновении аварии с участием погрузчиков, работники получают серьёзные травмы, как правило, последствия которых можно отнести к третьему классу последствий: «Чрезвычайно вредный». Однако такие случаи возникают довольно редко, поэтому их можно отнести к первому классу вероятности: «Маловероятно» [3].

Далее определяем текущий уровень риска, равный перемножению вероятности риска на последствия риска, согласно таблице рисков. Оцениваем выбор необходимых действий по дополнительному контролю, мерам безопасности (Да/Нет). Полученные данные сводим в таблицу 2.

Таблица 2 Транспортировка, складирование и установка паллет склада сырья и готовой продукции

№	Фактор риска	Вероятность (1-3)	Последствия (1-3)	Уровень риска (1-9)	Необходимые действия (Да/Нет)
1	Движение погрузчика по складу сырья и готовой продукции	1	3	3	Да
2	Острые кромки гофрокартона	2	2	4	Да
3	Не соблюдение требований разметки	1	3	3	Да
4	Не соблюдение скоростного режима	1	3	3	Да
5	Самовозгорание проводки из-за нарушения изоляции вследствие короткого замыкания	2	2	4	Да
6	Поломки погрузчика: состояние тормозной, рулевой, грузоподъемной системы, светового и звукового сигнала	1	3	3	Да

Из проведенного анализа видно, что для всех уровней рисков необходимо применять действия по дополнительному контролю и мерам безопасности. Максимальный уровень риска по шкале рисков (1-9), для водителей погрузчиков равен 4, минимальный равен 2. Для уровня рисков (2-9) необходимо разрабатывать мероприятия по устранению опасностей.

Необходимость проведения мероприятий напрямую зависит от тяжести риска. Специальное внимание уделяется тяжелым рискам (6-9). Анализ по предотвращению таких рисков должен быть более тщательным.

При повышенном уровне риска (3-4) мероприятия должны быть не такие срочные как при уровне = 9, но сокращение риска обязательно. Мероприятия могут быть направлены на уменьшение вероятности возникновения опасной ситуации или на сокращение воздействия от неё.

На уровне, где риск равен 1, 2 никаких мероприятий не требуется. Тем не менее, нужно постоянно отслеживать и проводить переоценку.

В исследовании было рассмотрено несколько рисков:

1. Состояние полов вагонов, риск провал погрузчика;
2. Не соблюдение скоростного режима, риск-наезд на пешехода;
3. Способ загрузки/выгрузки паллет, риск-опрокидывание/скатывание паллета;
4. Состояние полов автофур, риск-опрокидывание, падение погрузчика;
5. Движение погрузчиков, риск-наезд/столкновение погрузчиков;
6. Возгорание электропроводки, риск-возгорание погрузчика;
7. Парковка погрузчика в неустановленных местах, риск-загромождение эвакуационных выходов, невозможность эвакуироваться из здания во время пожара;
8. Работа с АКБ, риск-поражение электрическим током;
9. Разлив кислоты (электролита), риск-химический ожог;

Для этих девяти рисков должны разрабатываться мероприятия с периодическим контролем ответственными лицами.

Для исключения аварийных ситуаций, аварий, столкновений погрузчиков, наездов на работников склада, водитель погрузчика должен знать и соблюдать требования, изложенные в Инструкции по охране труда:

1. Инструкция по ОТ водителя электропогрузчика
2. Инструкция по ОТ водителя автомобильного погрузчика.

Библиографический список

1. Нассер, С. С. Модель, методика и алгоритмы автоматизированной оценки профессиональных рисков на производстве: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. С. Нассер. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 18 с.
2. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство) / под ред. Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.
3. Математические модели производственных рисков и систем защиты: монография / А. В. Горяга [и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 104 с.
4. Шепелина, П. В. Способы оптимизации строительства посредством подбора и эффективной эксплуатации машинного парка предприятий / П. В.

Шепелина // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1(64). – С. 38-45.

5. ГОСТ Р 12.0.010–09. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – Введ. 2011–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.

6. Исакова, А. К. Методологические проблемы оценки профессиональных рисков / А. К. Исакова, Е. В. Бакико // Техносферная безопасность: материалы III межвуз. науч.-техн. конф. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. – С. 146–151.

ОБЗОР СКЛАДСКИХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПАЛЛЕТ НА ЕВРОПОДДОНАХ

Рузавин И. П., студент

Научный руководитель: Гнездилов С. Г., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Предлагаются к рассмотрению автономные мобильные роботы (*autonomous mobile robots – AMR*), применяемые в промышленности для перемещения грузов, товаров и материалов в производственном процессе или в складском хозяйстве.

Данные устройства оснащаются системами, позволяющими им ориентироваться в пространстве, находить препятствия на своём пути и принимать определённые решения в зависимости от обстановки. Системы ориентирования в таких роботах могут быть абсолютно разными в зависимости от условий работы робота:

- компьютерное зрение, использующее 2 камеры с непрерывными видеопотоками и лидар для точного определения расстояния до видимого объекта [1–3];
- измерение расстояния до вертикальных и наклонных поверхностей тремя лазерами и дополнительный контроль безопасности с помощью датчиков физического контакта [4];
- движение по разметке на полу и ориентирование по ключевым точкам, нанесённым на стеллажи и стойки.

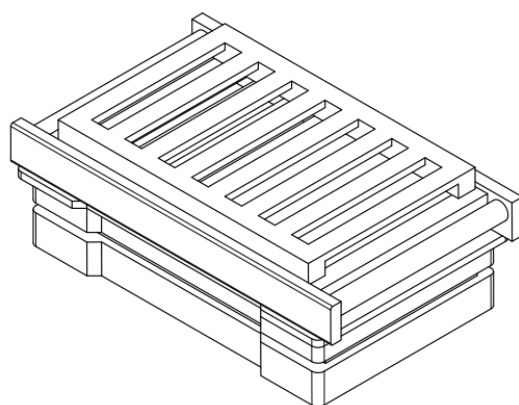


Рис. 1. Графическая модель складского робота для обработки паллет

В таблице 1 представлены основные критерии для сравнения выбранных мобильных роботов[5].

Таблица 1

Название беспилотника	Максимальная грузоподъёмность, кг	Максимальная скорость передвижения, м/с	Максимальная продолжительность включения, час	Манёвренность, %
<i>OSCAR omni</i>	1000	1,6	8	75
<i>MiR 500</i>	500	2,0	8	25
<i>MAV3K</i>	1361	0,7	8	100
<i>AGV L1</i>	1500	1,0	8	25
<i>iw.hub</i>	1000	2,2	8	25
<i>CarryPick</i>	600	1,5	5	25
<i>FCLoad</i>	1000	1,0	24	25
<i>GOPAL U24W</i>	1200	2,0	6	75
<i>Freight500</i>	1500	1,5	9	50

Коэффициент конкурентоспособности для беспилотника может быть рассчитан по формуле [6]

$$q_i = P_i / P_{i0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где q_i – единичный показатель конкурентоспособности;

P_i – величина определённого параметра из i -той группы параметров;

P_{i0} – величина базы для сравнения i -той группы параметров.

В качестве базы для сравнения было выбрано среднее значение для каждого из четырех выделенных сравнительных признаков, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

Максимальная грузоподъемность, кг	Максимальная скорость движения, м/с	Максимальная продолжительность включения, час	Манёвренность, %
1073,4	1,5	9,3	47,2

Согласно (1) получены единичные показатели конкурентоспособности, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Название беспилотника	Максимальная грузоподъемность	Максимальная скорость передвижения	Максимальная продолжительность включения	Манёвренность
<i>OSCAR omni</i>	0,932	1,067	0,860	1,589
<i>MiR 500</i>	0,466	1,333	0,860	0,529
<i>MAV3K</i>	1,268	0,467	0,860	2,119
<i>AGV L1</i>	1,397	0,667	0,860	0,529
<i>iw.hub</i>	0,932	1,467	0,860	0,529
<i>CarryPick</i>	0,559	1,000	0,538	0,529
<i>FCLoad</i>	0,932	0,667	2,581	0,529
<i>GOPAL U24W</i>	1,118	1,333	0,645	1,589
<i>Freight500</i>	1,397	1,000	0,968	1,059

По единичным показателям рассчитываются групповые показатели конкурентоспособности:

$$I_{\text{гп}} = \sum_{i=0}^n a_i \cdot q_i, \quad (2)$$

где a_i – коэффициент весомости i -той группы параметров в общем наборе.

В таблице 4 представлено распределение коэффициентов весомости (важности) по выбранным группам для сравнения.

Таблица 4

Максимальная грузоподъемность, кг	Максимальная скорость движения, м/с	Максимальная продолжительность включения, час	Манёвренность, %
0,3	0,2	0,3	0,2

Согласно (2) получены коэффициенты конкурентоспособности выбранных мобильных роботов, которые представлены в таблице 5.

Таблица 5

OSCAR omni	MiR 500	MAV3K	AGV L1	iw.hub	CarryPick	FCLoad	GOPAL U24W	Freight500
1,069	0,770	1,156	0,916	0,937	0,635	1,293	1,113	1,121

По результатам вычислений видно, что лидера по каждой категории сравнения нет, но самыми конкурентоспособными из представленного списка являются беспилотники, которые обладают выраженными преимуществами по одному или нескольким параметрам сравнения.

Библиографический список

1. Медведев М.В., Кирпичников А.П. Трёхмерная реконструкция объектов в системе технического зрения мобильного робота // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. - С. 326-330.

2. Вэй Лю. Обнаружение и отслеживание препятствий мобильного робота на основе лидара // *Studnet*. – 2021. - С. 1247-1259.

3. Бопп В.А. Роль лидара в современных транспортных средствах // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. - №4 – С.342-345.

4. Бондарь М.Н., Лаптева А.Д., Буднов С.А. Триангуляционный лазерный дальномер // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. - №4 – С.58-62.

5. *Pallet Transport*: официальный сайт. - URL: <https://www.lotsofbots.com/en/use-cases/pallet-transport/> (дата обращения: 22.04.2022 г.). – Текст: электронный.

6. Методика расчёта конкурентоспособности товара. - URL: <http://www.elitarium.ru/konkurentosposob-nost-tovara-ocenka-kachestvo-produkcija-sravnenie-metodika/> (дата обращения: 22.04.2022 г.). – Текст: электронный.

7. Гнездилов С.Г. Применение беспилотных приземистых интралогистических транспортных средств для обработки внутрискладских материальных потоков // *Логистика*. – 2018. – №. 8. – С. 18-21.

ОЦЕНКА МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПАЛЛЕТ ПО ГРАВИТАЦИОННЫМ РОЛИКОВЫМ КОНВЕЙЕРАМ

Серов И. Н., аспирант

Научный руководитель: Носко А. Л., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ №1734-р от 22.04.2008, определяет вектор развития транспортного пространства России, одним из основных элементов которой являются склады паллетного типа хранения. Одним из решений, обеспечивающих максимальную плотность хранения (экономия складской площади до 60%), высокую производительность отгрузки (до 90 паллет/час), сокращение обслуживающего персонала и быструю окупаемость затрат, является использование гравитационных стеллажей, состоящих из стеллажной конструкции и паллетных гравитационных роликовых конвейеров (ГРК) [5]. Современные ГРК предназначены для паллет массой 250-1500 кг, размерами 1200x800 мм и 1200x1000мм, с роликами диаметром от 57 до 89 мм и уклоном роликового полотна 3-6%.

При расчете ГРК одним из ключевых факторов, оказывающих влияющих на движение паллеты, является учет сопротивлений движению паллет по роликовому полотну, которые можно разделить на два типа сопротивлений – постоянные (распределенные по всей длине) ГРК и местные. Учет местных сопротивлений представляет наибольший интерес, поскольку они могут существенным образом повлиять на движение паллет по ГРК.

Рассмотрим существующие методики расчета ГРК, которые были разработаны в 60-70-е годы XX в.

В работах [1, 2, 4] проводились исследования движения грузов по роликовому полотну, в которых груз и ролики считались абсолютно жесткими, было выделено 4 основных, постоянно действующих сопротивления передвигению груза по ГРК: от трения в роликовых опорах, от качения груза по роликам, от трения скольжения, от сил инерции. Рассматривались коробочные грузы.

В работе [3] проводились исследования движения грузов по ГРК, в которых груз и ролики считались абсолютно жесткими. Была получена формула по учету местных сопротивлений от неровности роликового полотна по данным из ГОСТ на изготовление труб. Рассматривались коробочные грузы.

В работе [7] исследовалось движение грузов по ГРК, в которых груз и ролики считались абсолютно жесткими. При расчете сопротивлений предлагается учитывать перекося колец в подшипниковых опорах, а сопротивления от неточности изготовления роликового полотна как постоянно действующие. Предлагается методика расчета ГРК для коробочных грузов.

Анализ исследований проведенных в указанных работах показал, что:

- рассматриваются грузы (короба) массой до 250 кг и ролики диаметром от 40 до 160 мм.

- груз и ролики рассматриваются как абсолютно жесткие.

- закон случайного распределения диаметров роликов предлагается определять экспериментально.

- рекомендации даны для грузов, опирающихся на не более чем 5 роликов.

- рекомендации даны для подшипниковых опор с металлическими корпусами.

- для грузов массой более 250 кг необходимо учитывать жесткость роликов.

- получение экспериментального закона распределения неровности роликового полотна затруднительно.

О необходимости учета жесткости роликовых опор при расчете ГРК для паллет указано в работе [6], в которой установлено, что жесткость роликовой опоры на полуосях для ролика диаметром 60мм, толщиной стенки 2 мм и длиной 300 мм составляет 1892 Н/мм. При данной жесткости роликовых опор, паллета массой 1000 кг, опирающаяся на 4 ролика, имеет вертикальное перемещение $\Delta=1,3$ мм, что значительно превышает порог от неровности роликового полотна, полученный в исследованиях [3, 7], который составлял 0,48 мм и 0,2 мм соответственно.

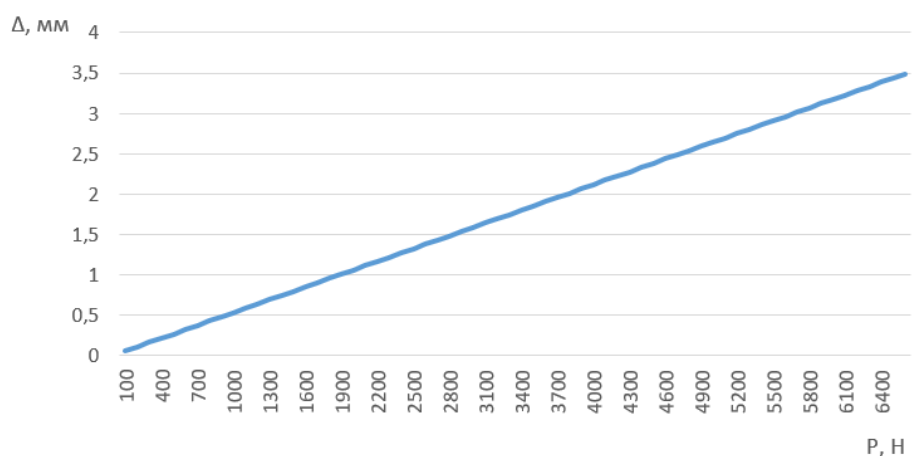


Рис. 1. График зависимости вертикального перемещения Δ паллеты от нагрузки P на ролик [6]: Δ - перемещение системы ролика с опорой, мм; P – нагрузка на ролик, мм

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при расчете сопротивлений от неровности роликового полотна современных ГРК для паллет массой от 250 до 1500 кг, необходимо учитывать жесткость роликовых опор. Кроме этого, ввиду того, что паллета будет преодолевать эту неровность на каждом ролике, то сопротивление от податливости роликовых опор необходимо считать не местным, а постоянно действующим.

Для оценки величины сопротивления W от неровности Δh роликового полотна с учетом податливости роликовых опор воспользуемся расчетной схемой приведенной на рис. 2 [3].

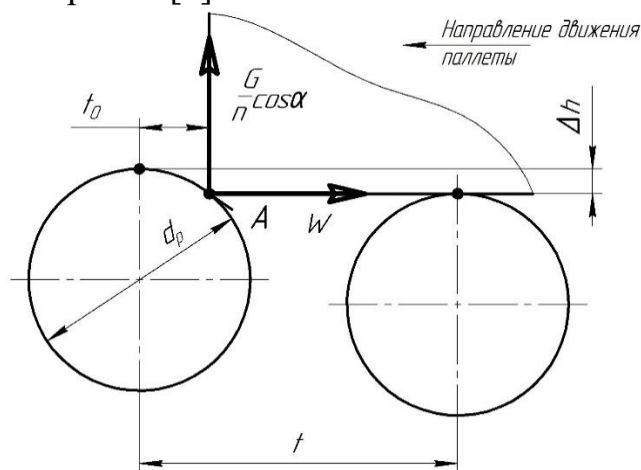


Рис. 2. Расчетная схема сопротивления от неровности роликового полотна.

Уравнение моментов действующих сил относительно точки А контакта:

$$W(0,5d_p - \Delta h) \frac{G}{n} t_0 \cos a = 0, \quad (1)$$

где W – сопротивление от неровности роликового полотна, Н;

d_p – диаметр ролика, мм;

Δh – неровность роликового полотна, мм;

G – вес груза (паллеты), Н;

n – количество роликов под паллетой;

t_0 – расстояние от вершины ролика до паллеты в точке касания А, мм;

a – угол наклона роликового полотна;

Из геометрических соотношений:

$$t_0 = \sqrt{(d_p - \Delta h)\Delta h} \quad (2)$$

После преобразований получим:

$$W \approx \frac{2G}{n} \sqrt{\frac{\Delta h}{d_p}} \cos a \quad (3)$$

Для сравнения различных методик, приведем пример расчета, в котором примем массу груза (паллеты) равной 1000 кг, угол наклона роликового полотна $\alpha=4^\circ$, диаметр ролика $d_p=60$ мм.

Таблица 1 Зависимость сопротивления W от неровности роликового полотна от количества роликов под паллетой.

Количество роликов под паллетой n	Сопротивления W от неровности роликового полотна, Н		
	Ивановский К.Е. и др. (по ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные)	Темиртасов О.Т.	С учетом податливости роликовых опор
4	438,7	283,2	727,5
5	351,0	226,6	519,1
6	292,5	188,8	396,0
7	250,7	161,8	313,4
8	219,4	141,6	257,2
9	195,0	125,9	214,3
10	175,5	113,3	184,0

По полученным данным из таблицы 1 можно сделать вывод, что при расчете сопротивлений от неровности роликового полотна ГРК для паллет необходимо учитывать неточности изготовления роликового полотна, а также податливость роликовых опор.

Выводы

- сопротивление от неровности роликового полотна ГРК для паллет не является местным, его необходимо считать постоянно действующим и распределенным по длине ГРК.

- при расчете сопротивлений от неровности роликового полотна ГРК для паллет необходимо учитывать неточности изготовления роликового полотна, а также податливость роликовых опор.

Библиографический список

1. Балыков П.С., Васин Э.Е., Нечаев Б.П. Влияние скорости перемещения грузов по роликовым конвейерам на сопротивление движению // Вестник машиностроения. – 1971. – №9. – С. 46-49.

2. Бобров В.П. Проектирование загрузочно-транспортных устройств к станкам и автоматическим линиям. М.: Машиностроение, 1964. 264 с.
3. Ивановский К.Е., Раковщик А.Н., Цоглин А.Н. Роликовые и дисковые конвейеры и устройства. М.: Машиностроение, 1973. 216 с.
4. Машковский А.В. Роликовые и дисковые конвейеры для механизации процессов перемещения. Тр. УНИПТИМАШ. Вып. 2, Ульяновск 1969. 57 с.
5. Сафронов Е.В., Шарифуллин И.А., Носко А.Л. Устройства безопасной эксплуатации гравитационных роликовых конвейеров паллетного типа: Монография. М: Университетская книга, 2018. 72 с.
6. Сафронов Е.В., Носко А.Л. Экспериментальная оценка нагрузочной способности роликов гравитационных конвейеров для паллет. М.: Известия МГТУ «МАМИ». 2020. №3 (45). С. 59-64.
7. Темиртасов О.Т. Исследование процесса перемещения штучных грузов по гравитационному роликовому конвейеру: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.05. М. 1979. 200 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОЗВЕННОЙ МАШИНЫ

Сорокин В. С., студент

Научный руководитель: Фомин А. Ю., к. т. н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Для АПК транспортные и технологические машины имеют большое значение в части решения различных задач перемещения не только сельскохозяйственных грузов, но и грузов, к которым применяются особые условия размещения и правила движения, так, например, негабаритные корзины с растениями, крупный рогатый скот, свиньи, птица, овцы и прочее.

Местность АПК характеризуется пересекаемым рельефом, большим количеством поворотов и уклонов, что усложняет управление технологическими машинами, также следует отметить практически повсеместное отсутствие твердого покрытия. Правила перевозки грузов АПК предусматривают для обеспечения сохранности выполнение ряда правил, в частности, для негабаритных растений, кустарников и деревьев должна обеспечиваться неподвижность и минимальные колебательные нагрузки, исключаящие облом веток и осыпание листвы. Более жесткими являются требования при перевозке

животных, в данном случае особым является плавность хода машины и щадящий режим нагрузок (инерционных сил) при движении по извилистым дорогам [1].

Анализ применяемых моделей технологических машин показывает широкое использование для особых условий перевозки грузов АПК (ОУПГ АПК) базового тягача в составе с полуприцепом. Для автопоездов конструкторы опираются на принятые типовые характеристики устойчивости, маневренности и плавности хода [2]. В то же время для ОУПГ АПК должны применяться дополнительные, научно обоснованные требования к параметрам устойчивости и плавности хода, применены конструктивные решения, гарантирующие комфортные условия перевозки животных.

Задача определения параметров колесной машины, обеспечивающих устойчивость и управляемость при криволинейном движении выделена в качестве ключевой в работе [3]. Опрокидывание выделено в качестве наиболее опасного по тяжести последствий видов потери устойчивости колесной машины. В работе проведены аналитические исследования и дано обоснование выявленных по точности, новизне и универсальности разработок по установлению критериев статической и динамической устойчивости машины против поперечного опрокидывания. Данные исследования проведены как для транспортных средств, так и для колесных низкоклиренсных тракторов, получены математические модели, которые авторы предлагаю использовать как фундаментальные. Для большегрузных автопоездов в работе [4] предложена конструкция устройства повышения маневренности, модифицирована базовая модель седельного автопоездов с учетом перекоса осей полуприцепа, который приводит к ухудшению устойчивости прямолинейного движения, обусловленного колебаниями прицепного звена.

Рассмотрению основных факторов, вызывающих потерю устойчивости, опрокидывание колесной машины при движении на повороте и ударе колеса о неподвижное препятствие посвящены исследования в работе [5].

В теории технологических машин с колесной ходовой частью, выделяются поперечная и продольная устойчивости. Поперечная устойчивость машины предусматривает контроль бокового скольжения колес и исключение опрокидывания в плоскости, перпендикулярной продольной оси. Для продольной устойчивости требуется исключить буксование колес, вызываемое скольжением при преодолении крутого подъема. Т.к. технологическим машинам нехарактерен высокий скоростной режим движения при эксплуатации в условиях АПК, то обоснованным среди показателей поперечной устойчивости выделение параметров: радиус поворота и угол поперечного наклона дороги [6].

Задача контроля управляемости многозвенной машиной сводится к исключению эффекта складывания тягача и полуприцепа, как частного случая

нарушения управляемости и скатывания машины в занос. Т.е. создание конструктивного эффекта управляемых колес полуприцепа. В данном случае поворотными являются не оси, а только цапфы всех колес полуприцепа (рис. 1).

Учитывая, что при ОУПГ АПК поворот технологической машины происходит на невысокой скорости, принимается допущение отсутствия боковой деформации шин, а геометрическое совпадение точки контроля радиуса поворота с серединой задней оси полуприцепа. Радиус поворота определяется из выражения.

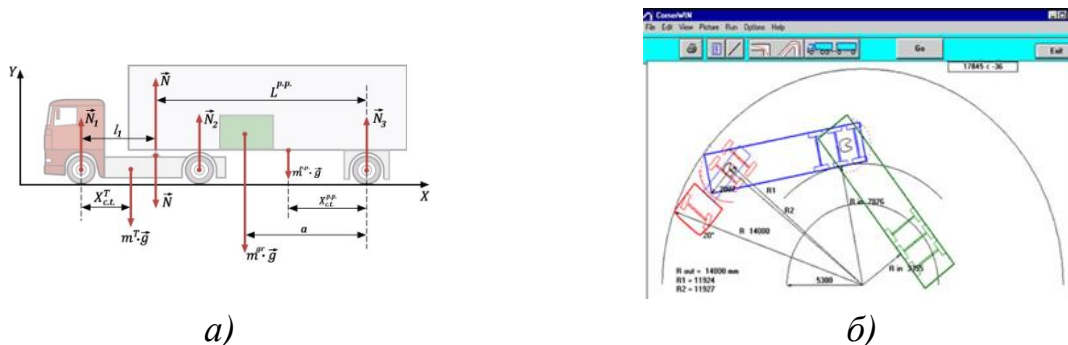


Рис. 1. Силы, действующие на многосвязную машину (а), схема поворота полуприцепа в программном эмуляторе Cornet WIN (б)

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}\theta}$$

где $\theta = \frac{\theta_{\text{в}} + \theta_{\text{н}}}{2}$ – средний угол поворота управляемых колес;

L – база автомобиля.

Теоретически установлено, что в каждый момент поворот многосвязной машины происходит вокруг мгновенного полюса вращения. На устойчивость влияет неравномерность движения, т.е. движение с положительным или отрицательным ускорением.

Положение мгновенного центра ускорения определяется из выражения

$$M = \left(R \frac{d\omega}{dt} - \frac{d\vartheta}{dt} \right) \frac{1}{\sqrt{\omega^4 + \left(\frac{d\omega}{dt} \right)^2}},$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{L} \frac{d\vartheta}{dt} + \frac{\vartheta}{L \cos^2 \alpha} \frac{d\alpha}{dt}$$

где ω – угловая скорость автомобиля;

$\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение;

ϑ – скорость автомобиля;

α – средний угол поворота управляемых колес.

Сила инерции вдоль оси полуприцепа (semi-trailer):

$$P_x = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{d\vartheta}{dt} - b\omega^2 \right).$$

Сила инерции перпендикулярная к оси полуприцепа (semi-trailer):

$$P_y = \frac{G_{s-t}}{g} \left(R\omega^2 + b \frac{d\omega}{dt} \right),$$

где G_{s-t} – полный вес полуприцепа; g – ускорение силы тяжести.

Для упрощения расчетов и сведения к общепринятым расчетным единицам измерения, для соотношения расстояния от задней оси до центра тяжести (b) и база полуприцепа (L) вводится обозначение $\xi = \frac{b}{L}$, и окончательно расчетное выражение сил инерции принимает вид

$$P_x = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{d\vartheta}{dt} - \xi L \frac{\vartheta^2}{13R^2} \right), \quad P_y = \frac{G_{s-t}}{g} \left(\frac{\vartheta^2}{13R} + \xi \frac{Ld\vartheta}{Rdt} + \xi \frac{\vartheta}{3,6} \frac{L^2+R^2}{R^2} \frac{d\alpha}{dt} \right).$$

Предложена математическая модель как расчетная зависимость при исследовании устойчивости технологических машин в процессе перевозки грузов в полуприцепах и оценке критического соотношения угла поворота, скорости движения инерционных сил для исключения нештатной ситуации, так, например, складывание полуприцепа и опрокидывание машины.

Библиографический список

1. Постановление Правительства России от 21 декабря 2020 г. №2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 ПДД РФ».
2. Тургиев, А. К. К вопросу определения буксования ведущих колес трактора / А. К. Тургиев, М. А. Карапетян, Н. А. Мочунова // Естественные и технические науки. – 2010. – № 5(48). – С. 570-572.
3. Фомин, А. Ю. Метод повышения манёвренности БМД-4М с гидромеханической трансмиссией / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В.Хрулева. – 2016. – № 2(6). – С. 84-88.
4. Фомин, А. Ю. Способ повышения маневренности высококомобильной транспортной гусеничной машины / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 7-2. – С. 121-131.

5. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : Монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко ; Российский государственный аграрный университет - московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2015. – 116 с.

6. Патент № 2160690 С1 Российская Федерация, МПК В64F 1/22. Тягово-цепное устройство буксировщика : № 99114543/28 : заявл. 05.07.1999: опубл. 20.12.2000 / В. А. Нилов, А. В. Великанов; заявитель Воронежский государственный технический университет.

7. Севрюгина, Н. С. эффективность ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, А. В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С. 90-96.

8. Патент № 2542850 С2 Российская Федерация, МПК В66С 15/00, В66С 23/88. Способ обеспечения устойчивости башенных кранов от опрокидывания : № 2012153944/11 : заявл. 14.12.2012 : опубл. 27.02.2015 / П. А. Сорокин, А. В. Мишин, К. С. Хряков, А. В. Редькин ; заявитель ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет путей сообщения" (МИИТ).

9. Исследование устойчивости мобильных грузоподъемных машин методом конечных элементов / В. А. Обыденков, В. Ю. Анцев, П. А. Сорокин, А. В. Мишин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 3. – С. 30-36.

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА РЖД НА УЧАСТКЕ КАЗАНСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ

Ткачук В. Д., магистрант

*Научный руководитель: Сладкова Л. А., д-р техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия*

Работа транспортной системы зачастую сопровождаются типичными рисками в постоянной деятельности предприятия, которые присущи как всем экономическим субъектам, так и для железнодорожного комплекса в целом [1-3]. Но при этом, на транспорте происходит значительное количество катастроф, аварий и происшествий, от которых погибает и травмируется большое число людей, чем наносится огромный материальный ущерб и вред окружающей среде. Риски, которым подвержено предприятие железнодорожного транспорта, могут

возникать в силу как внутренних, так и внешних факторов и могут быть дифференцированы на стратегические, финансовые, операционные, опасности.

В зимнее время года увеличиваются риски схода подвижного состава на стрелочных переводах из-за несвоевременной их очистки от снега. В начале 2021 года на МЖД произошло 555 случаев травмирования, что на 14,5% больше, чем за аналогичный период 2020 года. В результате происшествий пострадали на 82 человека больше, чем годом ранее. В полтора раза увеличилось число происшествий с детьми с 25 до 36. Чаще всего такие инциденты фиксировались на Казанском (135 случаев), Ярославском (88) и Курском (63) направлениях МЖД.

С начала 2021 года на Казанском направлении МЖД произошло 135 случаев травмирования, что на 5,7% больше, чем за аналогичный период 2020 года, что на 8 человек больше, чем годом ранее. В полтора раза увеличилось число происшествий с детьми с 7 до 11 (табл. 1) [4].

Рассмотрим ряд случаев, произошедших на железнодорожных участках Казанского направления [2].

Участились случаи аварий на железнодорожных путях с участием автомобильных транспортных средств, в результате чего происходит сбой в расписании движения поездов. Авария на железнодорожном переезде в Подмосковье привела к задержкам на Казанском направлении. ДТП с участием легковушки и поезда произошло на одном из переездов в Подмосковье. Автомобиль «КИА» выехал на железнодорожные пути, где его протаранил пассажирский поезд. В результате аварии погибли водитель и пассажир машины.

Таблица 1. Число погибших на железных дорогах в 2020 и 2021 гг.

Причина происшествий	2020 г.	2021 г.	Разница
Наезд поезда на пострадавшего или падение из вагона (исключая переезды)	102	98	-4
Инциденты на переездах	19	32	13
Прочее (столкновения поездов, сход с рельсов, возгорания, происшествия при маневрах)	6	5	-1
Всего	127	135	8

Отмечается, что на оборудованном светозвуковой сигнализацией железнодорожном переезде в районе станции Фаустово водитель автомобиля нарушил ПДД и выехал на пути перед приближающимся пассажирским поездом № 93 Пенза – Москва. Несмотря на принятые машинистом меры по экстренному

торможению, столкновения избежать не удалось. В результате ДТП автомобиль был зажат под автосцепкой локомотива, были повреждены элементы железнодорожной инфраструктуры. На двухпутном участке Фаустово - Бронницы временно было остановлено движение поездов. За 2021 год в результате ДТП было задержано 18 пригородных и 13 пассажирских поездов, семь электричек были отменены.

Исходя из вышесказанного, основной причиной несчастных случаев является нарушение правил безопасного поведения на объектах железнодорожного транспорта: хождение по железнодорожным путям в неположенном месте; нахождение на пешеходном настиле во время движения поезда, попытки несанкционированного прохода на платформу, нарушение правил движения через железнодорожные переезды.

Основными причинами нарушений *безопасности движения по локомотивному хозяйству* являются низкая трудовая дисциплина и недостаточный профессиональный уровень локомотивных бригад, приводящие к проездам запрещающих сигналов, предельных столбиков, несоблюдение режимов вождения поездов, правил поездной и маневровой работы и др. Как свидетельствуют многолетние статистические данные, более 30 % крушений поездов в локомотивном хозяйстве происходило вследствие позднего включения тормозов, около 14 % – вследствие сна локомотивных бригад, по 5 % – из-за превышения скорости движения поезда перед запрещающим показанием светофора и из-за отключения исправных устройств безопасности. В 9 % крушений по локомотивному хозяйству проявилась категорически недопустимая причина для всех работников железнодорожного транспорта – нетрезвое состояние локомотивных бригад.

Из зафиксированных за десятилетний период 219 проездов светофоров с запрещающими сигналами произошло вследствие отключения машинистом исправно действующих устройств безопасности – 6 %, отсутствия на локомотивах (кроме АЛСН) устройств безопасности – 13,2 %, нахождения бригад в сонном состоянии – 4 %, невыполнения регламента переговоров и наблюдения за сигналами – 32,8 %, несогласованных действий бригады с дежурными по станции (ДСП) и составителями поездов – 14 %, неудовлетворительного знания технико-распорядительного акта (ТРА) станций – 5,5 %, бесконтрольного со стороны машиниста управления поездом его помощником – 4,5 %, позднего применения тормозов и, как следствие, превышения скоростей движения перед запрещающим сигналом – 9 %. При снижении в целом по сети числа случаев брака на 4 % в локомотивном хозяйстве их общее число возросло на 2,5 % и составило 37 % в общесетевом показателе. Основной причиной брака явились неисправности локомотивов с задержкой

поездов более 1 часа – 1485 случаев, что составило 79,2 % от общего числа нарушений безопасности движения в локомотивном хозяйстве.

Рост неисправностей локомотивов, в том числе с пассажирскими поездами (253 случая), является следствием ухудшения технического состояния локомотивного парка из-за перепробегов локомотивами межремонтных сроков, недостатков в организации снабжения депо запасными частями и материалами, низкого уровня квалификации ремонтного персонала и локомотивных бригад.

Причинами сходов подвижного состава при маневровой работе (21 случай за 1 год) явились в 9,5 % случаев неочистки стрелочных переводов от снега, неприлегание остряка к рамному рельсу, в 4,7 % случаев уширение колеи пути. Наиболее неблагоприятными по обеспечению безопасности движения в прошедших годах в локомотивных хозяйствах были Дальневосточная, Юго-Восточная, Северная, Горьковская, Октябрьская, Забайкальская, Южно-Уральская, Восточно-Сибирская, Свердловская, Московская железные дороги.

По вагонному хозяйству нарушения безопасности движения определяются техническими неисправностями вагонов и их оборудования, приводящими к изломам шеек осей колесных пар, падению деталей вагонов на путь, а также несоблюдением норм содержания вагонов, прежде всего их ходовых частей. В числе отказов в работе вагонных хозяйств железных дорог наиболее характерными были отцепки вагонов от грузовых поездов в пути следования по неисправностям роликовых букс (56,8 %). В числе другого брака наиболее характерным являются саморасцепки автосцепки (99 случаев за 1 год), отрывы автосцепок (60 случаев за 1 год), падение деталей вагона на путь (34 случая в год). В суммарном количестве браков в работе вагонного хозяйства за год составляло в среднем 285 случаев задержки грузовых поездов на перегоне или станциях на 1 ч и более по технической неисправности вагонов.

Причинами риска также являются накапливающиеся в пути во времени от воздействий поездов и природных факторов, как ослабление промежуточных скреплений, наличие расположенных подряд трех и более негодных деревянных шпал, превышение допустимых значений вертикального и бокового износа рельсов, изломы рельсов, отказы рельсовых цепей, наличие просадок пути, выплесков балласта, пучин, неисправностей стрелочных переводов и др.

Основными причинами аварий в хозяйстве пути и сооружений при снижении их абсолютного количества с 818 до 740 случаев за год явились: сход в пассажирском поезде – с 2 до 1; сходы в грузовых поездах – с 48 до 37 (половина из них произошла на Куйбышевской, Восточно-Сибирской, Северной и Юго-Восточной железных дорогах); сходы подвижного состава при маневрах – со 176 до 150; - ограничение скорости до 15 км/ч или закрытие движения по результатам проверки вагонами-путеизмерителями – с 300 до 268; производство

работ без ограждения их места – с 33 до 38 случаев; - перекрытие разрешающего сигнала светофора на запрещающий с последующим проездом – со 144 до 100 случаев.

Основными причинами изломов рельсов (в среднем 182 случая в год) явились дефекты рельсов следующих кодов в соответствии с их классификацией по НТД/ЦП-1-2-2002: по коду 69 (дефекты подошвы вследствие коррозии) – 42 %; по кодам 26, 56, 66 (дефекты сварных стыков) – 16 %; по коду 21 (поперечные трещины в головке рельса) – 10 %; по коду 53,1 (трещины в шейке от болтовых отверстий) – 5,5 %; по коду 65 (трещины и выколы подошвы рельсов из-за ударов и других механических повреждений) – 5,5 %. Следует отметить, что из общего количества изломов рельсов 17,5 % могли быть выявлены используемыми средствами дефектоскопии, но были пропущены (не зафиксированы) по вине операторов-дефектоскопистов («человеческий фактор»). В целом из общего количества дефектных рельсов до 90 % составляют рельсы с дефектами 1-й, 2-й и 4-й групп. При этом средний выход рельсов в дефектные по 1-й группе составляет 30 шт. на 100 км пути, по 2-й группе – 14 шт. на 100 км пути и по 4-й – 16 шт. на 100 км пути.

За 2019 год на поднадзорной Московско-Рязанской транспортной прокуратуре зарегистрировано 100 фактов травматизма, что на 78 фактов меньше, чем в 2018 году. Показатель количества летальных исходов составил 73.

Фактов травмирования с участием несовершеннолетних за анализируемый период выявлено – 5, в т.ч. со смертельным исходом - 5, что на 17 % меньше, чем в аналогичном периоде предыдущего года.

Анализ непроизводственного травматизма на объектах железнодорожного транспорта Казанского направления показал, что основными причинами несчастных случаев являются: левостороннее движение поездов (единственная ветка Московской железной дороги); несоответствие оборудования объектов железнодорожного транспорта правилам безопасности; нахождение лиц на объектах железнодорожного транспорта в состоянии алкогольного опьянения и личная неосторожность; высокая интенсивность движения поездов дальнего, грузовых и пригородного сообщений; нахождение объектов социального назначения вблизи железнодорожных путей; правовой нигилизм. При анализе несчастных случаев на территории оперативного обслуживания ЛУ МВД России на участке Москва-Рязань Казанского направления, установлены железнодорожные станции с наибольшими показателями выявленных фактов непроизводственного травматизма (табл. 2).

Таблица 2 Факты непроизвольного травматизма

Название станции	Количество фактов (каких?) несчастных случаев	
	Общее число	В том числе со смертельным исходом
Люберцы	9	9
Быково	6	6
Бронницы	5	5
Ухтомская	5	4
Москворецкая	4	4
Панки	4	3
Томилино	4	3
Электrozаводская	4	3
Малаховка	4	3
Ильинская	4	3

Установлено, что причиной рисков на железной дороге Казанского направления являются:

1 Несоблюдение требований по обеспечению безопасности дорожного движения при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании дорог, железнодорожных переездов или других дорожных сооружений.

2 Несоблюдение управляющими структурами требований по техническому содержанию инженерных сооружений. Всего по результатам проверок в указанной сфере правоотношений выявлено 29 нарушений законов, внесено 6 представлений, по постановлениям прокурора к административной ответственности привлечено 8 лиц с назначением административного штрафа на общую сумму 127 000 рублей.

3 Дефекты на путепроводах и пешеходных мостах через железнодорожные пути (трещины в опорах, коррозия металла, сколы бетона, оголенная арматура и отсутствие защитных ограждений), что угрожает безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Выводы:

Железнодорожный транспорт является источником повышенных рисков и опасностей. Под этим подразумеваются негативные последствия, которые возникают или могут возникнуть в результате той или иной деятельности в рассматриваемой сфере и их появление можно проанализировать и оценить частоту их появления на основе обработки приведенной в статье информации.

Библиографический список

- 1 Международный союз железных дорог UIC Safety Report 2020
- 2 Федеральный Закон РФ "О железнодорожном транспорте Российской Федерации" от 10 января 2003 №17-ФЗ (с изменениями от 8 ноября 2007 г.).
- 3 Транспортная стратегия до 2030. Официальный сайт Министерства транспорта РФ. [Электронный ресурс].
- 4 Долицкий Е.А. Расследование крушений и аварий на железнодорожном транспорте. М.,2009. – 321

СЕКЦИЯ 4. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАНИПУЛЯТОРЫ, РОБОТЫ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В НОРМАЛЬНО ЗАМКНУТЫХ КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗАХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Александров Р. С., студент

Научный руководитель: Ромашко А. М., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Тормоз является одним из самых ответственных узлов, определяющих безопасность и работоспособность грузоподъемных машин. Тормоз должен останавливать машину и груз в подвешенном состоянии и удерживать его при заданном запасе торможения. Существует следующая классификация тормозов:

1. По конструктивному исполнению:

- колодочные – с рабочим элементом в виде колодки, трущейся по наружной или внутренней цилиндрической поверхности тормозного шкива;
- дисковые – с рабочим элементом в виде диска или сегментных колодок, трущихся по плоской поверхности тормозного диска;
- конусные – с рабочим элементом в виде конуса;
- ленточные – с рабочим элементом в виде ленты, охватывающей тормозной шкив.

2. По характеру действия силы, управляющей тормозом:

- нормально замкнутого типа – замыкание которых создается постоянно действующей силой, а размыкание при воздействии привода тормоза;
- нормально разомкнутого типа – размыкающиеся постоянно действующей силой и замыкающиеся при воздействии силы управляющей тормозом;
- комбинированные – работающие в нормальных условиях как нормально разомкнутые тормоза, а в аварийных как нормально замкнутые.

3. По принципу действия:

- автоматические – замыкающиеся одновременно с отключением привода механизма на котором установлен тормоз;

-управляемые – замыкание или размыкание которых происходит при воздействии на орган управления тормозом.

4. По назначению:

-стопорные – производящие остановку механизма и последующее удержание груза;

-спускные – ограничивающие скорость движения в определенных пределах в течение всего периода работы исполнительного механизма.

В подъемно-транспортных механизмах наибольшее распространение получили автоматические стопорные тормозные устройства нормально замкнутого типа, разного конструктивного исполнения, однако на отечественном рынке предпочтение отдается колодочным тормозам, в связи с традиционно сложившейся схемой компоновки крановых узлов и деталей.

Эффективность тормозного устройства в значительной мере определяется качеством его фрикционных материалов, т.е. их способностью сохранять свои фрикционные свойства, которые напрямую влияют на базовые характеристики самого тормозного устройства.

Базовой характеристикой тормозного устройства, определяющей его работоспособность, является коэффициент трения, обеспечивающий необходимый тормозной момент, а его долговечность – интенсивность изнашивания фрикционной пары.

Как правило, инженер в стадии проектирования грузоподъемной машины полагается на результаты фрикционно-износных характеристик конструкций, находящихся в эксплуатации при различных режимах работы, или же стендовых испытаний. Первый вариант является наиболее благоприятным, т.к. он полностью отражает ресурс элементов фрикционной пары и изменение тормозного момента в процессе эксплуатации. Это позволяет более рационально подобрать тормозной узел и фрикционную пару этого узла. Однако в большинстве случаев это не представляется возможным и при выборе материалов фрикционных пар инженеру приходится руководствоваться результатами лабораторных испытаний или же характеристиками, приведенными в справочной литературе и рекламных материалах производителей.

Но какие характеристики необходимы инженеру для корректного выбора тормозного устройства? Как потребителю нам бы хотелось как можно реже проводить техническое обслуживание тормозного узла. В этом могут помочь такие параметры как стабильность тормозного момента и высокая износостойкость фрикционной пары. Соответственно инженеру в стадии проектирования необходимо обеспечить тормозное устройство этими качествами. На стабильность коэффициента трения и износостойкость

оказывают влияния следующие факторы: тепловой режим работы тормозного устройства, величина нормального давления, скорость скольжения, состояние окружающей среды, характер приложения нагрузки, удаление частиц износа, состояние поверхностей, продолжительность трения. В общем факторами на которые мы можем повлиять выбором фрикционных материалов являются допускаемые температуры и давления на фрикционный материал. Поэтому при выборе фрикционных материалов следует полагаться на такие характеристики как: допускаемая температура, допускаемое давление, линейный износ по контртелу из различного материала.

По сей день наиболее распространенным материалом для фрикционных накладок колодочных тормозов является асбофрикционный материал (ФАПМ), а именно эластичная вальцованная лента ЭМ-1, ЭМ-2 (ГОСТ 15960-96) и тканая лента ЛАТ-2 (ГОСТ 1198-93).

Таблица 1

Материал	Коэффициент трения (по чугуну СЧ 15)	Допускаемые давления, МПа	Допускаемая рабочая температура, °С	Линейный износ, мм (по чугуну СЧ 15)	Связующее	Стандарт
ЭМ-1	0,4-0,6	1,5	200	0,08	Каучуковое	ГОСТ 15960-96
ЭМ-2	0,39-0,54	2,5	200	0,17	Каучуковое	ГОСТ 15960-96
ЛАТ-2	0,45-0,6	5	300	0,11	Масляное	ГОСТ 1198-93

Основным недостатком асбестовых материалы является неустойчивость коэффициента трения при нагреве из-за нетеплостойкой органической пропитки, вследствие чего ФАПМ не могут в полной мере удовлетворять требованиям для фрикционных накладок. В книгах [1] и [2] описывается влияние температуры на коэффициент трения и темп изнашивания асбофрикционных материалов. С увеличением поверхностной температуры отмечается тенденция роста износа, причем износ таких материалов является нелинейной функцией. При повышении температуры выше допускаемой увеличение износа происходит уже вследствие деструкции связующего. Например, для каучукового связующего, которое используется в изготовлении ленты ЭМ-1 и ЭМ-2, предельно допустимая температура 200-250°С. Увеличение давления при прочих равных приводит к увеличению износа материала. Принято считать, что влияние давления на темп изнашивания, осуществляется через развиваемую при трении температуру, т.е. при изменении контурной площади накладки при неизменной нагрузке происходит увеличение работы трения, увеличение же нагрузки при неизменной

контурной площади накладки вызывает повышение интенсивности торможения. В обоих случаях увеличение давления приводит к повышению температуры и как следствие к росту темпа износа. Стоит также отметить, что установившаяся температура при использовании вальцованных накладок на 5-10°C выше, чем при использовании тканых, при этом использование накладок с содержанием металлических включений уменьшает установившуюся температуру на 20-30°C вследствие большей теплопроводности. К тому же для тканой ленты ЛАТ-2, из-за ее чрезмерной упругости, необходимо увеличивать отход колодок от шкива, чтобы избежать износ колодки при разомкнутом тормозе.

Все эти недостатки подталкивают на исследование и поиск других, более пригодных для использования в тормозных устройствах, фрикционных материалов. Положение осложняется тем, что как у отечественных, так и у зарубежных производителей тормозных устройств отсутствует информация о используемых фрикционных материалах. Полагаясь на исследования, описанные в книге [2], можно составить таблицу схожих по характеристикам материалов с приведенными ранее, с точки зрения износостойкости и стабильности коэффициента трения.

Таблица 2

Материал	Интенсивность изнашивания, мкг/Дж, при температуре, °С				Коэффициент трения	Связующее	Стандарт
	100	200	300	400			
ЭМ-1	0,13	0,15	0,18	0,6	0,46	Каучуковое	ГОСТ 15960-96
ЭМ-2	0,45	0,5	0,65	1,6	0,47	Каучуковое	ГОСТ 15960-96
42-773	0,15	0,2	0,35	0,9	0,56	Каучуковое	ТУ 38 41426-72
42-975	0,15	0,16	0,25	0,6	0,53	Каучуковое	ТУ 11492-73
6КХ-1Б	0,3	0,31	0,4	0,85	0,45	Каучуковое	ТУ 38-5-560-69
2-339	0,15	0,2	0,25	0,6	0,42	Комбинированное	ТУ 38 11428-71
143	0,15	0,2	0,3	1,0	0,49	Комбинированное	ТУ 38 11427-71
1-43-А	0,2	0,25	0,4	0,75	0,43	Комбинированное	ТУ 11440-71

Приведенные в таблице 2 материалы являются асбофрикционными и применяются для накладок барабанных тормозов грузовых автомобилей, получаемые формованием, кроме вальцованных лент ЭМ-1 и ЭМ-2. Формованный материал является более жестким чем эластичные вальцованные ленты, поэтому процесс приработки к цилиндрической поверхности тормозного

шкива может происходить дольше, вследствие чего длительность неуравновешенного износа возрастает. К сожалению, не удалось найти в открытом доступе стандарты на данные материалы для полного сравнения характеристик, поэтому приходится руководствоваться результатами испытаний, которые приведены в книге [2]. Стоит отметить, что коэффициент трения у материалов 42-773, 42-975 и 6КХ-1Б не снижался до 0,4 вплоть до температуры 400°С, в то время как для остальных материалов заметное снижение коэффициента трения приходилось на диапазон температур 250-300°С. Как видно из таблицы 2, при поверхностной температуре 400°С происходит значительное увеличение интенсивности изнашивания, что является результатом деструкции связующего. Соответственно теплостойкость материала, которая напрямую зависит от теплостойкости связующего, является одним из факторов повышения его износостойкости. Появляется необходимость использовать более теплостойкое связующее или можно попробовать кардинально изменить подход – использовать безасбестовые материалы, к тому же нельзя отрицать вредное влияние на организм асбестосодержащих фрикционных материалов, хоть и для эксплуатации грузоподъемных машин это сказывается в меньшей степени [3].

Больше всех в освоении безасбестовых фрикционных материалов преуспели производители тормозных накладок для автомобильной промышленности [4], в связи с запретом содержания асбеста в тормозных устройствах автомобилей. В автомобильных тормозных системах реализуются большие скорости скольжения, большие давления в гидроприводах тормозов. При схожих тепловых режимах на первый взгляд можно сделать вывод о пригодности фрикционных материалов для автомобильных колодок в тормозных узлах ГПМ. Однако по приведенной выше классификации тормозов автомобильные тормозные системы можно отнести к управляемым нормально разомкнутым спускным тормозам, вследствие чего для автомобильных тормозов и тормозов ГПМ будут реализовываться разные режимы работы. Так для автомобиля характерны как затяжные, так и кратковременные торможения с различной начальной частотой вращения колеса для снижения скорости движения или полной остановки, в то время как для тормозов подъемно-транспортных машин, в основном, характерны одинаковые по времени торможения с одинаковой начальной частотой вращения тормозного шкива до полной остановки и последующее удержание груза в подвешенном состоянии. Соответственно методики стендовых испытаний, используемые для определения износостойкости и стабильности коэффициента трения в автомобильной промышленности, например, методика АК-Master используемая ОАО «АвтоВАЗ» [5], и в ГПМ различны и не позволяют наглядно провести сравнение.

Это приводит к необходимости сравнения характеристик автомобильных фрикционных материалов с серийными асбестосодержащими материалами по результатам лабораторных испытаний или проведения сравнительных испытаний на стендах инерционного типа, которые воспроизводят динамические нагрузки реального кранового механизма. Подобные сравнительные испытания приведены в работе [6] для сравнения нового углерод-композиционного материала с серийным асбофрикционным материалом ЭМ-2. Испытания проводились на колодочном тормозе ТКТГ-200 устанавливаемом на испытательном стенде инерционного типа. Тормозной момент измерялся посредством динамометрических колец, температура контактной зоны фрикционных поверхностей измерялась семью термопарами, установленными в теле накладки на расстоянии 0,1 мм от поверхности трения (по утверждению авторов), величина износа определялась весовым методом. Длительность испытаний для каждого материала составила одну рабочую неделю при восьмичасовом рабочем дне по одному и тому же графику нагружения в температурном диапазоне от 15 до 325°С. Результаты сравнительных испытаний показали превосходство нового углерод-композиционного материала в стабильности коэффициента трения, теплостойкости и износостойкости.

Библиографический список

1. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. Изд. 3-е, доп. и перераб. М., «Машиностроение», 1976, 383 с.
2. Полимеры в узлах трения машин и приборов: Справочник/ Е.В. Зиновьев, А.Л. Левин, М.М. Бородулин, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1980. – 208 с.
3. Носко А.Л., Тарасюк В.Е., Шарифуллин И.А., Сафронов Е.В. Триботехническая и экологическая оценка фрикционных пар тормозных устройств подъемно-транспортных машин // Трение и износ. – 2020. – Т.41, №4. – С. 475-484.
4. Левит М.З., Крайнова Н.А., Изюмова В.И., Голкин В.Б., Хведченя О.А., Соколов В.А. Новые безасбестовые фрикционные материалы и изделия // Трение и износ. – 2005. – Т.26, №2. – С. 201-207.
5. Ветров Ю. Звуки мю // Авторевю. – 2016. – №1(579). – С. 34-39.
6. Старченко В.Н., Казачков Н.В. Повышение эффективности торможения использованием новых углерод-композиционных материалов // Молодой ученый. – 2020. – №21(311). – С. 537-541.
7. Триботехнические исследования материалов и фрикционных пар тормозов грузоподъемных машин: учеб. пособие для вузов/ Носко А.Л., Кузнецов А.А., Иванов С.Д. – М.: Университетская книга, 2016. – 109 с.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МЕХАНИЗМОВ ВЫДВИЖЕНИЯ И ПОДЪЕМА РОБОТА-ПЕРЕГРУЗЧИКА И ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ПРИВОДА КОМПЕНСАЦИОННОЙ ПРУЖИНЫ

Антонова-Антипова М. А., студент

Шириков А. Г., студент

Научный руководитель: Никулин К. С., к.т.н., доцент

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Промышленные роботы-перегрузчики работают циклически в старто-стопных режимах. Из-за упругости звеньев в механизмах и элементах конструкции возникают упругие колебания. Кроме того, эти колебания могут накладываться, что может стать причиной резонансного повышения амплитуды колебаний, вызывая, из-за своего переменного характера, преждевременные усталостные повреждения. В этом опасность таких колебаний и необходимость их учета при расчете перегрузочной машины. Динамическая составляющая может возникать при работе всех механизмов робота, что потребует достаточно объемных исследований и является более широкой научной задачей. В данной работе изучается динамика механизма выдвижения руки робота и ее подъема.

В качестве аналога был взят имеющийся в лаборатории промышленный робот с пневмоприводом и цикловой системой управления ПР10И (рис. 1).

Механизм выдвижения/задвигания схвата руки манипулятора [1] состоит из пневмоцилиндра 11, в передней части которого крепится пневмодемпфер 32, а в задней части - пневмодемпфер 37. Внутри пневмоцилиндра 11 размещен полый шток 10, жестко закрепленный с кольцевым поршнем 12. Внутри штока 10 помещен шток 9, на левом торце которого закреплена втулка шлицевого соединения 8 с внутренними шлицами, входящая в соединение со штоком 7. На наружной поверхности этого штока 7 изготовлены ответные зубья шлицевого соединения для возможности передачи вращающего момента со штока 9. Сам шток 7 может свободно перемещаться по направляющему штоку 13. При подаче сжатого воздуха в левую (поршневую) полость пневмоцилиндра 11 поршень 12 смещается вправо, вызывая смещение штока 10 и через упорный подшипник смещает шток 7 с закрепленным на нем схватом. При подаче сжатого воздуха в правую (штоковую) полость пневмоцилиндра 11 аналогичным образом схват перемещается обратно влево. Величина хода схвата регулируется перемещением переднего 33 и заднего 35 упоров.

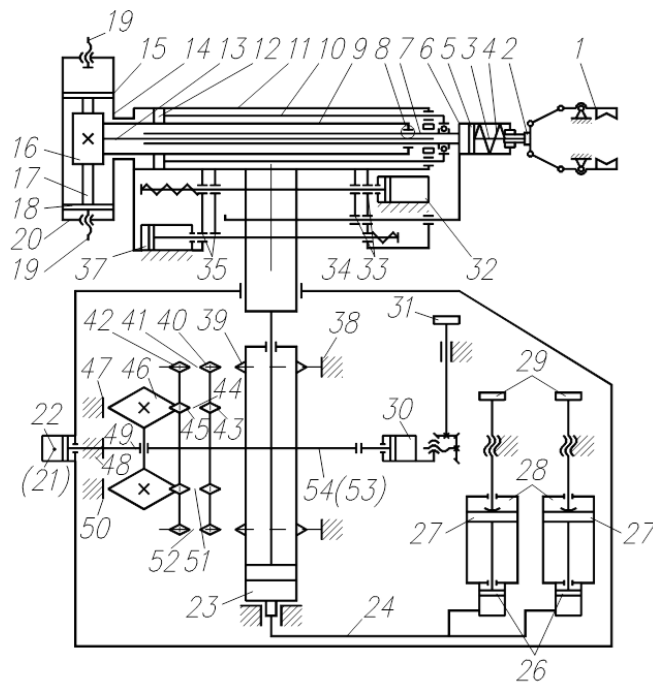


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора промышленного робота ПР-10И [1]

Механизм подъема колонны [1] состоит из двух мультипликаторов 28, гидроцилиндра 23 подъема колонны и самой колонны 34. Мультипликаторы представляют собой соединенные пневмо- и гидроцилиндр с общим штоком. При подаче сжатого воздуха в верхние (поршневые) полости пневмоцилиндров мультипликаторов 28 поршни 27 опускаются и перемещают связанные с ним поршни 26 гидроцилиндров. Жидкость, вытесняемая из нижних (тоже поршневых) полостей гидроцилиндров мультипликаторов 28, поступает по гидролинии 24 в гидроцилиндр 23 подъема колонны, и колонна 34 поднимается. При подаче сжатого воздуха в нижнюю (штоковую) полость пневмоцилиндров мультипликаторов 28 поршни 27 поднимаются и перемещают поршни 26 гидроцилиндров мультипликаторов. В результате нижние (поршневые) полости гидроцилиндров увеличиваются в объеме, заполняются маслом из нижней полости гидроцилиндра 23, и колонна 34 опускается. Вертикальное перемещение колонны регулируется поворотом маховичков 29 с винтовыми упорами.

Как показывают эксперименты, процессы пуска и остановки руки робота крайне динамичны, что вызывает большое количество дополнительных динамических нагрузок на металлоконструкцию манипулятора ПР-10И (рис. 2).

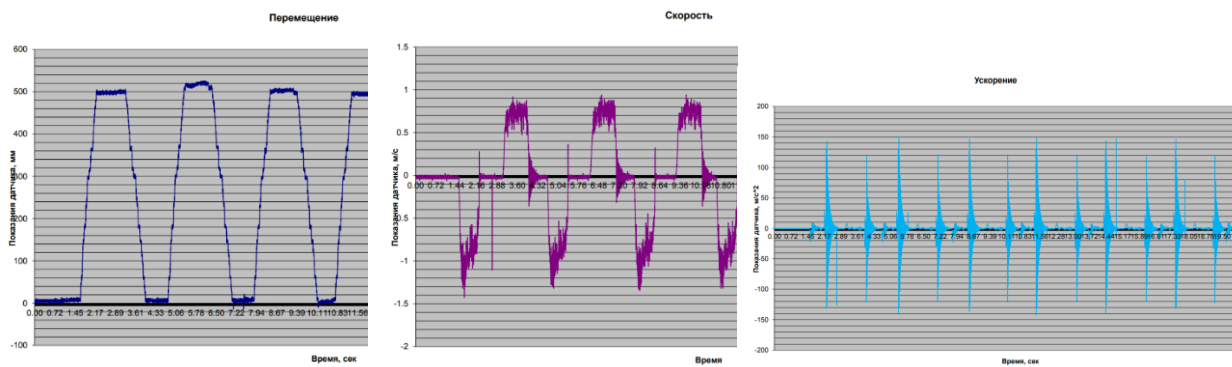


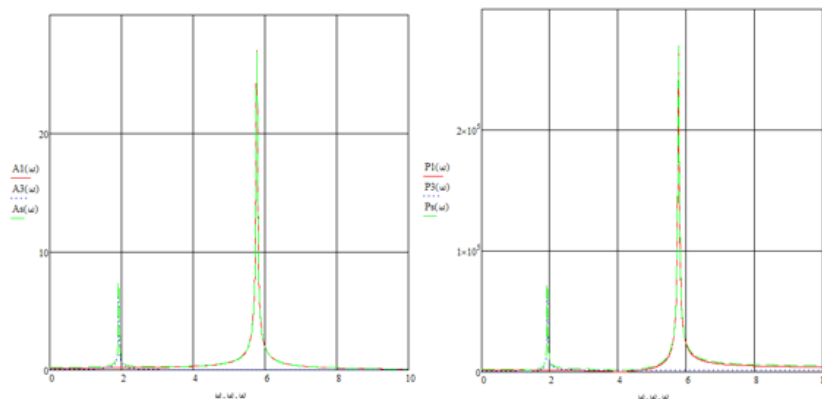
Рис. 2. Осциллограммы экспериментальных данных перемещения, скорости и ускорения во времени при движении руки манипулятора ПР-10И.

Опираясь на результаты физического эксперимента, был проведен анализ динамических свойств исследуемых звеньев манипулятора. Для исследования динамики механизмов манипулятора была использована математическая модель исследуемого циклового манипуляционного перегрузчика с поршневым приводом, разработанная руководителем исследования. Правильность используемой математической модели была неоднократно подтверждена сравнительным анализом математических и экспериментальных данных. Таким образом, данная модель позволяет исследовать как текущую модель манипулятора, так и модернизированные системы.

В приведенных ниже результатах расчета динамических процессов пневматических роботов упругие и гистерезисные свойства системы учитываются в дифференциальных уравнениях движения соответствующими коэффициентами. Таким образом можно выявить эффективные режимы работы привода робота с точки зрения снижения расхода энергии.

Анализ динамики поршневого привода пневматического циклового робота механизма выдвигания без компенсационной пружины представлен на рис. 3.

Амплитудно-частотная характеристика и частотно-силовая характеристики движения исследуемого привода:



Перемещение руки манипулятора: Ее скорость:

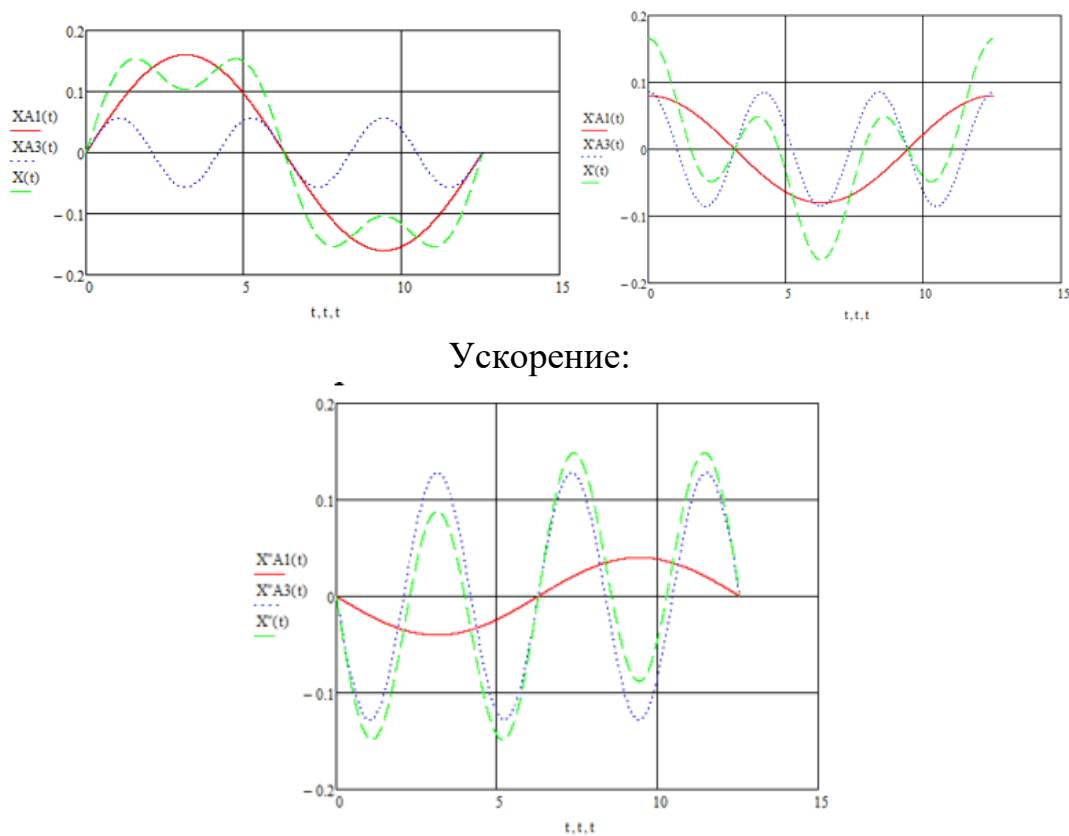


Рис. 3. Результаты математического эксперимента механизма выдвижения руки манипулятора.

В современных манипуляционных системах для снижения энергозатрат и повышения эффективности привода робота используют компенсационные пружины, которая часть нагрузки от перемещающихся масс компенсирует во время движения механизмов. Поэтому, одной из математических моделей является оснащение манипуляционной системы компенсационной пружиной, как аккумулятором энергии [2]. Причем пружина зажата с одной стороны на корпусе цилиндра, а с другой – на штоке (рис. 4). При движении руки манипулятора в любом направлении пружина деформируется и накапливает потенциальную энергию.

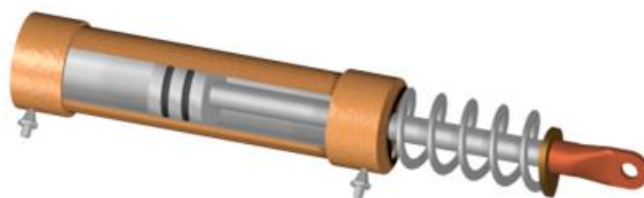
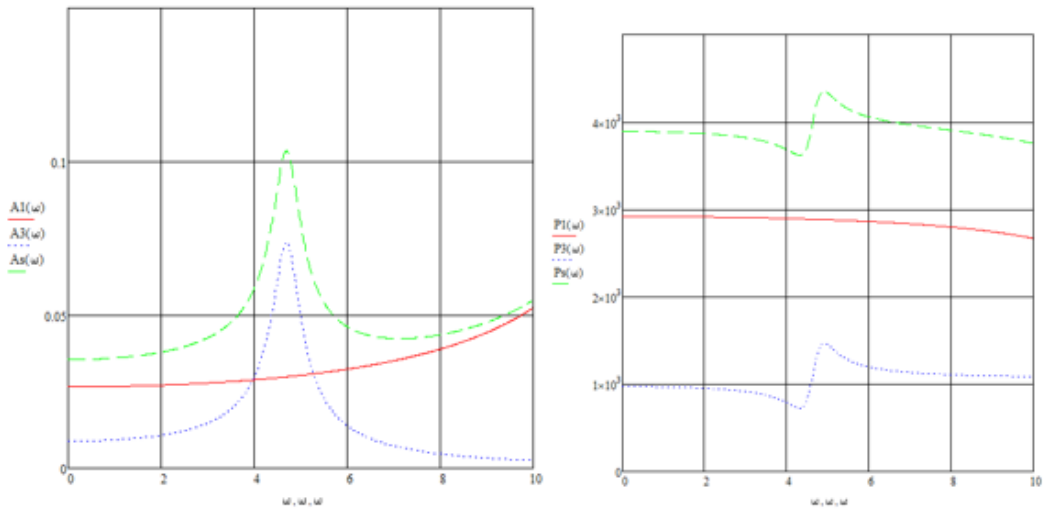


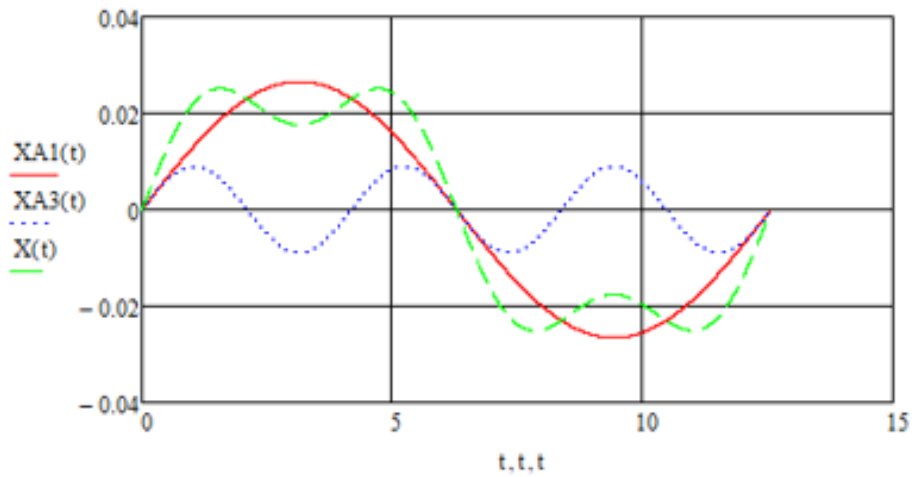
Рис. 4. Привод механизма выдвижения робота, оснащенный компенсационной пружиной [2].

Анализ динамики поршневого привода пневматического циклового робота с компенсационной пружиной, механизм выдвижения представлен на рис. 5.

Амплитудно-частотная и частотно-силовая характеристики:



Перемещение



Скорость:

Ускорение:

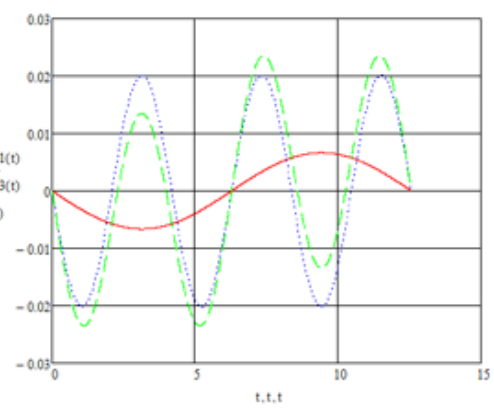
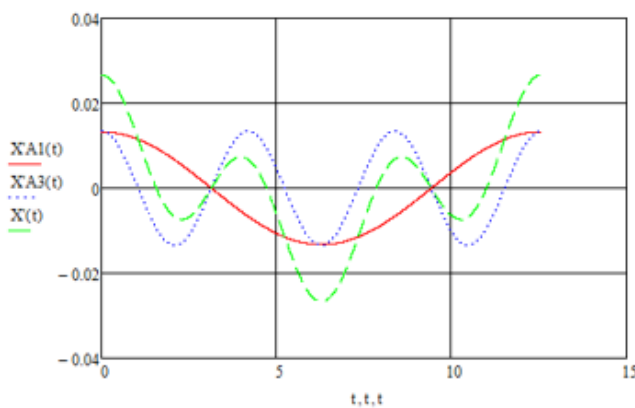


Рис. 5. Результаты математического эксперимента механизма выдвижения руки манипулятора с учетом компенсационной пружины.

Аналогичным образом был исследован механизм подъема. Результат анализа идентичен. И также показывает эффективность использования компенсационной пружины.

Заключение

Как показывают графики математических исследований, использование компенсационной пружины, позволяет снижать непроизводительный расход энергии, уменьшить ярко выраженный, как в системе без пружины, резонанс и, соответственно, понизить нагрузку на конструкцию манипулятора. Кроме того, необходимая сила привода для схемы с пружиной намного ниже, чем та, которая необходима для схемы без пружины,

Библиографический список

1. Гончаревич И.Ф. Никулин К.С. Робототехнические комплексы. Лабораторный практикум - М.: Альтаир - МГАВТ, 2010.
2. Гончаревич И.Ф. Никулин К.С. Основы робототехники. Механизмы выдвижения и поворота робота-погрузчика с пневмоприводом. Методические рекомендации по выполнению практических работ. М.: Альтаир – МГАВТ, 2014.
3. Гончаревич И.Ф. Методы учета собственных динамических свойств робототехнических устройств при проектировании системы рекуперации энергии роботов-погрузчиков с учётом массы перемещаемого груза. Конференция «Экстремальная робототехника», С.-Петербург, 1999.
4. Гончаревич И.Ф. Исследования в области динамики, разработки методов расчёта и оптимального проектирования механизмов роботов, организация роботизированных производственных участков. Конференция «Экстремальная робототехника», С.- Петербург, 1999.
5. Козырев Ю.Г. «Промышленные роботы. Справочник», М.,n Машиностроение, 1988
6. Гончаревич И.Ф. Никулин К.С. Экспериментально – аналитические исследования путей повышения эксплуатационной надёжности портовых цикловых манипуляторов с поршневым приводом: Тезисы докладов, МГА водного транспорта, 2004
7. Гончаревич И.Ф. Никулин К.С. Анализ и динамика механизмов поворота манипуляционных погрузчиков, Материалы международной научно-технической конференции «ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2011», Могилев, 5–7 октября 2011 г.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ПОГРУЗЧИК С СИСТЕМОЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Бородин А. А., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Складские погрузчики оснащены вилами для захвата и транспортировки грузов на поддонах (палетах) или в контейнерах. Сюда же относятся напольные транспортные средства с грузовыми платформами, тягачи платформенных тележек.

Электропогрузчики предназначены для погрузки и разгрузки транспорта и быстрого перемещения грузов на палетах на предприятии. Из достоинств можно отметить отсутствие выхлопных газов и тишину работы. Из минусов – необходимо время для перезарядки и нет возможности работать вне помещений.

Общая последовательность перевозки груза:

Автотранспорт - Ж/д транспорт

Автомобиль подъезжает к складу (к рампе) прицепом вперед, электропогрузчик заезжает в прицеп, с помощью рабочего органа поднимает груз и перевозит его на склад, рабочие площадки. После другой погрузчик захватывает груз и перевозит его в вагон, который стоит боковой частью с другой стороны склада. Погрузчик заезжает в вагон и опускает груз.

Ж/д транспорт — Автотранспорт

Вагон подается к складу боковой стороной, погрузчик заезжая в вагон, захватывает груз и перевозит его на рабочие площадки на складе. В это время с другой стороны склада к рампе подъехал автотранспорт, в который другой погрузчик перевозит со склада груз в прицеп данного автомобиля.

Машинное зрение – одно из самых востребованных направлений в современном мире искусственного интеллекта и робототехнике. С помощью данного направления происходит обработка изображений, визуализация движущихся и подвижных объектов. Благодаря однотипной работе роботов на производстве машинное зрение дает возможность производить продукты, отличающиеся в размере, цвете, форме, без перепрограммирования для каждого объекта. Оно «считывает» информацию о предмете и дает команду роботу выполнять конкретные действия.

Каждая компания в промышленности пытается сделать свое производство более безопасным. Чем больше производство, тем больше задач и проблем, особенно на складах с огромными площадями, большим количеством товаров и тяжелой физической работы по перевозке товаров. Поэтому в складской

логистике рационально использовать погрузчики с интегрированной системой машинного зрения. За основу предлагается брать серийный погрузчики (штабелеры), которые подвергаются модернизации со стороны системы управления.

Использование погрузчиков с системой машинного зрения позволяет повысить безопасность, обеспечивает стабильную производительность.

Недостатками являются высокая стоимость оснащения погрузчика системой машинного зрения. Поэтому в работе предлагается бюджетное решение по дооснащению погрузчика.

Цель работы: интеграция системы машинного зрения с системой управления электропогрузчика.

Задачи:

- обзор технологий работы погрузчиков на предприятиях;
- обзор систем машинного зрения;
- разработка структурной схемы системы машинного зрения для погрузчика;
- разработка алгоритма работы погрузчика с машинным зрением;
- интеграция системы машинного зрения в электрическую схему погрузчика.

В систему управления погрузчика интегрирована система машинного зрения, которая состоит из микрокомпьютера, камеры, лидара, программного обеспечения. Вычислительным ядром является микрокомпьютер. Камера позволяет следить, что «видит» погрузчик, лидар показывает преграды на определенном расстоянии. На основе показаний камеры и лидара штатная система управления погрузчика реализует управление приводом передвижения и рабочего оборудования (Рис.1).



Рис. 1. Структурная схема

Предварительно выбраны элементы:

10. Микрокомпьютер - Raspberry Pi 4
11. Камера – Raspberry Pi Camera Board v2.1
12. Лидар – Lidar HLS-LFCD2

Библиографический список

1. Ян Эрик Содем. Программирование компьютерного зрения на языке Python. / пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 312 с.: ил.
2. Гнездилов, С. Г. Принципы рационального проектирования элементов машин с использованием методов топологической оптимизации / С. Г. Гнездилов, А. Н. Шубин // Строительные и дорожные машины. – 2016. – № 2. – С. 44-49.
3. Сайт Cameraiq [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cameraiq.ru/faq/mashinnoe-zrenie-cto-eto-i-gde-primeniatsia/>, свободный.
4. Петин В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство. / В.А. Петин — СПб.: ХВ-Петербург, 2015. — 240 с.
5. Патент № 2542850 С2 Российская Федерация, МПК В66С 15/00, В66С 23/88. Способ обеспечения устойчивости башенных кранов от опрокидывания : № 2012153944/11 : заявл. 14.12.2012 : опубл. 27.02.2015 / П. А. Сорокин, А. В. Мишин, К. С. Хряков, А. В. Редькин ; заявитель ФГБОУ ВПО "Московский государственный университет путей сообщения" (МИИТ).
6. Исследование устойчивости мобильных грузоподъемных машин методом конечных элементов / В. А. Обыденков, В. Ю. Анцев, П. А. Сорокин, А. В. Мишин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 3. – С. 30-36.
7. Сайт Iarduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iarduino.ru/shop/Sensory-Datchiki/lazernyy-radar-na-360-gradusov-lidar-hls-lfcd2-b-u.html>, свободный.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ БЫСТРОРАЗВОРАЧИВАЕМЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОРИГАМИ

Краснобаев Т. А., студент

Научный руководитель: Попов Ю. Г., к.т.н, доцент

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г.
Ярославль, Россия*

Быстроразворачиваемые, пространственные конструкции нашли широкое применение в современном мире, начиная от зданий, шатров стадионов, заканчивая солнечными парусами. Их особенностью является как возможность быстрого развертывания при проектировании, так и способность сворачиваться до минимальных размеров в разобранном состоянии.

Существует 2 подхода к проектированию быстроразворачиваемых конструкций. Первый и наиболее часто используемый подход включает механизмы, состоящие из взаимосвязанных балочных элементов, которые могут синхронно расширяться и втягиваться, а иногда фиксируются на месте с помощью бистабильных элементов. Второй подход подразумевает использование воздухоопорных мембран, которые трансформируются в необходимые конструкции под воздействием давления воздуха.

Однако ни один из данных подходов не может быть использован для создания крытой конструкции, способной фиксироваться на месте после развертывания: для балочных конструкций добавления материала, обеспечивающего функцию защиты от внешних воздействий, довольно проблематично, а воздухоопорные конструкции требуют постоянного давления извне для сохранения их развернутой формы.

Здесь на помощь приходит оригами – японское искусство складывания бумаги, при помощи которого проектируются жесткостенные разворачиваемые конструкции, которые также являются мультистабильными и воздухоопорными. Основываясь на геометрическом анализе и результатах экспериментов, создается библиотека бистабильных форм оригами, которые могут быть развернуты при помощи давления воздуха. Затем отдельные элементы комбинируются в полноценные конструкции, которые в развёрнутом состоянии могут применяться как арки или даже аварийные убежища.

В идеале данные конструкции должны:

1. Занимать минимум места в сложенном состоянии.
2. Быть автономными после развёртывания.
3. После развёртывания быть полноценно зафиксированы.
4. Обеспечивать структурную прочность оболочки.

Принципы оригами довольно широко применяются в робототехнике, на их основе были созданы роботизированные руки Кресслинга [2], способные выполнять множество движений: непрерывное растяжение/сжатие, реконфигурируемый изгиб, многоосевое скручивание. Также конструкции оригами:

1. Предлагают универсальный подход к проектированию формы на основе складок.
2. Легко приводятся в рабочее состояние путём воздействия давлением воздуха.
3. Обладают регулируемой податливостью.
4. Могут создавать защитную среду своей поверхностью.

В [1] представлен детальный расчёт, обоснование и анализ конструкций оригами с целью определения оптимальных конфигураций составных частей крупномасштабной конструкции. По результатам данных расчётов были построены параметрические эскизы моделей (рисунок 1) составных частей пространственной конструкции.

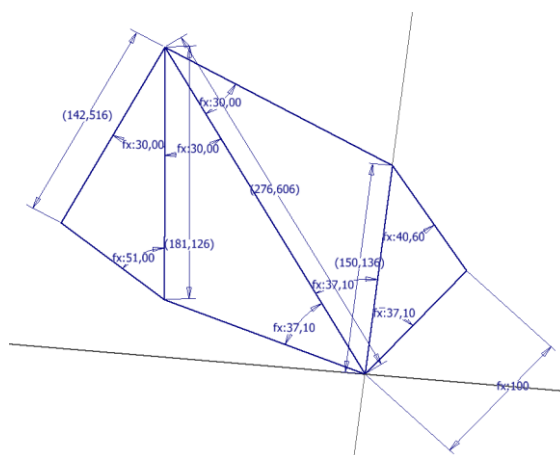


Рис. 1. Параметрический эскиз составных частей пространственной конструкции

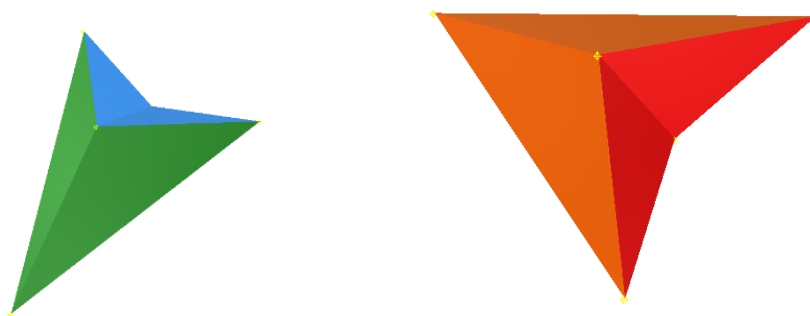


Рис. 2. 3D модели составных частей пространственной конструкции

Библиографический список

1. *Melancon D.* [и др.]. Multistable inflatable origami structures at the metre scale // *Nature*. 2021. № 7855 (592). С. 545–550.
2. Wu S. et al. Stretchable origami robotic arm with omnidirectional bending and twisting // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2021. – Т. 118. – №. 36.

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛНООБРАЗНОГО ИЗНОСА РЕЛЬСОВ НА ОСНОВЕ КОНСТРУКЦИИ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕЛЕЖКИ

Кузин Д. А., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Сутью измерения волнообразного износа является измерения расстояния от впадин (выступов) до проектной (геометрической) рабочей грани рельса, выдаче этой информации рельсошлифовальному вагону и последующей проверке после проезда рельсошлифовального поезда выявленных прежде дефектов для контроля прошедшей работы.

В процессе эксплуатации железнодорожного пути на поверхности катания головки рельсов образуются различные дефекты. Особое внимание необходимо обратить на появление неравномерного (волнообразного) износа рельсов, который имеет несколько разновидностей:

- начальная волнообразная деформация головки (длиной 250 – 1500 мм), она возникает тогда, когда в период эксплуатации под воздействием подвижного состава происходит дальнейшее развитие дефектов, а именно трещины и выкрашивания на поверхности, поперечные трещины, продольные трещины в головке и в зоне перехода головки в шейку, износ и смятие, изломы и изгибы по всему сечению, и образование волнообразных неровностей, смятие рельсовой головки в стыках от динамического воздействия поездов;

- местные неровности в виде пробуксовок и пластических деформаций рельсового металла.

Существенное значение имеют как раз волновые неровности на головке рельса. Их зарождение и развитие связаны как с технологией производства рельсов, а именно с качеством металла (неравномерность распределения твердости металла по глубине и длине головки, остаточные напряжения), так и с условиями и характером их работы под подвижной нагрузкой [1]. Начальные

длинные волны (длиной 250-1500 мм) и неодинаковость механических характеристик по длине рельсов (вследствие которых при службе рельсов в пути проявляется и развивается волнообразный износ головки) образуются, в частности, из-за повышенных упругих колебаний прокатной системы, если она недостаточно жестка для проката данного профиля рельсов, и из-за недостаточно совершенной холодной правки рельсов. Короткие волнообразные (длиной 30-120 мм) неровности рифли) возникают чаще всего в местах проскальзывания колес и пластических смещений поверхностных слоев металла. На кривых участках пути волнообразный износ рельсов тем интенсивнее, чем больше кривизна кривых [2].

Способы выявления волнообразной деформации:

- дефектоскопирование рельсов;
- измерение путеизмерительными тележками, измерительными инструментами.

Существующие средства (тележки) для измерения волнообразного износа:

- RM-CAT (США) [3];
- ТИВИР-03 (Россия) [4].

При рассмотрении названных выше путеизмерительных изделий, было выявлено что измерительная система использует датчики с непосредственным контактом с поверхностью катания рельса и для выгрузки данных.

Изучая возможности модернизации данной технологии, были выявлены следующие направления:

- перевод на датчики для измерения расстояния до поверхности катания рельса без физического взаимодействия.

- использование одноплатного компьютера или ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) с ядром для считывания данных, отображения и отправки данных на стационарный ПК [5].

Рассмотрим возможные пути модернизации.

Существует 5 типов датчиков для измерения расстояния до объекта, в которых не использована механика:

- ультразвуковые;
- датчики с лазерной триангуляцией;
- инфракрасные;
- магнитно-вихревые;
- емкостные.

Выбор устройства для реализации программной части.

Под поставленную задачу, а именно под считывание, обработку и отображение на экран данных, полученных с сенсорной системы, не хватит микроконтроллера, под данную задачу необходимо выбрать устройство, которое

могло бы выполнять такие функции как обработка данных, реализация канала связи без нагружения основной системы.

Важным критерием будет правильная расстановка приоритетов при проектировании программного обеспечения, а именно необходимость быстрой обработки данных, приходящих с датчиков и точность работы FPGA части в области сбора и передачи данных в ядро ARM для последующей работы с ними.

При изучении не было выявлено какой энкодер стоит в ПТ-7, для опытного образца было принято взять роторный энкодер E6B2CWZ1X от компании OMRON на 1024 импульса на оборот, соответственно при диаметре колеса в 160мм - L_k , 1 импульс энкодера будет приходиться на каждые 156 микрон - L_n .

$$\begin{aligned} I &= 1024 \text{ импульса на оборот} \\ L_k &= 160 \text{ мм} \\ L_n &= L_k / I = 0,156 \text{ мм} = 0,00015625 \text{ м} \end{aligned}$$

Для того, чтобы понять, хватит ли нам скорости АЦП и процессора (33,333 МГц), рассчитаем теоретическую скорость перемещения с путеизмерительной тележкой.

Скорость среднестатистического человека равна 4-6 км/ч, соответственно для расчета будем использовать скорость в метрах в секунду. Количество импульсов на оборот, получаемых от энкодера, равно 1024. Как основной функционал решения должно быть получение значения до поверхности катания рельса с привязкой по координате, соответственно АЦП должен успевать семплировать данные, полученные с датчика при появлении импульса с энкодера.

$$\begin{aligned} V_q &= 1,2 \dots 1,7 \text{ м/с} \\ f &= V_q / L_n = 1,7 / 0,00015625 = 1 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Теоретическая частота опроса АЦП равна 1 kHz. Соответственно частота сэмплирования АЦП должна быть не меньше 1 kHz.

Вывод. Были изучены существующие средства для диагностики волнообразного износа и их способы выявления дефектов. Были рассмотрены возможные пути модификации изученных средств диагностики, том числе переход на бесконтактное измерения расстояния от впадин (выступов) до проектной (геометрической) рабочей грани рельса и перевод на совместную систему приема, обработки и отображения полученных данных от сенсорной системы. Остаётся необходимым создание и отладка данной системы в реальных условиях.

Библиографический список:

1. Студенческий научный форум - 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017040138>. – Дата доступа: 20 декабря 2021 г..
2. Studfile [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4545527/page:5/>. – Дата доступа: 10 декабря 2021 г.
3. Rail Measurement [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.railmeasurement.com/rm-cat-bicat/>. – Дата доступа: 25 декабря 2021 г.
4. Инфотранс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infotrans-logistic.ru/page.htm?title=%D0%A2%D0%98%D0%92%D0%98%D0%A0-03>. – Дата доступа: четверг, 25 декабря 2021 г.
5. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%9B%D0%98%D0%A1>. – Дата доступа: 27 декабря 2021 г.
6. Круглов, В. М. Система мониторинга состояния железнодорожного пути на основе анализа динамических процессов при движении поездов разного типа / В. М. Круглов, А. В. Саврухин, А. Н. Неклюдов // Тяжелое машиностроение. – 2020. – № 1-2. – С. 29-32.
7. Оценка текущего состояния железнодорожного пути на основе анализа результатов динамических процессов взаимодействия подвижного состава и пути / В. М. Круглов, А. А. Хохлов, А. В. Саврухин, А. Н. Неклюдов // Мир измерений. – 2014. – № 4. – С. 24-28.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКСКАВАТОРА ПРИ ДЕМОНТАЖЕ ТРУБОПРОВОДА

Летопольский А. Б., к.т.н., доцент

Тетерина И. А., к.т.н.

Научный руководитель: Корчагин П. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск, Россия

В статье рассматривается одноковшовый экскаватор с дополнительным оборудованием для извлечения трубы из траншеи при ремонте трубопроводов [1]. С целью снижения временных и финансовых затрат связанных с выполнением операций по выборочному ремонту трубопровода была

усовершенствована конструкция рабочего оборудования траншейного экскаватора [1].

Известно, что устойчивость экскаватора, как и другой строительной дорожной машины, можно охарактеризовать коэффициентом устойчивости [2]

$$K_y = \frac{M_y}{M_o}, \quad (1)$$

где M_y – момент всех сил, удерживающих экскаватор от опрокидывания;

M_o – момент всех сил, способствующих опрокидыванию экскаватора.

В зависимости от вида сменного оборудования экскаватора, а также от режима работы установлен ряд пределов коэффициента устойчивости. Для нормальных условий коэффициент устойчивости машины (K_y) равен 1,1...1,2. [1,2].

Устойчивость машины проверяют как в условиях характеризующих рабочий процесс, так и в условиях характеризующих процесс транспортировки машины, процесс смены рабочего оборудования и т.д.

Вес экскаватора равен

$$G_{\text{экс}} = m_{\text{экс}} \cdot g, \quad (2)$$

где $m_{\text{экс}}$ – масса экскаватора, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Вес рукояти экскаватора равен [3]

$$G_p = m_p \cdot g, \quad (3)$$

где m_p – масса рукояти экскаватора, кг.

Вес ковша равен

$$G_k = m_k \cdot g, \quad (4)$$

где m_k – масса ковша, кг.

Вес 1 стрелы равен

$$G_{c1} = m_{c1} \cdot g, \quad (5)$$

где m_{c1} – масса 1 стрелы, кг.

Вес 2 стрелы равен [4]

$$G_{c2} = m_{c2} \cdot g, \quad (6)$$

где m_{c2} – масса 2 стрелы, кг.

Вес трубы будет равен

$$G_T = m_T \cdot g, \quad (7)$$

где m_T – масса трубы, кг.

При проведении расчетов были приняты следующие условия: масса одного метра трубы равна 175,1 кг; длина всей трубы – 10 м, ее диаметр – 720 мм, а толщиной стенки равна 10 мм [5,6].

Вес ковша с трубой равен

$$G_{K+T} = G_T + G_K, \quad (8)$$

В качестве примера рассмотрим два расчетных положения и проведем расчет устойчивости по этим расчетным положениям экскаватора (Рисунок 1, Рисунок 2) с учётом переменных плеч силы тяжести рабочего оборудования и машины.

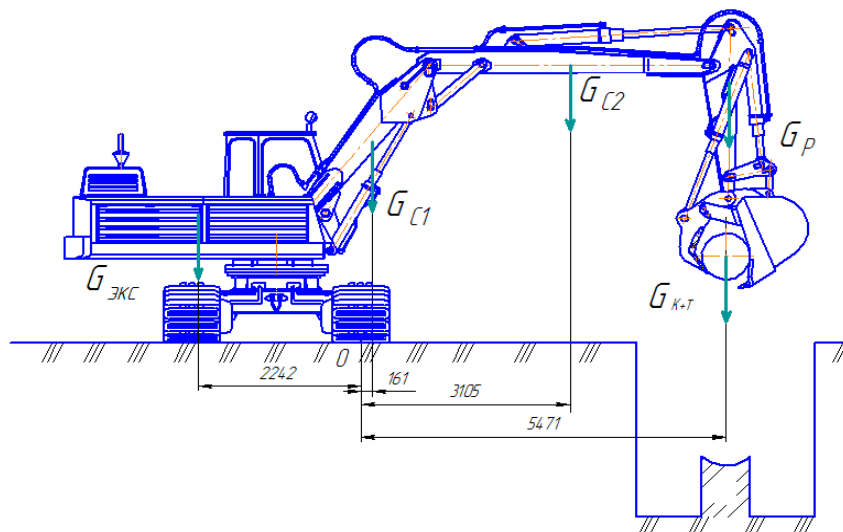


Рис. 1. Расчетное положение 1

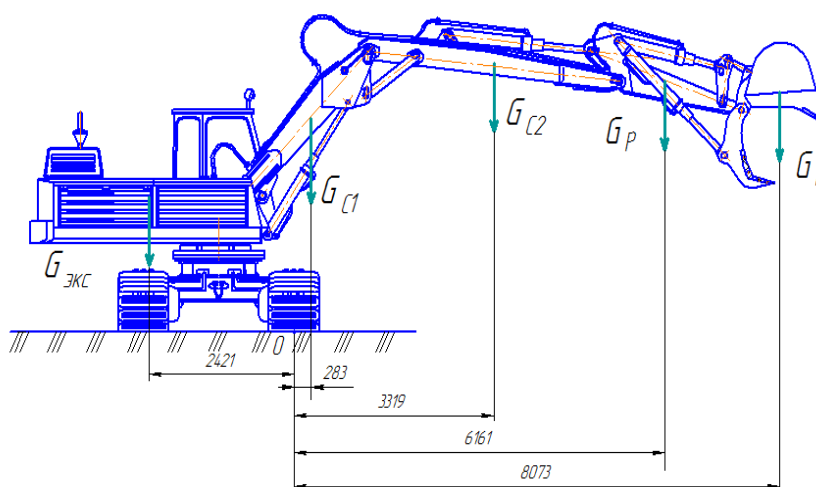


Рис. 2. Расчетное положение 2

Выбор таких расчетных рабочих положений машин можно объяснить тем, что именно они являются наиболее опасные в плане устойчивости и риск опрокидывания в таких рабочих положениях наиболее высок.

Необходимо определить момент всех сил, удерживающих экскаватор от опрокидывания относительно точки О. Момент всех сил будет одинаков для расчетного положения 1 и расчетного положения 2 и равен:

$$M_y = G_{ЭКС} \cdot 2,4211. \quad (9)$$

Далее необходимо момент всех сил, способствующих опрокидыванию экскаватора относительно точки О для расчетного положения 1 [7,8]

$$M_O = G_{c1} \cdot 0,161 + G_{c2} \cdot 3,105 + G_p \cdot 5,471 + G_{K+T} \cdot 5,471. \quad (10)$$

Определим момент всех сил, способствующих опрокидыванию экскаватора относительно точки О для расчетного положения 2 [9,10]

$$M_O = G_{c1} \cdot 0,283 + G_{c2} \cdot 3,319 + G_p \cdot 6,161 + G_K \cdot 8,073. \quad (11)$$

Коэффициент устойчивости для расчетного положения 1 получился равным 2,2, а для 2 расчетного положения – 4,6. Полученные значения были сравнены с рекомендуемыми пределами коэффициента устойчивости. В результате был сделан вывод о сохранении условия устойчивости, как для первого, так и второго расчетного положения экскаватора.

Библиографический список

1. Летопольский А.Б., Корчагин П.А., Тетерина И.А. Рабочее оборудование экскаватора для выборочного ремонта трубопровода. Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. № 11 (108). С. 10-16.
2. Korchagin P. A., Letopolsky A. B., Teterina, I. A. Result of research of working capability of refined pipelayer equipment. Aviamechanical engineering and transport (AVENT 2018). 2018. 158. Pp. 416-420.
3. Глемба К.В., Гриценко А.В., Аверьянов Ю.И., Плаксин А.М. Исследование показателей системы "оператор-машина-среда" в технологическом процессе. АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 95-104.
4. Прохорова Е.В., Севрюгина Н.С. Быстросъемное соединительное устройство для рабочего оборудования экскаватора. Технология колесных и гусеничных машин. 2015. № 5. С. 26-32.
5. Letopolsky A.B., Korchagin P.A., Teterina I.A. Working equipment of the single-bucket excavator for the development of frozen ground / IOP Conference Series: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019). 2020. P. 044027. DOI: 10.1088/1757-899X/709/4/044027
6. Ващук И.М., Уткин В.И., Харкун Б.И. Трубоукладчики. М.: Машиностроение, 1989. 180 с.
7. Побегайло П. А. О пропорциях рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 2. С. 143-147.
8. Тарасик В.П., Савицкий В.С. Методика проектирования механизма управления фрикционами гидромеханической передачи карьерного самосвала Актуальные вопросы машиноведения. 2019. Т. 8. С. 45-52.

9. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы: свод правил: дата введения 2013-07-01. – Москва, Изд-во: Стандартинформ, 2021. 81 с.

10. Середа В.В., Елькин А.В., Елькин А.В. Магистральный сборно-разборный трубопровод: эволюция развития и инновационные подходы к конструктивным решениям. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. № 4, (24). С. 24-31.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ И АПК

Лосев А. А., магистрант

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Коллаборативный робот (Кобот) — это автоматическое устройство, которое может работать совместно с человеком для создания или производства различных продуктов. Развитие таких механизмов началось в 00е годы XXI века [1].

Они имеют ряд преимуществ над классическими роботами и ботами, основным является возможность работы в непосредственной близости с человеком.

Основным недостатком коллаборативных роботов является их высокая стоимость и сложность развитой системы управления.

Коботы обычно представлены в виде промышленных манипуляторов с различным рабочим органом, но также могут быть представлены в качестве самоходного механизма с подъемно-транспортным устройством на борту.

В качестве средства очистки водных объектов могут применяться коботы, представленные в виде самоходных амфибий с манипулятором и различными рабочими органами. Принцип работы кобота при очистке водоема заключается в запрограммированном перемещении кобота по водоему со сборкой твердых отходов, далее разгрузки отходов в специальные контейнеры, размещенные на берегу водоема рядом с док-станцией кобота. Пример схемы приведен на рис. 1.

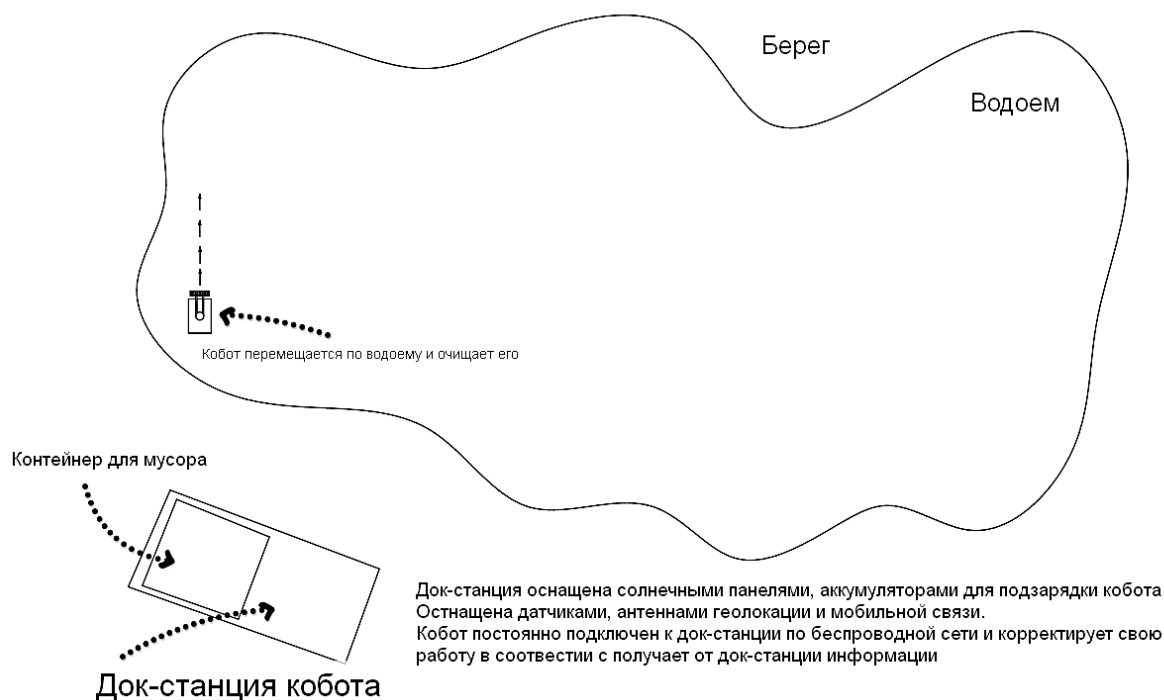


Рис. 1. Принципиальная схема работы робота при очистке водоема, расположение контейнера для мусора и докстанции

Согласно международному стандарту ISO 10218 (часть 1-я и часть 2-я), есть четыре типа коллаборативных роботов.[2]

1. С защитным механизмом останова. Такой робот работает преимущественно автономно, но человеку время от времени требуется зайти в его рабочее пространство. При приближении сотрудника срабатывает механизм, останавливающий робота (основан на датчиках движения). Когда человек покидает пространство, работа продолжается.

2. С ручным управлением. Этот тип робота используется для «ручного обучения» робота. Базовый механизм — промышленный робот малого размера; он дополнен специальными устройствами, распознающими давление руки. Когда робот не обучается, а выполняет свои прямые функции, человек должен находиться за границами его рабочей зоны.

3. Роботы, оснащенные системой «компьютерного зрения», которые отслеживают перемещения работников-людей. Как только человек попадает в рабочую зону робота, тот замедляется до безопасной скорости, а если работник подходит слишком близко — механизм останавливается.

4. Роботы с ограничением силы. Он может чувствовать сопротивление на своем пути и останавливается, если сопротивление сильное. Из соображений безопасности у него округлая форма и нет открытых двигателей. Может функционировать в непосредственной близости с человеком

Коллаборативные роботы параллельной структуры находят применение во многих областях науки и техники [3-4].

В марте 2017 года Hanwha Robotics выпустила первого коллаборативного робота — HCR-5 (рис.2). Вскоре после этого в линейку коботов были добавлены HCR-3 и HCR-12. Hanwha Robotics в настоящее время активно продвигает свою продукцию в Китае, Юго-Восточной Азии, Европе, Америке и России. Сегодня Hanwha Techwin — компания с 1950 сотрудниками, включая около 550 человек, занятых исследованиями и разработками, 680 рабочими на предприятиях и 540 специалистами по продажам и маркетингу.



Рис. 2. Кобот HCR-5, представленный в виде манипулятора

Перспективным направлением является использование коботов в строительстве, например, при финишной отделке стен. Преимущества коботов в строительстве обусловлены их высокой точностью работы, ограниченным объемом рабочего места и нахождением вокруг робота других рабочих.

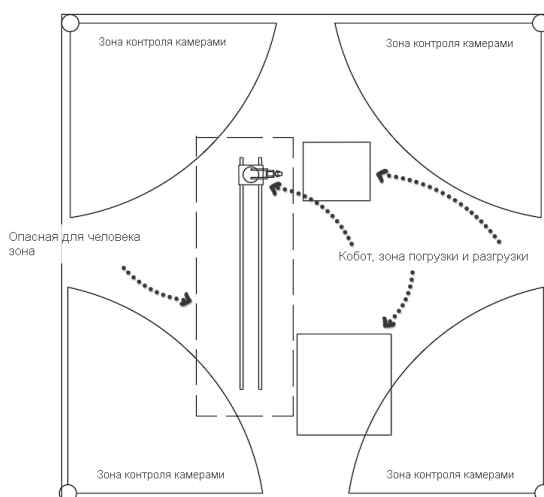


Рис. 3. Схема расположения камер, зоны работы робота и опасной для человека зоны

Также представляет интерес применение коботов при перегрузочных работах на различных складах и заводах.

Возможна модернизация существующих подъемно-транспортных механизмов и манипуляторов методом установки в помещении датчиков, радаров, лидаров и камеры определяющих положение груза и людей [5-6]. При нахождении человека в зоне опасной для человека, работы кобота останавливается до момента, когда человека покинет опасную зону. Схема такого помещения представлена на рис. 3.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021/1196/1 от 08.10.2021 г. «Приоритет 2030», «Программа развития РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева».

Библиографический список

1. Cobots [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://peshkin.mech.northwestern.edu/cobot/>. – Дата доступа: 22.04.2022.
2. Спыну, Г.А. Промышленные роботы. Конструирование и применение / Г.А. Спыну. – Киев : Выща школа, 2009. – 311 с.
3. Вильман Ю.А., Степанов М.А. Дистанционно-управляемые манипуляторы // Механизация строительства. 2006. № 1. С. 3-8.
4. Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов : Аналитический обзор / В. Я. Гольцяпин, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, А. С. Апатенко. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 88 с.
5. Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства / Н. С. Севрюгина, Е. В. Рузанов, М. А. Матвеевко, А. С. Апатенко // 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.
6. Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов: Аналитический обзор / В. Я. Гольцяпин, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, А. С. Апатенко. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2021. – 88 с.

7. Карапетян, М. А. Технические средства и методы защиты гидромелиоративных объектов: учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2004. – 150 с. – ISBN 5-93406-784-2.

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ПОЛЁТА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Мазикин А. И., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

БЛА решают различные задачи: разведка (основная задача), нанесение ударов по морским и наземным целям, перехват воздушных целей, постановка радиопомех, ретрансляция сообщений, доставка грузов. Главным достоинством таких летательных аппаратов является низкая стоимость создания и эксплуатации в сравнении с другими ЛА, а также возможность выполнять любые манёвры с перегрузками, недопустимыми для физических возможностей человека.

Изображение рассматриваемого типа БЛА с неподвижным крылом представлена на рис. 1. [1]

Рассматриваемые задачи:

8. Обзор существующих алгоритмов полёта БЛА
9. Обзор методов получения данных о местности
10. Создание сравнительной таблицы интеллектуальных методов полёта БЛА

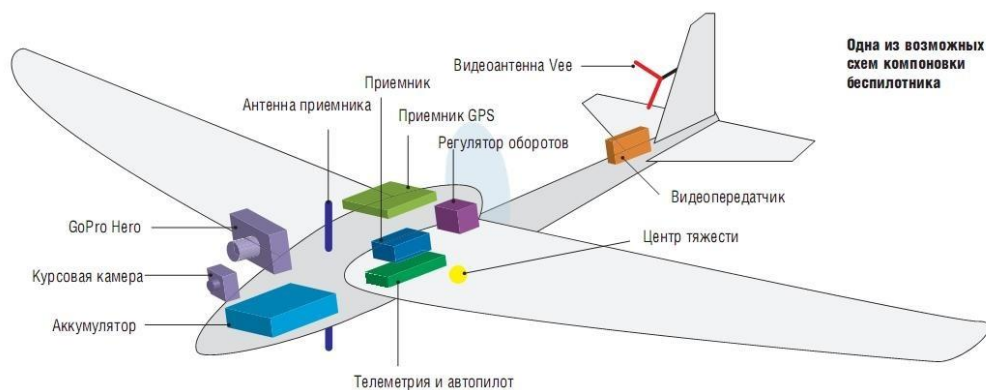


Рис. 1. БЛА типа «неподвижное крыло»

На момент написания данной работы известно, что БЛА не используют системы распознавания препятствий с применением нечеткой логики. Был проведён патентный поиск при помощи информационно-поисковой системы ФИПС, Яндекс. Патенты и Google Patents, но на эту тему не было найдено никаких работ. Однако было найдено несколько интересных статей, связанных с методами интеллектуального полёта.

Один из методов — это запоминания траектории движения БЛА и воспроизведение её из бортовой базы данных. Оператор с наземного пункта управления пролетает сложные траектории в это время с помощью навигационной системы производится определение местоположения и текущих параметров динамического состояния ЛА. Строится траектория в отдельном функциональном блоке и формируется цифровая модель местности, представляющая совокупность отметок превышения высоты рельефа, привязанных углам координатной сетки. Недостатком данного метода является то, что траекторию нужно задавать вручную, что крайне неэффективно в постоянно изменяющейся местности.

Следующий метод - коррекция траектории движения БЛА при помощи бортовых дальномеров. Принцип работы радиодальномера основан на определении времени прохождения импульса от дальномера до какого-либо объекта и обратно, расстояние до которого будет прямо пропорционально этому времени. Работает по принципу активной радиолокации совместно с радиомаяками в режиме «запрос-ответ». Дальномер посылает «запрос» на радиомаяк и по длительности «ответа» можно понимать расстояние до радиомаяка, а также препятствия, находящиеся перед ним [2,3].

Лазерный дальномер измеряет время, которое затрачивает лазерный луч на путь до отражателя и обратно. Зная значение скорости света, можно рассчитать расстояние между лазером и отражающим объектом.

Лазерный дальномер — это простейший вариант лидара. Лидар это технология получения и обработки информации об объектах с помощью активных оптических систем, использующих явление рассеивания и поглощения света в оптически прозрачной среде. В отличие от радиоволн, отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеянию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно определять расстояние до непрозрачных целей и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачной среде. Возвращающийся отражённый сигнал проходит через ту же рассеивающую среду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределённой оптической среды достаточно

сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами [4,7].

Перед началом движения БЛА, оператор записывает в блок набор навигационных точек (НТ) нахождения радиомаяков, формируется траектория. В процессе движения БЛА с помощью дальномеров непрерывно измеряет расстояние до возможных препятствий в направлении навигационных точек. Если дальномер обнаруживает препятствие, то нулевой сигнал с датчика меняется, фиксируется расстояние до объекта, корректируется траектория движения БЛА. Если расстояние между двумя объектами не обеспечивает безопасный пролёт БЛА, то эти два препятствия рассматриваются как одно целое. Чем больше дальномеров будет иметь БЛА, тем точнее данные о расстоянии он будет получать.

Недостатком данного метода является то, что он относится к движению БЛА роторного и мультироторного типа, так как предусматривает разворот на месте, а также возможность движения в очень узких местах.

Последний метод – использование инерциальных систем. При помощи инерциальной системы вычисляют текущую скорость БЛА и направление полёта, а в сочетании с 3D картами местности это ещё даёт понятие о расстояниях до опасного объекта и скоростях сближения с ним. Всё это помогает формировать траекторию полёта БЛА и управляющих сигнал, корректирующий движение БЛА для предотвращения возможных столкновений.

Инерциальная навигация – это метод определения координат и параметров движения, а также управления движением, основанном на свойстве инерции тел, которые не требуют наличия внешних ориентиров или поступающих сигналов. Инерциальные системы определяют ускорение объекта, его угловые скорости с помощью специальных приборов и устройств.

Инерциальные навигационные системы делятся на имеющие гиростабилизированную платформу платформенные (ПИНС) и бесплатформенные (БИНС) [5,6].

Недостатком является то, что для решения этой задачи необходима информация о степени опасности каждого внешнего объекта (ВО), то есть решается задача ранжирования объектов по степени опасности для БЛА. Ранжирование происходит только для тех объектов, которые сближаются с БЛА. Оценивая угрозу, предполагается, что беспилотный летательный аппарат является целью воздушного объекта, который пытается столкнуться. Если бортовая радиолокационная система (РЛС) БЛА позволяет оценить ускорение воздушного объекта, то результат оценивания можно использовать при расчете радиуса разворота. Однако в этом случае может произойти недооценка степени угрозы внешнего объекта.

Для наглядности, приведу сравнительную таблицу алгоритмов полёта (табл. 1).

Для крупных летательных аппаратов на борту ставится радиолокационная станция (РЛС), для БЛА же ставится её малоразмерная версия, выполняющая те же самые функции в меньшем объеме.

Таблица 1 Алгоритмы полёта БЛА

Название метода	Достоинства	Недостатки
Запоминание траектории	Автономность и точность	Ручное задание траектории
Коррекция от дальномеров	Наличие выбора устройств	Рассчитано для БЛА роторного и мультироторного типа
Использование инерциальных систем	Не требует наличие внешних ориентиров	Необходима коррекция от спутника и информация
Радиолокационная станция	Всепогодный обзор на больших расстояниях.	Высокая стоимость

Она обеспечивает получение в любое время года, суток и любых метеоусловиях детальную информацию о внешних объектах и метеоусловиях. РЛС обнаруживает и определяет координаты наземных и наводных, подвижных и неподвижных целей. Учитывая широкую зону охвата, возможность обнаружения движущихся объектов при использовании РЛС существенно повышается по сравнению с оптическими и ИК сенсорами [8].

Библиографический список

1. Обзор оружия и военной техники [Электронный ресурс] – Книга войны, - Режим доступа: <https://warbook.club/voennaya-tehnika/samolety/bpla> , свободный доступ.
2. Жуковский А.П. Комплексные радиосистемы навигации и управления самолётов: Учебное пособие / А.П. Жуковский, В.В. Расторгуев. – М.: Изд-во МАИ, 1998 – 268 с.
3. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов: Учебник – М.: ИНФРА-М. 2018 – 348 с.
4. Августов Л.И. Навигация летательных аппаратов в околоземном пространстве / Л.И. Августов и др. – М.: ООО «Научтехлитиздат», 2015 – 592с.
5. Макаров И.М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров и др. – М.: «Наука», 2006 – 333с.

6. Ярлыков М.С. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов/ М.С. Ярлыков и др. – М.:Радиотехника, 2012 – 504 с.

7. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: Монография – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»). – 768 с.

8. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления/ [И.М. Макаров и др.] – М.: «Наука», 2006 – 333с.

9. Канащенко А.И. Двухдиапазонная малогабаритная бортовая радиолокационная станция поколения 4+ / А.И. Канащенко. М: МАИ, 2012 – 5 с.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПОЛЁТА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Мазикин А. И., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Нечеткая логика – это логическая или управляющая система n -значной логической системы, которая использует степени состояния входов и формирует выходы, зависящие от состояний входов, а также скорости изменения этих состояний. Это не обычная «истинная или ложная» (1 или 0), булева (двоичная) логика на которой основаны современные компьютеры. Она в основном обеспечивает основы для приблизительного рассуждения с использованием неточных решений и позволяет использовать лингвистические переменные.

Рассматриваемые задачи:

10. Разработка нечёткого алгоритма полёта БЛА;

11. Разработка программы в среде MATLAB;

12. Создание таблицы правил продукций для нечёткой модели.

Актуальность работы. На момент написания данной работы известно, что БЛА не используют системы распознавания препятствий с применением нечеткой логики. Был проведён патентный поиск при помощи информационно-поисковой системы ФИПС, Яндекс. Патенты и Google Patents, но на эту тему не было найдено никаких работ.

Система нечеткой логики состоит из следующих модулей (рис. 1)[1]:



Рис. 1. Базовая архитектура нечеткой логической системы

Алгоритмы Мамдами и Сугено наиболее успешные из этих четырех алгоритмов. По умолчанию в системе MatLab используется алгоритм Мамдами, он и подходит больше всего, так как правила, используемые при построении модели управления движением БЛА лучшим образом реализуются в данном алгоритме.

Нечеткая модель управления движением БЛА в трехмерном пространстве с целью обхода препятствий содержит 5 лингвистических переменных Higher (переменная описывающая движение вверх), Below (переменная описывающая движение вниз), Left (переменная описывающая движение налево), Right (переменная описывающая движение направо), Front (переменная описывающая движение вперед) и 3 входных Velocity (переменная описывающая скорость БЛА), Height (переменная описывающая высоту БЛА) и Rotation (переменная описывающая угол поворота БЛА) (рис. 2).

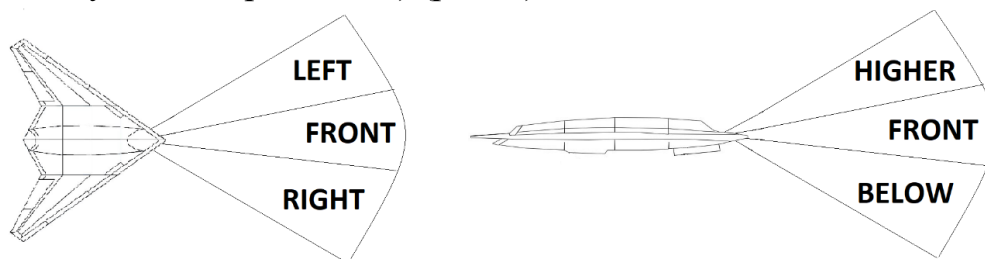


Рис. 2. Разделение пространства на секторы

Каждая входная переменная соответствует сектору пространства по горизонтали или вертикали в направлении движения БЛА, в пределах которых анализируется наличие препятствий и расстояние до них. Воздействие на выходные переменные позволяет БЛА избежать столкновения с препятствием путем изменения высоты полета (Height), угла поворота в горизонтальной плоскости (Rotation), и скорости движения (Velocity).

Все параметры разрабатываемой системы нечеткой системы оставляю предложенной системой MatLab по умолчанию, кроме метода дефазификации.

Стандартный метод центра тяжести centroid на метод наименьшего из максимумов som.

Проведем анализ поведения системы нечёткого управления БЛА для различных комбинаций входных переменных с помощью Rule Viewer (рис. 3).

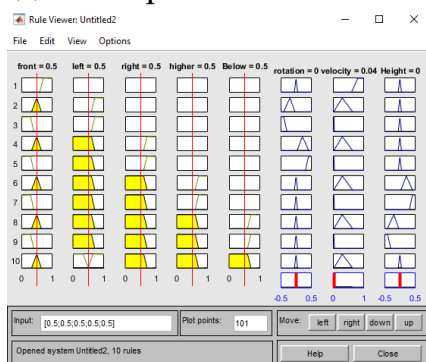


Рис. 3. Редактор просмотра правил Rule Viewer

Получая входные данные, происходит наполнение таблицы 1 и строятся правила, по которым происходит дальнейшее движение БЛА. Анализ поведения полёта БЛА для построенной нечёткой модели можно отобразить при помощи Surface Viewer (рис. 4).

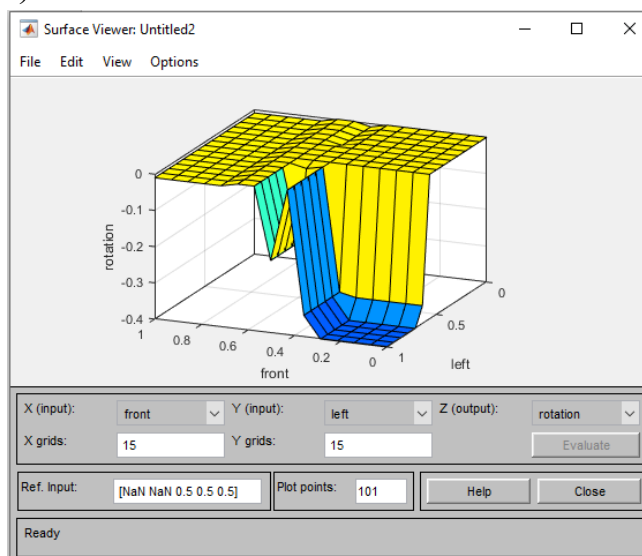


Рис. 4. Редактор просмотра графика поверхностей Surface Viewer

Количество правил продукций, лингвистических переменных и входных параметров зависит от оборудования, установленного на БЛА, вычислительной мощности, а также поставленной задачи.

Библиографический список

1. Цифровая электроника, вычислительная техника, встраиваемые системы [Электронный ресурс] – Digitrode, - Режим доступа:

<http://digitrode.ru/articles/1242-что-такое-нечеткая-логика-fuzzy-logic-princip-raboty-primery-primenenie.html> , свободный доступ.

2. Национальный открытый университет [Электронный ресурс] – Интуит, - Режим доступа: <https://intuit.ru/studies/courses/87/87/lecture/20515> , свободный доступ.

3. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах. / [В.Г. Рубанов и др.] – Белгород.: «БГТУ им. В.Г. Шухова», 2010 – 170с.

РОБОТИЗИРОВАННАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ УСТАНОВКИ КУЗОВОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Макаров А. Д., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Производство легковых автомобилей многоступенчатая задача, которая требует учёта множества нюансов. С течением времени стало всё проще их учитывать и реализовывать на производстве ввиду постепенного внедрения автоматизации. На данный момент большинство крупных производств представляют собой большую линию по выполнению различных задач создания легкового автомобиля. В основном на данных линиях выполняются такие задачи как: сварка, герметизация, оцинковка, покраска, сборка кузова и т.д.

Не мало важными процессами являются так же и подготовительные. Обычно их выполняют в начале линии сборки легкового автомобиля. Почти всегда эти процессы включают в себя крепление будущего кузова автомобиля на тележку или специальную металлоконструкцию, которая проходит почти все этапы создания автомобиля.

Цель данной работы заключается в проектировании роботизированной ячейки, которая будет выполнять технологическую задачу по креплению будущего кузова автомобиля на специальную металлоконструкцию. Для достижения поставленной цели требуется выполнить следующие задачи:

- обзор крепления кузова;
- разработка планировочного решения роботизированной ячейки;
- разработка алгоритма работы и блок-схемы;
- разработка электрической схемы подключения;
- написание кода программы управления.

В данной работе в качестве объекта для проектирования взят кузов автомобиля LADA VESTA [1]. Для данной работы будут важны отверстия для крепления на днище кузова (рис. 1).

На рис. 1 показаны точки крепления узлов и агрегатов автомобиля, и их номера, так же показаны габаритные размеры. Фиолетовым цветом обведён контур днища кузова.

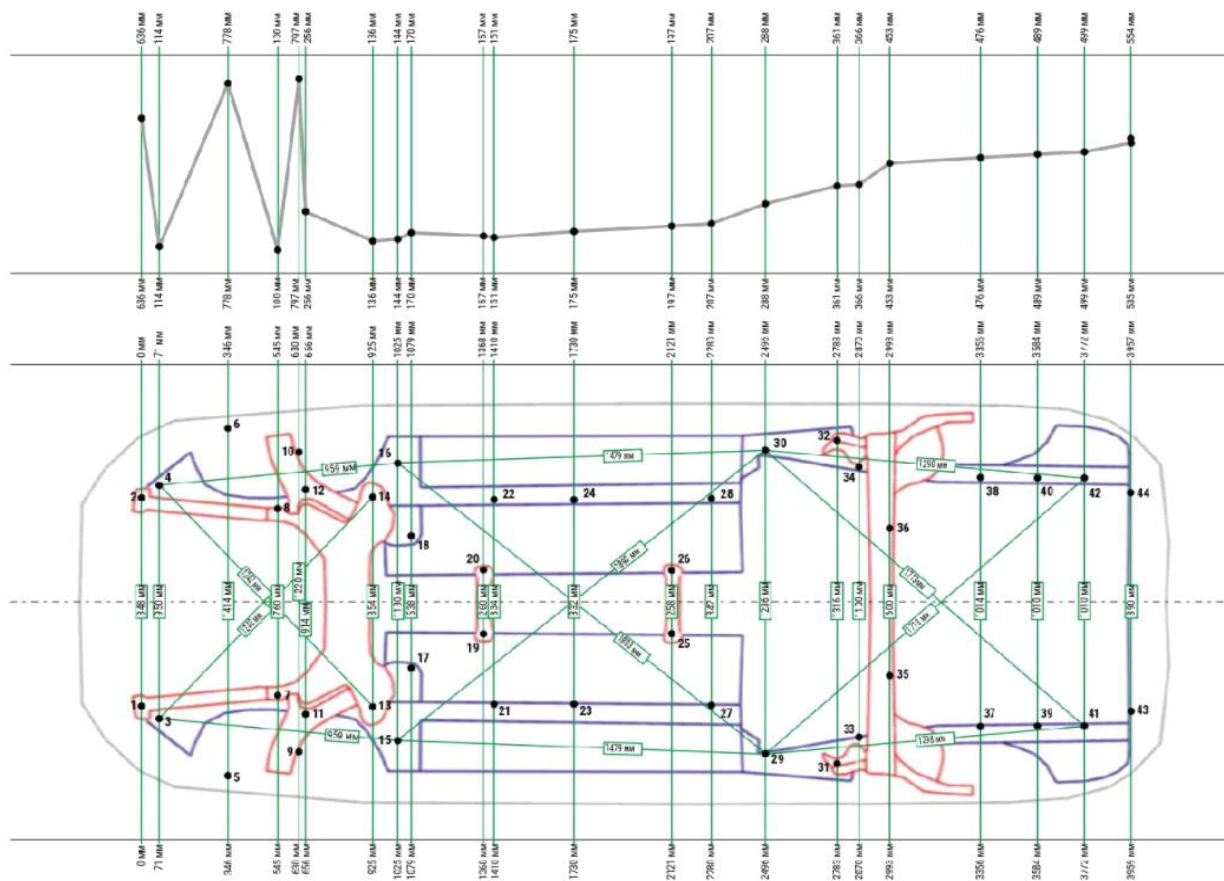


Рис. 1. Схема кузова автомобиля типа LADA VESTA

Отличительные черты роботизированной ячейки:

- точное позиционирование металлоконструкции в пределах рабочего пространства;
- точная установка днища будущего кузова автомобиля на металлоконструкцию;
- обеспечение работы в составе роботизированной линии по сборке кузовов автомобилей.

В процессе проектирования роботизированной ячейки используются наработки и продукция фирм KUKA/ABB [3,5]. Для симуляции используются среды разработок RoboDK/RobotStudio [2,4].

Библиографический список

1. Лада-онлайн. [Электронный ресурс] URL: <https://xn--80aal0a.xn--80asehdb/do-my-self/repair/repair-lada-vesta/19494-kontrolnye-tochki-geometrii-kuzova-lada-vesta-chertezhi.html>
2. RoboDK. [Электронный ресурс] URL: <https://robodk.com/>
3. Машины и роботы для погрузочно-разгрузочных работ : Учебник / В. И. Капырина, А. Н. Неклюдов, В. А. Маньков, И. В. Трошко ; ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. – 312 с.
4. RoboDK documentation. [Электронный ресурс] URL: <https://robodk.com/doc/en/Robot-Machining.html#RobotCNC>
5. АBB. [Электронный ресурс] URL: <https://new.abb.com/products/robotics/ru>
6. Сорокин, П. А. Спектральный анализ вибраций переднего антикрыла гоночного автомобиля "Даллара T12" / П. А. Сорокин, К. С. Хряков, А. В. Мишин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 7-1. – С. 221-226.

РАСЧЁТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Михалев А. В., студент

Научный руководитель: Иванов С. Д., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

В работе проведён расчёт напряженно-деформированного состояния тензометрического датчика методом конечных элементов. Рассматривали тензоось (Рис.1), разработанную ЗАО ИТЦ КРОС по аналогии с датчиками, применяемыми в ограничителях грузоподъемности [1]. В дальнейшем планируется применение данной тензооси в роли датчика в конструкции крановых весов грузоподъемностью 5 тонн.

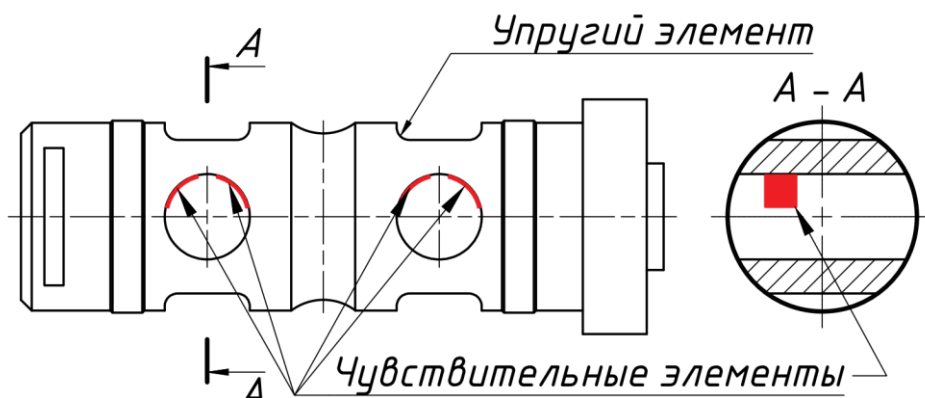


Рис. 1. Образец тензооси.

Тензоось состоит из упругого элемента, деформация которого прямо пропорциональна приложенной нагрузке, чувствительного элемента (тензомоста), при помощи которого измеряется приложенная нагрузка [2], пассивных электронных компонентов, используемых для балансировки [3], регулировки чувствительности и компенсации, например, влияния температуры [4]. Тензомост, включает в себя тензорезисторы, электрическое сопротивление которых изменяется прямо пропорционально деформации [5], что и позволяет измерить нагрузку на упругий элемент. Таким образом, тензоось необходимо рассчитать на прочность, и, помимо этого, нужно выбрать место наклейки тензомоста на упругий элемент и исследовать напряженно-деформированное состояние в этом месте для достижения коэффициента передачи [6], достаточного, чтобы обеспечить требуемые метрологические характеристики крановых весов [7]. В рамках данной работы решение задачи проведено методом конечных элементов программного пакета ANSYS.

Первый этап расчёта конструкции – определение расчётной схемы тензооси. На Рис. 2 представлены поверхности по которым ось закрепляется в скобе.

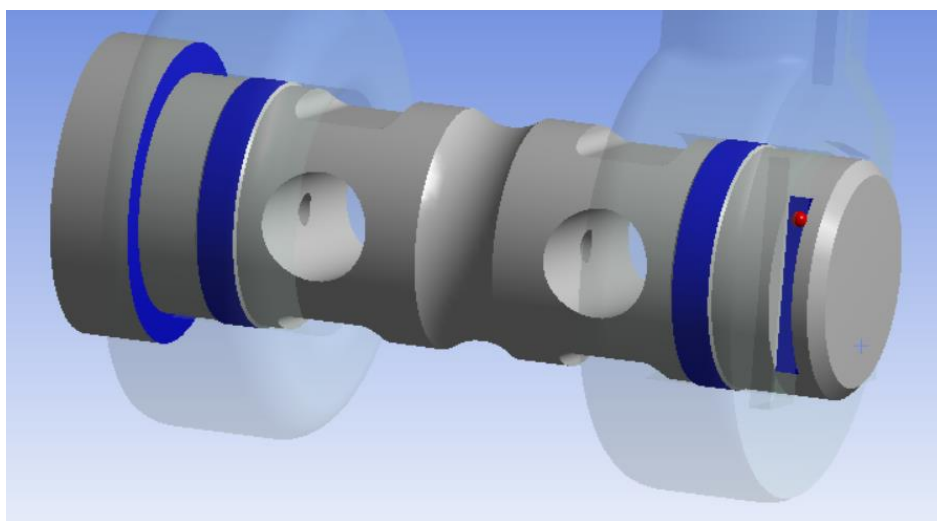


Рис. 2. Закрепление тензооси.

Нагрузка представлена следующим образом – спроектировано ухо крюка в виде кольца, оно надето на ось, а к нижней половине этого кольца приложена нагрузка 5 тонн (Рис. 3).

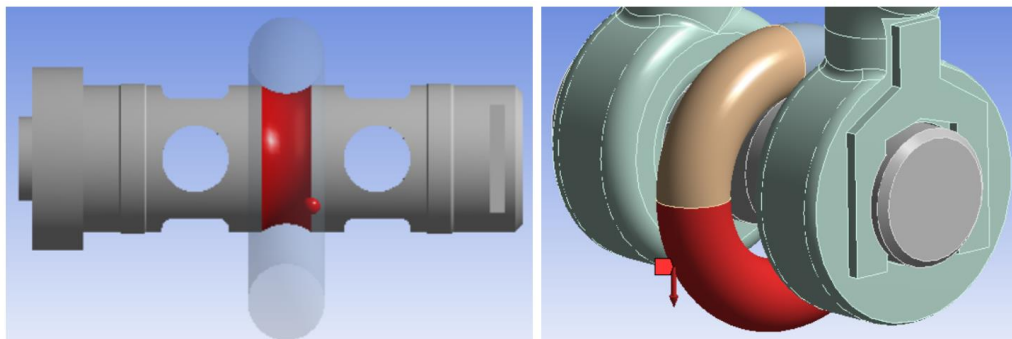


Рис. 3. Нагрузка на тензоось.

Следующий этап – расчет напряжений в тензооси (Рис. 4.). Помимо точки с максимальными напряжениями на рисунке числами также указаны места, рекомендуемые для наклейки тензорезисторов. Так как помимо высоких деформаций нужно обеспечить удобство обработки поверхностей [8], наклейки, подвода проводов, целесообразно наклеить тензорезисторы на цилиндрическую поверхность сквозного отверстия. Кроме того, это место защищено от возможных внешних воздействий при сборке и эксплуатации.

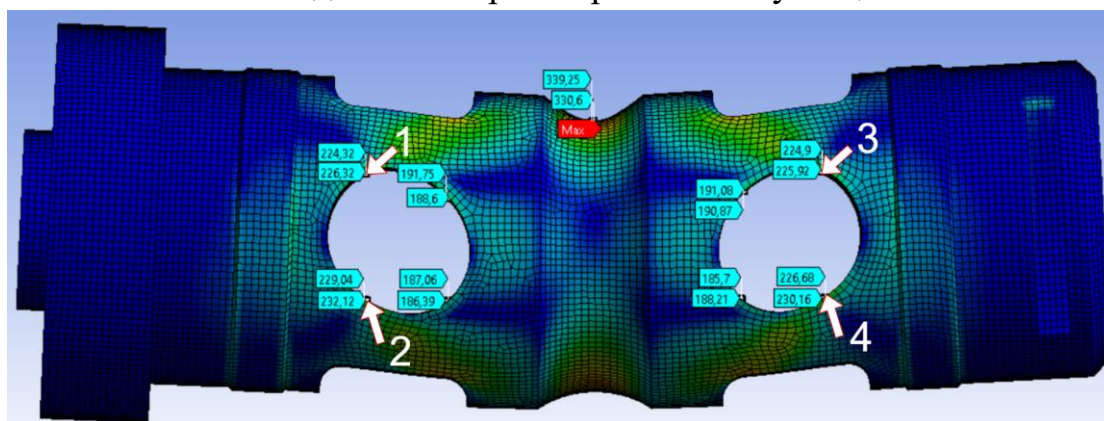


Рис. 4. Напряжения в тензооси.

Заключительный этап – изучение направлений главных напряжений в местах наклейки тензорезисторов. Это необходимо для выбора типа чувствительного элемента, а также плеча тензомоста, в который этот тензорезистор будет встраиваться (Рис. 5.).

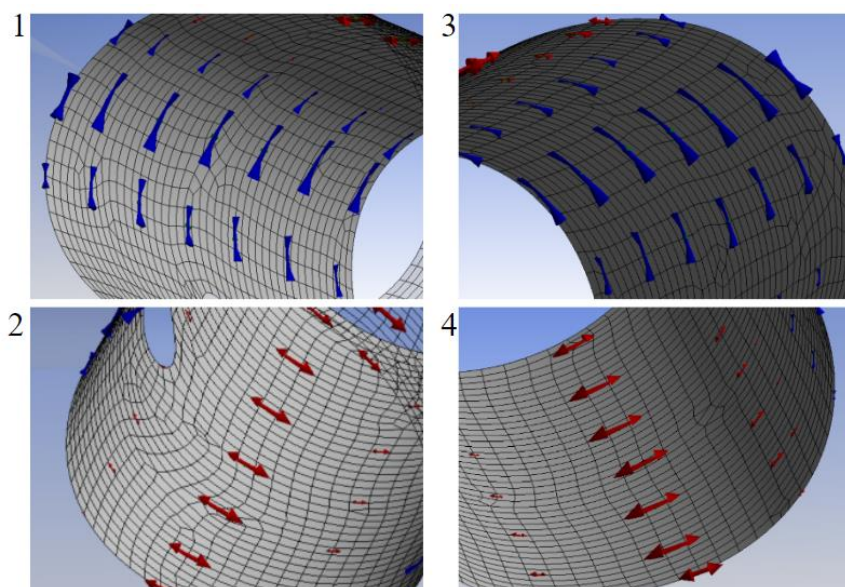


Рис. 5. Направления главных напряжений в рекомендуемых местах наклейки чувствительных элементов (синий – сжатие, красный - растяжение).

Проведенный расчет позволил выбрать места наклейки чувствительных элементов, которые обеспечат наивысший коэффициент передачи по сравнению с другими местами, обеспечивающими свойства надежности и технологичности изделия на таком же уровне. В результате анализа сделан вывод, что изначально подобранные в образце места для двух из четырёх тензорезисторов являются не лучшим решением. В рекомендуемых местах напряжения в среднем на 21% выше, чем в изначально выбранных (230МПа против 190МПа).

Библиографический список

1. Каталог тензоосей. ЗАО «Инженерно-технический центр «КРОС» // – 2017. – С. 16. [Электронный ресурс] Дата обращения 16.03.2022: https://itc-kros.ru/files/catalog_ot.pdf
2. Пушкарев, М. Нормализация сигналов мостовых чувствительных элементов [Текст] / М. Пушкарев // Компоненты и технологии. – 2005. - № 2. – С. 62-67.
3. Клюев, И. Г. Программный стенд для проверки балансировки мостовых схем методом инжекции тока [Текст] / И. Г. Клюев, П. А. Тарасенко, Е. А. Кузнецов // Лесной весник. – 2015. - № 3. – С. 125-130.
4. Сушников, В. А. Оценка влияния колебаний температуры на точность измерений тензорезистивных и емкостных преобразователей [Текст] / В. А. Сушников// Наука и современность. – 2011. - № 8-2. – С. 205-209.
5. Борыняк, Л. Разработка конструкции и технологии изготовления тензодатчика с повышенной чувствительностью и точностью измерений для

электронных весов [Текст] / Л. Борыняк, Ю Непочатов // Компоненты и технологии. – 2006. - № 10. – С. 146-148.

6. Гаврюшин, С.С. Расчет и оптимизация весоизмерительного датчика автомобильных весов [Текст] / С.С. Гаврюшин, А.В. Непочатов, В. А. Годзиковский // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. - № 4. – С. 88-94.

7. ГОСТ OIML R-76-1-2011. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания. Дата введения 01.07.2013.

8. Устименко, Е.Е. Использование тензодатчиков при определении напряженнодеформированного состояния шарнирно-стержневой рамы [Текст] / Е.Е. Устименко, С.В. Скачков // Инженерный вестник Дона. – 2019. - № 3. – С. 50.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ РАБОТ

Морозова Д.В., студент

Морозова К.В., студент

Ведяков М.И., студент

Научный руководитель: Дроздов А. Н., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

История становления и развития подводной робототехники насчитывает более 40 лет. За этот сравнительно небольшой период произошли большие изменения в средствах и методах организации, создания и применения подводных робототехнических систем и комплексов.

Одними из таких подводных аппаратов являются подводные траншеекопатели. Траншеекопатели используются для прокладки коммуникаций по дну рек и морей и делятся на самоходные и буксируемые машины, оснащенные тяговой лебедкой, установленной на плавающей платформе.

Роботизация траншеекопателя позволяет:

– расширить функциональные возможности машин за счет применения программного и дистанционного управления для работы в недоступных, опасных или вредных для человека условиях;

– упростить труд машинистов за счет автоматического управления при выполнении отдельных технологических операций;

- обеспечить экономию топлива за счет оптимального регулирования гидропривода в зависимости от рабочей нагрузки, позволяющего максимально использовать механическую работу двигателя;
- повысить надежность машин за счет самодиагностирования всех систем и механизмов [1].

Траншейные экскаваторы имеют одинаковый набор основных частей вне зависимости от вида оборудования:

- базовый тягач гусеничного типа, благодаря которому осуществляется равномерное передвижение машины,
- роторное или цепное рабочее оборудование, закрепленное на машине навесным или полуприцепным способом,
- отвальное устройство, необходимое для ссыпания грунта в отвал, или транспорт для его вывоза,
- дополнительное устройство для перемещения и установки в рабочее положение навесного оборудования.

Рабочее оборудование цепных траншеекопателей представлено в виде одно- или двухрядной цепи, спаянной в кольцо. Цепь несет на себе ряды скребков или ковшей определенной ширины, огибая наклонную раму. При этом каждый из копающих ковшей оснащен откосообразователями, с помощью которых можно настроить машину на рытье траншеи необходимого профиля.

С помощью цепного экскаватора можно получить глубину траншеи более 8 м, а ширину – от 0,14 м и выше.

Траншейные экскаваторы с рабочим органом роторного типа разрабатывают грунт с помощью одного или нескольких жестких колес (роторов), на которых размещены ковшовые резак или зубья. Копка траншеи проходит при вращении этого колеса вокруг рамы на роликовых элементах с постепенным увеличением толщины снимаемой стружки от нуля до максимума.

Роторная машина может прокапывать траншеи глубиной до 3 метров и шириной от 0,8 до 2,5 метров. Она может разрабатывать пористые грунты, имеет более высокий КПД и большую производительность работы, чем цепная, однако рытье более глубоких траншей для неё проблематично, так как влечет за собой сильное увеличение массы и габаритов навесного оборудования [2].

Для определения местоположения аппарата используется навигационный вычислитель (НВ). В него поступают данные от бортовых автономных датчиков и от гидроакустической системы (ГАНС), что позволяет наиболее точно определить местоположение техники.

В силу специфических особенностей подводной техники основным типом привода, используемым на подводном траншеекопателе, является гидравлический привод. Для управления таким приводом используется принцип

пропорционального электрогидравлического управления. Электрогидравлическое пропорциональное управление модулирует гидравлические параметры в соответствии с электронными опорными сигналами [3].

По сравнению с электромеханическими системами, электрогидравлика обеспечивает следующие преимущества:

- внутренняя защита от перегрузок;
- автоматическая адаптация усилия;
- быстрое время реагирования;
- система самосмазки;
- долговечность и высокая надежность;
- накопление энергии;
- высокая плотность мощности.

Применение пропорционального электроуправления позволяет дистанционно управлять аппаратом. Так, голландский производитель работ на морском дне, компания «НАМ», совместно с компанией «SAETEC», специалистом по подводным технологиям, разработали подводный траншекопатель SeaJet 2000, представляющий собой самоходный дистанционно управляемый аппарат для прокладки трубопроводов, линий связи, составных трубопроводов, энергетических и оптико-волоконных кабелей в мягких и твердых грунтах на глубине до 2500 м.

Ярославская компания «Подводник» разработала и эксплуатирует «Подводный буксируемый кабелеукладчик», работающий под водой на глубине до 30 м и разрабатывающий траншею глубиной до 3 м при ширине 0,5 м. Дизельная установка, размещенная на плавающей платформе, обеспечивает питание рабочей жидкостью и управление подводным траншейным блоком, который буксируется через трос тяговой лебедки, установленной на берегу.

Компания «Mastenbroek» разрабатывает и производит подводные траншекопатели для мелких вод, которые позволяют устанавливать кабели или гибкие трубопроводы на глубину до 5,5 м за один проход. Подводные траншекопатели приводятся в действие электрически или гидравлически от силовой установки, размещаемой на борту поддерживающего судна. «Mastenbroek» предлагает также подводные машины в виде гидравлических или электрических самоходных траншекопателей для работы на глубине воды до 30 м.

Новейшие модели способны без дополнительных усилий рыть траншеи в твердых скальных поверхностях и вечномерзлых грунтах. В этих моделях вместо статической стрелы используется возвратная стрела, которая ведет процесс резания от дна траншеи к поверхности почвы. Обычный траншекопатель

непрерывно тянет копающую стрелу на поверхность резания. Новая машина толкает режущую головку стрелы в основание поверхности резания, подрезая ее движущейся цепью. Затем возвратная стрела поднимается от дна траншеи к ее верху, срезая слой грунта по дуге. На этом этапе может использоваться вспомогательная толкающая система, которая распирается своим нижним концом вблизи дна траншеи и с помощью толкающего цилиндра помогает подъему стрелы (нужна только на очень тяжелых грунтах). Далее стрела возвращается вниз, машина подается вперед, подрезая основание траншеи, и процесс повторяется [4].

Преимущества новой технологии:

- Обращенный процесс резания по новой технологии исключает проблему поднятия машины, существенную для машин обычной конструкции. Это снижает требования к эксплуатационной массе машины.

- Количество резцов, соприкасающихся с поверхностью резания в каждый момент времени, существенно меньше. Это увеличивает силу, прилагаемую к каждому резцу. В обычной технологии при увеличении глубины и ширины траншеи увеличивается число резцов. В новом подходе на увеличение числа контактирующих резцов влияет исключительно ширина траншеи.

- При проходке большие камни выносятся на поверхность, где выталкиваются в сторону.

После того как траншея отрыта, в нее должен быть установлен трубопровод с соответствующей отсыпкой. Компания «Mastenbroek» разработала технологию «Синхро», которую используют, если грунт слабый и грозит быстрым обрушением стенок траншеи. Она работает на секционных трубопроводах. Технология позволяет за один проход вскрывать траншею, опускать в нее секции труб (до 6 м длиной), обеспечивать стыковку секций труб, засыпать подстилающий материал для надежной фиксации секции трубы в требуемом положении.

Траншеекопатель одновременно с экскавацией траншеи буксирует за собой погруженную в траншею коробку, состоящую из двух отсеков: коробка труб и коробка засыпки. Гидравлическая система в нижней части коробки труб прижимает устанавливаемую новую секцию трубы к ранее установленной линии, обеспечивая плотную посадку новой секции и заданные направление и уровень всей линии. Одновременно в коробку засыпки подается засыпной материал (гравий), фиксирующий размещение новой секции. После завершения проходки на длину одной секции трубы проходка приостанавливается, в коробку труб опускается и там позиционируется новая секция, и процесс возобновляется.

Технология не требует присутствия людей в траншее, что обуславливает высокий уровень техники безопасности. Лазерные системы гарантируют точность выдерживания заданных глубин, уклонов и линии пути [5].

Для оценки тяговых характеристик гусеничного траншеекопателя на поверхности морского дна создали новую эмпирическую модель сдвигового напряжения-перемещения для насыщенного мягкопластичного грунта (модель SSP). В результате анализа основных внешних сил, воздействующих на гусеничный траншеекопатель на морском дне во время равномерного линейного процесса рытья траншей, с помощью модели SSP получили модель прогнозирования тягового усилия дышла. В конечном итоге был построен гусеничный шагающий механизм прототипа гусеничного траншеекопателя для морского дна и проведены проверочные испытания [6].

Таким образом, преимуществами подводного траншеекопателя:

- Дистанционное управление. Оператор с берега или с судна управляет траншеекопателем, что позволяет проводить работы в сложных климатических условиях необходимое время, значительно сокращает сроки и стоимость проведения водолазных работ, а также, как было сказано выше, обуславливает высокий уровень техники безопасности.

- Абсолютный контроль за ходом подводно-технических работ. Благодаря видеофиксатору оператор дистанционно контролирует работу траншеекопателя и при необходимости корректирует ход ее выполнения. Это позволяет оперативно реагировать в случае непредвиденных обстоятельств.

- Повышенная устойчивость и проходимость. Гусеницы подводного траншеекопателя оказывают малое давление на почву, обеспечивают повышенную проходимость и устойчивость, что позволяет выполнять работы на всех типах грунтов, в том числе на грунтах с крайне маленькой плотностью.

- Экологичность. Благодаря работе на электропитании подводный самоходный траншеекопатель не загрязняет водную среду [7].

Использование траншеекопателя для копки траншей и прокладки коммуникаций позволяет существенно выиграть на сроках и качестве, упрощает труд людей за счет автоматизации машин.

Библиографический список

1. Шошиашвили М.Э., Шошиашвили И.С., Лазариди К.М., Карташова Т.П. Мобильный робототехнический комплекс на базе роторного траншеекопателя // Научный альманах. - 2016. №7-1(21). – С. 468.

2. Сайт AllSpecTech.com [Электронный ресурс]. – URL: <http://allspectech.com/stroitel'naya/jekskavatory/transhejnye/vidy.html>, - Текст : электронный.

3. Сайт компании Atos. Электрогидравлическое пропорциональное управление: руководство пользователя. Таблица F001-8/E.

4. Строительная техника и технологии. СТТ 1'2004.

5. Сайт компании Мастенбрук [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mastenbroek.com/about/history/>, - Текст : электронный.

6. Мэн Ван, Сюан Ван, Юаньхун Сунь, Чжимин Гу Оценка тяговых характеристик гусеничного траншекопателя на морском дне на основе лабораторных механических измерений // Международный журнал военно-морской архитектуры и морской инженерии. -2016. Том 8. -С. 177-187.

7. Сайт компании «Аква-эко» [Электронный ресурс]. –М.: ООО «Аква-эко», – URL: <http://птр.акваэко.рф/content/podvodnyu-transheekopatel>, - Текст : электронный.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ДИЛЕРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭТАПА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пискун К. М., студент

Научный руководитель: Иванов С. Д., к.т.н.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия

Актуальной задачей деятельности компаний, поставляющих лифты на российский рынок, является своевременное и качественное реагирование на выявляемые технические недостатки и принятие мер по недопущению возникновения подобных дефектов впредь [1,2].

Технические недостатки являются неотъемлемой частью развития техники, которая неизбежно сопровождает продукцию как известных мировых брендов, так и локальных производителей [3,4]. Выявление, анализ и систематизация проявившихся недостатков выпускаемой продукции дает возможность не только поддерживать ее качество, но и совершенствовать технологии [5].

Мировые фирмы выработали схему действий по реагированию на указанные проблемы [6]: сопровождение продукции на этапе эксплуатации позволяет фирме накопить опыт и выработать механизмы повышения качества своей продукции, а также минимизировать негативные последствия для потребителя. На национальных рынках данные функции ложатся на дилеров –

региональные представительства компании, действующие под контролем центрального офиса и по установленным корпоративным протоколам.

В этой связи очень важной является система получения, хранения и анализа данных (со всего мира) об эксплуатации оборудования [7]. В этой системе важным условием является рассмотрение всех технических дефектов не как частных случаев, а как группы недостатков, появившихся по определенным причинам.

В рассматриваемой продуктовой линейке SXL002-D Швейцарской компании, оборудование которой расположено в 128 странах, было обнаружено порядка 900 систематических недостатков. Из этого числа российское оборудование затрагивает около 100, а выявлено на территории России – 19.

Фактически, деятельность национального подразделения по сопровождению процесса эксплуатации лифтового оборудования сводится к реализации цепочки организационно-технических мероприятий от обнаружения дефекта до его полного устранения и направлена на поддержание безопасных условий эксплуатации оборудования. При этом сами дефекты (технические недостатки) могут иметь логистический, производственный или технологический характер и могут быть обнаружены на любой стадии – монтажа, наладки, испытаний, использования или технического обслуживания оборудования.

Проведенный анализ технических дефектов лифтов линейки SXL002-D, выявленных российским представительством производителя, показал (рис. 1), что:

- 24% из них возникли по причине неверно смоделированной логистической схемы;
- 40% появились из-за проблем с технической документацией;
- 35% имели место вследствие ошибок на производстве;
- 1% - на данный момент не имеет установленной причины возникновения.

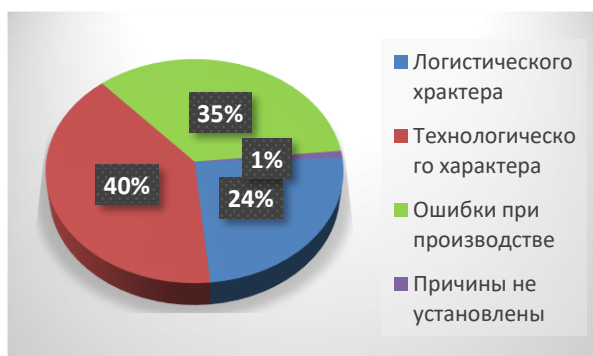


Рис. 1. Технические недостатки.

Реагирование на выявленные технические недостатки продукции осуществляется по принятым в компании корпоративным стандартам, единым для всех представительств (дилеров) во всех регионах присутствия фирмы. Однако непосредственная организация процесса и качество его проведения являются обязанностью каждого регионального дилера. Такая деятельность помимо общих корпоративных стандартов должна учитывать специфику каждого локального рынка (особенности законодательства, технического и административного регулирования, парк эксплуатируемого оборудования и т.д.).

Для обеспечения требуемого качества работы российского представительства фирмы был проведен анализ сложившейся организационной структуры и выполняемых функций по техническому сопровождению находящейся в эксплуатации продукции. Результатом анализа стала организационно-функциональная схема, позволившая выявить и формализовать производственные связи между всеми участниками процесса (рис.2).

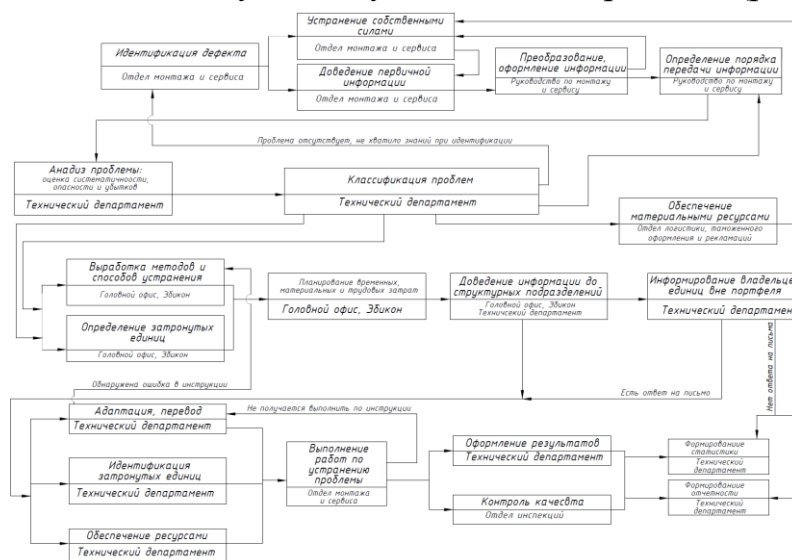


Рис. 2. Организационно-функциональная схема

Данная схема позволяет реализовать цепочку организационно-технических мероприятий, состоящую из последовательного набора действий конкретных структурных подразделений российского представительства, от обнаружения технического дефекта эксплуатируемого оборудования до его полного устранения.

Формализация действий согласно схемы путем разработки и внедрения соответствующих форм документов и путей их прохождения в рамках предприятия обеспечит повышение эффективности работы представительства в целом, а также постоянное поддержание качества эксплуатируемого на отечественном рынке лифтового оборудования.

Библиографический список

1. Пискун К.М. Анализ системы технического администрирования продуктовых линеек пассажирских и грузопассажирских лифтов на этапе эксплуатации // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. СХ междунар. студ. науч.-практ. конф. № 2(109).
2. Кузнецова, В. И. Сравнительный анализ систем электронного документооборота / В. И. Кузнецова, А. В. Гебгардт, Н. В. Кузина // Евразийский союз ученых. – 2017. – № 11-1(44). – С. 59-65.
3. Андреева В.И. Делопроизводство. Требования к документообороту фирмы (на основе ГОСТов РФ) / В.И. Андреева. - М.: Бизнес-школа Интел-Синтез; Издание 2-е, перераб. и доп., 1995. - 222 с.
4. Иванова Е.В., Дашкова Е.В. Этапы выбора системы электронного документооборота // Современные технологии документооборота в бизнесе, производстве и управлении: сб. ст. XV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2015. С. 24-30.
5. Viche-Ool, S. S. Security analysis of the electronic document management system / S. S. Viche-Ool // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. – 2021. – No 20. – P. 184-187.
6. Курченков, К. Б. Электронный документооборот. Критерии разработки систем электронного документооборота / К. Б. Курченков // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2014. – № 12. – С. 102-106.
7. Калугина, Е. А. Система электронного документооборота, ее преимущества и переход на электронный документооборот / Е. А. Калугина // Вестник Национального Института Бизнеса. – 2019. – № 37. – С. 110-113.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ СЕРИИ «ПИОНЕР»

Поляков Д. С., студент

Научный руководитель: Редькин А. В.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Выполнение строительно-монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работ на стройплощадках зданий и сооружений, складах, базах торговых предприятий и полигонах невозможно без применения специализированной грузоподъемной техники. Стреловой кран Пионер является широко распространенной моделью общепромышленного назначения. Стреловые краны «Пионер» начали производиться в нашей стране в середине прошлого века, но, тем не менее, их производство и применение не утратило

свою актуальность и на настоящий момент. Сегодня краны этого типа выпускаются достаточно большим количеством предприятий и имеют широкую номенклатуру по грузоподъемности и исполнению. Конструкция крана неоднократно модернизировалась, но основная концепция осталась неизменной.

Основными свойствам, благодаря которым краны этого типа пользуются популярностью, являются универсальность, компактность при транспортировке (в собранном виде), быстрота и удобство монтажа и демонтажа на месте применения, возможность применения в стесненном пространстве и другие технические характеристики. Кроме того, важным моментом является то, что, во-первых, нет необходимости регистрации в надзорных органах, во-вторых, для обслуживания крана не требуется специальной профессиональной подготовки персонала. Оборудование предназначено для подъема и перемещения грузов, малоэтажного строительства, если установить технику на крыше здания, то высота может достигать 50 метров, а так же могут использовать в цехах, на складах и прочих промышленных помещениях.

Недостатками данного крана является то, что передвижение и поворот осуществляется вручную, тем самым затрудняет работу и снижает КПД этого крана. Первоначально грузоподъемность составляла 0,5 тонны. Этот недостаток компенсировался простотой и дешевизной конструкции. На самых простых моделях ручной привод использовался даже в механизме подъема. В настоящее время различные производители предлагают краны этого типа грузоподъемностью от 0,32 до 2,5 тонны. Краны бóльшей грузоподъемности стали оснащать электроприводом механизма поворота стрелы.

Однако, при варианте исполнения на колесной базе перемещение крана на рабочей площадке будет затруднительным из-за большой массы крана с противовесом. Для повышения мобильности был разработан механизм, который имеет привод к валу ходового колеса от электродвигателя переменного тока через вертикальный цилиндрический редуктор типа Ц2У (рис. 1).

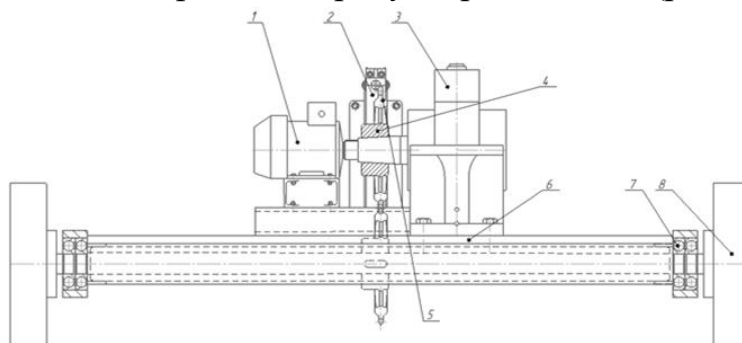


Рис. 1. Механизм передвижения крана: 1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 –редуктор; 4 –звездочка приводная; 5 – цепь; 6 – рама; 7 –подшипник; 8 – мост.

Модернизация заключается в том, чтобы кран мог передвигаться самостоятельно с помощью привода к валу ходового колеса от электродвигателя через вертикальный цилиндрический редуктор. Механизм прост в эксплуатации, и легко подвергается ремонту. Данный механизм повышает производительность и КПД крана, а так же облегчает работу.

Библиографический список:

1. Журавлев Н.П., Маликов О.Б. Транспортно-грузовые системы: Учебник для вузов ж.д. транспорта. – М.: УМНЦ, 2005.
2. Маликов О.Б, Малкович А.Р. Склады промышленных предприятий Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989.
3. Голутвин В.А. Грузоподъемные машины: Атлас конструкций: учеб. пособие для вузов / В.А. Голутвин, В.Д. Соловьёв, Ю.Е. Семёнов; под ред. Г.Г. Дубенского; ТулГУ. Тула: Изд-во ТулГУ. 2012. – 123 с.
4. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1983.– 350 с. Гохберг М.М. Справочник по кранам. Т.1,2. Ленинград: Машиностроение, 1988.
5. Строительные башенные краны. Конструкция и расчет. Коган И.Я. 1958
6. Краны и подъемники. Атлас конструкций. Часть 2. Желтонога А.И., Кучерин Н.В., Ковальчук А.И. 1974
7. Грузоподъемные машины. Учебно-методическое пособие. Наварский Ю.В. 2006

ОБЗОР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ СИСТЕМ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Разинков А. Ю., магистрант

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

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. Наряду с роботизированными системами широкое применение в производственном процессе получили конвейерные системы, которые

позволяют уменьшить издержки производства, минимизировать производственные и эксплуатационные риски, повысить качество обслуживания и производительность труда. В статье рассмотрены элементы взаимодействия устройств в современном роботизированном производстве: роботы, конвейеры, системы технического зрения.

Для любой компании применение роботизированных систем на производстве крайне выгодно в связи с повышением производительности труда, качества продукции, улучшением условий труда сотрудников, занятых на производстве. Промышленные роботы являются составными компонентами гибких производственных систем [1]. В России, по сравнению с лидерами в отрасли робототехники, уровень роботизации производственных процессов по-прежнему крайне низкий, однако намечаются и положительные тенденции. К основным преимуществам применения робототехники можно отнести: снижение затрат на рабочую силу; ускорение производственных процессов; повышение точности и уменьшение брака; экономию материала; совершенствование управления; гибкость при переходе на другой проект и др. [1].

Причиной быстрого нарастания автоматизации труда является снижение стоимости робототехники. Так, за прошлое десятилетие цена роботов снизилась почти на 30%, на следующие 10 лет прогнозируется уменьшение их стоимости еще на 20—22%. Робототехника продолжает развиваться на крупных предприятиях и внедряется в область среднего и малого бизнеса [1].

В мире существует огромное количество предприятий, специализирующихся на производстве и серийном выпуске промышленной робототехники. Китай, Корея, Япония и некоторые европейские страны давно стали признанными мировыми лидерами в этой отрасли [1, 3]. На данный момент широкое распространение среди производителей получила разработка и создание промышленных, коллаборативных и сервисных роботов. Рассмотрим несколько зарубежных компаний, специализирующихся на производстве и выпуске роботов.

FANUC – крупнейший производитель промышленных роботов в мире, который расширяет ассортимент своей продукции, чтобы включать новые типы роботов в производственный процесс. Так, например, выпущены в массовое производство дельта-роботы, роботы для покраски, сварки, паллетирования, монтируемые сверху т. д. [1]. Специализированные роботы применяют для выполнения операций определенного типа, чья функциональность ограничена конструктивно. К ним относятся сварочные роботы, роботы для монтажа компонентов на электронных печатных платах, медицинские роботы и т.д.

Hanwha – один из крупнейших конгломератов в Южной Корее, который занимается и производством роботов. Одной из новейших разработок стало

создание коллаборативного робота, которая стала удачным решением для внедрения в мелкое производство. Коллаборативные роботы работают в непосредственной близости от человека и вместе с ним. Их система обратной связи, построенная на различных сенсорах и специальных алгоритмах работы, позволяет избежать столкновения движущихся частей робота с человеком и другими посторонними объектами, не предусмотренными программой работы. Безопасное взаимодействие с человеком на производстве — очень важное преимущество коллаборативных роботов перед традиционными промышленными роботами. Изначально коллаборативными роботами назывались компактные роботы-помощники, но сейчас к ним можно отнести всех роботов, способных на тесное сотрудничество с человеком без опасности для него [4]. Популярность данных роботов связана с упрощением управления ими, устранением защитных ограждений, упрощением монтажа.

Компания *KUKA* предлагает промышленных роботов с различной грузоподъемностью и досягаемостью, которые используют в разных производственных процессах для выполнения операций по сварке, погрузке, паллетированию, упаковке, обработке, сборке и других [1].

Universal Robots — датский производитель коллаборативных роботов. Компания в свое время предложила возможность использования более мелких и недорогих роботов совместно с работниками компании. Робот данной компании был первым коллаборативным роботом в его нынешнем виде — автономным и работающим в сотрудничестве с людьми [1,3].

Наряду с роботами широкое внедрение в промышленное производство получили конвейерные системы, позволяющие транспортировать различные материалы и продукцию. Они представляют собой специализированное оборудование, которое используется для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов за счет передвижения тягового/грузонесущего органа [5]. Современные промышленные предприятия используют конвейеры для автоматизации и эффективности производственного процесса.

Современные конвейеры надежны, прочны и гибки при работе с различными материалами и в разных условиях. Компании-производители стараются ориентироваться на современные технологии, которые помогают решать ряд сложных эксплуатационных задач. Например, множество проблем на предприятии связано со смещением ленты ленточного конвейера, что в результате может привести к серьезным последствиям, например, повреждению самой ленты и отказу всей системы, к потере материала и т.д. [6]. Конвейеры работают как самостоятельные единицы для перемещения грузов и в составе автоматизированных линий по производству деталей или узлов.

При решении задачи рационального выбора типа конвейера, обеспечивающего наибольший технический и экономический эффект, необходимо учитывать следующие факторы: свойства транспортируемых грузов; расположение пунктов загрузки и разгрузки, а также расстояние между ними; требуемую производительность; требуемую степень автоматизации производственного процесса, обслуживаемого проектируемой транспортной установкой; способ хранения груза в пункте загрузки [5, 6]. Основное преимущество конвейеров заключается в том, что они автоматизируют множество операций человека, связанных с производством и транспортировкой материалов, например: подачу, перемещение, загрузку и разгрузку материалов.

Интересным решением проблемы потери материала можно считать ленточные трубчатые конвейеры, которые используются в промышленности. Трубчатые конвейеры применяются для транспортировки медного концентрата, руды кальция и алюминия, угля, горного фосфата, шламов, однако не всем предприятиям такой конвейер подходит. Например, предприятиям по добыче минеральных песков трубчатые конвейеры подходят идеально и помогают решить сложные задачи транспортировки материала. Трубчатый конвейер совмещается с обычным на пунктах загрузки и разгрузки, однако между этими точками лента идет по трубе, что устраняет возможность потери материала и соответствует требованиям по защите окружающей среды [5,6]. По сравнению с обычными ленточными конвейерами трубчатые конвейеры имеют ряд неоспоримых преимуществ, которые заключаются в следующем:

- отсутствие вредных воздействий на окружающую среду при транспортировке экологически опасных грузов;
- возможность транспортировки различных грузов при горном ландшафте, а также при естественных и искусственных преградах по трассе;
- улучшение условий движения ленты по ставу (исключение бокового схода ленты) за счет трубчатой формы ленты;
- возможность, при необходимости, транспортирования груза одновременно на верхней (грузовой) и нижней ветви контура ленты конвейера.

Сфер применения конвейерных систем достаточно много, они используются в пищевой, легкой промышленности, логистике или в автомобилестроении и т.д. Конвейерные системы для пищевой промышленности позволяют подавать сырье к месту обработки; подавать тару к месту упаковки; транспортировать готовую продукцию к месту упаковки; подавать продукцию к месту складирования. Фармацевтическая промышленность предполагает наполнение реакторов, транспортировку таблеток и порошков на упаковочную линию [5]. В машиностроении наиболее широкое применение конвейеров и конвейерных систем нашли автомобилестроение, станкостроение,

железнодорожное машиностроение, судостроение, сельскохозяйственное машиностроение.

Машинное (техническое) зрение давно нашло применение в робототехнических системах, но пока еще слабо распространено. Например, применение роботов на конвейерном производстве для перемещения заготовок требует высокой точности их позиционирования, что не всегда возможно, и тогда на помощь приходит машинное зрение. Цифровая камера получает изображение заготовки в рабочей зоне робота, ПО его анализирует, формулирует перед роботом задачу и тот ее выполняет. При помощи машинного зрения можно решать некоторые задачи: контроль процесса сборки изделия, подсчет объектов, измерение их параметров и многие другие. Интерес к данной технологии набирает обороты, появляются новые задачи, где она может быть использована. Однако есть и ограничения со стороны аппаратной части и по стоимости. По итогам 2020 года машинное зрение применялось только в каждом пятом – шестом проекте, что связано с решением большинства задач более надежными и доступными средствами, которые значительно снижают стоимость для конечного заказчика [3]. Техническое зрение становится более доступным и простым во внедрении и эксплуатации, поэтому у него большие перспективы в задачах загрузки оборудования и сварки. Техническое зрение позволяет значительно упростить решение задач, связанных с ориентацией продукта, его формой и маркировкой. Благодаря машинному зрению задачи по перекладке объектов стали универсальными.

Подводя итоги, можно отметить, что в современном производственном процессе большое применение находят конвейерные системы и роботизированная техника. Это позволяет существенно сократить расходы предприятия, увеличить производительность труда и качество продукции, объемы выпускаемой продукции, автоматизировать рабочий процесс, повысить эффективность производства, снизить затраты на производство.

Библиографический список

1. Промышленные роботы и выгоды их внедрения на производстве [Электронный ресурс] URL: <https://top3dshop.ru/blog/industrial-robots-apply-and-prospects.html> (Дата обращения: 14.03.2022)
2. Промышленные роботы. Классификация промышленных роботов [Электронный ресурс] URL: https://kemppi.in.ua/articles/promochlenie_roboti.htm (Дата обращения: 19.03.2022)
3. Технологические тенденции развития промышленных роботов [Электронный ресурс] URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (Дата обращения: 14.03.2022)

4. Коботы OMRON – идеальное решение для мелкосерийного производства [Электронный ресурс] URL: <https://isup.ru/articles/34/14770/> (Дата обращения: 20.03.2022)

5. Современные конвейерные системы и практика применения [Электронный ресурс] URL: <https://zolotodb.ru/article/11515> (Дата обращения: 10.03.2022)

6. Машины и роботы для погрузочно-разгрузочных работ : Учебник / В. И. Капырина, А. Н. Неклюдов, В. А. Маньков, И. В. Трошко ; ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. – 312 с.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АУТРИГЕРОВ ДЛЯ РАБОТЫ АВТОКРАНА НА МАЛОСВЯЗНЫХ ГРУНТАХ

Ситников С. В., студент

Научный руководитель: Селиверстов Г. В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула, Россия

В статье раскрыта такая значимая проблема, как устойчивость грузоподъемных машин типа автокран, на малосвязных грунтах. Существует множество способов доработки выносных опор автокрана – аутригеров, для обеспечения лучшей устойчивости грузоподъемной машины, но все они включают в себя ручную установку под опоры автокрана различных конструкций для снижения давления на грунт. В статье рассмотрена конструкция опор, позволяющая значительно снизить давление на грунт, тем самым увеличив устойчивость грузоподъемных машин на малосвязных грунтах, а также в достаточной мере упростить работу крановщика. Данные системы достаточно легко установить практически на любой автокран, что позволит эффективно использовать их на грунтах текучей и пластично-текучей консистенции.

Современное состояние автотранспортной и строительной отрасли подразумевает максимально возможное использование техники в различных условиях. Одной из основных машин, которая нуждается в устойчивом основании при выполнении работ, являются автомобильные краны на базе шасси грузовых автомобилей. Для обеспечения необходимой устойчивости, шасси дорабатываются путём установки дополнительных выносных опор – аутригеров. Основным требованием при установке автокрана на рабочую площадку является обеспечение его горизонтальности, а также требования по характеристикам

грунта. В том случае если автокран предполагается использовать на грунтах с текучей и пластично-текучей консистенцией, соблюдение устойчивости и горизонтальности попадает под угрозу. Может происходить погружение опор в грунт, их скольжение, что в свою очередь может привести к опрокидыванию машины при выполнении грузоподъемной операции. Для решения этой задачи предлагались различные конструкции для снижения давления на грунт, за счёт подкладывания гибких матов, ручной установки деревянных опорных плит. При этом, часть из этих операций автоматизированы, а часть выполняются вручную, что является достаточно сложным для работы крановщика. Поэтому для решения данной задачи предлагается модернизация существующих машин, путём доработки аутригеров такой конструкцией, которая минимизирует ручной труд крановщика.

Для решения этих задач, мной была разработана система, которая заключается в установке дополнительных выносных опорных плит [рис. 3], опускаемых под аутригеры с помощью канатно-блочной системы [рис. 1,2].

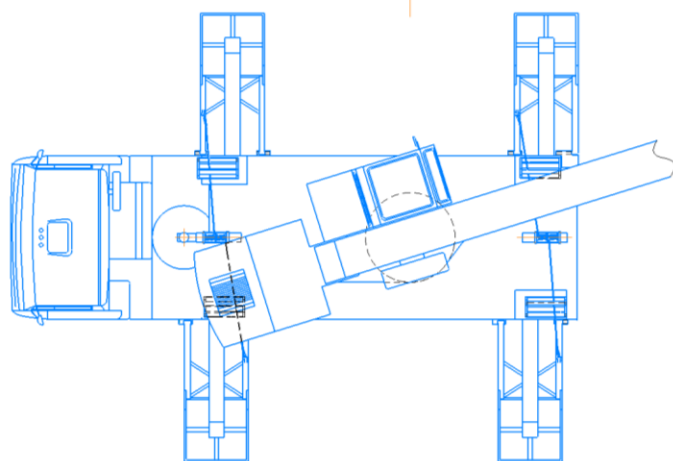


Рис. 1. Общий вид автокрана с дополнительными плитами

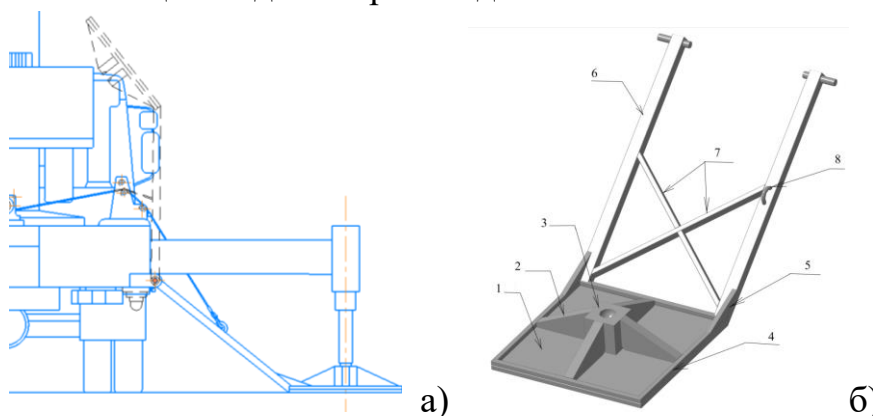


Рис. 2. Аутригеры

- а) с дополнительной плитой; б) дополнительная выносная опора:
 1 – плита; 2 – ребро жесткости; 3 – седло аутригера; 4 – труба усилитель;
 5 – косынка; 6 – ручка рамы; 7 – стяжки (усилители) рамы; 8 – проушина.

Плюс данной установки в том, что ей, можно модернизировать практически любой автокран с выносными опорами, что позволит значительно увеличить устойчивость автокранов на грунтах с пониженной несущей способностью.

В установочный комплект входят 4 дополнительные выносные опоры, 2 электролебедки с двусторонней навивкой (по одной на передние и задние опоры), а также система обводных блоков, дабы избежать перетирание каната о кузов автокрана.

Принцип работы данной системы заключается в следующем:

Автокран подъезжает на позицию, далее следует опускание опорных плит, на специальной раме, при помощи двух лебедок, которые начинают раскручивать барабан. При достижении крайнего положения, тяга плиты упирается в концевой выключатель, он срабатывает, и работа лебедок прекращается, что предотвращает возможности перескока канатов или их запутывания. После чего, происходит выдвижение основных выносных опор (аутригеров) автокрана в штатном режиме. Поднятие плит, после завершения работ, осуществляется в обратном порядке.

Библиографический список

1. Галичанин. Акционерное общество «Галичский автокрановый завод»: [сайт]. – Галич, 2015. – // URL: <https://www.gakz.ru/rus/catalog/25tonn/ks-55713-1> (дата обращения: 08.02.2020).
2. SpecNavigator – Описание технических параметров автокрана КС-55713: [сайт]. – Москва, 2018. – // URL: <https://specnavigator.ru/kran/avtokran-ks-55713.html> (дата обращения: 08.02.2020).
3. AVTOKRANY.GURU, все об автокранах. Обзор характеристик и модификаций автокранов Ивановец: [сайт]. – Москва, 2019. – // URL: <https://avtokrany.guru/vidy/ivanovets> (дата обращения: 08.02.2020).
4. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. Справочник. М.: Машиностроение, 1983.–301с.
5. Гохберг М. М. Справочник по кранам. Т.1,2. Ленинград: Машиностроение, 1988.
6. Гоберман Л.А., Степняк К.В. Строительные и дорожные машины. Атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1985.–96с.
7. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Высш. шк., 1991.–432 с.

РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПОКРАСКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Файзуллин Т. Т., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Робототехника активно развивается в машиностроении, а особенно в автопроме [1] и в железнодорожной сфере [2]. Нанесение на покрытие лакокрасочных материалов является одним из трудоемких процессов, который обеспечивает качество наружного вида объекта, продлевает срок его эксплуатации, дает защиту от возможной коррозии и различных повреждений.

На данный момент не все заводы в сфере вагоностроения стараются внедрять роботов в своё производство. Где-то это связано с экономическими затратами, где-то с психологической инерцией, а где-то с отсутствием возможности эксплуатировать и поддерживать работу роботизированного комплекса на должном уровне.

Поэтому роботизированную покраску вагонов можно считать хорошим первым шагом по внедрению роботизации в сферу вагоностроения. Роботизированная покраска несет в себе ряд преимуществ:

- легкое внедрение в производство т.к. покраска используется во многих отраслях машиностроения и в следствии этого есть большое количество шаблонов и примеров робототехнических комплексов;

- упрощенный поиск обслуживающего персонала из-за популярности подобных роботов;

- у покрасочных роботов легче найти неточность работы, вызванной ошибкой операторе при задаче алгоритма действия робота, а последствия ошибки меньше чем в работе сварочного или сборочного робота;

- освобождение человека от вредной и опасной для жизни работы.

В данной статье в качестве примера роботизированной покраски подвижного состава был взят вагон-цистерна 15-740. Такой выбор обоснован тем, что данный тип вагонов-цистерн широко используется на сети железных дорог для перевозки бензина и вязких нефтепродуктов. По своей форме вагон-цистерна удобен для роботизированной окраски в виду отсутствия сложных сопряжений и однообразности внешнего покрытия.

Актуальность:

- повышение качества покраски подвижного состава;
- экономия расхода лакокрасочного материала;
- обеспечение постоянной производительности;
- отстранение человека от опасной работы.

Цель: разработать роботизированную ячейку (РЯ) для покраски подвижного состава.

Задачи исследования в данной работе:

- обзор типов вагонов;
- обзор робототехнической покраски Р;
- разработать компоновку РЯ;
- разработать блок-схему алгоритма РЯ.
- разработать прикладное программное обеспечение;

Поиск рациональной компоновочной схемы – это основная задача проекта т.к. при работе с высоко габаритными объектами, такими как вагоны, используется большое количество роботов и сопутствующих средств таких как устройства линейного перемещения, о которых будет сказано далее, и виды краскораспылителей, а также магистраль подачи красок, датчики проникновения и датчики позиционирования вагона. Взаимное расположение роботов и сопутствующих средств в итоге имеет высокую вариативность и вследствие этого открывается большое количество возможных компоновок, проверка которых эмпирически нецелесообразна.

Покраска выполняет не только функции декорирования, но также увеличивает механическую и химическую защиту поверхностного слоя, что необходимо при условии, что вагоны эксплуатируются в условиях воздействия влаги, пыли, солнечных лучей и резких колебаний температуры. По данным новостного ресурса гудок: «... более двух тысяч пассажирских вагонов на сети дорог требуют капитального ремонта повышенной сложности. Основная причина – коррозия, которая ежегодно выводит из строя целые составы электропоездов, тысячи грузовых вагонов и цистерн, локомотивы и мотовозы» [3]

По этому примеру можно сделать вывод, что покраска подвижного состава и нанесение соответствующих лаков на её поверхность — это важная часть в вагоностроении, которая человеком не может быть выполнена на должном уровне.

Для более детального рассмотрения возможностей роботов в среде покраски подвижных составов разберем робототехнический комплекс, выполненный в ПО RobotStudio от компании АВВ, предназначенный для проектирования робототехнических комплексов от роботов фирмы АВВ (см. рис. 1).

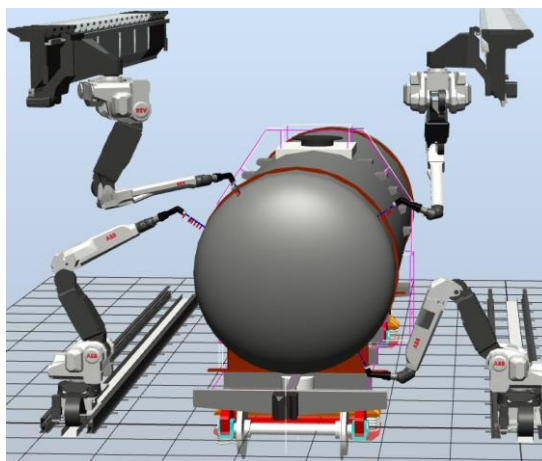


Рис. 1. Робототехнический комплекс в ПО RobotStudio

Покраску в таком комплексе осуществляют роботы компании АВВ - IRB 5400. АВВ первые в мире сделали окрасочного робота и разработали свыше 12 тысяч моделей окрасочных роботов [5]. Поэтому для передвижения окрасочного робота было выбрано устройство линейного перемещения RTT 1600, выпущенное также компанией АВВ. Будучи выпущенными от одной компании, они имеют один и тот же язык программирования Rapid, что позволяет в упрощенной форме синхронизировать их действия.

Также в данном РЯ не показан контроллер управления промышленными роботами IRC5 [6] и 8 блоков управления приводами. Это связано с тем, что рабочее пространство покраски изолированное и внутри могут образовываться пожаро - и взрывоопасные смеси, а блоки управления могут дать искру и спровоцировать пожар или взрыв. Поэтому они располагаются вне рабочей зоны. По техническому описанию [7 с.2] известно, что один блок управления способен обеспечивать работу одного блока привода роботов и трех блоков приводов дополнительных осей. В нашем случае необходимо 4 контроллера irc5 – по одному для каждого робота с устройством линейного перемещения.

Для покраски вагонов предусматривается разнообразная серия компоновок роботов, как пример, описанная выше компоновка покраски подходит для вагонов-цистерн. Также компоновка может зависеть от типа устройства линейного перемещения и от гибкости используемой модели робота, что в основном влияет на их количество и взаимное расположение друг относительно друга.

Если описать весь цикл работы, то вагон доставляют в окрасочное депо. Далее проверяется магистраль питания краской и заполняют баки соответствующими лаками или красящими жидкостями. После роботы начинают окрашивать вагон. Ширина разбрызгивания составляет 260мм [5] поэтому цикл роботов будет состоять из нескольких частей, где они красят поверхность в несколько проходов и несколько циклов. Устройства линейного

перемещения обеспечивают покраску по всей длине вагона при помощи соответствующих приводов передвижения по рельсам. Для защиты от краски на роботов надевают соответствующие чехлы. Зона покраски изолирована по требованиям [8], а входная дверь оборудована датчиком, который отвечает за отключения работы роботов, если во время покраски кто-то открыл дверь.

У данного робототехнического комплекса большой потенциал благодаря своей гибкости. Так как он не привязан к вагонам конкретной серии, то может окрашивать вагоны другого вида. Чтобы начать работу с другими подвижными составами достаточно запрограммировать работу роботов и устройства линейного передвижения на оптимальную работу. Эта задача не дорогостоящая и не приводит к перестройке всего комплекса.

Вывод: окрасочные роботы активно способны показать свою пользу в отрасли вагоностроения и в промышленности в целом, а окраска подвижных составов это один из примеров. Разнообразие вагонов даёт большой простор в выборе оптимального комплекса покраски. И всё разнообразие не ограничивается компоновкой. Также есть множество вариаций в электрических схемах, программном обеспечении и алгоритмах работы окраски, что делает каждый робототехнический комплекс оригинальным по своей структуре.

Библиографический список

1. Сайт Robogeeek [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.robogeeek.ru/promyshlennye-roboty/rasshiryayutsya-sfery-ispolzovaniya-promyshlennyh-robotov>, свободный.
2. Сайт «ИПЕМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ipem.ru/news/publications/1845.html#:.](http://ipem.ru/news/publications/1845.html#:)
3. Сайт «Гудок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://gudok.ru/newspaper/news.php?id=29180&polos=5&page_print=Y
4. Быков Б.В. Конструкция, техническое обслуживание и ремонт пассажирских вагонов / Б.В. Быков – Москва, 2013. – 65 с.
5. Техническая спецификация. IRB 5400 High performance paint process robot.
6. Дмитрий Баранов: «Семинар по новинкам робототехнического оборудования АББ» Эл.ресурс: <https://new.abb.com/docs/librariesprovider55/default-document-library/invitation-card-a4-rm.pdf?sfvrsn=2>
7. Техническая спецификация. IRC5 Industrial Robot Controller.
8. ГОСТ 12.3.005-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы окрасочные. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3). М.: Стандартинформ, 2005

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТИЗАЦИИ ОБСЛУЖИВАНИ СТАНКОВ С ЧПУ

Харьков А. В., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

На абсолютном большинстве предприятий на сегодняшний день имеется хотя бы один станок с ЧПУ. Классическая схема их работы подразумевает наличие самого станка, накопитель и магазин для деталей (это может быть как просто паллет или коробка, так и специально изготовленный лоток с индивидуальными отверстиями под каждую деталь), наладчика и оператора (если станков на предприятии не так много, то оператор может выполнять обязанности наладчика) [2].

Если наладчик работает со станком только тогда, когда необходимо написать программу для обработки нового типа изделий, исправить возникшую проблему, провести ТО или сменить патрон, инструмент и т. д., то оператор находится у станка практически весь рабочий день. Ему необходимо обеспечивать стабильную бесперебойную работу оборудования и минимизировать время простоя. В процессе этого оператор постоянно должен загружать в станок необработанные заготовки, доставать обработанные детали, запускать программу, сверять изделия с эталоном, подвозить новые заготовки и убирать накопившиеся обработанные (рис. 1).



Рис. 1. Оператор станка

Таким образом выходит, что оператор практически всю свою рабочую смену выполняет монотонные повторяющиеся действия с применением физической силы.

Именно поэтому одно из самых распространённых применений роботов в промышленности – обслуживание станков [2]. Передав обязанности оператора

роботу мы сразу повышаем производительность, снижаем затраты на фонд оплаты труда и прочие сопутствующие расходы, снижаем травмоопасность производства и сокращаем количество брака.

Промышленный робот может обеспечить загрузку, перемещение и выгрузку заготовок и готовых изделий с высочайшей точностью и на высокой скорости, что в свою очередь будет способствовать повышению качества продукции и производительности предприятия. Программное обеспечение роботов обладает высокой гибкостью, позволяя использовать специальные сенсоры и программные алгоритмы, которые позволят компенсировать погрешности, допущенные при изготовлении и позиционировании заготовок. В случае, когда рабочей зоны робота недостаточно для решения задачи, могут быть использованы специальные позиционеры и системы параллельного перемещения, которые позволят одному роботу обслуживать несколько единиц оборудования.

Использование машинного зрения в паре с роботом позволяет добиться максимальной гибкости и производительности всей системы, снижает количество необходимого оборудования и персонала для обслуживания.

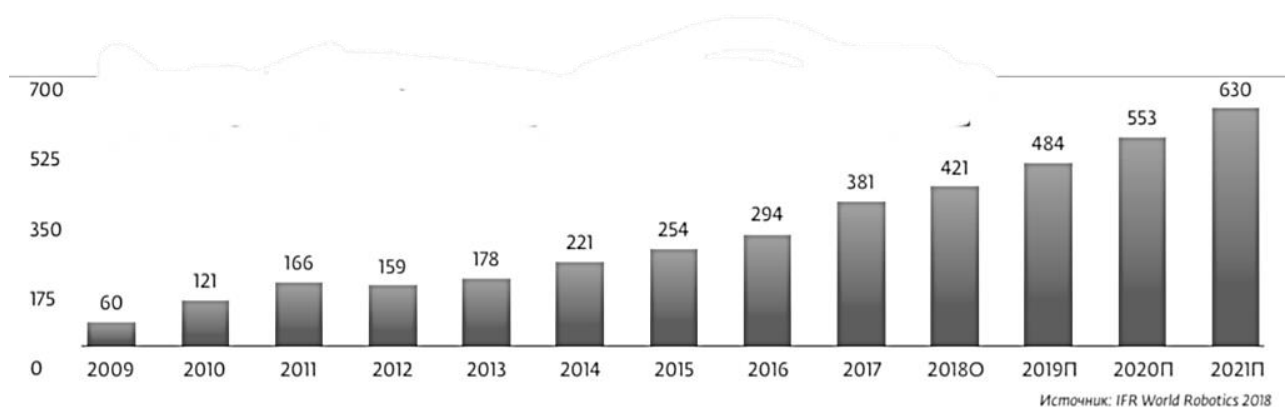


Рис. 2. Динамика продаж промышленных роботов по годам

Согласно обзорному исследованию рынка лаборатории сбербанка 2019 года [1] (рис. 2), продажи промышленных роботов по всему миру растут достаточно большими темпами и еще не достигли своего пика. При этом, несмотря на пока что достаточно небольшой объем, рынок робототехники России так же следует общемировой тенденции роста.

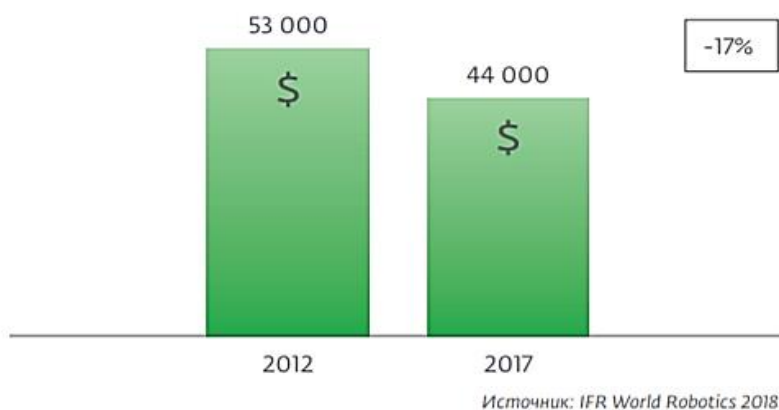


Рис. 3. Средняя стоимость промышленного робота

Так же наблюдается тенденция постепенного снижения средней стоимости промышленных роботов, согласно статистике с 2012 по 2017 год цена упала на 17 процентов (рис. 3) [1]. Если ситуация будет развиваться согласно прогнозам экспертов, то с каждым годом средняя стоимость продолжит снижаться, будут появляться новые производители, а само оборудование станет более технологичным и «дружелюбным» для конечного пользователя. Все эти факторы в совокупности делают автоматизацию более доступной как для крупных предприятий, выпускающих крупносерийную продукцию, так и для множества относительно небольших мелкосерийных заводов.

Если взглянуть чуть более детально на конкретные отрасли промышленности, и тому, как здесь распределились роботы, то получится, что автомобильная промышленность и производство электроники потребляют почти две трети всех выпускаемых в мире промышленных роботов (рис. 4).

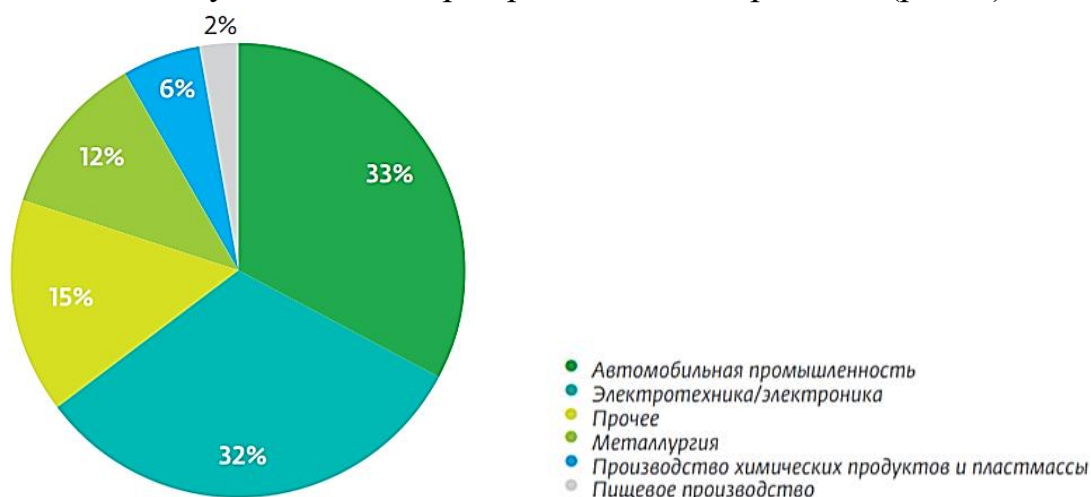


Рис. 4. Распределение роботов по отраслям промышленности

На эти отрасли приходится, как и в прошлом году, 33% и 32% всех продаж соответственно. Автомобилестроение претерпевает большие изменения и

поэтому требует новых, более совершенных роботов. В связи с программой Евросоюза по сокращению выбросов к 2030 г. европейские автопроизводители планируют увеличение производства автомобилей с низким уровнем выбросов углекислого газа и постепенно переходят на полностью электрический транспорт. Все это на фоне высоких требований потребителей к качеству и кастомизации продукции. В результате продажи роботов в автомобильной промышленности выросли в 2017 г. на 22% [1].

Исходя из описанной выше информации становится понятно, что роботы способны решить множество актуальных проблем сопутствующих применению станков с числовым программным управлением, существующих на большинстве современных предприятий, а постоянно увеличивающийся спрос и объёмы продаж не только подтверждают это, но и неизбежно снижают среднюю стоимость как единицы оборудования, так и автоматизации в целом, делая роботов доступными для всё большего спектра предприятий каждый год.

Библиографический список:

1. Сбербанк, Пресс-релизы Банка, 18.07.2019 - Аналитический обзор мирового рынка робототехники 2019 [электронный ресурс], - Режим доступа: <https://goo.su/asOQ>.
2. Промышленные роботы в современном производстве [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://powercoup.by/novyie-tehnologii/promyishlennyye-roboty1>.
3. Машины и роботы для погрузочно-разгрузочных работ : Учебник / В. И. Капырина, А. Н. Неклюдов, В. А. Маньков, И. В. Трошко ; ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022. – 312 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТАНКОВ РОБОТАМИ

Харьков А. В., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Причины применения роботов для обслуживания станков с ЧПУ и возникающие при этом проблемы

Операторы станков с ЧПУ могут управлять множеством станков одновременно, но зачастую этому мешает то, что им приходится также загружать сырье в станки и выгружать обработанные детали, из-за чего эффективность их труда и количество станков, управляемых каждым оператором, снижаются.

Кроме того, такой порядок работы способствует отвлечению внимания и большей утомляемости, что приводит к ошибкам, простоям оборудования, потере производительности, браку и несчастным случаям.

Роботы для обслуживания станков с ЧПУ автоматизируют однообразные процессы, позволяя квалифицированным сотрудникам больше времени и внимания уделять основным обязанностям — следить за работой большего количества оборудования и реагировать на любые непредвиденные ситуации [1].

Роботизация позволит производству работать непрерывно, рационально используя площади предприятия и ресурс машин, что увеличивает рентабельность и эффективность.

Одной из актуальных проблем при обслуживании роботами станков с ЧПУ и не только является определение начального положения заготовка в пространстве. Для того, чтобы точно установить заготовку, например в патрон токарного или фрезерного станка роботу необходимо знать её точные координаты. Часто для этих задач изготавливают специальные магазины с множеством ячеек (рис. 1).



Рис. 1. Укладка обработанных деталей роботом

В них каждая деталь имеет своё место с заранее известными координатами. Робот в таком случае программируется таким образом чтобы после каждого захваченного объекта переходить в следующую ячейку до тех пор, пока не будет разгружен весь магазин. Далее оператор роботизированной ячейки должен установить в магазин новые заготовки либо сменить текущий магазин уже «заряженным», чтобы продолжить процесс обработки изделий [1].

Использование подобной схемы актуально в случаях, когда установлен только один робот, процесс обработки включает в себя достаточно долгие по времени операции, а размеры объектов достаточно небольшие для того, чтобы изготовить магазин, в который поместится как минимум несколько десятков

заготовок. Иными словами – в тех случаях, когда человеку не придется через каждые 10 минут останавливать линию для загрузки новых заготовок в магазин или смены самого магазина.

Во всех иных ситуациях, особенно когда на линии установлено 2 и более роботов, а процесс обработки изделий занимает немного времени применяются конвейерные системы подачи заготовок (рис. 2).



Рис. 2. Роботы на конвейере

И если при работе с жесткими объектами и автоматической системой подачи на входе в роботизированную ячейку ещё есть возможность обойтись без системы автоматического определения положения изделий, то в случае, когда изделия на конвейер выставляет человек или объект не имеет жесткой постоянной формы (например упаковки кофе, замороженная продукция и т. д.) и прочих подобных случаях без подобной системы уже не обойтись.

Предлагаемое решение

Большинство существующих на рынке систем машинного зрения на сегодняшний день обладают достаточно большим функционалом и высокой стоимостью, однако при этом на реальном производстве большая часть из этих функций, таких, как например сортировка изделий по цвету, считывание штрих- или qr-кодов, контроль качества, определение символов и другие, практически никогда не используются в описываемой задаче. Из-за этой проблемы подобные решения до сих пор не получили повсеместного распространения.

Для решения этой проблемы предлагается разработать систему, которая будет обладать минимальным, достаточным для работы в паре с роботом, обслуживающим станки, набором функций, а именно [2]:

- распознавание наличия объекта на заданной плоскости
- определение координат X и Y распознанного объекта в пространстве заданной плоскости
- построение облака точек распознанного объекта
- анализ облака точек на предмет наличия подводящих для захвата роботом поверхностей

- расчет и передача координат точки для захвата объекта роботом в системе координат робота.

Разрабатывая систему машинного зрения для решения конкретных, описанных выше, задач нам потребуется гораздо меньше вычислительных мощностей, а также применить более простые алгоритмы анализа и преобразования полученных данных, по сравнению с системами, рассчитанными на решение большого спектра задач [4].

Ещё одним фактором, позволяющим сократить стоимость такой системы является использование одной камеры в паре со световым маркером, установленными на расстоянии под углом друг от друга [3].

На рисунке 3 изображена схема, демонстрирующая принцип работы описываемого устройства. Благодаря тому, что камера находится на небольшом удалении от проектора маркера, при попадании маркера на объект, находящийся в поле зрения камеры он искажается, принимая форму детали.

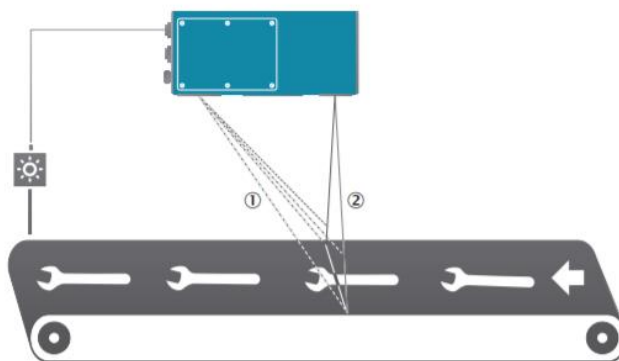


Рис. 3. Схема работы устройства.

1 – поле зрения камеры, 2 – проецируемый маркер

Таким образом возможно получить не только положение контура объекта и координат X и Y на плоскости, но и построить полноценную карту высот заготовки (рис. 4), для определения плоскостей пригодных для захвата, без более дорогих и сложных стереосистем, требующих, помимо всего прочего, более сложный алгоритм обработки и больше вычислительных мощностей [3].

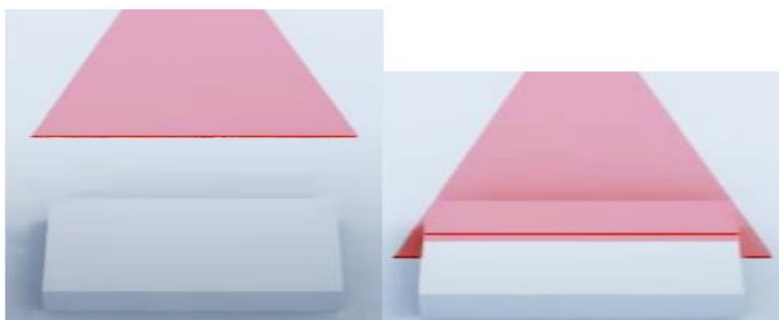


Рис. 4. Принцип работы системы с проецируемым на объект световым маркером

Данная технология позволяет использовать в качестве вычислительного устройства недорогой и компактный одноплатный компьютер raspberry pi 4: благодаря своим небольшим размерам, наличию всех необходимых интерфейсов для подключения любых периферийных устройств, относительно большой вычислительной мощностью и набором аксессуаров и библиотек, упрощающих разработку.

Помимо компьютера, камеры и проектора, нам так же понадобится энкодер. Он будет использоваться для определения расстояния, которое прошла деталь с момента предыдущего замера. Это необходимо для решения двух проблем:

1. Так как камера и маркер жестко закреплены над конвейером, нам необходимо чтобы объект постоянно двигался, пока производится измерение. Из-за этого возникает необходимость измерения расстояния, которое прошел объект с момента предыдущего кадра.

2. Для того, чтобы робот смог плавно и правильно захватить целевой объект ему так же необходимо знать реальную скорость движения конвейерной ленты, чтобы компенсировать это движение.

В итоге получаем систему, показанную на рис. 5.

Предварительный алгоритм работы должен выглядеть так: вычислительный модуль анализирует получаемое от камеры изображение, детектируя отклонение формы маркера от прямой линии. Затем по смещению пикселей от этой самой исходной формы строится облако точек. Это повторяется до тех пор, пока маркер снова не вернется к своему первоначальному виду, что будет означать отсутствие объектов на ленте. В этот момент вычислительный модуль должен проанализировать полученное облако точек, выявить пригодные для захвата области и их ориентацию в пространстве и передать их координаты роботу для дальнейшего захвата и перемещению согласно рабочей программе [4].

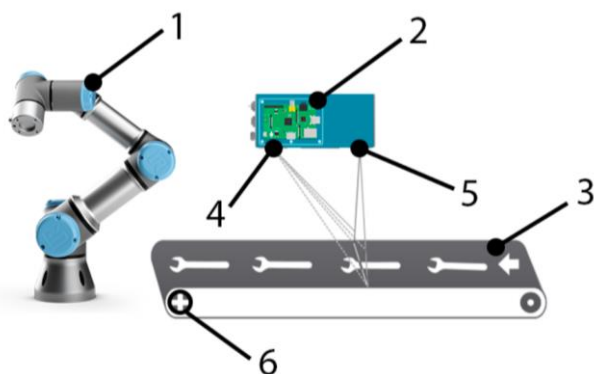


Рис. 5. Итоговая схема системы: 1 – робот манипулятор с захватным устройством; 2 – вычислительный модуль на базе raspberry pi; 3 – конвейер; 4 – камера; 5 – проектор светового маркера; 6 – энкодер

Все эти факторы вместе должны значительно сократить время первоначальной настройки и переналадки, уменьшить количество необходимого на обучение сотрудников времени и снизить итоговую стоимость всей роботизированной ячейки, что в свою очередь положительно скажется на сроках окупаемости подобных систем.

Библиографический список

1. Промышленные роботы в современном производстве [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://powercoup.by/novyie-tehnologii/promyishlennyye-roboty1>.

2. Анисимов Б.В. Распознавание. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б.В. анисимов – М.: Высш. Школа, 1923 – 295с.

3. 3D localization with the Belt Pick SensorApp for pick-and-place tasks [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://www.sick.com/ru/ru/3d-localization-with-the-belt-pick-sensorapp-for-pick-and-place-tasks/w/blog-staubli-3d-belt-picking-sensorapp/>.

4. Цифровая обработка изображений - Digital image processing [Электронный ресурс], - Режим доступа: https://ru.qaz.wiki/wiki/Digital_image_processing#Filtering.

РОБОТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ КУЗОВОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Хренов М. А., студент

Научный руководитель: Григорьев П. А., к.т.н.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

В современном мире трудно представить производство различной техники начиная от автомобилей, заканчивая продвинутыми специализированными машинами без автоматизации производственных процессов. Для их реализации необходимо задействовать как можно больше интеллектуальных систем, такие как сборочные линии с роботами, выполняющие процессы сварки, сборки кузова. Благодаря высокой точности и непрерывной работе таких технических средств, стало возможно обеспечить высокий прирост качественной и безопасной к использованию техники.

Все новые машины, исправно служат в течение нескольких лет, но со временем без должного контроля технического состояния, эти самые машины начинают выходить из строя. Подвергая риску человеческие жизни. Виной тому

чаще всего становится человеческий фактор. Как пример, известны случаи использования автомобильных кранов, отработавших нормативный срок службы, неисправности в их электронике, игнорирование изломов, трещин в несущих конструкциях.

С появлением такой возможности как каршеринг, проблема безопасности движения становится еще более актуальной. Виной тому становится человеческий фактор и отношение к автомобилю. Очень часто стали появляться новости, где автомобиль, взятый в аренду, устраивает дорожно-транспортное происшествие. Например, случай в 2018 году, где водитель попал в дорожно-транспортное происшествие (рис.1), причиной являлись неисправные тормоза [1].



Рис. 1. Фотография с места ДТП [2]

Основной проблемой таких случаев является человеческий фактор. Так как чаще всего осмотр таких автомобилей происходит ночью, куда их перегоняют работники данных сервисов, всего один раз за день при учете, что за сутки этим автомобилем могут пользоваться десятки людей. Или автомобиль окажется слишком далеко и проверить его смогут через неизвестный срок по времени. Так же по фото, отправляемых по окончании аренды, не всегда можно увидеть неисправность и вовремя её ликвидировать.

Без должного контроля за состоянием подобных машин, невозможно гарантировать безопасность эксплуатации внутри предприятия или строительных работ.

На данный момент существует несколько эффективных способов для оценки состояния кузовных элементов автомобилей, которые можно применить и для производственных машин:

1. Автоматизированная система контроля текущего состояния кузова автомобиля, которая основана на эффекте Фарадея, благодаря которому, можно найти изменения микроструктуры металлов. С помощью неё можно диагностировать повреждение стальных конструкций, в результате

некачественного производства, длительной эксплуатации, различных ремонтных воздействий [3].

2. Тепловизионный метод неразрушающего контроля реализуется с использованием прибора, позволяющим снимать термограммы кузова автомобиля и определять места, подвергавшиеся некачественному ремонту [4].

3. Способ диагностики состояния кузова, подразумевающий использование вихретокового дефектоскопа, который позволяет обнаружить различные трещины и подповерхностные трещины [5].

4. Способ, заключающийся в контроле геометрии кузова. Одним из простейших вариантов такой диагностики, является диагональные замеры крайних точек капота и их сравнение [6].

5. Способ, который заключается в контроле положения крепежных точек подвески и крепления колес, помогающие избежать опасного крена автомобиля, помогают осуществить контроль над формой кузова и позволяют избежать отклонения от траектории, связанной с неправильной установкой подвески и как следствие отклонения колес от необходимой траектории [7].

На основе выше сказанного было выделено несколько проблем:

1. игнорирование или умышленное замалчивание проблем с используемыми машинами;

2. нарушения правил эксплуатации различных машин;

3. трудности с диагностикой машин в связи с необходимостью в краткие сроки отправить их в эксплуатацию, как следствие некачественная диагностика и ремонт;

4. большинство методов диагностики специализированных машин, трудоёмкие и время затратные.

Для решения данных проблем будет спроектирована автоматизированная система для диагностики кузова машины.

Для разработки такой технической системы нужно решить следующие задачи:

1. разработка рациональной схемы для правильного размещения автомобиля в помещении, где происходит первый этап приёма автомобиля (осмотр на внешние повреждения без применения средств дополнительного контроля);

2. разработка алгоритма для поиска вмятин на кузове и внешних элементах машины;

3. разработка алгоритма для поиска царапин на кузове и внешних элементах машины;

4. разработка алгоритма для контроля геометрии кузова машин;

5. создание на основе полученных данных отчёта о состоянии кузова с указанием мест повреждений и их значительности.

Для решения первой задачи будут использоваться датчики приближения по нескольким точкам вокруг необходимой области размещения машины, при неправильном расположении машины в указанной зоне, система будет подавать сигналы до того момента, пока машина не будет размещена должным образом.

Решение второй задачи будет осуществляться с помощью ультразвуковых датчиков и фотодатчиков. После установки машины в рабочей зоне комплекса, система начнёт проверку кузова на вмятины. По времени отклика с ультразвукового датчика можно понять имеются ли вмятины на проверяемом участке или нет. Для этого будет произведена отладка нейросети, которая по эталонным значениям будет сравнивать время отклика на проверяемой поверхности. Если значения расходятся будет передана команда для фотофиксации фотодатчиками.

Решение третьей задачи будет реализовано с помощью технического зрения. Комплекс будет оснащен техническим зрением с черно-белым спектром. Проходя по внешним элементам машины, комплекс будет выполнять анализ изображения с применением фильтра Гаусса и различных масок. Для этого будет обучена нейронная сеть, которая будет находить видимые человеческому глазу царапины. При их нахождении так же будет происходить фотофиксация.

Для достижения четвертой задачи будут применяться лазеры и фотодатчики. По положению лазерной сетки и сравнению фото можно будет понять и проконтролировать опасные отклонения кузова машины после производственных аварий.

Для достижения пятой задачи будут использоваться программные комплексы для обработки набора полученных данных и исключением явных ошибок и подготовки выходных данных с возможностью их получения в стандартных приложениях Microsoft Office.

Отчёт будет содержать:

1. фотографии дефектов;
2. краткое описание, степень и местонахождение дефектов.

По полученной информации человек, контролирующий процесс, будет осматривать кузов и подтверждать или отклонять результаты проверки комплексом. Так как система обучаемая, полученные результаты можно будет вносить в систему, тем самым помогая алгоритмам обучаться дальше, снижая вероятность ошибок в будущем. Контроль геометрии кузова является дополнительной функцией для автомобилей после аварий, сравнивая геометрию кузова с эталонными параметрами система позволяет определить недопустимые отклонения геометрии после повреждений. Данный комплекс позволит

сократить время технического осмотра машины и повысит точность нахождения дефектов, что в свою очередь повысит скорость ввода и вывода машин в эксплуатацию.

Библиографический список

1. Поездка прошла без тормозов. Подробнее о ДТП на каршеринге “Делимобиль” [Электронный ресурс] // www.kommersant.ru. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3700439>, свободный – (дата обращения 13.04.2022).

2. Фото с места ДТП каршеринга “Делимобиль” [Электронный ресурс] // www.gazeta.ru. – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/auto/news/2018/08/01/n_11859181.shtml, свободный – (дата обращения 13.04.2022).

3. /08/01/n_11859181.shtml, свободный – (дата обращения 13.04.2022).

4. Фалалеев, А. П. Автоматизированная система контроля текущего состояния кузовов автомобилей / А. П. Фалалеев, А. Г. Авакян // Вісник СевНТУ. – 2014. – № 146. – С. 142-146.

5. Голованов, Ю. В. Тепловизионный метод контроля технического состояния кузова легкового автомобиля / Ю. В. Голованов, И. Х. Хасанов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10(171). – С. 54-59.

6. Хасанов, И. Х. Неразрушающий контроль технического состояния кузова легкового автомобиля с использованием вихретокового метода / И. Х. Хасанов, Ю. В. Голованов // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 16 апреля 2014 года. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2014. – С. 259-263.

7. Проверка геометрии кузова автомобиля. Подробно об измерении [Электронный ресурс] // KUZOV.INFO. – Режим доступа: <https://kuzov.info/geometriya-kuzova-avtomobilya-podrobn>, свободный – (дата обращения: 13.04.2022).

8. Хасанов, И. Х. Методика контроля технического состояния кузова легкового автомобиля на основе измерения углов установки управляемых колес / И. Х. Хасанов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 10(129). – С. 139-145.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ГЕРМЕТИКА НА СВАРНЫЕ ШВЫ КУЗОВОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Шалабай А. С., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

С каждым годом растёт автоматизация различных производственных процессов. Этому способствуют современные технологии в разработке роботов и робототехнических систем. Применение таких технологий активно используется в машиностроении, военной сфере, медицине, космосе [1].

Нами будет рассмотрен вариант разработки роботизированной ячейки (РЯ) в машиностроении на одном из этапов его производства, а именно – герметизация сварных швов кузова легкового автомобиля.

Необходимость в нанесении герметика заключается в том, что при сваривании частей кузова сварной шов необходимо уплотнить. При попадании грязи, воды и других нежелательных составляющих в область сварного шва, может образовываться коррозия [2].

На отечественных заводах по производству автомобилей, существует четко выверенный цикл сборки [3]. На этапе герметизации сварных швов кузова легкового автомобиля этим занимается человек.

Частично рассмотрим цикл сборки кузова автомобиля до процесса нанесения герметика. В прессовый цех поступают стальные листы, по прибытии листы укладывают на поточную линию и листы движутся к прессу, где им задают нужную форму. Затем сварка всех частей кузова после чего кузов монтируется на металлическую тележку и передвигается на дальнейшие операции на ней. Затем кузов пребывает к РЯ по нанесению герметика, где для уплотнения сварных швов наносится герметик [7].

Частично рассмотренный цикл подразумевает, что на предприятии большинство процессов роботизировано.

Применение РЯ на данном этапе позволит:

9. сократить время данной операции, так как робот будет наносить герметик по заданному контуру, не сбиваясь с траектории;

10. уменьшить расход герметика при нанесении, в момент работы человек устает, из-за чего, его внимание ухудшается, что может повлечь за собой неравномерное нанесение состава или нанесение большего слоя герметика;

11. отстранить человека от данного процесса, длительный контакт человека с химическим составом герметика может сказаться на его здоровье.

Проектирование внедрение в производство и эксплуатация РЯ требует значительных капиталовложений, но при этом всегда оценивается срок окупаемости. РЯ работает с большей точностью и лучшим качеством, что отражается на выпускаемой продукции.

Рассмотрим процесс нанесения герметика роботом в тех зонах, где было сваривание металлического кузова. Такими зонами являются контуры по боковым частям, крыше и пола кузова.

В качестве рассматриваемого образца возьмем кузов отечественного производителя АвтоВАЗ Lada Vesta [4]. Кузов выбранного автомобиля в сравнении с остальными автомобилями данного производителя, по статистике, выпускается большими партиями и относительно прост в производстве. Также геометрическое исполнение конструкции кузова удобно для демонстрации траекторий нанесения герметизирующего состава.

Актуальность:

- улучшение процесса нанесения герметизирующего состава на контуры сварных швов;
- сокращение времени производственного процесса;
- экономия расходного материала;
- отстранение человека от вредного процесса производства.

Цель работы:

Разработка роботизированного комплекса нанесения герметика для кузовов легковых автомобилей.

Задачами в данной работе является – обзор средств доставки кузова к РЯ, подбор необходимого оборудования для функционирования РЯ, разработка компоновочной схемы РЯ, разработка алгоритма работы РЯ, моделирование РЯ, разработка электрической схемы подключения РЯ.

Рассмотрим эскиз РЯ для нанесения герметика на сварные швы кузова легкового автомобиля на (рис. 1).

На представленном эскизе видно, что по боковым сторонам кузова легкового автомобиля параллельно расположены роботы, которые по прибытии кузова начинают герметизацию внутри салона, через оконные проемы дверей. Робот, находящийся со стороны капота, располагается чуть ниже, чтобы не мешать дальнейшему передвижению кузова. Зелёными линиями показаны места нанесения герметика.

В процессе нанесения 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 герметика и наличия в ней разрывов [5].

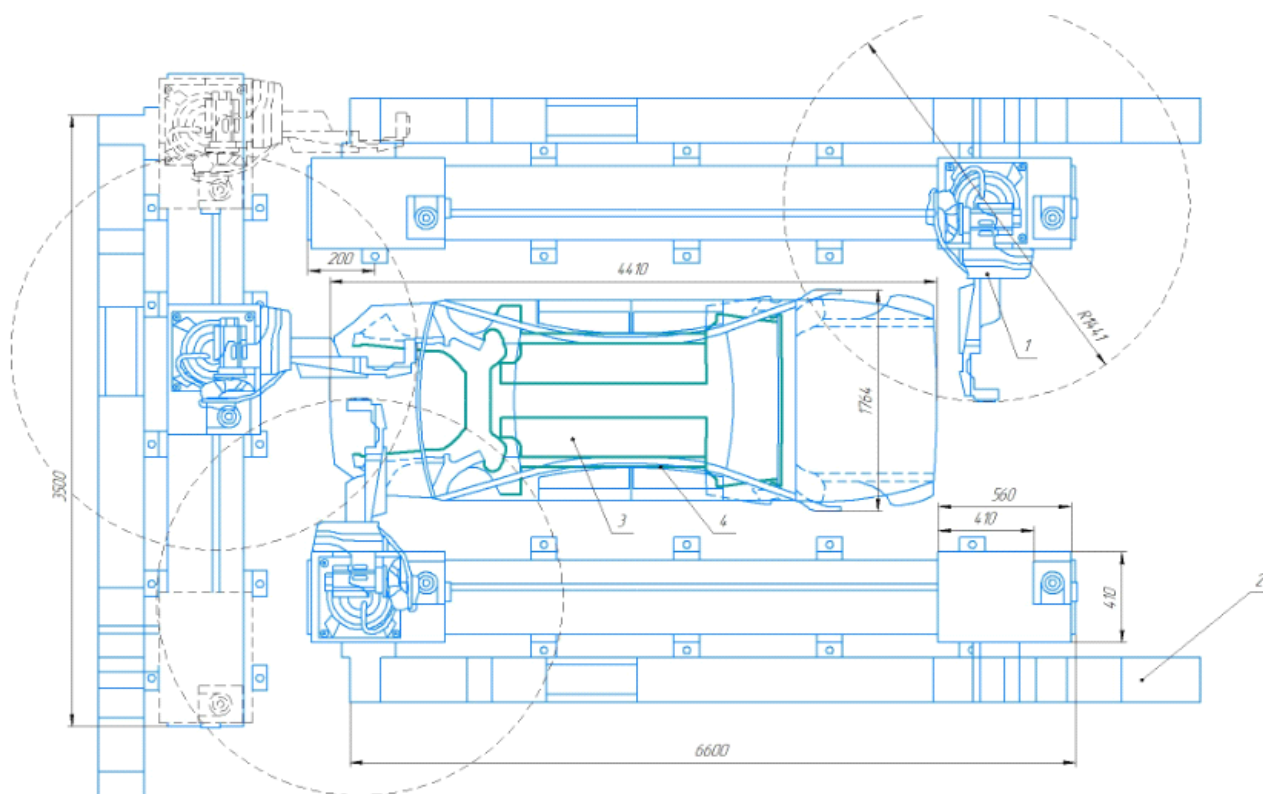


Рис. 1. Эскиз РЯ для нанесения герметика: 1 – Робот фирмы Fanuc модели М – 10iD/12; 2 – устройство линейного перемещения TMF – 1 бренда Gudel; 3 – кузов легкового автомобиля; 4 – места нанесения герметика

Контроль качества нанесения герметика может осуществляться либо при помощи системы технического зрения компании FANUC – iRVision, либо при помощи датчиков сторонних производителей, например компании OMRON. В случае обнаружения дефекта место дефекта запоминается и впоследствии исправляется роботом [5, 6].

В перспективе дальнейшей работы предполагается: разработать алгоритм работы РЯ, разработка цепи безопасности РЯ, выбор оптимальной электрической схемы подключения РЯ, написание программной части, выбор герметика по химическому составу, выбор насадок для нанесения.

Библиографический список

1. Сайт Robogeek [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robogeek.ru/interesnoe-o-robotah/page-2>, свободный.
2. Иванов, А. М. Основы конструкции автомобиля. Учебник для вузов / Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. / – М. 000 «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 336 с: ил.
3. Карунин, А. Л. Технология автомобилестроения. Учебник для вузов / Карунин А. Л., Бузник Е.Н., Дашенко О. А и др. // Под редакцией А. И. Дашенко. – М. Академический Проект: Трикста, 2005. – 624 с., 16 с.цв. Вкл.

4. Сайт autoVERCITY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/europe/2020/russia/lada>, свободный.

5. Сайт АЛЬФАИНЖИНИРИНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alfamatic.ru/services/robotizatsiya/nanesenie-kleev-i-germetikov>, свободный.

6. Сайт OMRON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://industrial.omron.ru/ru/products/zg2>, свободный.

7. Сайт POZNAУКА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poznayka.org/s56706t1.html>, свободный.

СЕКЦИЯ 5.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ, ПУТЕВЫХ, МЕЛИОРАТИВНЫХ МАШИН И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПУТЕВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ КАК СРЕДСТВА МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ ТЕКУЩЕМ СОДЕРЖАНИИ ПУТИ

Агапова Д. Б., студент

Научный руководитель: Трошко И. В., к.т.н., доцент

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

По данным Международного союза железных дорог, Россия занимает 3 место в Списке стран по длине сети железных дорог. Протяженность железных дорог России составляет около 85 500 километров. На сегодняшний день крупнейшим транспортно-логистическим комплексом является открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (далее – ОАО «РЖД»).

ОАО «РЖД» – современная компания, являющаяся основным связующим звеном в единой экономической системе России и обеспечивающая бесперебойную хозяйственную деятельность промышленных предприятий. ОАО «РЖД» обеспечивает большую часть пассажирских перевозок России, являясь доступным транспортом для миллиона граждан, также ОАО «РЖД» обеспечивает грузовые перевозки. Таким образом, открытое акционерное общество «Российские железные дороги» играет ведущую роль в инфраструктурном комплексе страны.

ОАО «РЖД» постоянно, год за годом, увеличивает пассажиро- и грузоперевозки. Так прирост пассажирских перевозок в период с января по март 2022 года составил 6,6% по сравнению с тем же периодом 2021 года. Пассажирооборот за март 2022 года оказался на уровне 7,4 миллиарда пассажиро-километров, что на 6,1% выше прошлогоднего уровня. По оперативной информации, погрузка на сети ОАО «Российские железные дороги» за январь-март 2022 года составила 307,9 млн тонн, что на 0,2% больше, чем за аналогичный период прошлого года.

Сегодня максимально разрешенная скорость движения грузовых поездов в России составляет около 80-90 км/ч, а техническая скорость – 48 км/ч.

Пассажирские же поезда могут развивать скорость до 110-130 км/ч. Но электропоезд Сапсан на отдельных участках железной дороги между Москвой и Санкт-Петербургом развивает скорость до 250 км/ч. В Японии скоростные пассажирские поезда развивают скорость от 240 км/ч до 320 км/ч, а регулярная скорость грузовых поездов равна 85 км/ч. В Китае курсируют скоростные и высокоскоростные поезда, средняя скорость которых 200 км/ч, а максимальная – 350-400 км/ч. В 2020 году в Китае представили первый в мире грузовой поезд с максимальной скоростью 350 км/ч.

Помимо роста пассажиро- и грузоперевозок ОАО «РЖД» стремится повысить скорость движения поездов. Данная задача требует комплексного подхода, так как скорость движения поездов зависит от большого количества факторов. Одним из главных факторов, влияющих на скорость поезда, является состояние верхнего строения пути.

В условиях роста грузонапряженности и интенсивности движения под воздействием проходящих поездов происходит угон пути, и возникают остаточные деформации в профиле и плане. Кроме того, в рельсовых плетях возникают сезонные температурные напряжения. В этих условиях важно соблюдать безопасность движения, учитывать все риски и вовремя отслеживать состояние верхнего строения пути, при этом необходимо постоянно анализировать и контролировать его, а также при необходимости ремонтировать. В путевом хозяйстве одним из элементов ремонта и содержания верхнего строения пути есть средства малой механизации, которыми являются путевые гидравлические инструменты.

В общем объеме ремонтно-путевых работ последние составляют не более 20%, но на их выполнение отвлекается до 65% рабочих, занятых на текущем содержании и ремонте пути.

Рассмотрим существующие путевые гидравлические инструменты, к которым относятся железнодорожные домкраты, разгонщики стыковых зазоров и рихтовщики пути, а также современные требования к путевым гидравлическим инструментам, которые основаны на государственных стандартах, перечисленных ниже.

Железнодорожный путевой домкрат – инструмент, необходимый для выправки железнодорожного пути в профиле - подъёмки рельсошпальной решетки и её элементов при выполнении путевых работ. Подъемочный ремонт осуществляется на железной дороге для восстановления упругости основания рельсошпальной решетки и дренажа балластной призмы. [2].

Основным достоинствами гидравлических домкратов является большая грузоподъемность в сочетании с небольшим рабочим усилием. Помимо этого,

гидравлические домкраты имеют высокий КПД, плавность хода, а также плавность и точность торможения.

Домкраты должны состоять из следующих основных узлов: опоры, гидроцилиндра с подъемной лапой, насоса ручного, бака гидравлического.

Конструкция домкратов должна быть оснащена клапаном предохранительным, ограничивающим максимальное давление в гидросистеме и клапаном перепускным для складывания в исходное положение.

Конструкция домкратов должна соответствовать требованиям: ГОСТ 13823-78 «Гидроприводы объемные. Насосы объемные и гидромоторы. Общие технические требования», ГОСТ 16514-96 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования», ГОСТ 17411-91 «Гидроприводы объемные. Общие технические требования» и ГОСТ 16770-86 «Баки для объемных гидроприводов и смазочных систем. Общие технические требования».

Рихтовщик путевой – железнодорожный путевой инструмент, предназначенный для рихтовки железнодорожного пути и стрелочных переводов в плане, другими словами - для поперечной сдвижки путевой решётки. Рихтовщики используются при строительстве, ремонте и текущем содержании железнодорожных путей [3].

Гидрорихтовщики должны состоять из следующих основных узлов: опоры шарнирной, гидроцилиндра с упором, насоса ручного и бака гидравлического.

Конструкция гидрорихтовщиков должна быть оснащена клапаном предохранительным, ограничивающим максимальное давление в гидросистеме и клапаном перепускным для приведения в исходное положение.

Конструкция гидрорихтовщиков должна соответствовать требованиям: ГОСТ 13823-78 «Гидроприводы объемные. Насосы объемные и гидромоторы. Общие технические требования», ГОСТ 16514-96 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования», ГОСТ 16770-86 «Баки для объемных гидроприводов и смазочных систем. Общие технические требования» и ГОСТ 17411-91 «Гидроприводы объемные. Общие технические требования».

Разгонщик стыковых рельсовых зазоров - железнодорожный путевой инструмент, необходимый для регулировки зазоров в рельсовых стыках с целью их приведения к нормативным значениям, иначе этот процесс называют разгонкой стыков. Разгонщики применяются при строительстве, ремонте и обслуживании железнодорожных путей [4].

Вследствие удобства использования, гидравлический путевой разгонщик вытеснил другие виды данного инструмента, но на путях все еще можно встретить винтовые разгонщики стыковых зазоров.

Разгонщики должны состоять из следующих основных узлов: двух устройств зажимных, двух гидроцилиндров, насоса ручного и бака гидравлического.

Конструкция разгонщиков должна обеспечивать регулировку зазоров рельсовых стыков, предусматривать наличие клапана предохранительного, ограничивающего максимальное давление в гидросистеме и предусматривать наличие клапана аварийного для аварийного сброса давления в гидросистеме.

Конструкция устройства зажимного должна обеспечивать надежное фиксирование разгонщика на рельсах с помощью клиньев зажимных и отсутствие повреждений рельсов.

Конструкция разгонщиков должна соответствовать требованиям: ГОСТ 13823-78 «Гидроприводы объемные. Насосы объемные и гидромоторы. Общие технические требования», ГОСТ 16514-96 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования», ГОСТ 17411-91 «Гидроприводы объемные. Общие технические требования» и ГОСТ 16770-86 «Баки для объемных гидроприводов и смазочных систем. Общие технические требования».

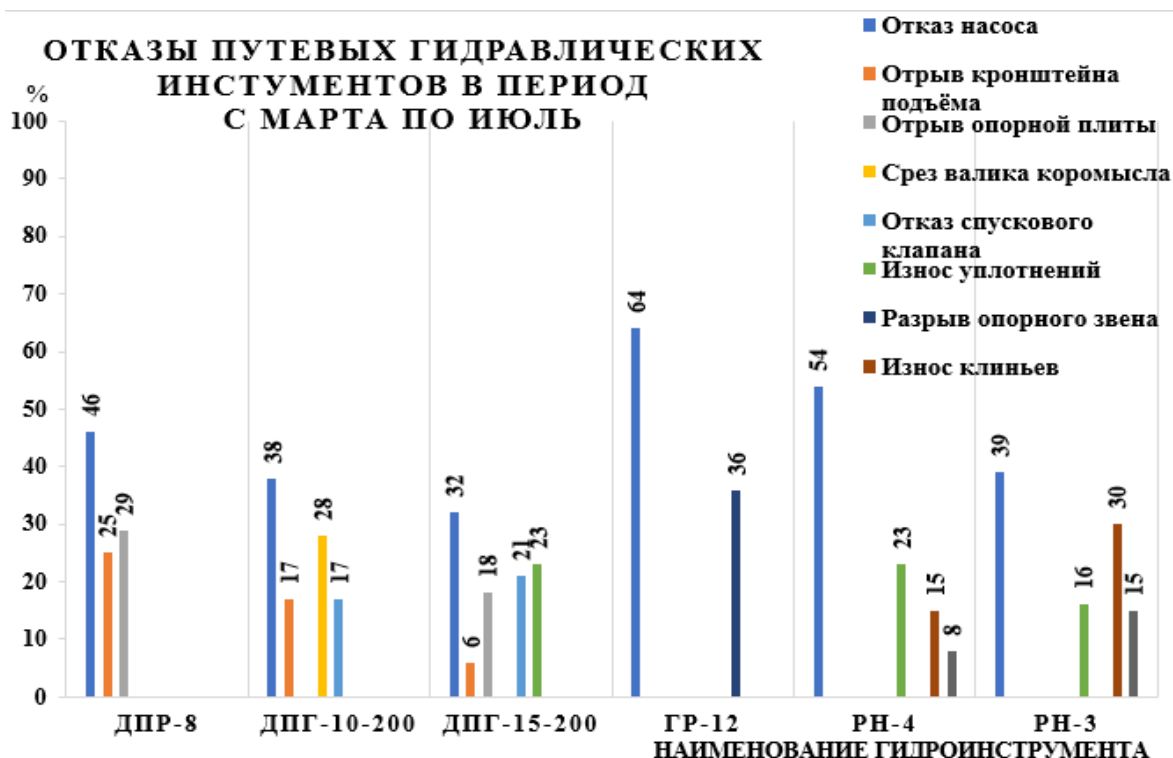


Рис. 1. Отказы путевых гидравлических инструментов

Основными видами отказов в путевых домкратах, рихтовщиках и разгонщиках являются: отказ насосных агрегатов; отказы клапанных устройств; отрыв опорных плит; поломка элементов, непосредственно взаимодействующих с рельсом (рисунок 1). Основными направлениями совершенствования путевого

гидроинструмента должны быть совершенствование конструкции и повышение долговечности гидравлических узлов инструмента [5].

На сегодняшний день насчитывается более 5 государственных стандартов, формулирующих общие технические требования к гидравлическим узлам путевых инструментов, но большое количество отказов, связанных с надёжностью конструкций этих инструментов, подтверждает необходимость создания единого государственного стандарта, который будет включать в себя все основные требования к путевым гидравлическим инструментам с учетом существующих методик.

Создание новой системы требований не только упростит проектирование, разработку и изготовление гидроинструмента, но и позволит ему соответствовать современному уровню технологического развития и риск-ориентированному подходу.

Библиографический список

1. Российские железные дороги: [сайт]. – 2022. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Российские_железные_дороги (дата обращения: 01.04.2022).
2. Назначение, особенности, виды домкратов: [сайт]. – 2022. – URL: <http://puteez.ru/o-kompanii/stati/30-naznachenie-osobennosti-vidy-domkratov> (дата обращения: 01.04.2022).
3. Рихтовщики путевые: [сайт]. – 2022. – URL: <https://zdmspb.ru/collection/rihtovschiki-putevye> (дата обращения: 01.04.2022).
4. Разгонщики и натяжители рельсовых плетей: [сайт]. – 2022. – URL: <https://zdmspb.ru/collection/razgonschiki> (дата обращения: 02.04.2022).
5. Трошко, И.В. Совершенствование системы стендовых испытаний путевого инструмента с объёмным гидроприводом [Текст]: дис. ... канд. тех. наук:05.02.02 / Трошко Илья Васильевич. – Москва, 2009. – 208 с.
6. ГОСТ 13823-78 «Гидроприводы объёмные. Насосы объёмные и гидромоторы. Общие технические требования»– URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200013061> (дата обращения: 02.04.2022).
7. ГОСТ 16514-96 «Гидроприводы объёмные. Гидроцилиндры. Общие технические требования» URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017732> (дата обращения: 02.04.2022).
8. ГОСТ 16770-86 «Баки для объёмных гидроприводов и смазочных систем. Общие технические требования» – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200013080> (дата обращения: 02.04.2022).

9. ГОСТ 17411-91 «Гидроприводы объемные. Общие технические требования» – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029286> (дата обращения: 02.04.2022).

АНАЛИЗ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Болотников И. С., заместитель начальника цеха¹, младший научный сотрудник²

¹ЗАО «Универсал-Аэро»,

²ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия

В настоящее время финишную обработку полимерных композиционных материалов (ПКМ) осуществляют как традиционными методами механической обработки (шлифование, резка, точение, фрезерование, сверление), так и методами лазерной, ультразвуковой, гидроабразивной, электроэрозионной, электрохимической и химической обработки [1]. Лазерные и гидроабразивные методы обработки являются дорогостоящими и, как правило, применяются в условиях массового производства [2]. Выбор того или иного метода обработки зависит от требований, предъявляемых к качеству поверхностей, и во многом обусловлен составом и структурой, обрабатываемых композитов, а также геометрией и габаритными размерами изделий. При этом наибольшее распространение благодаря сравнительной простоте и универсальности получили методы механической обработки ПКМ.

Несмотря на значительный опыт, накопленный в области производства изделий из ПКМ, проблема достижения высокого качества поверхностей после механической обработки остается актуальной научно-практической задачей. Это связано с анизотропией и уникальностью свойств ПКМ, которые зависят от применяемых компонентов ПКМ (механических и физических свойств матрицы и армирующего материала (волокна), направления армирования [3]), способа формования и отверждения изделий.

Армирующий материал, входящий в состав композита (например, стекловолокно), может вызывать значительное изнашивание режущего инструмента, а сравнительно низкая теплопроводность большинства ПКМ приводит к его разогреву в процессе обработки, повышению температуры в зоне

резания и термической деструкции компонентов ПКМ, что негативно влияет на качество обрабатываемых изделий [4, 5].

Кроме этого, из-за слоистости, структурной неоднородности, низкой пластичности материала матрицы и высокой твердости армирующего материала, под действием сил резания может произойти расслоение композита [4, 5].

На основании анализа результатов исследований в области механической обработки ПКМ можно отметить, что на сегодняшний день недостаточно хорошо изучены физические процессы, протекающие в зоне резания композитов, отсутствуют рекомендации по выбору методов обработки и условий их выполнения, режущего инструмента и оборудования, назначению режимов обработки ПКМ.

На качество обработанной механическим способом поверхности ПКМ (геометрические показатели, степень поврежденности (расслоение, задиры, вытаскивание и обрывы волокон), шероховатость) значительное влияние оказывают режимы резания (скорость резания, подача) и применяемый инструмент (материал инструмента, угол режущей кромки, радиус округления режущей кромки, количество режущих кромок (для фрезерного инструмента)).

Одним из главных критериев работоспособности режущего инструмента является его стойкость. По мере увеличения износа инструмента происходит увеличение сил резания, повышение температуры в зоне резания, снижение качества обрабатываемой поверхности и размерной точности изделия [3].

Для обеспечения высокой стойкости режущего инструмента, материал, из которого он изготовлен должен выдерживать абразивность волокон [3], обладать высоким пределом выносливости, высокой твердостью, сопротивляемостью на сжатие и изгиб, ударной вязкостью, теплостойкостью, теплопроводностью и износостойкостью [6].

Геометрия режущей кромки инструмента должна обеспечивать правильный угол для качественного среза волокон. Так, для обеспечения ровной обрезки волокон требуется острая кромка и положительный передний угол инструмента [3]. Высокое качество обработки при повышенных скоростях резания и подаче достигается при использовании рашпильных фрез, у которых левые и правые спирали находятся на периферии инструмента, пересекаясь создают множество режущих ромбовидных зубьев [7].

Механическую обработку ПКМ, как правило, осуществляют твердосплавным и алмазным (с алмазным напылением) инструментам [5, 7], реже – инструментом из быстрорежущей стали.

Инструмент из быстрорежущей стали обладает высокими режущими свойствами, что достигается благодаря легированию такими элементами, как вольфрам, молибден, кобальт, ванадий, хром и др. Важнейшим легирующим

элементом быстрорежущей стали является вольфрам, который образует карбиды, что придает ей свойство твердости, а общее количество легирующих элементов в стали препятствуют диффузионному перемещению углерода в мартенсите, что позволяет повысить термостойкость мартенсита от распада до 600°C. Добавление в состав быстрорежущей стали азота в количестве 0,06...0,09% позволяет повысить режущие свойства стали на 20...30%, а твердость на 1...2 HRC. Недостатком инструмента из быстрорежущей стали является его более низкая износостойкость и более низкая теплопроводность по сравнению с твердыми сплавами.

Изнашивание твердых сплавов при обработке ПКМ происходит в основном из-за абразивного истирания кобальта и выпадения вследствие этого отдельных зерен карбидов. Поэтому мелкозернистые сплавы с достаточно высоким содержанием кобальта обладают более высокой стойкостью [8].

Теплопроводность однокарбидных вольфрамкобальтовых твердых сплавов в 1,6...2,6 раза выше, чем двухкарбидных сплавов и в 2...3 раза превышает теплопроводность быстрорежущей стали [8, 9]. Однако быстрорежущие стали обладают свойством роста коэффициента теплопроводности и удельной теплоемкости при снижении температуропроводности с ростом температуры нагрева. При одинаковом уровне предела прочности твердые сплавы в 1,5...2,0 раза хуже работают на изгиб по сравнению с быстрорежущей сталью [9].

Использование алмазного инструмента приводит к значительному снижению сил резания из-за низкого коэффициента трения. Увеличение износа алмазного инструмента в меньшей степени сказывается на росте сил резания по сравнению с инструментом из твердосплавного материала.

При обработке ПКМ синтетический спеченный алмаз ПКА (АСПК) подвергается наименьшей степени износа. Также небольшая степень износа (но с небольшой разницей больше, чем у ПКА) наблюдается у инструмента, изготовленного из кубического нитрида бора (КНБ) – эльбор Р, - РМ, 05ИТ, гексанит-Р [3].

Наиболее распространенными видами износа режущего инструмента являются: абразивное истирание и микроразрушение, возникающее вследствие трения поверхности инструмента под давлением об абразивный волокнистый материал в структуре ПКМ; округление режущей кромки, вызываемое постепенным истиранием образующих режущую кромку поверхностей; образование сколов на режущей кромке в случае, когда режущий инструмент не обладает достаточной ударной прочностью и когда резание осуществляется на большую глубину; образование фаски износа по задней поверхности инструмента [3].

Таким образом, выбор режущего инструмента необходимо осуществлять исходя из результатов комплексного анализа, учитывающего физико-механические свойства инструментального и обрабатываемого материала, режимы резания, объемы механической обработки, геометрические особенности обрабатываемых поверхностей изделий [10].

«Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту №FSFM-2020-0011 (2019-1342), экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования центра коллективного пользования МАДИ»

Библиографический список

1. Meltem Altin Karatas, Hasan Gokkaya A review on machinability of carbon fiber reinforced polymer (CFRP) and glass fiber reinforced polymer (GFRP) composite materials / Defence Technology. 2018. 14 (2018). pp. 316-326.
2. Попок Н.Н., Кузьмич Е.В., Черневич М.В. Сверление комбинированного металлокерамического материала / Вестник БарГУ. Серия: Технические науки. 2017. №5. С.56-70.
3. Зубарев М.Ю., Приемышев А.В. Инновационные технологии обработки полимерных композиционных материалов в машиностроении / Научно-технические технологии в машиностроении. 2017. №8. С. 36-42.
4. Баурова Н.И., Макаров К.А. Механическая обработка деталей машин из полимерных композиционных материалов / Технология металлов. 2017. № 2. С.15-19.
5. Раскутин А.Е., Хрульков А.В., Гирш Р.И. Технологические особенности механообработки композиционных материалов при изготовлении деталей конструкции (обзор) / Труды ВИАМ. 2016. №9. С.106-118.
6. Norbert Geiera, J. Paulo Davim, Tibor Szalaya Advanced cutting tools and technologies for drilling carbon fibre reinforced polymer (CFRP) composites: A review // Composites Part A. 2019. №125 (2019) 105552.
7. Минибаев М.И., Усачева М.Н., Дышенко В.С., Гончаров В.А. Приспособление и инструмент для изготовления образцов из полимерных композиционных материалов на станке с ЧПУ (обзор) / Труды ВИАМ. 2021. №4(98), С.100-109.
8. Лобанов Д.В. Разработка и реализация технологических методов создания, изготовления и выбора фрезерного инструмента для эффективной обработки композиционных неметаллических материалов: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.07 / Д.В Лобанов.; ФГБОУ ВПО «Братский ГУ»; ФГБОУ ВПО «Новосибирский ГУ». – Новосибирск, 2013.

9. Петрушин С.И., Даниленко Б.Д., Ретюнский О.Ю. Оптимизация свойств материала в композиционной режущей части лезвийных инструментов: учеб. Пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 99с.

10. 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.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН 3D-СКАНИРОВАНИЕМ

Быков В. В., *д-р техн. наук, профессор,*

Голубев М. И., *к.т.н., доцент,*

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Мытищи, Московская область, Россия

Спицын И. А., *д-р техн. наук, профессор,*

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия

В Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р) указано, что одной из проблем, сдерживающих развитие лесного комплекса, является недостаточный уровень материально-технического обеспечения. Работающий парк машин и оборудования имеет большой износ, а зачастую морально устарел. Поэтому сохраняется рост эксплуатационных издержек, в том числе из-за увеличения доли затрат на запасные части, в том числе для импортной лесохозяйственной и лесозаготовительной техники. Снизить такие затраты можно путем совершенствования организации и технологии их ремонта [1]. В их технологических процессах присутствуют измерения и контроль деталей, в том числе запасных частей. От достоверности и точности таких измерений зависят качество ремонта, что оказывает существенное влияние на величину потерь и затрат. В зависимости от сложности техники доля таких затрат в общем объеме составляет 10-50%. Поэтому необходимо повышать эффективность метрологического обеспечения жизненного цикла техники, особенно при ее эксплуатации, включая ремонт [2]. При восстановлении и изготовлении деталей лесохозяйственных и сельскохозяйственных машин выполняют большой объем измерений, в том числе при дефектации деталей и контроле их качества. Для этого применяют в

основном контактные измерительные приборы и инструменты. Одно из наиболее динамично развивающихся направлений "цифрового" производства является применение 3-D технологий. Устоявшийся мировой тренд в настоящее время это создание цифровых измерений и систем бесконтактного оптического контроля качества изделий [3,4,5]. Для анализа использованы статьи в периодических изданиях и на сайтах. Большое внимание уделено изучению и анализу технологий и оборудования 3D-сканирования, представленных на различных ежегодных выставках, в том числе международной специализированной выставке «Станкостроение» «Аддитивные технологии и 3D-печать в промышленности», «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов», «Технофорум», «Экспо Контроль», выставки аддитивных технологий в промышленности «3D fab + print Russia», которая проходит в рамках Международной специализированной выставки пластмасс «Интерпластика и других.

Анализ зарубежных и отечественных источников информации показал, что 3D-сканирование широко применяется в промышленности для контроля точности деталей. Например, для контроля геометрии деталей применяются также лазерные сканеры компании «KREON Technologies». Лазерные сканеры делают измерительные руки средством для быстрого и точного трехмерного контроля, оцифровки и анализа полученных данных. Такие средства могут использоваться в различных отраслях, в том числе ремонтном производстве. Технические характеристики лазерных сканеров NIKONMETROLOGY даны в таблице 1 [6].

Таблица 1 Технические характеристики лазерных сканеров NIKONMETROLOGY

№пп	Показатель	MMDx50	MMDx100	MMDx200
1	Точность сканирования, мкм	14	20	32
2	Ширина линии, мм	50	100	200
3	Погрешность сканирования для модели SPACEPlus 1.8, мкм	35	39	48

Промышленные 3D-сканеры ATOS компании GOM находят активное применение в самых разных сферах производства и исследований. Они идеально подходят для эффективного контроля качества мелких и средних деталей. Технические характеристики некоторых сканеров компании GOM приведены в таблице 2 [7].

Таблица 2 Технические характеристики некоторых сканеров компании GOM

№пп	Показатель	GOM ScanCobot	ATOS ScanBox серия 4	ATOS ScanBox серия 5
1	Максимальный размер детали, мм	500	500	800
2	Максимальная масса детали, кг	50	100	300
3	Напряжение источника питания, В	100-240	100-240	200-300
4	Программное обеспечение	GOM Inspect VMR	ATOS VMR	ATOS VMR

Портативные измерительные руки SPACE и SPACE Plus, являются портативными измерительными машинами для проведения быстрого и точного контроля деталей. Они совместимы с контактными датчиками, а также с лазерными вилочными датчиками для контроля труб. Технические характеристики некоторых измерительных рук SPACE и SPACE Plus, приведены в таблице 3[8].

Таблица 3 Технические характеристики некоторых измерительных рук SPACE и SPACE Plus

Тип руки	Диапазон измерений, мм	Объемная точность,	Масса, кг
SPACE Plus 1.8	1800	20	8,4
SPACE Plus 2.5	2500	26	8,9
SPACE Plus 3.2	3200	36	9,3
SPACE Plus 4.0	4000	46	10,0
SPACE 1.8	1800	25	7,9
SPACE 2.5	2500	36	8,4
SPACE 3.2	3200	45	8,8
SPACE 4.0	4000	60	9,5

Измерительные руки SPACE Plus могут применяться в сочетании с лазерными сканерами могут использоваться для контроля по облаку точек или с целью обратного инжиниринга. Осевые измерительные руки SPACE Plus и EXPLORER в сочетании с лазерными сканерами MMD можно использовать для сканирования деталей с поверхностью сложной формы. Погрешность лазерного

сканирования показана в таблице 4.

Таблица 4 Погрешность лазерного сканирования сканерами MMD, мкм

Модель измерительной	MMDx50	MMDx100	MMDx200
SPACE Plus 1.8	35	39	48
SPACE Plus 2.5	42	45	54
SPACE Plus 3.2	54	57	64
SPACE Plus 4.0	66	68	74
EXPLORER 5.0	88	89	94
EXPLORER 7.0	105	106	110
EXPLORER 9.0	196	197	199

Использование современных методов контроля резьбы связано с повышением требований к точности, необходимости обеспечения надлежащего качества и надежности резьбовых соединений, ужесточения допусков, в соответствии со стандартами качества. На основе цифровых систем ConturoMatic TS разработаны технологии контроля резьб с при высокой точностью. Научно-производственное предприятие «РИФТЭК» разрабатывает и производит лазерные сканеры; оптические микрометры; специализированные системы измерения размеров, системы технического зрения[9,10]. Версия сканера Smart (P(D627Smart) предоставляет возможность проведения измерения геометрических параметров профиля изделий в реальном времени непосредственно в сканере без подключения внешнего компьютера. Анализ, расчеты, измерения, контроль допусков выполняются по алгоритму, созданному пользователем. Для построения алгоритма предлагается простой и наглядный инструмент - граф вычислений. Граф формируется из библиотеки готовых блоков. Различные комбинации блоков и связей между ними позволяют создавать практически неограниченное количество измерительных функций и обрабатывать профили любой сложности. Результаты измерений могут быть переданы по различным протоколам (Ethernet/IP, Modbus TCP, UDP), а также на логические выходы сканера для управления исполнительными механизмами и сигнализации годности изделия. 3Dлазерная измерительная машина РФ1010SL предназначена для бесконтактного измерения геометрических параметров изделий, в частности, рычагов подвески автомобилей. В основу работы машины положен принцип трехмерного лазерного сканирования объекта с последующим получением его компьютерной модели и определением из полученной модели геометрических параметров [10]. Микрометры предназначены для проведения бесконтактных двумерных измерений линейных размеров, диаметров, углов, формы деталей и т.п. В основу работы работы микрометра положен так называемый теневой принцип. Микрометр состоит из двух частей - излучателя и

приемника, Излучение светодиода коллимируется объективом. При размещении объекта в области коллимированного луча полученное теневое изображение объекта сканируется 2D CMOS матрицей. По расположению теневой границы компьютер рассчитывает размеры объекта [10]. Технические характеристики оптических микрометров РФ 656.2В даны в таблице 5.

Таблица 5 Технические характеристики оптических микрометров РФ 656.2В

№пп	Показатель	-8×10	-25×30	-30×40	-40×50
1	Рабочий диапазон,мм	8×10	25×30	30×40	40×50
2	Погрешность измерения, мкм	±1,5	±2,5	±3	±4,5
3	Минимальный размер объекта, мм	0,07	0,2	0,25	0,35
4	Масса, не менее, кг	1,1	2,3	2,8	5,6

Библиографический список

1. Апатенко А.С., Быков В.В., Голубев И.Г., Голубев М.И., Евграфов В.А. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении. Часть 1. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 144 с.
2. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Голубев И.Г. Повышение эффективности метрологического обеспечения жизненного цикла сельскохозяйственной техники. //Техника и оборудование для села.2020. –№12– С. 38-40.
3. Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Федоренко В.Ф., Скороходов Д. М., Свиридов А.С. Цифровые решения при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с.
4. Голубев И.Г., Федоренко В.Ф. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: Издательство Юрайт.2020.–156с.
5. Голубев И.Г., Быков В.В., Голубев М.И., Спицын И.А. Возможности технологий 3D-сканирования при ремонте сельскохозяйственной и лесохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2020 –№2 (139) – С. 21-28.
6. Инновационные решения в метрологии и системах неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. URL: <https://nevatec.ru /manufacturer/ nikonmetrology.html?>
7. 3D-сканеры ATOS компании GOM. [Электронный ресурс]. URL: https://3d.globatek.ru/3d-scanners/gom_atos_scanbox_5/ (дата обращения 01.02.2022).

8. 6-осевые измерительные руки серии SPACE и SPACE PLUS. [Электронный ресурс]. URL: <https://sonatec.ru/catalog/izmeritelnoe-oborudovanie/portativnye-izmeritelnye->(дата обращения 01.02.2022).

9. Оптические микрометры. [Электронный ресурс]. URL: https://riftek.com/ru/products/optical_micrometers/(дата обращения 15.04.2022).

10. Лазерные сканеры. [Электронный ресурс]. URL: https://riftek.com/ru/products/2D_scanners/ (дата обращения 01.02.2022).

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДОРОЖНО -СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ОТ РЕЖИМОВ 3D-ПЕЧАТИ МАСТЕР-МОДЕЛЕЙ

Дворянкин А. О., аспирант

Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия*

На сегодняшний день технологией, эффективней всего сочетающей в себе изначально заложенную концепцию и 3D–печать является литье. Литье применяется для производства деталей различной весовой категории, использующихся на дорожно-строительных и подъемно-транспортных машинах, при изготовлении которых необходимо соблюдать заложенные на этапе конструирования параметры, а также учитывать технологичность и требования, предъявляемые к точности [1].

В сравнении с традиционными методами производства, использование 3D–печати совместно с литьем позволяет существенно снизить трудоемкость, стоимость, себестоимость, а также повысить качество и надежность изготавливаемой продукции [2]. При этом метод 3D – печати следует подбирать также тщательно, как и технологию литья.

На основе обзора литературы, а также проведенных исследований было выявлено, что из 4 основных метода 3D-печати, которые могут быть совместимы с литьем: технология изготовления песчаных форм (Binder Jetting), SLS (Selective Laser Sintering), SLA (Stereolithography), FDM (Fused Deposition Modeling). Наиболее эффективной для применения совместно с литьем является технология FDM, так как при простоте производства мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям и литья по выжигаемым моделям, изготовленные FDM модели обладают наиболее высокой прочностью и чистотой поверхности [3].

Одновременно с этим использовать метод FDM совместно с литьем целесообразно, в том случае если используются силиконовые формы, так как они позволяют на основе одной мастер-модели изготовить множество литейных форм, при этом нужно учитывать тот факт, что при частом использовании мастер-модели на нее будет налипать силикон, что приведет к увеличению размеров силиконовой формы, а также к изменению размеров, отлитых изделия. Также изменение размеров мастер-модели может произойти при ее длительном хранении во влажном помещении [4-7].

Для оценки влияния режимов печати на качество и антиадгезионные свойства мастер-моделей был проведен эксперимент по определению зависимости антиадгезионных свойств, а также влагостойкости мастер-моделей от выбранных режимов печати.

На основе обзора литературных источников было выявлено, что существует 6 параметров по-разному влияющих на качество мастер-моделей, к ним относятся: материал, температура печати, процент заполнения, вид заполнения, толщина слоя печати, скорость печати.

В качестве основных параметров для данного эксперимента были выбраны параметры: толщина слоя печати, процент заполнения, скорость печати.

Для проведения экспериментальных исследований на 3D-принтере Magnum Creative 2 Pro было напечатано 7 серий образцов из ABS-пластика марки «3D Printer Filament ABS (Black) Strong» с габаритными размерами 30×30×10 мм, в каждой из которых параметр толщины слоя печати был зафиксирован в значении 0,06 мм, параметр процент заполнения изменялся в диапазоне от 100% до 40% процентов, а скорость печати в диапазоне 60 мм/с – 15 мм/с.

Испытание по определению антиадгезионных свойств, а также влагостойкости мастер-моделей проводился в следующем порядке:

- первоначально изготовленные образцы поочередно взвешивались на весах, после чего их структура до нанесения силикона фиксировалась под микроскопом;

- затем на образцы наносится силиконовый материал (который традиционно используется в мастер-моделях), после чего они выдерживались при комнатной температуре 72 часа;

- по истечению заданного времени образцы взвешивались, и с них механическим способом удалялся силиконовый слой;

- далее образцы повторно взвешивались, и фиксировалась под микроскопом их структура после удаления силиконового слоя;

- далее образцы помещались в воду температурой 20-24 °С на срок в 90 дней;

- по прошествии срока образцы были извлечены и просушены в течении 24 часов;

- затем образцы повторно взвешивались и под микроскопом повторно фиксировалась структура.

На основании проведенного исследования были получены результаты, отображающие изменение поверхностей, а также изменение в массе и размерах мастер-моделей, образцы представлены на рис. 1-7 и таблице 1.

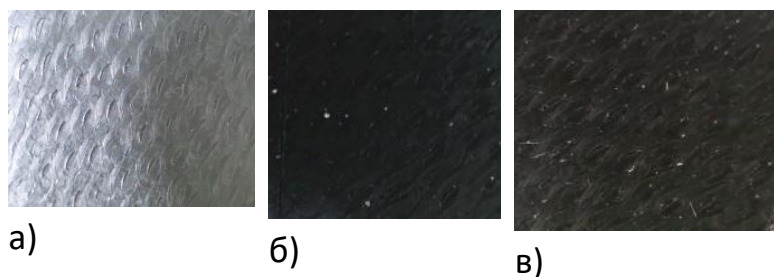


Рис. 1. Фото поверхности образца №1: а - до антиадгезионных испытания, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

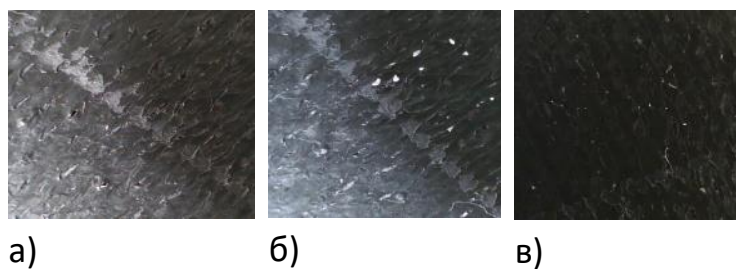


Рис. 2. Фото поверхности образца №2: а - до антиадгезионных испытания, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

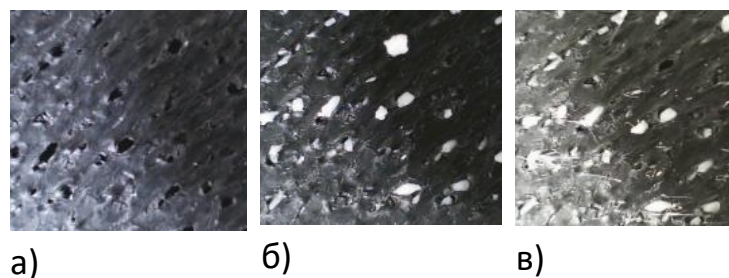


Рис. 3. Фото поверхности образца №3:
а - до антиадгезионных испытания, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

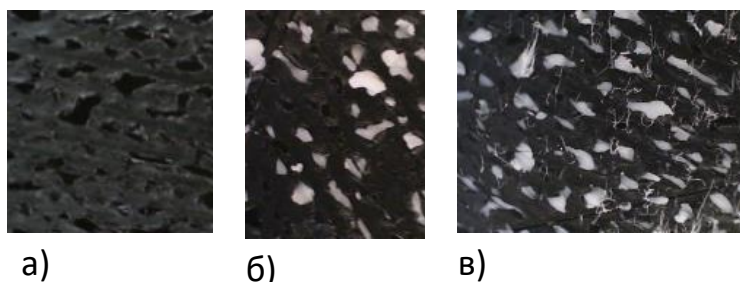


Рис. 4. Фото поверхности образца №4: а - до антиадгезионных испытаний, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней



Рис. 5. Фото поверхности образца №5:
а - до антиадгезионных испытаний, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

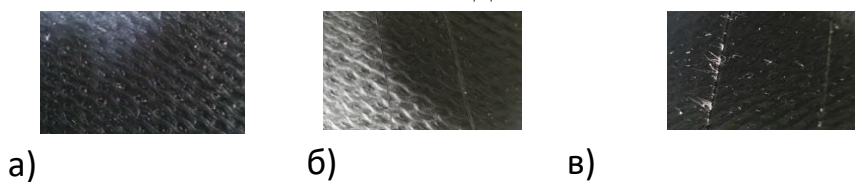


Рис. 6. Фото поверхности образца №6:
а - до антиадгезионных испытаний, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

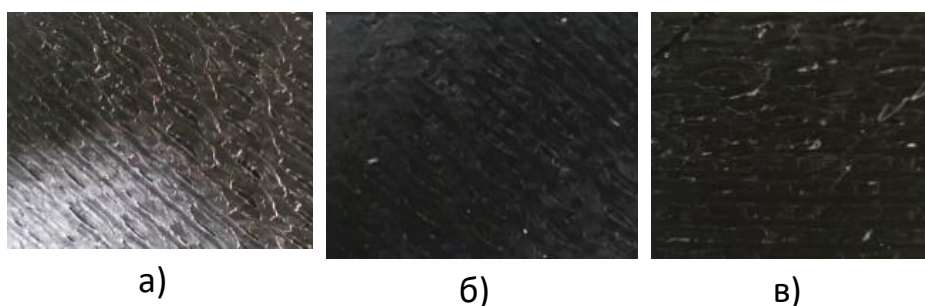


Рис. 7. Фото поверхности образца №7:
а - до антиадгезионных испытаний, б – после, в - после выдержки в воде 90 дней

Таблица 1. Изменение массы образцов на различных этапах испытаний

№ серии	Режим печати			Масса образца, гр			Прирост массы, %
	мм	%	мм/с	Исходное	После удаления спликкона	Спустя 90 дней в воде	
1	0,06	100	45	9,03	9,03	9,1	0,78
2	0,06	80	45	7,56	7,56	7,59	0,4
3	0,06	60	45	5,90	5,98	6,11	3,56
4	0,06	40	45	4,44	4,56	4,59	3,38
5	0,06	100	15	8,89	8,89	8,98	1,01
6	0,06	100	30	9,03	9,03	9,13	1,11
7	0,06	100	60	9,13	9,13	9,33	2,19

Как видно из полученных данных наибольшее изменение в массе наблюдается в сериях образцов №3, 4 и 5 что подтверждает тот факт, что параметр процент заполнения, а также высокий параметр скорости печати существенно влияют на антиадгезионные свойства производимых мастер-моделей.

Также следует отметить, что у образцов, где параметр процент заполнения был минимальным, замечены наихудший антиадгезионные свойства.

Таким образом на основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Параметр толщины слоя во избежание нарушения размеров изделий должен устанавливаться не более 0,06 мм.
2. Параметр процент заполнения устанавливает не менее 80 %.
3. Скорость печати должна устанавливаться не более 45 мм/с.

Таким образом наиболее оптимальными режимами 3D-печати, позволяющими получить мастер-модели с наилучшими антиадгезионными свойствами, а, следовательно, изделия обладающими наилучшими качествами являются режимы, на основе которых изготовлена первая (0,06 мм, 100%, 45 мм/с) и вторая (0,06 мм, 80 %, 45 мм/с) серии образцов.

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

Библиографический список

1. Зорин В.А. Перспективы применения аддитивных 3D-технологий при изготовлении зубчатых передач дорожно-строительных машин / В.А. Зорин, Е.А.

Косенко, А.О. Дворянкин // Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции «Интерстроймех-2018». 2018. С. 335-337.

2. Зорин В. А. Применение аддитивных технологий при изготовлении деталей автомобилей / В.А. Зорин, М.И. Тимченко // Грузовик. 2018. № 4. С. 16-17.

3. Jinwu Kang. The role and impact of 3D printing technologies in casting [Электронный ресурс] // www.researchgate.net (дата обращения: 16.04.2021).

4. Дворянкин А. О. Технологические методы производства деталей дорожных и подъемно-транспортных машин с применением 3D-технологий в литейном производстве / А.О. Дворянкин // Механизация и автоматизация. Самара: гос.техн. ун-т, 2020. С. 212-218.

5. Rudskoi A.I. Technological heredity during the production and operation of structural materials / I.A. Rudskoi, N.I. Baurova // Russian Metallurgy. 2019. №13 pp. 1378-1383.

6. Nefelov I.S. Evaluation of structural defects of Articles obtained in various modes of 3D printing / L.S. Nefelov, N.I. Baurova // Polymer Science – Series D. 2019. 12(1). pp. 77-79.

7. Nefelov I.S. Formation of threaded surfaces in the components produced by 3D printing / L.S. Nefelov, N.I. Baurova // Russian Metallurgy (Metally). 2017. №13. pp. 72-74.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Дундуков Н. Д., студент

Научный руководитель: Коротких Ю.С., к.э.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

В настоящее время, использование альтернативных источников энергии на автомобильном транспорте набирает наибольшую популярность. Еще во время Второй Мировой Войны, большое количество грузовиков было оборудовано двигателями, работающими с газогенератором на дровах или угле. Использование этой энергии было приостановлено и заменено топливом, до энергетического кризиса в 1973 года. Производители автомобилей Volvo стали первыми разработчиками транспортного средства, работающего на природном газе в 1980 годы, затем Ford и BMW последовали их примеру, предложив в 1994 газовые двигатели для новых моделей машин серийного

производства. Сегодня, большинство производителей грузового транспорта предлагают двигатели на природном газе.

Электроэнергия имеет ряд преимуществ по сравнению с природным газом. Главным таким преимуществом является высокая экологичность. Использование электроэнергии — это одно из немногих экологичных решений, которое окупается прямым экономическим эффектом в виде сокращения расходов. Главным образом это происходит за счет разницы цен на бензин и газ [1].

Возрастающий интерес к электродвигателям связан не только с проблемой удешевления эксплуатации автомобилей, но и в основном с тем, что использование электроэнергии уменьшает загрязнение окружающей среды. В электроэнергии нет свинцовых присадок, а выброс таких вредных веществ, как оксиды углерода и углеводороды, на 50-90% ниже.

Данные о составе отработанных газов автомобильных двигателей представлены в таблице 1.

С целью определения целесообразности использования альтернативных видов топлив на автомобильном транспорте, рассмотрим плюсы и минусы данных видов топлив.

Таблица 1 Данные о составе отработанных газов двигателей

Компонент	Количество отработанных газов двигателей, %	
	Электроэнергия, мг/л	Природное топливо, мг/л
Оксид углерода (II), CO	0,22	6,1
Оксиды азота, NO	0,36	0,47
Углеводороды, C _x H _y	0,03	0,42
Диоксид серы, SO ₂	0,04	0,008
Сажа, C	0,32	0,06

К преимуществам автомобилей, работающих на природном газе, можно отнести: сокращение расхода быстро истощающихся ресурсов; значительно меньшими выбросами в воздух загрязняющих веществ двигателями,

работающими на газе, чем использующими нефтяные топлива; снижением выброса тепличных газов.

К недостаткам автомобилей, работающих на природном газе, относятся: двигатель, функционирующий на газу, теряет мощность на 10%; число заправок ограничено; слишком громоздкие баллоны.

Преимущества электродвигателя: относительно одинаковая скорость вращения при разных уровнях нагрузки; не боятся непродолжительных механических перегрузок; простая конструкция; несложная автоматизация и пуск; высокий КПД [2].

Недостатки электродвигателя: повышается стоимость; сокращается ресурс работы; создаются радиопомехи, акустический шум; искрение под щётками ускоряет износ щёток и пластин коллектора.

Любой двигатель внутреннего сгорания, будь то двигатель, работающий на бензине или природном газе, сильно загрязняет атмосферный воздух, окружающую среду, почву и воду. Поэтому легковым и грузовым автомобилям необходимо постепенно уходить от двигателей внутреннего сгорания и двигаться в сторону экологичных видов топлива, например к электродвигателям. Современные литий-ионные аккумуляторы позволяют грузовику преодолевать 100–150 километров на одной зарядке батареи. Это значительно больше, чем средний дневной пробег автомобиля. При этом наиболее важная характеристика служебного транспортного средства грузоподъемность не уменьшается благодаря использованию современных электродвигателей и постоянному совершенствованию грузовых шасси [3].

Автомобили, работающие на водородном топливе. Использование водорода в качестве топлива возможно в двух различных случаях: применения водородного двигателя внутреннего сгорания (ВДВС) или установки силового электрического агрегата, работающего от топливных элементов.

ВДВС по своей конструкции незначительно отличается от обычного ДВС. Принцип его действия аналогичен принципу действия бензинового двигателя, только в камеру сгорания вместо бензина поступает сжиженный водород. Однако перевести ДВС на водород является достаточно сложным процессом: водород вызывает перегрев клапанов, поршневой группы и масла из-за втрое большей, чем у бензина, теплоты сгорания [4].

Водородные топливные элементы являются наиболее важной альтернативной топливной технологией, разрабатываемой в настоящее время. Главным преимуществом водородных автомобилей является то, что они экологически чистые и не представляют никакой угрозы для окружающей среды, нет никаких токсичных газов, выпускаемых в виде побочных продуктов сгорания. Единственными побочными продуктами являются вода и небольшое

количество тепла. Почти 90 - 95% энергии, вырабатываемой в топливных элементах, преобразуется в электрическую энергию, делая эти автомобили энергоэффективными [5, 6]. Нельзя не отметить, что традиционные ископаемые виды топлива (нефть, газ, уголь) ограничены и не возобновляемы, в то время как водород доступен в изобилии. Однако могут пройти десятилетия, прежде чем технология топливных элементов будет широко использоваться.

Проблемы с водородом можно сгруппировать в три категории:

- затраты на разработку технологии;
- трудности и опасности, связанные с хранением водорода;
- возможность того, что эта «экологически чистая технология» может быть не настолько экологически чистой.

Библиографический список

1. Кожухова К.В. Альтернативные источники энергии на транспорте / К. В. Кожухова // Международный академический вестник. 2019. № 12 (44). С. 81-84.
2. Сергеев В.В. Проблемы экологизации и ресурсосбережения на автотранспорте / В.В. Сергеев, Н.Г. Сергеева // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. 2019. № 3 (13). С. 177-184.
3. Коркин А.О. Альтернативные и переходные источники энергии для городского транспорта / А.О. Коркин // Экономика и социум. 2019. № 6 (61). С. 458-461.
4. Korotkikh, Yu. S. Diesel-powered vehicles: up-to-date environmental challenges / Yu. S. Korotkikh, V. G. Ryabchikova. - Текст: непосредственный // В сборнике: Чтения Академика В. Н. Болтинского. семинар: сборник статей, 2020. - С. 209-211.
5. Зарикеев А.Р. Тенденции развития моторов для электромобилей и экологическая безопасность их производства / А.Р. Зарикеев, Н.Н. Пуляев // Наука без границ. 2020. № 4 (44). С. 42-45.
6. Янченков А.П. О перспективах применения альтернативного топлива в мобильных энергетических средствах / А.П. Янченко, Н.Н. Пуляев // В сб. Тепловые двигатели, автомобили и тракторы. Материалы Международной студенческой научной конференции имени профессора А.М. Гуревича. 2021. С. 9-12.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНО-ПЕСЧАНЫХ КОМПОЗИТОВ

Егунова Т. Н., магистр

Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия*

Эпоксидно-песчаные композиты представляют собой соединение, где в качестве связующего применяется эпоксидная смола, а в качестве дисперсного наполнителя песок. Эти соединения имеют широкую область применения в машиностроении, они используются при ремонте и обслуживании широкого перечня элементов машин [1-3].

Также эпоксидно-песчаные композиты используются при создании защитных и антикоррозионных покрытий на основе эпоксидных связующих [4-6]. Наиболее перспективной областью применения эпоксидно-песчаных композитов является полевой ремонт корпусных элементов дорожно-строительных машин [2].

Целью данной работы является исследование влияния качества подготовки поверхности металла на адгезионные свойства эпоксидно-песчаных композитов, используемых для ремонта элементов дорожно-строительных машин (ДСМ).

На основании обзора литературы, для проведения эксперимента, были выбраны ПКМ на основе эпоксидного связующего и технического песка [1, 7].

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено 12 образцов с различной подготовкой поверхности металла и различной термической обработкой наполнителя

В данной работе в качестве связующего был выбран двухкомпонентный эпоксидный состав марки DoneDeal DD6565 [7]. Выбор данного материала обусловлен широкой областью применения и увеличенным временем жизнеспособности (30 мин). Данный состав обладает хорошими эксплуатационными характеристиками, не дает усадки, выдерживает постоянные и переменные нагрузки в интервале температур от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

В качестве дисперсного наполнителя был выбран природный песок. Подготовка песка заключается в его очистке от примесей при прокаливании. Прокаливание песка заключается в воздействии высоких температурных режимов на сырье с целью удаления влаги. В данном исследовании прокаливанию песка производилось с помощью сушильного шкафа MLW WSU 100 путем загрузки песка в камеру на 30 минут при температуре 60°C и 100°C .

Окончательной операцией подготовки эпоксидно-песчаного состава являлось смешивание эпоксидной основы и песка. Концентрация наполнителя была взята равной 20% и 5% масс. ч [2-3].

Готовая эпоксидно-песчаная смесь наносилась в 3 слоя на поверхность металла. Общие характеристики образцов для проведения испытаний приведены в табл.1.

Образцы с нанесенным полимерным покрытием отверждались при комнатной температуре в течение 24 часов.

Таблица 1 Общие характеристики образцов для проведения испытаний

Подготовка наполнителя/ поверхности	Без обработки наполнителя	Прокаливание наполнителя при 100 °С	Прокаливание наполнителя при 60 °С	Прокаливание наполнителя при 60 °С
	Концентрация наполнителя, 20 масс.ч.	Концентрация наполнителя, 20 масс.ч.	Концентрация наполнителя, 20 масс.ч.	Концентрация наполнителя, 5 масс.ч.
Обезжиренная поверхность	1-1	1-2	1-3	1-4
Влажная поверхность	2-1	2-2	2-3	2-4
Поверхность без подготовки	3-1	3-2	3-3	3-4

Далее они были выдержанны в течение 10 дней при комнатной температуре, после чего для определения адгезионной прочности были проведены испытания методом Х-образного надреза. Адгезионная прочность покрытий на образцах определялась в соответствии с ГОСТ 32702.2-2014 (ISO 16276-2:2007) [8]. Далее с использованием электронного микроскопа была исследована поверхность надрезов (рис. 1)

При осмотре поверхностей надрезов поворачивают пластинку, с нанесенным покрытие, чтобы углы зрения и падающего света не ограничивались одним направлением. Поверхность испытуемого покрытия оценивают в бальной системе в соответствии с ГОСТ 32702.2-2014 (табл. 2).

Как видно на фото (рис.1), отслаивания или удаления покрытия на образцах не обнаружено (всем образцам присваивается 0 баллов).

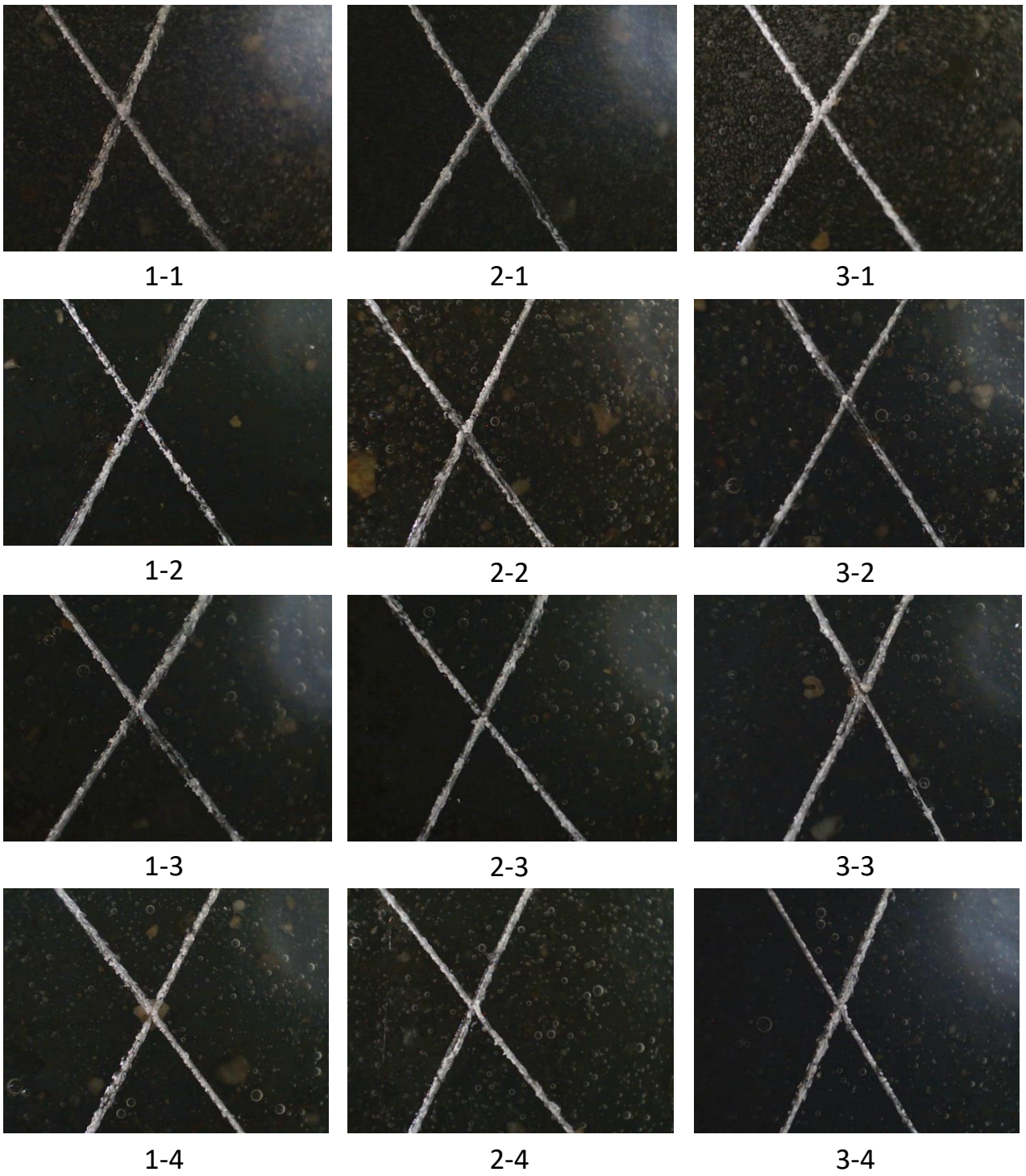





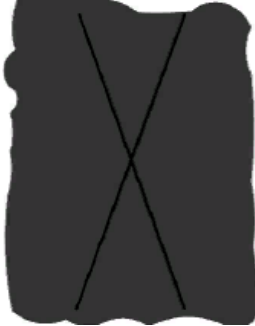


Рис. 1. Фото X-образного надреза образцов

Таблица 2 Оценка результатов испытаний адгезии методом X-образного надреза

 <p>Балл 0 Отсутствие отслаивания или удаления покрытия</p>	 <p>Балл 1 Следы отслаивания или удаления покрытия вдоль надрезов или в местах их пересечения</p>
 <p>Балл 2 Выкрашивание покрытий вдоль любого из надрезов шириной до 1,5 мм</p>	 <p>Балл 3 Выкрашивание покрытия на большом количестве надрезов шириной до 3,0 мм</p>
 <p>Балл 4 Удаление покрытия с большей площади X-образного надреза</p>	 <p>Балл 5 Удаление покрытия за пределами X-образного надреза</p>

В ходе эксперимента было установлено, что качество подготовки наполнителя и подготовки поверхности не оказывает влияние на адгезионные свойства эпоксидно-песчаных композитов. Во всех оцениваемых образцах было получено качественное покрытие с хорошими адгезионными свойствами.

Библиографический список

1. Михальченков А.М., Феськов С.А., Осипов А.А., Кононенко А.С. Влияние эпоксидно-песчаных покрытий различных составов на процесс изнашивания, специфику износа и ресурс плужных лемехов // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. № 1. С. 45-48.
2. Егунова Т.Н. Перспективы применения полимерных композиционных материалов при ремонте топливных баков машин // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2020. №32. С. 64-67.
3. Егунова Т.Н. Влияние влажности наполнителя на свойства эпоксидно-песчаного композита // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. №8. С. 45-48.
4. Карташова В.В. Исследование трибологических свойств полимерных покрытий для рабочего оборудования дорожных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 4. С. 25-28.
5. Габышева В.А. Исследование тиксотропных свойств кремнийорганических герметиков, используемых при ремонте машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 10. С. 44-47.
6. Габышева В.А., Баурова Н.И. Определение влияния рабочих сред на развитие подпленочной коррозии деталей машин с дисперсно-наполненными полимерными покрытиями // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021. № 8. С. 34-41.
7. Косенко Е.А., Баурова Н.И., Зорин В.А. Природоподобные материалы и конструкции в машиностроении: монография. - М.: МАДИ, 2020. - 304 с.
8. ГОСТ 32702.2-2014. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом Х-образного надреза. Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 сентября 2014 г. N 1016-ст.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭРЦИТИМЕТРИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СВАРНЫХ ШВОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ

Евдокимов С. В., аспирант

Соловьева М. В., студент

Андреев М. С., студент

Научный руководитель: Леонова О. В., к.т.н., профессор

ФГБАОУ ВО «Российский университет транспорта», Академия водного транспорта, г. Москва, Россия

Сварные соединения широко применяются при производстве порталных кранов. Однако при многочисленных достоинствах сварных соединений, как следуют из оценки технического состояния металлоконструкций, они вызывают потерю несущей способности металлоконструкции крана за счет образования усталостных трещин в местах концентрации напряжений [1,2,3,4]. Трещины обычно развиваются в материале сварного шва или в околошовной растянутой зоне. Кроме того, остаточные растягивающие напряжения, возникающие при охлаждении выполненного сварного соединения, увеличивают действующие растягивающие напряжения и способствуют ускоренному образованию и развитию усталостных трещин. К существующим дефектам сварных швов необходимо отнести такие, как непровар, поры и неметаллические включения.

Учитывая вышеуказанное, для обеспечения безопасности в процессе эксплуатации состояние сварных швов подвергается технической диагностике.

Согласно действующим нормативным документам, должно проверяться не менее 25% сварных швов.

К методам неразрушающего контроля, применяемым на технической диагностике относятся визуальный, радиационный, магнитный, вихревых токов и акустический. Все вышеперечисленные методы могут выявлять с большей или меньшей точностью дефект сварных швов, однако при проведении технической диагностики, необходимо не только выявить дефект, но также сделать заключение о необходимости переварки дефектного сварного шва, для чего необходимо оценить состояние металла в зоне шва и околошовной зоне.

Магнитный метод неразрушающего контроля применяют для изделий из ферромагнитных материалов, используемых для металлоконструкций кранов. К числу информационных параметров этого метода относится коэрцитивная сила, которая представляет собой направленность магнитного поля, необходимую для размагничивания предварительно намагниченных материалов.

С учетом упруго-пластических деформаций, возникающих в процессе эксплуатации, и внутренних остаточных напряжений, происходит повышение значения измеряемой коэрцитивной силы, величина которой позволяет получить оценку уровня действующих и остаточных напряжений и дать рекомендации по дальнейшей эксплуатации контролируемого объекта.

Обследование этим методом сварных швов не требует подготовительных работ, однако из-за отсутствия теории единой магнитной структуроскопии, использование коэрцитиметрии требует определения зависимости магнитных характеристик от величин нагружения для каждой конкретной стали.

Данные по этим зависимостям для сталей, используемым для металлоконструкции порталных кранов, дано в табл.1.

Таблица 1 Магнитные и механические свойства листов из конструкционных сталей.

Марка стали	Механические свойства		Магнитные свойства, H_c (А/см)		
	σ_B МПа	$\sigma_{0,2}$ МПа	$H_{c\text{ исх}}$	$H_{c\text{ т}}$	$H_{c\text{ св}}$
Ст3	350	210	1,7	5,0	6,0
Ст20	420	230	3,8	8,0	12,0
09Г2С	470	325	3,0	7,5	9,5
ST3862	440	295	2,2	4,5	5,6

Результаты испытаний по сталям ст3, ст20 и 09Г2С заимствованы из литературных источников. Результаты испытаний для сталей ST3862, применяемых для несущих элементов конструкции всех эксплуатирующихся в настоящее время порталных кранов получены авторами в процессе дополнительных испытаний на прессе ИМ-12А при пошаговом ступенчатом растяжении стандартных образцов толщиной 6 мм. Для измерения коэрцитивной силы использовался коэрцитиметр-структуроскоп КРМ-Ц-К2М. Результат магнитного контроля в процессе новых дополнительных испытаний плоских образцов из стали ST3862 дан на рис.1.

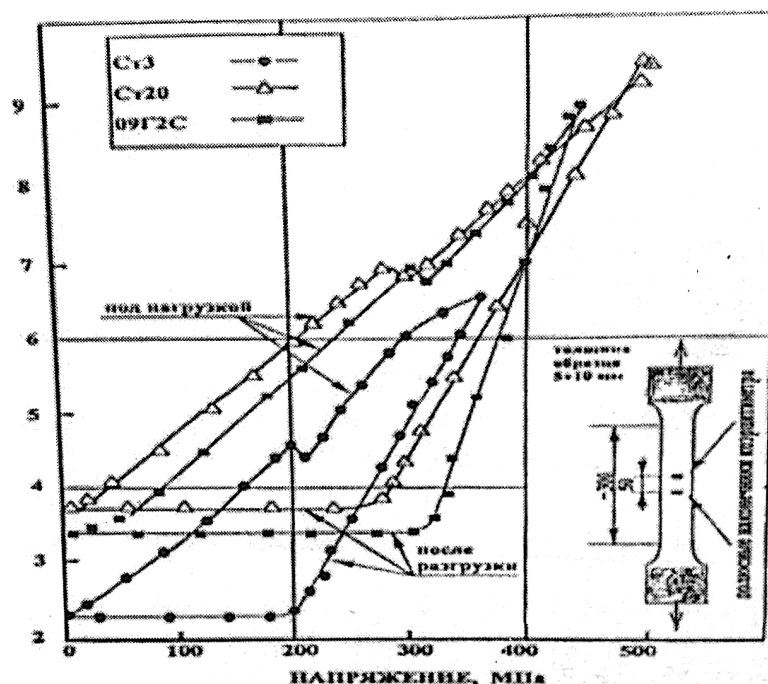


Рис. 1. Магнитный контроль плоских образцов из Ст3, Ст20, 09Г2С при испытании на растяжении с регистрацией значений коэрцитиметра непосредственно под нагрузкой и после разгрузки на каждой ступени нагружения

Библиографический список

1. Михеев М.И., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. М. Наука 1993 г. 252с.
2. РД ИКЦ «КРАН»-007-97-2 «Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности)».
3. Мужичкий В.Ф., Попов Б.Е., Безлюдько Г.Я. Теория и практика магнитной диагностики стальных металлоконструкций. Контроль. Диагностика. 2002 № 3, с. 15-19.
4. Леонова О. В., Евдокимов С. В. Диагностика сварных соединений металлоконструкции крана. XVII Материалы Международной научно-технической конференции, подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые машины и робототехнические комплексы. Москва, 2013г.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ХРОМИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ

Котомчин А. Н., аспирант

ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Бендерский политехнический филиал, Бендеры, Приднестровье

Научный руководитель: Зорин В. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия

Введение. В процессе эксплуатации автомобилей, использующих гидропривод, дизельную аппаратуру возникновение неисправностей прецизионных деталей приводит к высоким затратам на ремонт, что в свою очередь увеличивает стоимость эксплуатации. Основная причина отказов данных деталей гидропривода, топливных насосов (золотники, плунжера и т.п.) – гидроабразивное изнашивание. Известно, что работоспособность агрегатов, работающих при гидроабразивном изнашивании, в значительной степени зависит от качества обработки, материала и способа упрочнения при изготовлении и ремонте ресурсопределяющих деталей. Поэтому качество рабочей поверхности этих деталей в значительной части определяет безотказную работу гидроагрегатов исполнительных механизмов, топливных систем дизельной аппаратуры, а также других узлов [1, 2].

Теоретические предпосылки. Обоснование восстановления деталей осуществлялось путём анализа возникающих отказов у специальных автомобилей, использующих для рабочего оборудования – гидропривод. Исходя из анализа отказов гидропривода, наибольшее занимают гидронасосы и гидрораспределители, которые используют претензионные детали, работающие при гидроабразивном изнашивании – золотники гидрораспределителей, плунжера насосов. Основное условие использования восстановления для деталей автомобилей – себестоимость восстановления должно быть не более 50% от стоимости новой, а также ресурс восстановленной детали не менее 80% новой. Проведя анализ существующих способов восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, было выделено электролитическое хромирование. Хромирование обладает рядом преимуществ – отсутствие термического влияния и изменений в местах покрытий, высокая износостойкость превышающее закалённую сталь, высокая прочность сцепления и

микротвёрдость покрытия (до 14000 МПА). Однако одним из недостатков является - низкая производительность с высокими энергозатратами [2].

В результате проведения анализа литературы и патентного поиска, было выявлено ряд существующих электролитов хромирования, которые показаны в таблице слайда, из которого был выделены холодные саморегулирующие электролиты хромирования, обладающие высокой производительностью, но имеющие следующие недостатки [2, 3]:

7. Узкий диапазон рабочих температур (18-23С)

8. Потребность в холодильных установках для поддержания рабочей температуры, что увеличивало энергозатраты

9. Чувствительность к посторонним органическим соединениям

10. Наличие сетки микротрещин.

Для решения данной проблемы были намечены пути совершенствования хромирования. Было установлено, что существуют два направления по увеличению производительности и качества покрытий – 1. Изменение состава электролита, путем добавления органических и неорганических добавок, 2 – Использование различных способов получения покрытий – периодические токи, в ультразвуке, проточное и т.п. В нашем случае был выбран наиболее рациональный и менее затратный способ - изменение состава путем добавления неорганических добавок [2, 3, 4].

Оборудование и методика исследований. Для осуществления достоверных исследований была разработана методика и необходимое оборудование для проведения исследований. Для проведения исследований, использовали следующий состав раствора: хромовый ангидрид – 250-500 г/л, через каждые 25-50 г/л; сульфат никеля и кобальта – 5-15 г/л, через каждые 2,5 г/л; плавиковая кислота 0-2 г/л, через каждые 0,05-0,1 г/л. Проведение анализа растворов электролита осуществляли по ГОСТ -13020.1-85 [3, 4]. Режимы осаждения: плотность тока изменяли от 50 до 250 А/дм², через каждые 25-50 А/дм², рабочую температуру электролита изменяли от 18 до 40°С через каждые 2,5-5°С.

Используемое оборудование и приборы для проведения исследований – установка для поддержания температурного режима осаждения, Микроскоп ММУ-3 с приставкой для изучения микроструктуры, микротвёрдомер ПМТ-3 для измерения микротвёрдости, аналитические весы АДВ-200 для измерения выхода по току (производительности) [3, 4].

Результаты исследований. На основании полученных результатов исследований был получен оптимальный состав электролита хромирования и режимы осаждения, в сравнении с базовый который показан в таблице 1.

Кроме того, были проведены исследования морфологии хромового покрытия снаружи и по толщине, которые подтвердили отсутствие

микротрещин, что дает возможность использовать для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании [5].

Проведенные исследования и полученные результаты износостойкости и прочности сцепления подтвердили необходимые параметры для использования разработанного электролита хромирования при восстановлении деталей [7].

Для практического использования разработанного состава электролита хромирования был разработан технологический процесс восстановления золотников гидрораспределителя, который внедрен на ООО «Агромеханизм» г. Тирасполь [7].

Эксплуатационные испытания гидрораспределителей с восстановленными золотниками из разработанного холодного саморегулирующегося электролита хромирования были проведены на МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры, Приднестровье, которые показали, что по сравнению с новыми золотниками восстановленные обладают большей долговечностью и износостойкостью на 30%. При этом сократилась трудоёмкость проведения технического обслуживания гидропривода на 50% [7].

Таблица 1 Сравнение базового и разработанного электролита хромирования [7, 8]

Параметры	Базовый	Разработанный
Хромовый ангидрид (CrO_3), г/л	400-420	420-450
Карбонат кальция (CaCO_3), г/л	67-75	50-70
Сульфат кобальта семи водного ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), г/л	15-20	10
Сульфат никеля семи водного ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), г/л	-	10
Плавиковая кислота (HF), г/л	-	0,65-0,9
Рабочая температура электролита, °C	18-23	18-35
Плотность тока, А/дм ²	150-400	75-200
Выход по току, %	40±1	47,5±2,5
Микротвёрдость, Мпа	9000-12500	9000-11500

На разработанный электролит хромирования был получен патент [8].

Обсуждение и выводы. Выполнено обоснование выбора способа восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании – хромированием. Предложен новый состав холодного саморегулирующегося электролита хромирования, который по сравнению с

базовым обладает лучшими физико-механическими свойствами и более широким диапазоном рабочих температур (18-35°C), что позволит внедрить его в производство. На основании полученных результатов исследований можно заключить, что усовершенствованный состав электролита хромирования даст возможность использовать его для восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании.

Библиографический список

1. Стратулат, М.П. Восстановление деталей машин электрохимическим хромированием / М.П. Стратулат. Монография. – Орел: издательство ОрелГТУ. – 2009. – 246 с.
2. Котомчин, А.Н. К вопросу выбора способа восстановления деталей машин / А.Н. Котомчин, А.Ф. Синельников, Н.И. Корнейчук // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". – 2020. – 17(1). – С.84-97.
3. Котомчин, А.Н. Усовершенствование холодного саморегулирующегося электролита хромирования при упрочнении и восстановлении деталей машин / А.Н. Котомчин, А.Ф. Синельников // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С.17-24
4. Котомчин, А.Н. Интенсификация процесса электролитического хромирования при восстановлении и упрочнении деталей машин / А.Н. Котомчин, А.Ф. Синельников, Н.И. Корнейчук // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – №3(70). – С.22-32.
5. Kotomchin, A. N. Study of High-Performance Chromium Electrolyte for Restoration of Automobile and Road-Construction Machinery Parts / A. N. Kotomchin, V. A. Zorin // 2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2021 - Conference Proceedings, Moscow, 11–12 ноября 2021 года. – Moscow, 2021. – DOI 10.1109/TIRVED53476.2021.9639216.
6. Котомчин, А. Н. Упрочнение и восстановление деталей автомобилей хромированием / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XV Международной научно-технической конференции, Вологда, 08 декабря 2020 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2021. – С. 259-265.
7. Котомчин, А. Н. Производственные рекомендации по применению электролита хромирования в условиях предприятий Приднестровья / А. Н. Котомчин, Н. И. Корнейчук // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3(74). – С. 24-34. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-24-34.

8. Патент № 2762695 С1 Российская Федерация, МПК С25D 3/04. Способ электролитического хромирования: № 2020138102: заявл. 20.11.2020: опубл. 22.12.2021 / А. Н. Котомчин, В. А. Зорин, А. Ф. Синельников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ В ТРОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Ле Чонг Туан, аспирант

Университет Ле Куи Донг, Ханой, Вьетнам

Научный руководитель: Зорин В. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия

Одним из наиболее перспективных направлений исследований при разработке пластичных смазочных материалов является модификация их состава на основе Солидола путём введения полимочевинного загустителя и добавления соответствующих присадок [1, 2].

На основании анализа результатов исследований в работах [3, 5, 6], в сочетании с данными, приведенными в [7, 8], предложено несколько вариантов компонентов пластичных смазочных материалов на основе Солидола Ж и полимочевинного загустителя для применения при ТО и ремонте ДСМ в тропических условиях (см. табл. 1) [4, 9].

Таблица 1. Варианты образцов смазочного материала

Компоненты материала	Пластичные смазочные материалы (грамм), образцы:											
	№ I		№ II		№ III		№ IV		№ V		№ VI	
Смазка Солидол	84		80		76		72		68		58	
Загуститель полимочевины	14		18		22		26		30		40	
отвердитель/основа =1/1	7	7	9	9	11	11	13	13	15	15	20	20
Агидол-2	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
АКОР-1	1,0		1,0		1,0		1,0		1,0		1,0	
Сумма	100 г		100 г		100 г		100 г		100 г		100 г	

В ходе исследований было подготовлено 6 образцов пластичных смазочных материалов, технологический процесс приготовления предлагаемых пластичных смазочных материалов представлен на рис. 1.

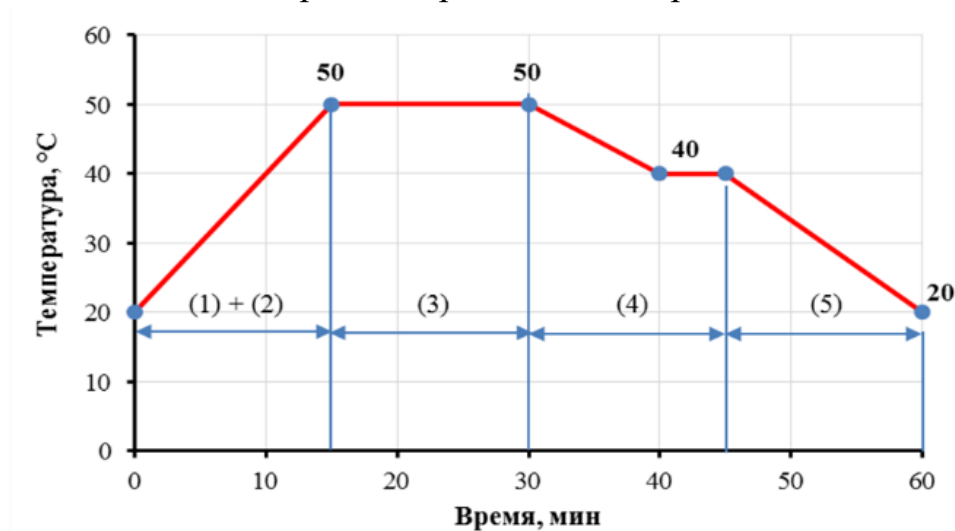


Рис. 1. График технологического процесса приготовления образцов пластичных смазочных материалов

В ходе исследований проведены испытания для определения температуры каплепадения пластичных смазочных материалов (по ГОСТ 6793-74). Результаты испытаний представлены на рис. 2.

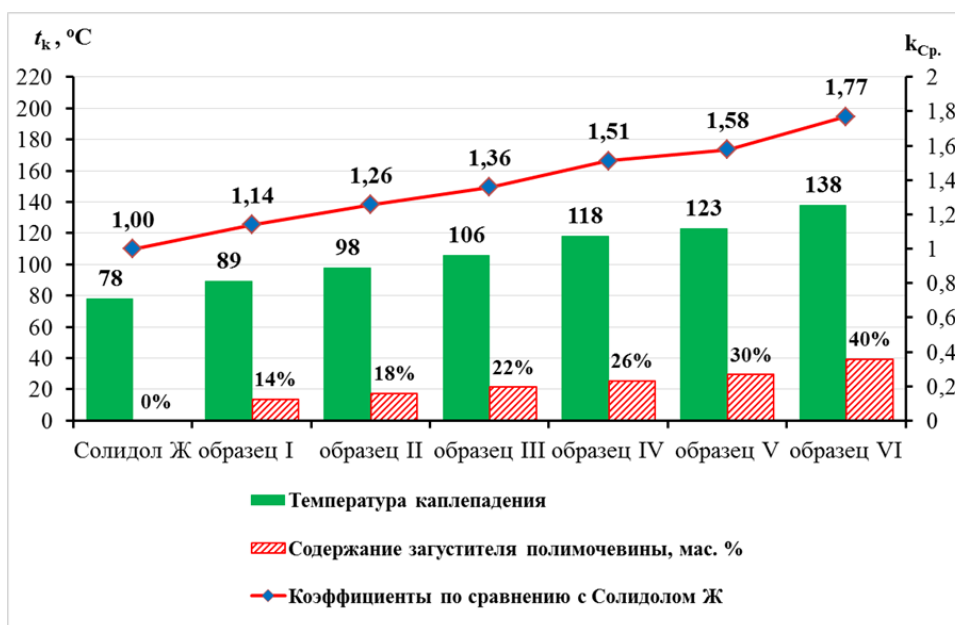


Рис. 2. Результаты исследований температуры каплепадения образцов пластичных смазочных материалов

Из графика видно, что образцы № III, IV, V, VI соответствуют критерию t_k выше 100 °C. Однако, чтобы выбрать лучший образец пластичного смазочного

материала, необходимо учитывать экономическую эффективность его применения на практике.

Противоизносные свойства пластичных смазочных материалов оценивались по показателю износа $D_{и}$ на четырехшариковой машине трения по ГОСТ 9490-75 (см. рис. 3).



Рис. 3. Определение противоизносных свойств смазочного материала
Результаты испытаний показаны на и рис. 4.

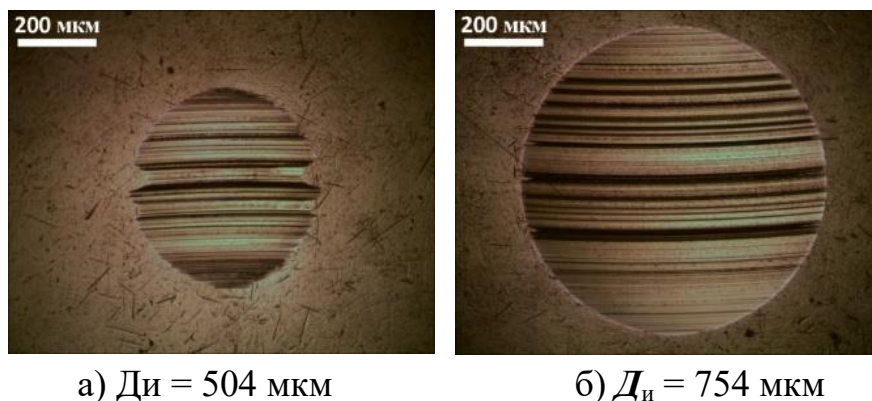


Рис. 4. Микрофотографии пятен износа при испытаниях предлагаемого пластичного смазочного материала (а) и стандартного Солидола Ж (б)

Как видно из рис. 4, диаметр пятна износа при испытании предлагаемого образца пластичного смазочного материала на 33 % меньше, чем у Солидола Ж. Таким образом, можно утверждать, что противоизносные свойства предлагаемого пластичного смазочного материала лучше, чем у Солидола Ж.

Трибологические испытания проводились также по четырехшариковой схеме на машине трения КТ-2 по ГОСТ 23.221-84. Результаты испытаний показывают, что коэффициент трения предлагаемого образца пластичного

смазочного материала сохраняет стабильность в более широком температурном диапазоне (критическая температура $T_{кр} = 130$ °С).

Материал остаётся работоспособным при $T = 100$ °С, в то время как Солидол Ж теряет смазочную способность из-за плавления при этой температуре. Более того, предлагаемый пластичный смазочный материал сохраняет смазочную способность при температуре выше 160 °С, прежде чем полностью выгорит при 250 °С.

Выводы:

Предлагаемый пластичный смазочный материал на основе Солидола Ж и полимочевинного загустителя обладает лучшими трибологическими свойствами по сравнению со стандартным пластичным смазочным материалом Солидол Ж.

Предлагаемый состав пластичного смазочного материала возможно использовать для применения в ДСМ в условиях высоких температур и нагрузок во влажных и агрессивных средах, характерных для тропических климатических условий

Библиографический список

1. Зорин, В.А. Анализ влияния климатических особенностей Вьетнама на работоспособность дорожных машин / В.А. Зорин, Ле Чонг Туан // Грузовик. – 2019. – № 9. – С. 18-20.
2. Зорин, В.А. Оценка надежности дорожных машин, работающих в тропических условиях / В.А. Зорин, Ле Чонг Туан // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2019. – № 1. – С. 45-49.
3. Кузьмин, В.Н. Патент RU № 2483100 С1: Способ увеличения температуры каплепадения пластичной литиевой комплексной смазки / В.Н. Кузьмин [и др.]. – 27.05.2013.
4. Ле Чонг Туан. Условия эксплуатации - Анализ влияния тропических условий эксплуатации на надёжность подъёмно-транспортных машин / Ле Чонг Туан [и др.] // Строительная техника и технологии. – 2020. – № 4. – С. 60-61.
5. Нестеров, А.В. Патент RU № 2428461 С1: Пластичная смазка (варианты) / А.В. Нестеров [и др.]. – 10.09.2011.
6. Пенджиев, Э.Д.О. Патент RU № 2493242 С1: Пластичная смазка / Э.Д.О Пенджиев [и др.]. – 20.09.2013.
7. Сеницын, В.В. Пластичные смазки в СССР / В.В. Сеницын. – М.: Химия, 1984. – 192 с.
8. Фукс, И.Г. Добавки к пластичным смазкам / И.Г. Фукс. – М.: Химия, 1982. – 248 с.

9. Zorin, V. Assessment of resources of road machines working in the conditions of tropical climate / V. Zorin, Le Trong Tuan // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – No 786.

ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ СПЕЦТЕХНИКИ

Лихтарев А. Д., студент

Научный руководитель: Ащеулов А. В., д-р техн. наук, профессор

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа транспорта, Институт машиностроения, материалов и транспорта, г. Санкт-Петербург, Россия

Правительства всех развитых стран мира принимают правила, направленные на защиту окружающей среды. Эти правила распространяются на владельцев спецтехники, обязывая их оформлять декларации экологической безопасности, а в случае нарушений правил, влекут за собой значительные штрафы и затраты на устранение нарушений. При использовании гидрофицированной спецтехники, особенно сельскохозяйственных машин, не допускаются протечки рабочей жидкости на почву. По оценкам Национального управления океанических и атмосферных исследований, ежегодно в окружающую среду попадает более 2 млрд литров [1] нефтепродуктов и их производных, включая гидравлические жидкости, более половины из которых приходится на безответственную и незаконную утилизацию. По оценкам отраслевых экспертов, от 70 до 80% [2] гидравлических жидкостей покидают системы из-за утечек, разрывов трубопроводов, протечек фитингов и разливов. Одним из способов борьбы с вышеперечисленным является создание специального оборудования для работ с гидравлическими маслами [4].

В настоящее время одной из перспективных стратегий научно-технического развития является создание природоподобных систем. В рамках этой стратегии существует направление использования в технических системах экологически чистых и биоразлагаемых жидкостей. Поставщики гидравлических жидкостей отреагировали на это созданием новых, экологически чистых, биоразлагаемых и нетоксичных жидкостей на основе множества различных химикатов и органики. Их свойства позволяют им разрушаться в окружающей среде, снижая негативное воздействие утечек и разливов. Они могут быть нетоксичными, то есть не опасными при контакте для операторов, животных или растений, контактирующих с жидкостью. Российских

исследований в данном направлении машиностроения не достаточно, поэтому настоящая статья направлена на восполнение этого недостатка.

В транспортной технике, такой как современный трактор или экскаватор, гидравлическая система часто может содержать до 180 литров рабочей жидкости, а большой карьерный экскаватор обычно требует до 900 литров гидравлической жидкости. Чтобы избежать загрязнения окружающей среды и порчи оборудования необходимо не только замена на более экологические рабочие жидкости, но и правильный подбор таковой, вкуче с техническими особенностями применения, которые могут сильно отличаться в зависимости от марки [5,6].

Основным отличием экологически чистых жидкостей от стандартных является обладание характеристики биоразложимости. Биодegradация - это процесс химического разложения или трансформации вещества, вызываемый организмами или ферментами. Две общие меры состояния деградации являются полная (технически окончательная) деградация, при которой единственными конечными продуктами являются углекислый газ, вода и любые неусвояемые неорганические элементы. Неполная деградация (технически первичная деградация) определяется сокращением углеводов в исходном растворе. Два других широко используемых термина это “легко” биоразлагаемый и “по своей природе” биоразлагаемый. Легко биоразлагаемая жидкость подвергается первичной деградации более чем на 80% в течение 21 дня или окончательной деградации более чем на 60% в течение 28 дней. Биоразлагаемые по своей природе жидкости медленно разрушаются с течением времени, обычно измеряемым годами, и наносят значительный ущерб окружающей среде. Эти типы продуктов могут сохраняться в окружающей среде в течение нескольких лет, продолжая наносить значительный ущерб. Они требуют долгосрочного восстановления из-за стойкости окружающей среды. Как правило, эти продукты производятся на нефтяной основе, как и обычные смазочные материалы. Рисунок 1 иллюстрирует разницу во времени разложения легко биоразлагаемого продукта по сравнению с продуктом, который по своей природе биоразлагаем. Глядя на рисунок 1 [3], легко увидеть разницу между легко биоразлагаемым продуктом и биоразлагаемым по своей природе. *Inherently biodegradable* - “по своей природе” биоразлагаемый. *Readily biodegradable* - “легко” биоразлагаемый. % Fluids – процент разложения. Days – дни.

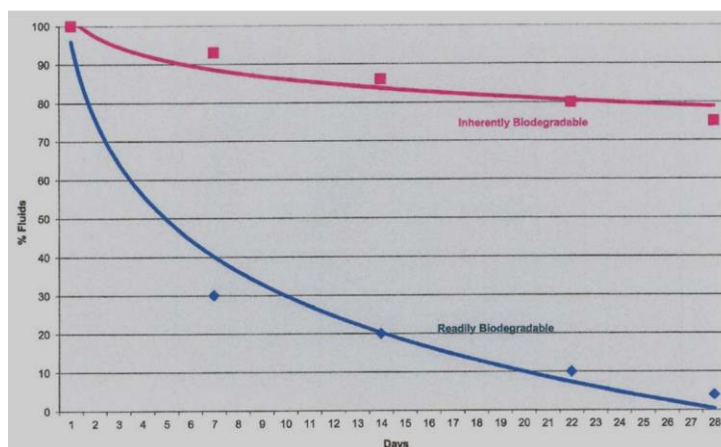


Рис. 1. График скорости разложения

Обычно используются четыре основных типа экологически чистых гидравлических жидкостей:

- HETG – гидравлический экологически чистый триглицерид (нерастворимые в воде триглицериды),
- HEES - гидравлический экологически чистый синтетический эфир (нерастворимый в воде синтетический эфир),
- HEPG - гидравлический экологически чистый полигликоль (водорастворимый полиалкиленгликоль [PAG])
- HEPR - гидравлический экологически чистый полиальфаолефин и родственные масла (нерастворимые в воде полиальфаолефины [PAO] и родственные масла на углеводородной основе).

Каждый из этих химических составов лучше всего подходит для определенного диапазона категорий использования и условий эксплуатации. Они также по-разному взаимодействуют с материалами уплотнений и другими компонентами системы. Эти взаимодействия необходимо учитывать при анализе относительно того, будут ли они подходящей заменой маслам на нефтяной основе в какой-либо конкретной гидравлической системе.

Жидкости HETG представляют собой триглицериды, полученные из растительных или животных масел, причем наиболее распространенными источниками являются соевое, подсолнечное и рапсовое (канола). Они часто содержат растворимые загустители для увеличения их естественной вязкости, которая составляет примерно 35 мм²/сек при 40°С

Жидкости HEES представляют собой синтетические сложные эфиры, получаемые из нефтяного или растительного (обычно рапсового) масла. Жидкости HEES из нефти представляют собой комбинацию органической кислоты и спирта, тогда как жидкости из растительных источников представляют собой комбинацию жирной кислоты и спирта.

Жидкости NEPG представляют собой полимеры, полученные в результате реакции таких мономеров оксида алкилена, как оксид этилена, пропиленгликоль или оксид пропилена, с гликолем. Те, которые содержат от 50 до 100% оксида этилена, растворяются в воде, а те, которые содержат 100% оксида пропилена, не растворяются в воде. Оба типа обладают присущими им огнестойкими характеристиками.

Жидкости NEPR представляют собой синтетические углеводороды, получаемые путем полимеризации альфа-олефинов с получением полиальфаолефинов (ПАО). Только ПАО с низкой вязкостью считаются экологически безопасными.

Ключевым преимуществом жидкостей NEPR является то, что они обеспечивают превосходную устойчивость к окислению и хорошую защиту от коррозии. Они также обладают хорошей смазывающей способностью, характеристиками старения и имеют длительный срок службы. Обладая очень хорошими вязкостно-температурными характеристиками, они имеют температуру застывания от -20° до -40°C и диапазон рабочих температур от -30° до 100°C . Однако, как и большинство «зеленых» жидкостей, они имеют высокую стоимость. Кроме того, они несовместимы со многими материалами уплотнений и прокладок и имеют большую плотность по сравнению с минеральным маслом.

Следует также отметить, что экологически чистые гидравлические жидкости имеют более короткий срок службы и не заменяют регулярное техническое обслуживание и надлежащие методы эксплуатации, а даже в некоторых случаях их усложняют, поскольку требуют применения специальной одежды и приспособлений.

Таким образом, дальнейший путь развития спецтехники не мыслим без применения экологически чистых гидравлических жидкостей, которые менее токсичные, легче усваиваются окружающей средой при правильной утилизации и причиняют меньший ущерб при случайном попадании в почву. Это направление создает альтернативу жидкостям на нефтяной основе. Однако, за эту дополнительную безопасность придется больше платить, возрастет начальная стоимость спецтехники, вырастут и эксплуатационные расходы, связанные с плановой, периодической заменой рабочей жидкости. Но перед принятием решения по переходу на новые жидкости, требуются более глубокие, системные, сравнительные исследования свойств экологически чистых гидравлических жидкостей, в т.ч. на наличие механических примесей [7]. Очевидно, потребуется и поиск новых уплотнительных материалов для гидроаппаратуры гидросистем машин.

Библиографический список

1. Eco-friendly fluids for the lubricants industry: Mike Johnson & Mark Miller | TLT Best Practices October 2010
2. Keeping it clean with bio-based hydraulic fluids: Shari Miller | Power & Motion Jan. 27, 2009
3. Synthetic Lubricants And High- Performance Functional Fluids, Revised And Expanded: Leslie R. Rudnick, Ronald L. Shubkin, 1999. – 904 с.
4. Ащеулов А.В., Харламова Е.Е. Мобильный комплекс оборудования для замены масел в гидросистемах СДМ // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2015. – С.47-51.
5. Ащеулов А.В., Харламова Е.Е., Маслов В.И. Проблемы качества при создании новых машин // XXXIV Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов 28 ноября - 3 декабря 2005 года, часть III ММФ и ФТИМ.- СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2006. - С. 125-126.
6. Ащеулов А.В., Гуреева А.С., Харламова Е.Е. Совершенствование системы показателей качества гидравлических масел// XLI Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов 3 - 8 декабря 2012 года.- СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - С. 257 - 258.
7. Ащеулов А.В., Гуреева А.С., Харламова Е.Е. Чистота гидравлических масел в состоянии поставки и продажи// XLI Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов 3 - 8 декабря 2012 года.- СПб, Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - С. 259 - 260.

АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПОРОШКОВЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Ляхов Е. Ю., аспирант

*ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Бендерский политехнический филиал, Бендеры,
Приднестровье*

Научный руководитель: Зорин В. А., д-р техн. наук, профессор

*ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия*

В процессе эксплуатации полимерные композиционные материалы в восстановленных посадочных местах подшипниковых узлов испытывают

статические и динамические нагрузки, температурные перепады, воздействие агрессивной среды и т.д. [1]. При воздействии указанных факторов в ряде случаев происходит отслоение покрытий из ПКМ от подложки, что в дальнейшем ведет к постепенному перемещению кольца подшипника и недопустимому увеличению зазора в соединении.

Прочность сцепления (адгезионная прочность) является в большинстве случаев фактором, определяющим долговечность восстановленной детали.

В настоящее время в литературе недостаточно изучены вопросы восстановления посадочных мест подшипников из порошкообразных композиций, также отсутствуют рекомендации по рациональному повышению стабильности физико-механических свойств полимерных покрытий, применяемых для восстановления посадочных мест подшипниковых узлов автомобилей.

Известно, что долговечность посадочных мест под подшипники качения во многом определяется физико-механическими процессами, происходящими в зоне контактирования сопрягаемых поверхностей. Меняя характер взаимодействия контактируемых поверхностей путем целенаправленной технологической подготовки, можно добиться существенного изменения долговечности соединения [2].

Основными факторами, определяющими характер взаимодействия сопряжения, являются величина поля допуска соединяемых деталей и микрорельеф контактирующих поверхностей.

В литературе имеются отдельные рекомендации по назначению посадок для сопряжений, восстановленных полимерными покрытиями [3, 4, 5], но они приводятся для конкретных материалов и часто не учитывают все факторы, оказывающие влияние на характер сопряжений. Поэтому требуется изучение влияния условий нагружения, толщины покрытия, поля допуска сопряжения и шероховатости восстановленных поверхностей на долговечность отремонтированных узлов.

Для восстановления посадочных мест подшипниковых узлов автомобилей с помощью полимерных порошкообразных композиций, обеспечивающих долговечность отремонтированных узлов, необходимо изучить следующие вопросы:

1. Влияние влаги и переменных температур на адгезионную прочность деталей, восстановленных при воздействии ультразвукового поля (УЗП) и без воздействия.

2. Влияние характера соединения подшипника качения с восстановленным посадочным отверстием на долговечность отремонтированных узлов.

На первом этапе изучали стабильности адгезионной прочности получаемых покрытий. Стабильность оценивали изменением адгезионной прочности металло-полимерных соединений выдерживая в гигростате при влажности 95-100% и температурах 40 и 60°C.

Второй этап посвящен изучению долговечности покрытия, нанесенных на натурные детали в зависимости от условий нагружения и толщины покрытия. Испытанию подвергали подшипниковые узлы опор качения, состоящие из подшипникового щита генератора автомобиля и подшипника качения. Номинальный диаметр посадочного отверстия приняли равным 35 мм.

Критерием долговечности служил период времени до момента проворачивания наружного кольца подшипника в посадочном отверстии.

Испытания проводили на установке кинематическая схема которого представлена на рис. 1.

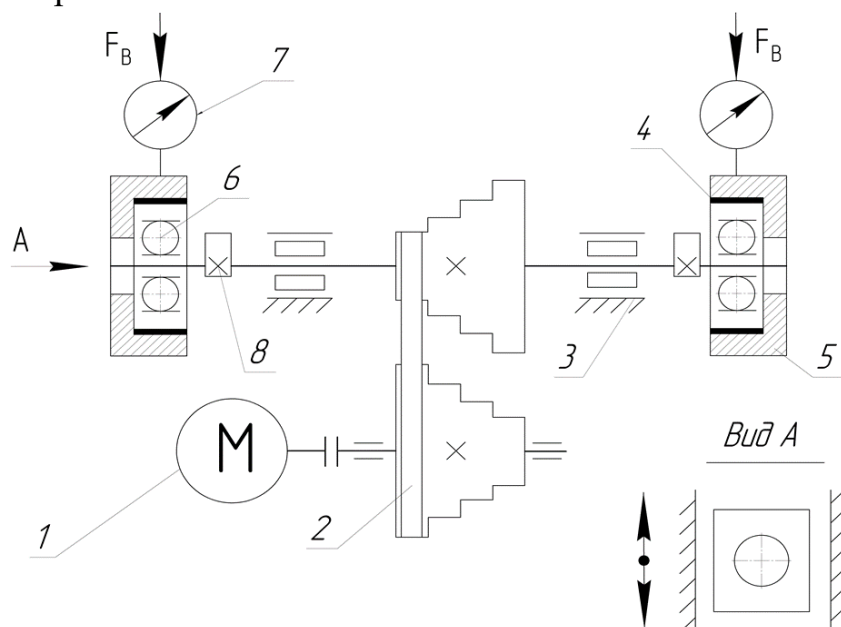


Рис. 1. Кинематическая схема установки для исследования долговечности подшипниковых узлов: 1 – электродвигатель; 2 – клиноременной вариатор; 3 – опорный; подшипники; 4 – испытуемое покрытие; 5 – испытуемые образцы; 6 – подшипник качения; 7 – динамометр, 8 – эксцентрик

Режим испытаний и уровни варьирования выбрали приближенными к условиям эксплуатации восстановленных деталей, которые имели следующие значения:

- вид нагружения – радиальное переменное;
- частота вращения вала – 1800 мин⁻¹;
- толщина покрытия ($\bar{x}_1 = 0,5^{\pm 0,4}$ мм);
- нагрузка на опоры ($\bar{x}_2 = 4^{\pm 3}$ кН).

Условия и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

На третьем этапе исследовали влияние поля допуска сопряжения и шероховатости восстановленных посадочных мест на прочность соединения и долговечность подшипниковых узлов. Одновременно изучали изменение характера посадки восстановленных подшипниковых узлов от способа и количества сборок.

Шероховатость определяли путем обработки профилограмм, полученных на профилографе-профилометре «Калибр 201» по ГОСТ 19300-86 Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры.

Таблица 1 Условия эксперимента и результаты исследования долговечности покрытий от толщины и нагрузки

№ опыта	План в кодированных переменных		План в натуральных переменных		Результаты эксперимента	
	x_1	x_2	\tilde{x}_1 - толщина покрытия, мм	\tilde{x}_2 - нагрузка, кН	$L_{уз}^1$, ч.	L^2 , ч.
1	-1	0	0,1	4	465	310
2	+1	0	0,9	4	365	190
3	+0,5	+0,87	0,7	7	250	10
4	+0,5	-0,87	0,7	1	450	270
5	-0,5	+0,87	0,3	7	300	75
6	-0,5	-0,87	0,3	1	460	360
7	0	0	0,5	4	410	240
8	0	0	0,5	4	400	252
9	0	0	0,5	4	410	252
10	0	0	0,5	4	412	236

Шероховатость оценивали по традиционно применяемому параметру R_a и по параметру формы t_p . Эти параметры наиболее полно характеризуют контактную жесткость прессовых соединений.

Условия контактирования существенно изменяются при многократной сборке соединений. Так как наибольшее смятие микронеровностей происходит при механической сборке, было изучено изменение натяга и шероховатости от значения начального натяга и количества сборок. Исследования проводили по плану, приведенному в табл. 2.

Результаты исследований показали, что покрытия, сформированные в УЗП, обладают более стабильной адгезионной прочностью. Так, покрытия,

¹ долговечность покрытий, сформированных в УЗП

² долговечность покрытий, сформированных без УЗП

сформированные в УЗП отслоились после 340 ч выдержки в гигростате при температуре 60°C и относительной влажности воздуха 95-100%. Покрытия, сформированные без воздействия УЗП, при выдержке в аналогичных условиях, отслоились после 46 ч.

Повышенную стабильность адгезионной прочности покрытий, сформированных в УЗП, можно объяснить увеличением числа адгезионных связей между покрытием и подложкой с одновременным их усилением в результате эффекта ультразвукового воздействия. По-видимому, это достигается тем, что в начальный период образования адгезионного контакта ультразвуковые колебания (УЗК) создают вынужденную конвекцию в расплавленном полимере, разрушают пограничный слой, интенсифицируют удаление газовых включений с поверхности раздела фаз.

Таблица 2 Условия эксперимента и результаты изменения натяга и шероховатости от начального натяга и количества сборок

№ опыта	План в кодированных переменных		План в натуральных переменных		Натяг, мкм	t _{сб} , %
	x ₁	x ₂	\tilde{x}_1 - число сборок	\tilde{x}_2 – начальный натяг, мкм		
1	-1	0	0	50	50	25
2	+1	0	12	50	20	50
3	+0,5	+0,87	9	80	30	70
4	+0,5	-0,87	9	20	10	42
5	-0,5	+0,87	3	80	50	60
6	-0,5	-0,87	3	20	15	35
7	0	0	6	50	25	50
8	0	0	6	50	25	50
9	0	0	6	50	30	45
10	0	0	6	50	25	50

В последующем периоде, после установления молекулярного контакта, ультразвук способствует активации диффузии концов и сегментов макромолекул полимера с одновременной интенсификацией взаимодействий функциональных групп адгезива с ионами металла или оксида, то есть способствует интенсификации межфазных молекулярных сил.

Анализ результатов исследований также показал, что с повышением температуры стабильность адгезионной прочности резко снижается. Так,

покрытия, сформированные без воздействия УЗП, отслоились после 100 ч выдержки при 40°C, а при температуре 60°C - после 46 ч. Аналогичная закономерность наблюдается и для покрытий, сформированных в УЗП.

Долговечность деталей, восстановленных порошковыми полимерными материалами, в значительной степени зависит от условий нагружения и толщины покрытия. Влияние толщины покрытий, сформированных без воздействия УЗП, не зависит от влияния нагрузки или зависит незначительно для покрытий, сформированных в УЗП.

Увеличение нагрузки и толщины покрытия приводит к понижению долговечности, причем нагрузка оказывает наиболее существенное влияние. Максимальная долговечность достигается при минимальной нагрузке и минимальной толщине покрытия.

Долговечность металлополимерных систем, сформированных в УЗП, выше, чем у систем, сформированных без воздействия УЗП. Так, при нагрузке 1 кН и толщине покрытия 0,1 мм долговечность озвученных систем по сравнению с не озвученными выше на 24% и составляет соответственно 470 ч и 378 ч. Это отношение растет и достигает наибольшего увеличения при максимальной толщине и максимальной нагрузке. При одинаковых условиях озвученные покрытия проработали около 170 ч, а неозвученные - не более 10...20 ч.

Таким образом, анализ результатов исследований показал, что полимерные покрытия, сформированные в УЗП, способны выдерживать более высокие нагрузки (до 7 кН) по сравнению с аналогичными покрытиями, но не озвученными. Долговечность таких покрытий выше и менее зависима от толщины слоя полимера.

При разработке технологического процесса необходимо учитывать, что покрытия, имеющие небольшую толщину (0,1...0,4 мм) и подвергающиеся нагрузкам до 4 кН, могут успешно работать и без их обработки УЗК, т.е. при назначении ультразвукового воздействия необходимо учитывать условия эксплуатации восстановленных деталей.

Библиографический список

1. Зорин В.А., Павлов А.П., Синельников А.Ф. и др. Ремонт подъёмно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования. Москва: Академия, 2021. 336 с.
2. Ляхов Е.Ю., Зорин В.А. Повышение эффективности эксплуатации дорожных машин и автомобилей за счет применения ремонтных полимерных материалов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2021. № 1. С. 39-43
3. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для ВУЗов. Москва: Академия, 2015. 208 с.

4. Щетинин М.В. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники адгезивом: дисс. канд. техн. наук. Мичуринск. 2008. 146 с.

5. Бочаров А.В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники адгезивами, наполненными дисперсными металлическими порошками: дисс. канд. техн. наук. Мичуринск. 2009. 150 с.

6. Малюгин В.А. Восстановление посадок подшипников качения автомобилей нанокompозитом на основе анаэробного герметика АН-111. автореф.дис. канд. техн. наук. Мичуринск-наукоград. 2019. 21 с.

7. Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов. Ленинград: Машиностроение, 1988. 224 с.

8. Баурова Н.И., Макаров К.А. Механическая обработка деталей машин из полимерных композиционных материалов // Технология металлов, № 2, 2017. С. 15-19.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНАЭРОБНЫХ ПРОПИТЫВАЮЩИХ СОСТАВОВ НА ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ РЕССОРЫ

Маренков И. Г., аспирант

Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет» (МАДИ), г. Москва, Россия

В конструкции дорожно-строительных машин (ДСМ) в настоящее время широкое распространение находят пневматические подвески. Данный тип подвески обладает неоспоримыми преимуществами перед традиционной механической подвеской. Однако, большое количество неметаллических элементов в конструкции пневматической подвески накладывает существенные ограничения на условия эксплуатации ДСМ с данным типом подвески.

Одним из главных неметаллических элементов данной подвески является пневматическая рессора. Неметаллическая часть данной рессоры существенно ограничивает температуру, при которой можно безопасно эксплуатировать пневматическую подвеску. Данная проблема становится наиболее острой при эксплуатации ДСМ в Арктике.

Одним из способов увеличения долговечности неметаллических элементов подвески дорожно-строительных машин является использование полимерных пропитывающих материалов.

При проведении литературного обзора для пропитки резиновых элементов была выбрана пластичная смазка общего назначения Солидол (более дешевая технология) и анаэробный пропитывающий состав марки АН-1У (более дорогая технология) [1]. Эти составы позволяют улучшить морозостойкость резиновых элементов. Интервал температур применения у Солидола $-25...+65$ °С, а у анаэробного состава АН-1У $-60...+150$ °С. Разработчиком и изготовителем данного герметика является НИИ Полимеров имени академика В.А. Каргина [2].

Для оценки упруго-прочностных характеристик были изготовлены образцы из резиновой части пневматической рессоры, которая наиболее подвержена износу и растрескиванию. Всего было изготовлено 6 партий образцов. Образцы трех партий были пропитаны солидолом и АН-1У, другие три партии не были пропитаны. После этого часть образцов хранилась при комнатной температуре, другая часть выдерживалась при -30 °С, другая часть при -50 °С.

В таблице 1 приведены результаты проведенного эксперимента. Методика расчета коэффициентов жесткости и морозостойкости приведена в работе [3].

Анализируя результаты эксперимента, можно увидеть, что разрывная нагрузка у образцов без пропитки при отрицательной температуре значительно выше, чем у образцов, испытанных при комнатной температуре. Этот характер изменений является закономерным, так как эксперимент проводился в области отрицательных значений температур, находящихся выше температуры хрупкости исследованного материала, прочность возрастает [4-5].

При температуре -30 °С результаты получились неоднозначными, по ним можно сделать вывод, что все пропитывающие вещества ухудшают результаты. При примерно одинаковом разрывном усилии значительно уменьшилась величина удлинения образцов. Это в свою очередь привело к ухудшению показателей коэффициентов жесткости и морозостойкости.

Испытания при температуре -50 °С показали, что пропитывающие вещества улучшают стойкость резиновой части пневматической рессоры к воздействию отрицательных температур. По результатам этих испытания видно, что пропитка солидолом и анаэробом Анатерм-1У, нанесенным без использования специальных средств и технологий, позволили улучшить коэффициент морозостойкости в 2 раза. А образцы, пропитанные анаэробом в вакууме, показывают результаты сравнимые с резиной без пропитки при -30 °С. Это свидетельствует о том, что анаэроб проник в материал резиновой части

пневматической рессоры и улучшил ее эксплуатационные свойства при работе в условиях арктического климата [6].

На приведенных фото (рис.1) представлены микроструктуры рассматриваемых образцов в исходном состоянии (рис. 1, а) и после выдержки при температуре -30°C в течение 10 дней (рис. 1, б). На фото хорошо видно, что при отрицательных температурах, даже после 10-ти дневной выдержки, увеличивается количество и размер пор, что в дальнейшем приведет к ухудшению деформационных свойств и растрескиванию материала.

Таблица 1. Результаты деформационно-прочностных испытаний образцов резиновой части пневматической рессоры при различных температурах

Условия	Пропитка	Среднее значение максимальной		Коэффициент жесткости, $k_{ж}$	Коэффициент морозостойкости, $k_{м}$
		разрывной нагрузки, Н	деформации, мм		
+25 °С	без пропитки	524	132	3,97	-
	солидол	382	135	2,83	-
	АН-1У (ручная пропитка) ПР	456	109	4,18	-
	АН-1У (пропитка под вакуумом) ПВ	371	144	2,58	-
-30 °С	без пропитки	749	136	5,51	0,82
	солидол	760	86	8,84	0,48
	АН-1У (ПР)	829	84	9,87	0,44
	АН-1У (ПВ)	564	85	6,64	0,60
-50 °С	без пропитки	1229	111	11,07	0,18
	солидол	1215	100	12,15	0,36
	АН-1У (ПР)	1075	94	11,43	0,38
	АН-1У (ПВ)	796	133	6,00	0,76

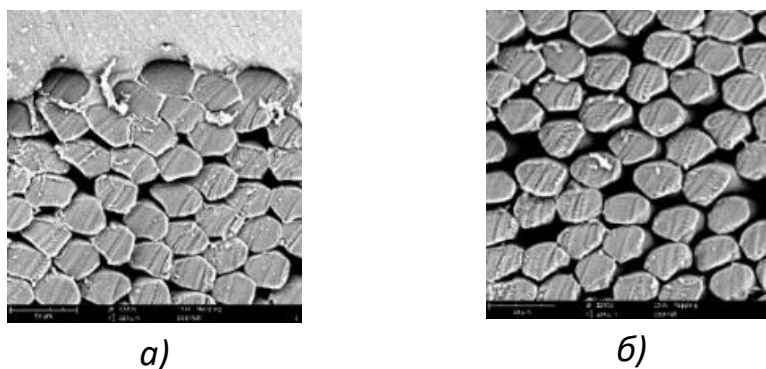


Рис. 1. Фото микроструктуры материала пневматической рессоры в исходном состоянии (а) и после выдержки при температуре -30°C в течение 10 дней (б).

На рис. 2 хорошо видно, как меняется структура пропитанной зоны образца после выдержки при температуре -30°C в течение 10 дней. А также показано, что использование анаэробного пропиточного состава позволяет минимизировать растрескивание материала при отрицательных температурах [7].

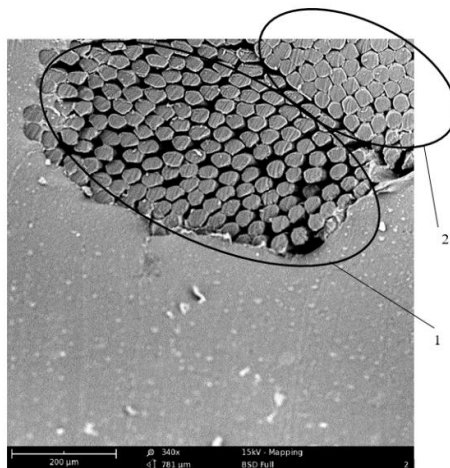


Рис. 2. Фото микроструктуры материала пневматической рессоры после выдержки при температуре -30°C в течение 10 дней: 1 – непровитанная зона, 2 – зона пропитки анаэробным составом

Таким образом, по полученным результатам можно сделать вывод, что применение полимерных пропитывающих составов при изготовлении и эксплуатации пневматической рессоры позволяет значительно улучшить способность резиновой части сопротивляться воздействию отрицательных температур. Применение этих составов является одним из самых перспективных способов увеличения ресурса и долговечности неметаллических элементов пневматической подвески дорожных машин и обеспечивает их безопасную эксплуатацию в условиях Арктики.

Материал подготовлен в рамках проведения научных исследований по проекту FSFM-2020-0011.

Библиографический список

1. 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.
2. Козлова И.И. К 70-летию НИИ полимеров имени академика В.А. Каргина / И.И. Козлов, В.П. Луконин // Клеи. Герметики. Технологии. – 2019. – №7. – С.2.
3. Маренков И.Г. Исследование стойкости неметаллических элементов пневматической подвески машин к воздействию отрицательных температур / И.Г. Маренков, Н.И. Баурова // Вестник МАДИ – 2020. – №4 (63). – С. 29.
4. Коноплин, А.Ю. Климатическая технологичность полимерных композиционных материалов, используемых при ремонте машин / А.Ю. Коноплин, Н.И. Баурова // Технология металлов. – 2019. – №3. – С. 44.
5. Нелюб, В. А. Материалы и технологии, эффективные в условиях Арктики при проведении ремонтных работ / В.А. Нелюб, А.Ю. Коноплин // Клеи. Герметики. Технологии. – 2018. – №6. – С. 28.
6. Маренков, И. Г. Оценка влияния условий нанесения пропитывающих составов на эксплуатационные свойства неметаллических элементов пневматической подвески машин / И. Г. Маренков, Н. И. Баурова // Вестник МАДИ. – 2021. – №2 (65). – С. 37.
7. Маренков, И. Г. Применение пропитывающих составов при обслуживании элементов подвески дорожных маши, изготовленных из неметаллических материалов / И. Г. Маренков, Н. И. Баурова // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2020. – №8. – С. 18-22.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ТРИБОСИСТЕМ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Маркевич В. Н., студент

Научный руководитель: Воронина И. В., старший преподаватель

Научный консультант: Густов Ю. И., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

Введение. Коэффициент трения скольжения относится к основным показателям трибомеханических систем, определяющим силу трения, коэффициент полезного действия, износостойкость и долговечность рабочих органов и подвижных сопряжений строительной техники. Его определение является актуальной задачей машиностроения.

Значение τ_c определяется в зависимости от исходной микротвердости (H_0) по формуле [4,5]

$$\tau_c = 2040 / \left(1 + e^{-3,3 \cdot 10^{-4} (H_0 - 1400)} \right) - 840,$$

фактическое давление на контакте принимается равным половине поверхностной микротвердости (H_s)

$$P = 0,5H_s,$$

Цель работы - расчетное определение коэффициента трения скольжения по выражению (1) и их сопоставление со значениями по (6) и экспериментально определенными.

Результаты исследования. В таблице 1 приведены значения коэффициентов трения скольжения ножей дорожной фрезы с шарнирными лопатками [6]

В результате сделаны выводы.

1. Для повышения износостойкости ножей дорожной фрезы целесообразно использовать в качестве основного материала нормализованную сталь 45 невысокой твердости с наплавлением на нее металлов повышенной и высокой твердости: такая двухслойная конструкция обеспечивает самозатачивание (самозатачивание) ножей в процессе фрезерования грунтов, что снижает его энергоемкость.

2. Парциальный микроизнос (D_a) основного и наплавленных металлов уменьшается с повышением технологической (начальной) твердости (H_0). Наибольшую твердость и наименьший парциальный микроизнос имеют наплавки порошковой лентой ПЛ-400Х38ГЗРТЮ и электродами Т-620, КБХ-45 и Х-5.

3. Расчетные по формуле (1) значения коэффициента трения вполне удовлетворительно согласуются с величинами, определенными по условию (4). Расхождение находится в пределе $\Delta=1,02-24,5$ % при среднем отклонении $\Delta=11$ %. Необходимо отметить, что определение коэффициента трения по выражению (1) адекватно экспериментальным профилограммам изношенных поверхностей трения, методически логично и оперативнее в вычислении.

4. Значения коэффициентов трения положительно коррелируют с линейным износом материалов (J_h): меньшим коэффициентам трения соответствуют большие значения износа и, наоборот. Меньшие износы имеют наплавки ПЛ-400Х38ГЗРТЮ, Т-620, КБХ-45 и Х-5. Их относительная износостойкость (ε) при эталонной поршневой ленте ($\varepsilon=1$) соответственно $\varepsilon=0,95; 1,21$ и $1,56$.

5. На основании п.4. указанные наплавленные материалы рекомендуются для автоматической и ручной электродуговой наплавки ножей из нормализованной стали марки 45 технологической поверхности $H_0=2250$ МПа.

В таблице 2. представлены коэффициенты трения скольжения наплавленных пальцев шарниров черпающего аппарата строительной драги [7,8].

Таблица 1 Коэффициенты трения скольжения ножей дорожной фрезы

Материал	H_0 , МПа	D_a	f по (1)	f по (4)	Δ ,%	ε	J_h , мм
Сталь 45	2250	0,55	0,234	0,196	19,40	0,265	61,56
10Г13Л	4200	0,60	0,217	0,230	5,65	0,418	39,06
И-1	6000	0,68	0,200	0,257	22,2	0,44	36,70
И-2	4450	0,56	0,231	0,206	12,1	0,45	36,18
Э-1	4600	0,64	0,203	0,193	5,18	0,69	21,71
ВСН-6-8	5000	0,65	0,199	0,260	23,5	0,93	17,58
СКБ	5000	0,60	0,217	0,240	9,60	0,73	22,40
ЦН-16	5500	0,54	0,237	0,253	6,32	0,79	20,69
ПЛ-400Х38 ГЗРТЮ	8000	0,49	0,253	0,0250	1,20	1,0	16,31
Т-620	8200	0,38	0,284	0,262	2,20	0,95	17,10
КБХ-45	10600	0,35	0,292	0,0295	1,02	1,21	13,44
Х-5	11300	0,34	0,315	0,253	24,5	1,56	10,43

Таблица 2 Коэффициенты трения скольжения шарнирных пальцев строительной драги

Материал	H_0 , МПа	D_a	f по (1)	f_e	Δ ,%	h , мкм
ПП-Нп100Х4Г2АР	8400	0,469	0,259	0,31	19,7	137
ВСН-12	7500	0,574	0,226	0,22	2,73	146
ОМГ-Н	4700	0,404	0,278	0,22	26,4	184
ВСН-6	6200	0,408	0,277	0,25	10,8	160
ОЗШ-1	5600	0,433	0,270	0,25	8,00	168
ОЗИ-1	7300	0,407	0,277	0,24	15,4	147
НГ-2	6500	0,463	0,261	0,28	7,28	156
Х-5	10400	0,304	0,304	0,31	2,07	123
Т-620	7200	0,458	0,263	0,21	25,2	148
ОЗН-6	5300	0,510	0,247	0,29	14,8	173
Д-5*	6700	0,360	0,289	0,25	15,6	154

*Д-5 (45ХН2МФА-Ш) - материал втулок пар трения.

По результатам таблицы 2 формулируются следующие выводы:

1. Для шарнирных пар наплавленные пальцы - втулки из стали Д-5 наименьшие парциальные величины микроизноса (D_a) отмечаются для пальцев наплавленных электродами Х-5 ($D_a=0,304$), ОМГ-Н ($D_a = 0,404$), ОЗИ-1 ($D_a = 0,407$) и ВСН-6 ($D_a = 0,408$) при $D_a = 0,360$ для втулок.

Близкие значения парциального микроизноса пальцев и втулок свидетельствуют о практически одинаковой износостойкости парциальных элементов. Ускоренное изнашивание испытывают остальные пальцы.

2. Меньшим парциальным величинам D_a соответствуют большие значения коэффициентов трения скольжения: при $f=0,289$ для втулок из стали Д-5 указанные в п.1. наплавленные пальцы имеют $f=0,304; 0,278; 0,277$.

3. Расчетные по выражению (1) значения коэффициентов трения подтверждаются экспериментальными величинами (f_e): расхождение в пределах $\Delta=2,07-26,4$ % при среднем $\Delta=13,5$ %.

4. Глубина пластической деформации (h) от внедрения абразивных частиц в поверхность трения до их разрушения достигает значений $h=123-184$ мкм; наименьшая глубина отличается для пальцев с наплавкой Х-5 при глубине пластической деформации втулки $h=154$ мкм; меньшие значения имеют наплавки ОЗИ-1 ($h=147$ мкм), ВСН-12 ($h=146$ мкм), Т-620 ($h=148$ мкм). Перечисленные наплавки рекомендуются для практического использования с целью повышения износостойкости и долговечности шарниров.

Заключение. Коэффициенты трения скольжения могут служить критерием износостойкости трущихся элементов: с увеличением коэффициента трения износостойкость деталей возрастает. Этому свидетельствует снижение парциальных величин микроизноса и уменьшение глубины пластической деформации от абразивных неразрушающихся частиц.

Для ножей дорожной фрезы с целью повышения их износостойкости и долговечности рекомендуются наплавки поршневой проволокой марки ПЛ-400Х38ГЗРТЮ и покрытыми электродами Х-5, ОЗИ-1 и ВСН-6.

Предложенный способ экспериментально-расчетного определения коэффициентов трения скольжения по парциальным величинам микроизноса и микрометалла представляется физически объяснимым, логичным, непосредственно связанным с фактической микротопографией поверхностей трения.

Библиографический список

1. Густов Ю.И. Микротопографические показатели поверхностей трения строительных машин и оборудования / Ю.И. Густов, К.А. Любушкин, А.А. Орехов // Вестник МГСУ, 2013, №9, С. 179-184.

2. Густов Ю.И. Триботехнические показатели рабочих органов и сопряжений строительной техники / Ю.И. Густов, И.В. Воронина // Строительные и дорожные машины, 2020, №9, С. 28-33.
3. Рыбакова Л.И. Структура и износостойкость металла / Л.И. Рыбаков, Л.И. Куксенова М. : Машиностроение. 1982. - 212 с.
4. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ/ И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов.: М. : Машиностроение, 1977. - 526 с.
5. Густов Ю.И. Триботехника строительных машин и оборудования: Монография / Ю.И. Густов М. : Москов. строит. ун-т., МГСУ, 2011, 192 с.
6. Густов Ю.И. Проблемы трибологии строительной и дорожной техники / Ю.И. Густов // Автомобильный транспорт Сб. научн. тр. - Вып.5. Серия: Совершенствование машин для земляных и дорожных работ. - Харьков. 2000, С. 100-102.
7. Лешков В.Г. Теория и практика разработки россыпей многочерпаковыми драгами / В.Г. Лешков М.: Недра, 1980. -352 с.
8. Густов Ю.И. Выбор материалов для шарниров черпающего аппарата драг / И.Ю. Густов, С.С. Абдуллоев, А.Д. Обилин // Колыма, 1989, №12, С. 27-29.

ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РЕМОНТА МАШИН

Мухин В. В., аспирант

*Научный руководитель: Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия*

При эксплуатации дорожно-строительных машин (ДСМ) в условиях воздействия агрессивных сред, возникают дефекты в виде трещин на корпусных элементах и деталях машин, прогаров и нарушения геометрии отверстий. Ремонт элементов ДСМ, работающих во влажной и агрессивной среде производят традиционным способом и с помощью нанесения полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Применение полимерных композиционных материалов позволяет не только восстановить изделие, полимерное покрытие позволяет предотвращать появление коррозии в зоне ремонта.

Для оценки защитных свойств полимерных композиционных материалов, используемых для ремонта ДСМ был проведен эксперимент по определению

коррозионной стойкости деталей, восстановленных с использованием ПКМ [1-2].

На основании обзора литературы, для проведения эксперимента, были выбраны ПКМ на основе эпоксидного связующего и наиболее распространенных дисперсных (алюминиевая пудра, углесодержащий порошок) и волокнистых (стеклоткань, углеткань) наполнителей [4-7].

Было изготовлено два типа образцов, на которых были имитированы один из самых распространенных дефектов, трещины, длиной 5 мм и 40 мм (рис. 1)

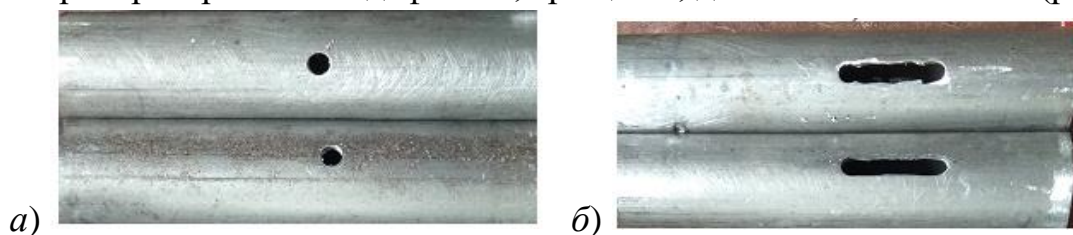


Рис. 1. Фото образцов с дефектами для проведения испытаний:
а – размер трещины 5 мм, б – размер трещины 40 мм

Трещины длиной 5 мм восстанавливались с помощью дисперсно-наполненных ПКМ (в качестве наполнителя использовалась алюминиевая пудра ПАП 1 и углесодержащий порошок). Концентрация наполнителей составила 10 мас. с.

Трещины длиной 40 мм, восстанавливались с помощью волокнисто-наполненных ПКМ (в качестве наполнителя использовалась стеклоткань марки ТСП – 160 и углеткань марки 12 К)

В качестве связующего для всех типов образцов использовалась эпоксидная смола марки ЭД-20. Отверждение всех образцов осуществлялось при комнатной температуре.

Одна серия образцов (контрольная) была восстановлена с помощью эпоксидной смолы без наполнителя, эта серия образцов являлась эталонной и использовалась для сравнения. Фото образцов, восстановленных различными типами ПКМ приведено на рис. 2.

Образцы, восстановленные полимерными композиционными материалами с различными наполнителями, а также эталонный образец, были помещены в условия влажной среды на 120 суток при температуре +25°C и относительной влажности воздуха 98%. Образцы извлекались каждые 30 суток и на них фиксировались коррозионные изменения. По окончании срока выдержки образцов во влажной среде, образцы были извлечены и просушены в течение трое суток.

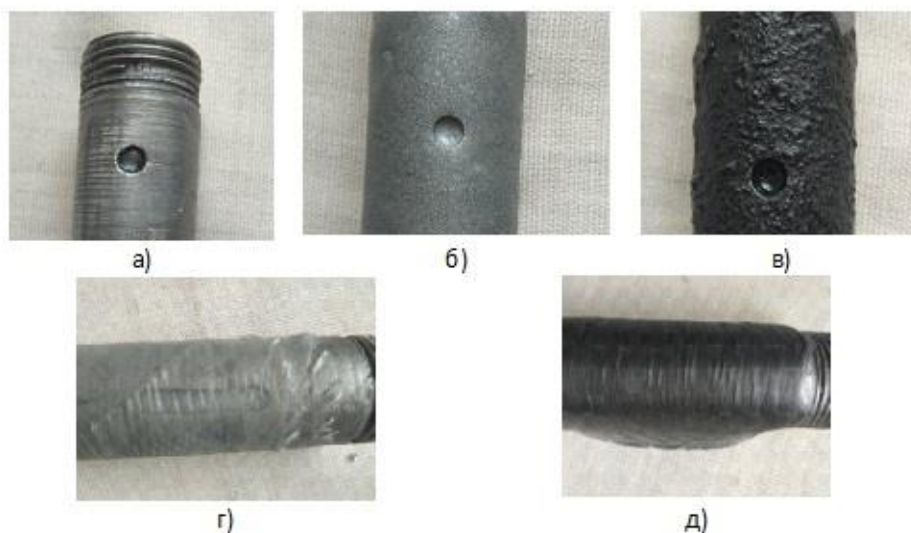


Рис. 2. Фото образцов, восстановленных различными типами ПКМ: *a* – эпоксидная смола без наполнителя (эталонный образец); *б* – наполнитель алюминиевая пудра; *в* – наполнитель углеродистый; *г* – армирование стеклотканью, *д* – армирование углетканью

Затем для оценки состояния металла под поверхностью покрытия, на поверхности полимерного покрытия были сделаны надрезы.

После рассмотрения образцов под микроскопом, видно, что поверхность образцов не покрытая полимерным материалом, сильно корродировала (рис. 3-7, *a*). После удаления слоя ремонтного материала, коррозии либо не обнаружено, либо коррозия была незначительная (рис. 3-7, *б*).

Результаты рисунков приведены на рисунках 3-7.

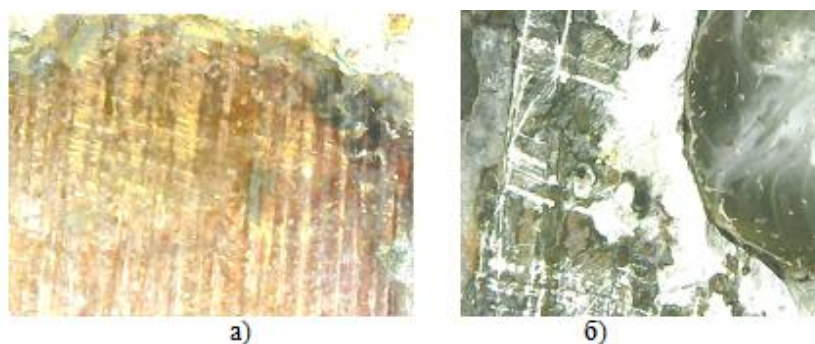


Рис. 3. Фото поверхности образца, восстановленного с использованием эпоксидного материала без наполнителя после 120 дней выдержки в воде: *a* – фото участка металла без покрытия полимерным материалом; *б* – фото поверхности металла после удаления ремонтного состава



Рис. 4. Фото поверхности образца, восстановленного с использованием ПКМ с алюминиевой пудрой после 120 дней выдержки в воде: *а* – фото участка металла без покрытия полимерным материалом; *б* – фото поверхности металла после удаления ремонтного состава

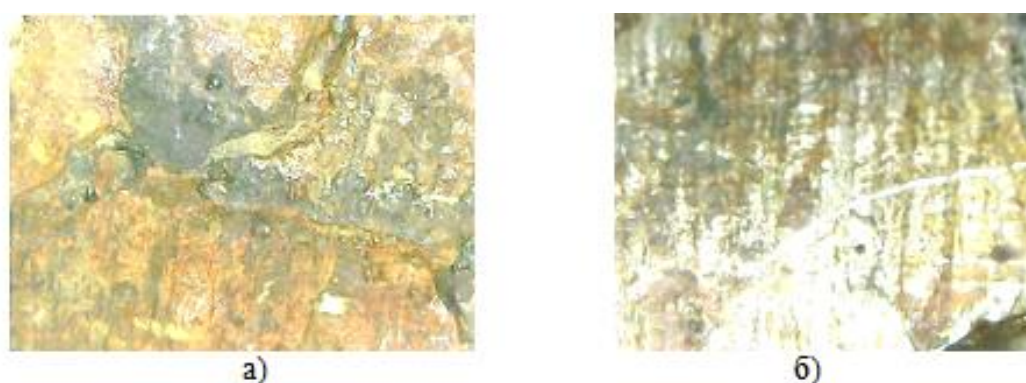


Рис. 5. Фото поверхности образца, восстановленного с использованием ПКМ с углесодержащим порошком после 120 дней выдержки в воде: *а* – фото участка металла без покрытия полимерным материалом; *б* – фото поверхности металла после удаления ремонтного состава

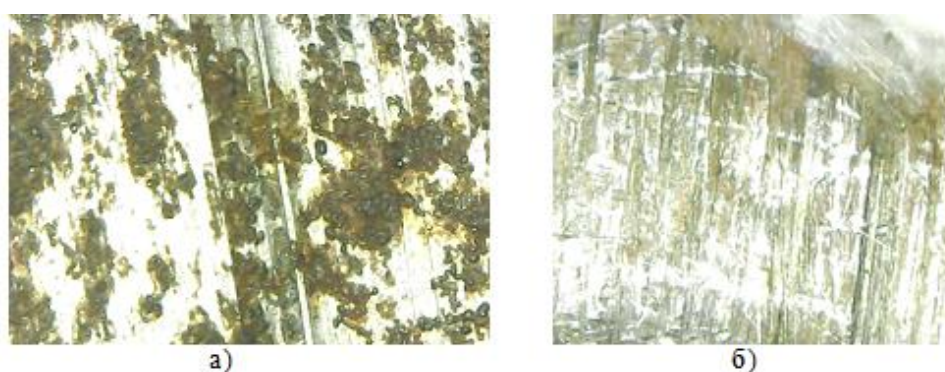


Рис. 6. Фото поверхности образца, восстановленного с использованием ПКМ со стеклотканью после 120 дней выдержки в воде: *а* – фото участка металла без покрытия полимерным материалом; *б* – фото поверхности металла после удаления ремонтного состава

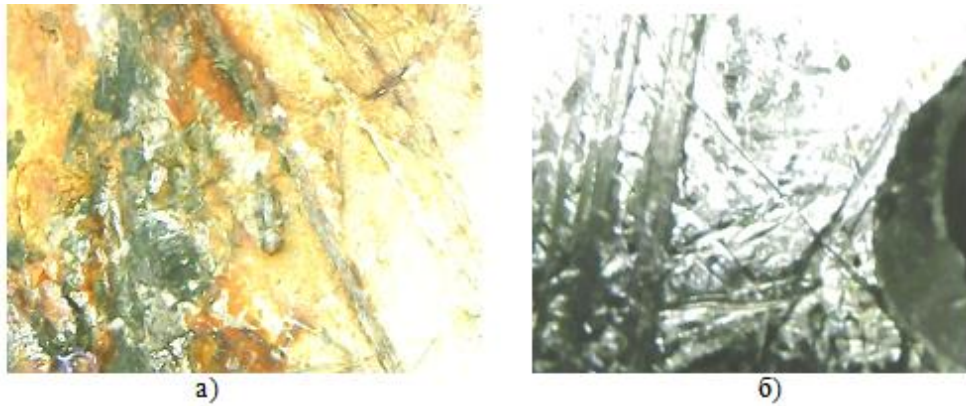


Рис. 7. Фото поверхности образца, восстановленного с использованием ПКМ с углетканью после 120 дней выдержки в воде: *а* – фото участка металла без покрытия полимерным материалом, *б* – фото поверхности металла после удаления ремонтного состава

Минимальное количество коррозионных повреждений обнаружено у образцов, армируемых тканями наполнителями (рис. 5, 6, г); Из дисперсно-наполненных ПКМ наилучшую стойкость к воздействию влаги продемонстрировали образцы, в которых в качестве наполнителя использовалась алюминиевая пудра. Таким образом, можно сделать вывод, что полимерные композиционные материалы обеспечивают защиту восстановленного участка от коррозии.

Библиографический список

1. Мухин В.В. Ремонт деталей дорожно-строительных машин, работающих во влажной среде / В.В. Мухин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2021.- № 2. - С.9.
2. Мухин В.В. Экспериментальные исследования материалов, используемых для ремонта элементов дорожно-строительных машин, работающих во влажной среде / В.В. Мухин // Строительные и дорожные машины. -2021.- №11. - С.19.
3. Пахомов В.С. Коррозия металлов и сплавов: – М. – Л., изд. «Наука и технологии», 2013. – 448с.
4. Рудской А.И. Композиционные материалы и покрытия / А.И. Рудской, А.А. Попович, А.В. Григорьев: Учеб. пособие. СПб, 2017. – 223 с.
5. Акаев М.М. Действия агрессивных жидких сред на композиты полипропилен Fe/FeO / М.М. Акаев // Известия Чеченского государственного университета. –2018. – №2. – С. 26.
6. Коноплин А.Ю. Климатическая технологичность полимерных композиционных материалов, используемых при ремонте машин / А.Ю. Коноплин, Н.И. Баурова // Технология металлов. - 2019. - № 3. - С. 44.

7. Волченкова, А.А. Оценка влияний условий хранения дисперсных наполнителей на свойства композитов на их основе / А.А. Волченкова, В.В. Мухин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2021. - № 9. С. 44.

ОБОСНОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА МТП

Редько А. С., магистрант

Научный руководитель: Каранетян М. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Общая потребность машинно-тракторного парка в обслуживании может быть представлена как поток требований от отдельных машин на выполнение плановых (предупредительных) воздействий и устранение последствий внезапных отказов. Изучение потока требований является предметом теории надежности. Поэтому для обоснования оценки этой потребности необходимо руководствоваться основными ее положениями.

В качестве основной стратегии назначения ремонтно-обслуживающих работ принята стратегия, позволяющая в соответствии с результатами оценки технического состояния конкретного узла или конкретной машины осуществить профилактические ремонтно-обслуживающие операции с наибольшей эффективностью, уменьшить "плату" за безотказность эксплуатации за счет более полного использования остаточного ресурса предупредительно заменяемых узлов и деталей [1-2].

Изучение режима функционирования системы технического обслуживания и ремонта в сельскохозяйственном производстве позволяет определить количественные показатели, характеризующие ее функционирование. Одной из основных характеристик является среднее время пребывания машины в обслуживании. Другой характеристикой системы технического обслуживания может служить доля времени, в течение которого находящаяся в функциональной готовности система из-за отсутствия заявок на обслуживание простаивает.

Эти характеристики обслуживающей системы позволяют оценивать ее с позиций объекта обслуживания (машины), оценивая при этом и степень загруженности системы. Естественно, чем продолжительнее пребывание заявки в обслуживании, тем меньше доля времени, в течение которого обслуживающая система оказывается вынужденной бездействовать, и наоборот. Путем

варьирования операционными характеристиками обслуживающей системы может быть достигнут разумный компромисс между указанными выше вариантами соотношения потока требований на обслуживание с обслуживающей системой. Эти задачи решаются с помощью моделей массового обслуживания [3].

Во многих случаях рассматриваются потоки требований, обладающие некоторыми простыми свойствами. Необходимость этого вызвана тем, что для систем массового обслуживания с произвольным законом распределения интервалов потоков требований аналитические выражения, определяющие параметры функционирования обслуживающей системы, приводят к сложным вычислениям, а иногда и совсем не описываются в конечной форме. Такими условиями, исключаяющими трудности с определением характеристик и параметров потоков требований являются: постоянство интенсивности потока в течение обусловленного периода; возникновение одновременно не более одного требования; взаимозависимость и показательное распределение промежутков времени между возникновениями требований. Совокупность этих условий обеспечивает описание законов распределения таких потоков формулой Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t},$$

где k - количество требований, поступающих за время t ;

$P_k(t)$ - вероятность поступления за время t k - требований.

Применительно к специфике эксплуатации тракторов в сельскохозяйственном производстве первому условию поток требований в большинстве случаев не отвечает. Исследованиями доказано, что достаточно сложить четыре-пять потоков, чтобы получить поток, которым можно оперировать как простейшим. Очевидным является соблюдение третьего условия и для случая, когда рассматривается независимость выхода из строя одного трактора при групповой работе от поломки любого другого.

Время обслуживания зависит от нестабильной работы средств обслуживания, непостоянства и не идентичности поступающих в систему требований и является случайной величиной, распределение которой в общем виде описывается выражением:

$$F(t) = P(t_{\text{обс}} < t),$$

где $P(t_{\text{обс}} < t)$ – вероятность того, что $t_{\text{обс}}$ не превосходит некоторой величины времени t .

Трактора в процессе эксплуатации порождают потоки требований на ТО или ремонт, устранение которых за определенное время соответствующими средствами производится в обслуживающей системе. Особенности работы тракторов в условиях хозяйств обуславливают конечное число требований, и неограниченность времени ожидания начала обслуживания. В этом случае система имеет свойство и качество замкнутой системы массового обслуживания с ожиданием. Все изменения, происходящие в этой системе, могут быть рассмотрены в виде переходящих ее состояний, что дает возможность построить математическую модель процесса обслуживания, формализовать входящий поток требований и описать структурную схему обслуживания [4-7].

Таким образом, проведенные исследования позволили теоретически описать основы эффективной производственной и технической эксплуатации машинно-тракторного парка.

Библиографический список

1. Карапетян, М. А. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 216 с. – ISBN 978-5-89231-437-4.

2. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : Монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко ; Российский государственный аграрный университет - московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. – Москва: ООО "Издательство "Спутник+", 2015. – 116 с.

3. Мочунова, Н. А. Вопросы оптимизации производственных процессов в ремонтном производстве сельскохозяйственного парка / Н. А. Мочунова, М. А. Карапетян // Международный технико-экономический журнал. – 2017. – № 6. – С. 101-106.

4. Апатенко, А. С. Повышение технической готовности машин мелиоративного комплекса за счет оптимизации ремонтно-технических воздействий / А. С. Апатенко, Н. И. Владимировна // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 113. – С. 116-120.

5. Апатенко, А. С. Анализ причин простоев и отказов агрегатов для выполнения культуртехнических работ / А. С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 14-17.

6. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и

технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 144 с.

7. Карапетян, М. А. Совершенствование технологий и управление технологическими процессами сельскохозяйственного производства: Учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин, М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва: Компания Спутник+, 2005. – 161 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ FORMAX И TOTAL CF5

Сапрунова Д. А., студент,

Нефёлов И. С., ст. преподаватель

Научный руководитель: Зорин В. А., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия

Использование аддитивных технологий – один из ярчайших примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство. 3D-печать становится будущим эпохи производства. Это связано с тем, что существует множество различных процессов, которые подходят для различных типов материалов [1].

Материалов для печати большое множество, а их характеристики могут отличаться от тех, которые устанавливает разработчик. Свойства конструкционного материала могут отличаться под влиянием многих факторов, начиная от параметров режима изготовления (параметров печати) до влажности в помещении.

Основная *цель проведенного исследования* – определение механических характеристик конструкционных полимерных композиционных материалов, методом испытания на растяжение с применением универсальной испытательной машины УТС-110М-5-0 по ГОСТ 11262-2017. Для испытания было выбрано два полимерных композиционных материала: *Formax* и *TOTAL CF-5*. [2]

TOTAL CF-5 — это ударопрочный угленасыщенный (5%) композит на основе TPU для печати шестерен и других механически нагруженных деталей. Обладает высокой химической стойкостью к растворам кислот и щелочей, жирам, маслам, ксилолу, бензину, керосину.

Formax – инженерный термопластик на основе ABS с добавлением углеродных волокон (до 15%), способный выдерживать большие нагрузки и высокие температуры. Основное достоинство угленасыщенного ABS пластика *Formax* – простота и стабильность печати.

Образцы для испытания были напечатаны на принтере PICASO Designer X в количестве 5 штук на каждый материал, и имели форму и размер, которые представлены на рисунке 1.

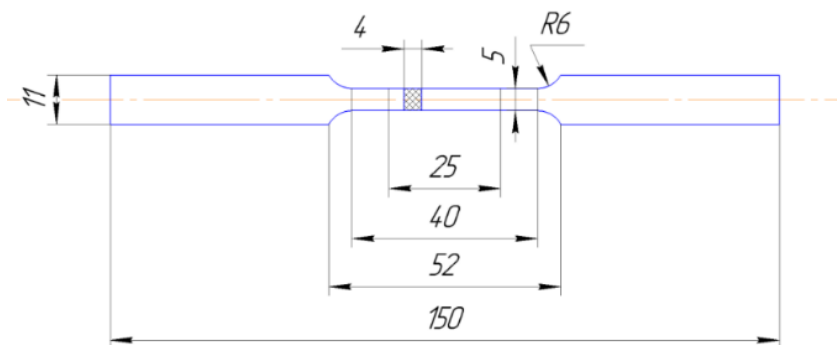


Рис. 1. Форма и размеры образца для испытаний на прочность при растяжении

При изготовлении образцов для оценки коэффициента заполнения были выбраны следующие параметры режима печати образцов: скорость 45 мм/с; толщина слоя 0,1 мм; модификатор подачи 1.

В таблице 1 приведены результаты испытаний.

Таблица 1 Прочностные характеристики *Formax* и *TOTAL CF-5*

Образец	Ширина, мм	Толщина, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Максимальное усилие, Н	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, МПа	Абсолютная деформация при разрушении, мм	Относительная деформация при разрушении, %
Formax 1.1	5	4	20	926,6	46,33	1555,7	3,042	4,3
Formax 1.2	5,2	4	20,8	905,4	43,529	1471,3	2,717	3,9
Formax 1.3	5,2	4	20,8	910,2	43,76	1487,3	2,515	3,6
Formax 1.4	5,2	4	20,8	912,7	43,88	1504	2,612	3,7
Formax 1.5	5,2	4	20,8	907	43,606	1499,4	2,553	3,6
Среднее					44,2	1500		3,82
TOTAL CF5 2.1	4,9	4	19,6	869,2	44,347	967,21	9,105	13,0
TOTAL CF5 2.2	4,9	4	19,6	873,9	44,587	821,19	9,63	13,8

Образец	Ширина, мм	Толщина, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Максимальное усилие, Н	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, МПа	Абсолютная деформация при разрушении, мм	Относительная деформация при разрушении, %
TOTAL CF5 2.3	5	4	20	925,1	46,255	745,62	8,641	12,3
TOTAL CF5 2.4	4,9	4	19,6	906,5	46,25	780,76	8,573	12,2
TOTAL CF5 2.5	5	4	20	902,5	45,125	781,83	8,625	12,3
Среднее					45,3	819		12,7

Результаты представлены в виде графиков на рисунке 3

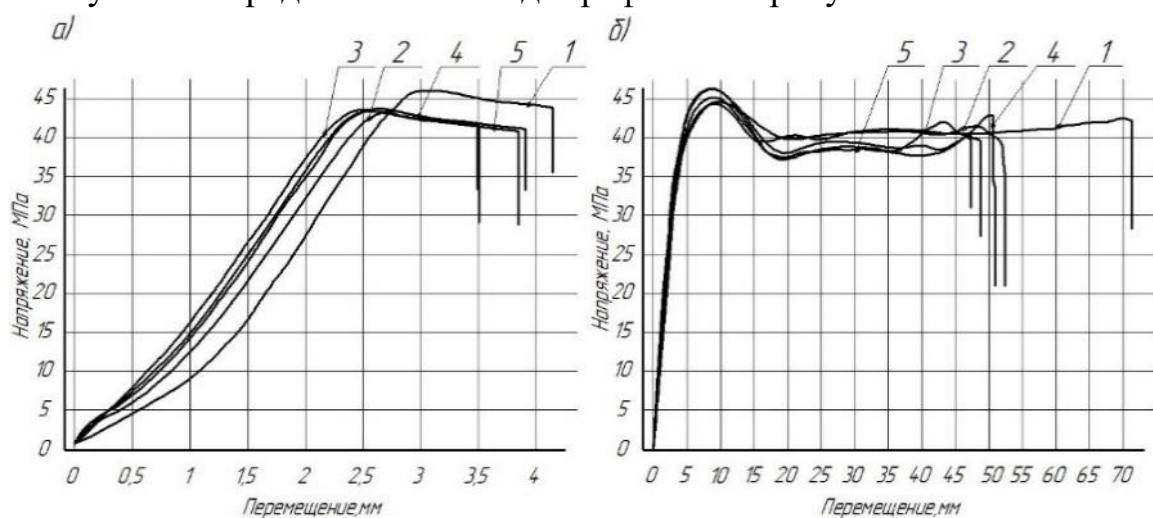


Рис. 2. Графики результатов испытаний образцов из материалов:
а) Formax, б) Total cf5

Formax ведет себя довольно классически: после наивысшей точки предела прочности идет стадия микроразрушений, а после - полный разрыв образцов.

Материал *TOTAL CF-5* в начале ведет себя аналогично *Formax*, но после области микроразрушений у него наступает стадия деформационного упрочнения, а затем - полное разрушение.

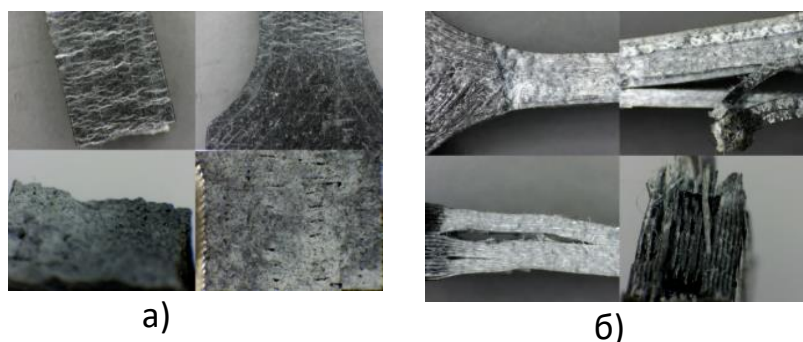


Рис. 3. Разрушенные образцы под микроскопом: а) Formax; б) Total cf5

На рисунке 3 можно увидеть дефекты после разрушение образцов в результате испытаний на растяжение. *TOTAL CF-5* показал более высокий предел прочности, у него разрушение происходило по слоям, что указывает на недостаточно высокую адгезию между слоями материала. При увеличении адгезионного сцепления слоёв материала за счет настроек принтера, возможно улучшение свойств детали.

У *Formax* адгезия между слоями значительно лучше и при разрыве образца не настолько сильно выражена шейка, как у *TOTAL CF-5*.

Вывод: Результаты проведённых сравнительных испытаний образцов конструкционных полимерных материалов на прочность при растяжении однозначно показали, что *TOTAL CF-5* обеспечивает лучшие эксплуатационные свойства корпусных деталей гидромолота по сравнению с *Formax*.

Библиографический список

- 1 Зорин В.А. Применение аддитивных технологий при изготовлении деталей автомобилей / В.А. Зорин, М.И. Тимченко // Грузовик. – 2018. – № 4. – С. 16-17.
- 2 ГОСТ 11262—2017 Пластмассы метод испытания на растяжение – М.: Стандартинформ, – 2018. – 24 с.
- 3 Валетов В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) / В.А. Валетов // Учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015, – 63с.
- 4 Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении/ М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина // Учебное пособие. - Санкт-Петербург, СПбГУ, 2013. - 221 с.
- 5 Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем В.А. Зорин; под ред. В.А. Зорин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 208 с.
- 6 Нефёлов И.С. Анализ дефектов деталей дорожных машин, изготовленных методами 3d-печати / И.С. Нефелов, Н.И. Баурова // ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2016 (Internationalbuilding technics-2016) Материалы Международной научно-технической конференции. – М.: НИ МГСУ, 2016. С. 204-207.
- 7 Нефёлов И.С. Анализ дефектов деталей, изготовленных методом послойного наплавления нити на 3d-принтере / И.С. Нефёлов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 9. С. 76-80.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ОБРАЗЦОВ С КОНЦЕКТРАТОРОМ НАПРЯЖЕНИЙ

Серегина А. А., студент

Научный руководитель: Селиверстов Г. В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, Россия

Анализ состояния парка грузоподъемных машин в России показывает, что большая часть из используемого оборудования уже выработала свой нормативный срок службы. В крановых металлоконструкциях обычно используют листовой прокат из сталей Ст3сп5 и 09Г2С. Большая часть методов и средств контроля позволяет обнаруживать подобные дефекты, но при этом для безопасной эксплуатации грузоподъемной машины необходимо знать ресурс до возникновения подобного дефекта.[1-2] Определения наработки машины можно выполнять расчетными методами. При проектировании металлоконструкций закладываются нагрузки и подбираются под них геометрические размеры сечения для обеспечения амплитуд напряжений меньших. Работа всей металлоконструкции должна проходить исключительно в упругой области деформаций материала. Как показывает эксплуатация подобных кранов, усталость все равно наблюдается в зонах с повышенной концентрации напряжений. В работах [3-5] показана возможность оценки напряженно-деформированного состояния с помощью метода тепловидения. Авторами проведены исследования при статическом нагружении гладких лабораторных образцов, и они показали, что при их деформации резкий скачок температуры наблюдается при переходе от упругой деформации к пластическому течению. При этом напряжения распределялись равномерно по всему сечению образца. В реальных металлоконструкциях, наибольшую опасность представляют места не только с высоким значением амплитуд напряжений, но и с концентрациями напряжений. Таким образом, возник вопрос об исследовании изменений температурных полей вблизи концентраторов напряжений в связи с наличием упругопластической деформации исследуемой области. Для проведения исследования были подготовлены лабораторные образцы из сталей Ст3сп5 и 09Г2С с трещиноподобным дефектом (рис.1).

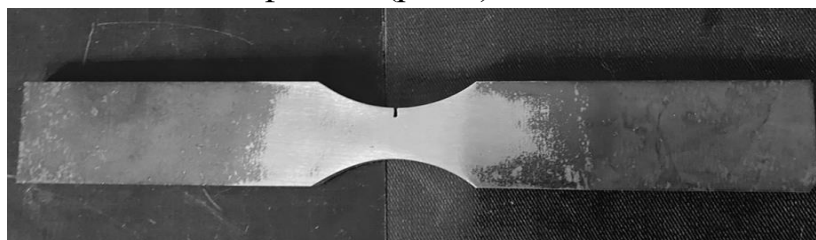


Рис. 1. Лабораторный образец из стали Ст3сп5

Анализ концентрации напряжений выполнялся в САПР SolidWork. Конечно-элементная модель показана на рис.2.

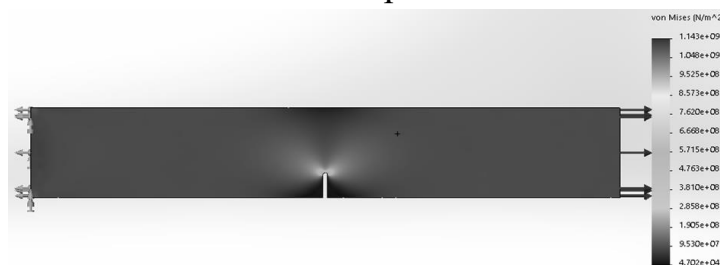


Рис. 2. Конечно-элементная модель образца с концентратором

В результате анализа был определен теоретический коэффициент концентрации напряжений, значение которого составило 8,57.

На разрывной машине Р-20 было проведено пошаговое статическое нагружение лабораторных образцов с одновременным замером изменения температуры вблизи зоны концентрации напряжений.

Итоговые результаты представлены в виде таблиц 1, 2.

Таблица 1 Температурные поля для исследуемых образцов из СтЗсп5

σ , МПа	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
T, °C	15,1	15,2	15,6	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,8	16,2	16,3	16,4	17,0	18,1
ΔT , °C	0	0,1	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	1,1	1,2	1,3	1,9	3

Таблица 2 Температурные поля для исследуемых образцов из 09Г2С

σ , МПа	0	43,7	87,4	131,1	174,5	218,2	261,9	305,6	349,3	393	436,7	480
T, °C	15,3	15,5	15,7	15,7	15,7	16,3	17,0	17,5	17,7	17,8	17,9	18,3
ΔT , °C	0	0,2	0,4	0,4	0,4	1	1,7	2,2	2,4	2,5	2,6	3

Графически данные таблиц представлены на рис. 4,5

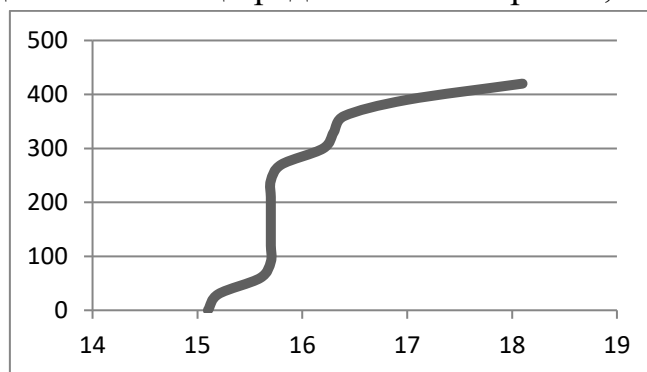


Рис. 4. Изменение температуры при нагружении образца из СтЗсп5

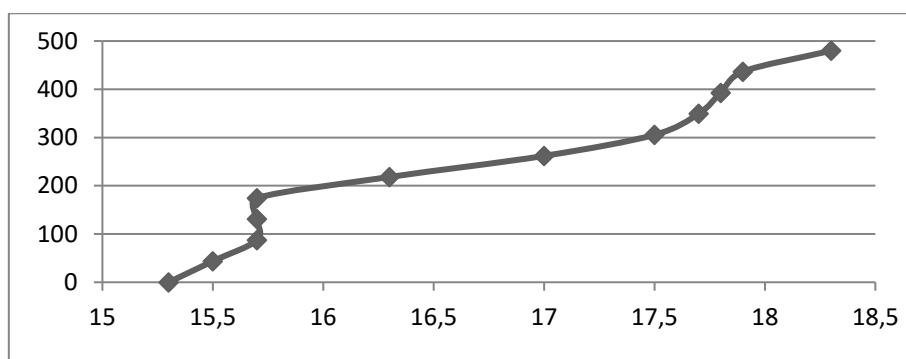


Рис. 5. Изменение температуры при нагружении образца из 09Г2С

Анализируя полученные данные можно сделать вывод о наличии двух переходных моментов. Первый связан с началом роста упругой деформации на начальном этапе нагружения. Второй – момент перехода от упругих деформаций к пластическому течению.

С практической точки зрения наибольший интерес представляет именно второй этап, так как наличие пластических деформаций в несущих металлоконструкциях кранов не допускается. Рассматривая второй этап для обеих сталей была проведена аппроксимация следующими функциями:

$$\sigma = 108,78 \ln(\Delta T) + 310,12; \quad (1)$$

$$\sigma = -188,82 \Delta T^2 + 1211,9 \Delta T - 1453,8. \quad (2)$$

Зависимость (1) и (2) позволяет рассчитать по изменению температурного поля величину действующих напряжений при наличии пластического течения сталей СтЗсп5 и 09Г2С.

Практическое применение зависимостей 1 и 2 возможно для анализа напряженно-деформированного состояния локальных мест исследуемой металлоконструкции [6-8].

Библиографический список

1. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 456 с.
2. Коцаньда С. Усталостное растрескивание металлов. – М.: Металлургия, 1990. – 623 с.
3. Сорокин П.А., Чистяков В.Л. Оптические способы обнаружения и классификация дефектов поверхности изделий // ВОТ. Серия 13. Комплексная автоматизация производства и роторные линии. М.: ЦНИИИнформации. – 1990. – №11. – С. 28 – 38.
4. Селиверстов Г.В., Смирнов Д.К. Стохастическое моделирование при расчетах ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин // Наземные транспортные-технологические комплексы и средства [Текст]: материалы

Международной научной-технической конференции / под общ. ред. Ш. М. Мерданова. – Тюмень: ТИУ, 2017. С. 268-271

5. Сосновский Л.А. Статистическая механика усталостного разрушения. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 288 с.

6. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев [и др.]. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2017. – 144 с.

7. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений. Графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность. – М.: Мир, 1977. – 302 с.

8. Селиверстов Г.В., Сорокин П.А. Оценка теоретического значения коэффициента концентрации напряжений при питтинге крановых металлоконструкций // Тяжелое машиностроение. – 2013. – №9. – С. 17-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Скосарев Г. С., студент

Научный руководитель: Любимый Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухов», г. Белгород, Россия

Фактор, определяющий точность печати является точность позиционирования головки 3D принтера. Если принтер настроен верно, то качество получаемой детали будет на максимуме. В процессе укладки друг на друга слоев получается некая фактура 3D печати. На рисунке 1 представлены факторы, которые определяют шероховатость детали.

У большинства принтеров рабочий стол оснащен подогревом, чтобы предотвращать коробление объекта. Во время печати пластик сжимается, так как на него воздействует температура, а по мере остывания – расширяется, в связи с этим может возникать деформация модели и сползание слоя.

У принтеров, которые не имеют подогрева ограниченные возможности печати, только узким диапазоном типов материала. В основном это материал, который меньше подвержен деформации.

Причиной некачественного выхода материала может стать забитая форсунка, это одна из самых распространённых проблем на принтерах, поэтому ее стоит либо своевременно чистить или менять на диаметр, подходящий для данного материала.

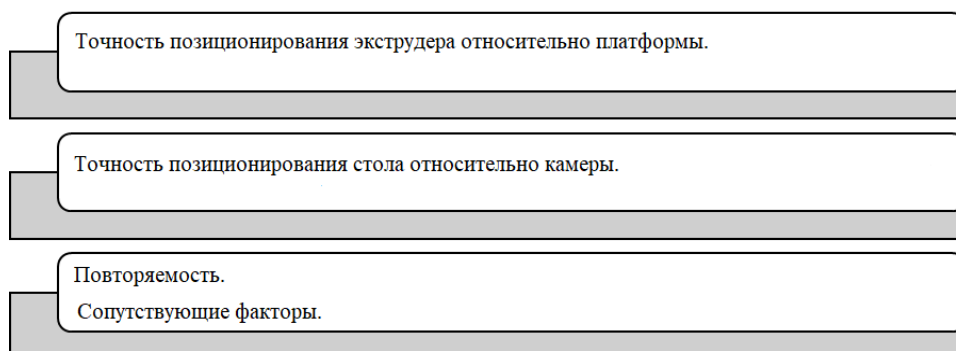


Рис. 1. Определяющие факторы точности печати

Основа трехмерной печати — это правильно управляющая подготовленная программа на 3D принтер. На рисунке 2 представлены основные ошибки, которые могут возникать в программе.

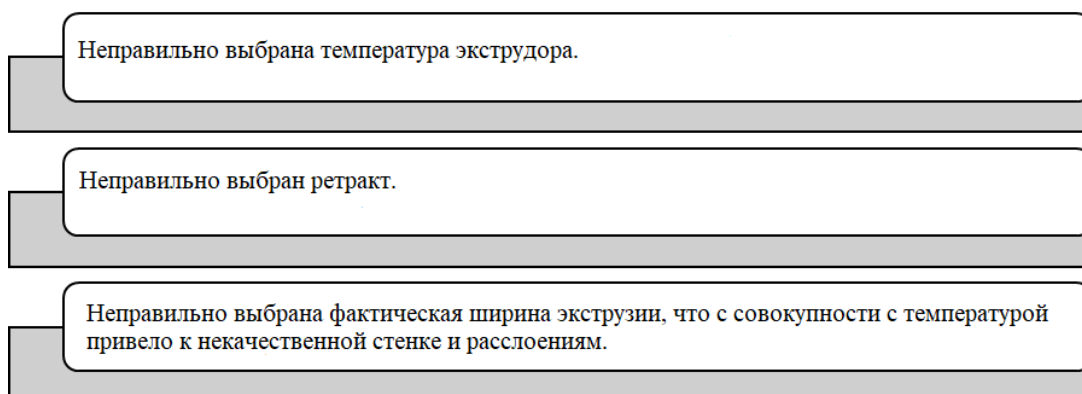


Рис. 2. Основные ошибки в программе печати

Печать на 3D принтере - это технологический процесс, такой же как фрезерование и токарная обработка, он так же имеет свою качественность исполнения и точность.

При несоблюдении определенных правил и требований может произойти ситуации как на рисунке 3. Разница деталей видна на лицо, правая имеет ровную стенку, яркий цвет и хорошую адгезию. На левой же видны сопли, цвет тусклый, а качество стенки вообще оставляет желать лучшего.

Следует отметить, если необходимо напечатать серию изделий, то желательно что бы все они были напечатаны на одном марке принтера. Ведь одно и тоже изделие из одного и того же материала, но напечатанные на разных принтерах будут иметь разную прочность, точность и качество поверхности. И разница, в некоторых случаях, бывает очень существенная.



Рис. 3. Сравнение двух деталей вследствие ошибки

В результате данного исследования сделан вывод: для получения качественной детали, изготовленной на 3D принтере производителю следует обеспечить контроль настройки принтера перед работой и проверить настройки программ.

Библиографический список

1. Покатилов А.В. Анализ строительных 3D – принтеров и материалов для 3D печати / А.В. Покатилов, А.О. Холова // В сборнике: Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2016. С. 22-27.

2. Колесов А.С. Проектирование и сборка 3D принтера, автоматизация этапов 3D печати / А.С. Колесов, Д.И. Соломатин // В сборнике: сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Факультет компьютерных наук. Воронеж, 2017. С. 172-177.

3. Никифоров С.О. Технология 2D-и 3D- печати, 3D принтеры / С.О. Никифоров, Б.Е. Мархадаев, Б.С. Никифоров, Е.С. Шолохов // Вестник Бурятского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. 2016. № 4 (24). С. 156-163.

4. Ломакин А.Г. Программа для автоматической детекции плоского основания модели / А.Г. Ломакин // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020611465, 31.01.2020. Заявка № 2020610276 от 16.01.2020.

5. Береснев В.М. Исследования влияния параметра отката филамента при печати 3D принтера на качество получаемой модели / В.М. Береснев // в сборнике: Научно-исследовательская работа обучающихся и молодых ученых. Материалы 70-й Всероссийской (с международным участием) научной конференции обучающихся и молодых ученых. Петрозаводск, 2018. С. 240-242.

6. Sedinkin I.S. 3D printing // В сборнике: Languages in professional communication. Сборник материалов международной научно-практической конференции преподавателей, аспирантов и студентов. ответственный редактор Л. И. Корнеева. 2020. С. 655-659.

7. Козлов А.С. Методика улучшения качества печати 3Д принтеров / А.С. Козлов, Е.Л. Файн // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК). 2017. № 2. С. 274-276.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОСТОБРАБОТКИ ПРИ АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Скосарев Г. С., студент

Тихонов А. А., студент

Шуринов А. А., студент

Меленьтьев Н. А., студент

Научный руководитель: Любимый Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухов», г. Белгород, Россия

Аддитивные технологии – это технологии послойного наращивания и синтеза объекта с помощью компьютерных 3d технологий. В аддитивных технологиях используются материалы такие как: воск, гипс, разного рода полиамиды и жидкие фотополимеры.

Технический прогресс способствует производству многих полезных вещей для быта, здоровья и безопасности человека, например, аддитивные технологии в авиастроении помогают создавать более высокоэкономичный и легкий воздушный транспорт, при этом его аэродинамические свойства полностью сохраняются. Это стало возможным благодаря применению принципов строения костей птичьего крыла в конструкции крыла самолета.

Такие технологии используются в строительстве, машиностроении, сельскохозяйственной промышленности. Для медицины это стало прорывом, качество медицинских услуг возросло в разы.

Рассмотрим постобработку моделей после 3d печати. При печати пластика изделие имеет ребристую поверхность, тем более если мы печатаем модель сложной геометрической формы. Все сделанные заготовки необходимо обрабатывать, чтобы получился привлекательный внешний вид.

Процесс ошкуривание, наиболее известен для всех. Этот процесс является недорогим и эффективным методом обработки, с помощью которого можно достичь качественной отделки.

При таком методе можно использовать наждачную бумагу, ткань, зубную щетку и мыло.

Недостаток этого метода в том, что самые маленькие детали им не обрабатываешь и весь процесс занимает длительное время.

На рисунке 1 представлена ручная техника ошкуривания, она применяется исходя из требований, предъявляемых к детали.



Рис. 1. Ручная техника ошкуривания

Пескоструйная обработка является следующим по распространённости методом. При этой обработке, на деталь направляется потоком маленькие частицы, в результате этого в течении нескольких минут поверхность обрабатываемой детали становится гладкой.

Такая технология легко модифицируется, она может использоваться с большинством материалов. При обработке очень хорошо работает пищевая сода, так как она не слишком агрессивна, но с ней работать тяжелее чем с пластиком.

На рисунке 2 представлен метод пескоструйной обработки, рабочий управляет соплом, из которого под напором распределяется мелкодисперсный материал.



Рис.2. Метод пескоструйной обработки

Недостатком такого метода является размер объекта. О массовом производстве речи не идет, так как пескоструйная обработка производится вручную.

Следующая по популярности является паровая обработка. В результате обработки ABS-пластика парами ацетона, поверхность становится глянцевой и гладкой. Данная обработка широко применяется в медицине, она существенно не сказывается на точности детали. Если детали нужно предать матовую поверхность, то после обработки паром можно подвергнуть деталь пескоструйной обработке, так как деталь сглажено и контактное напряжение снято.

На рисунке 3 представлен метод обработкой парами, частицы испаряющегося вещества впитываются в поверхность обработки на несколько микрон, придавая детали гладкий и блестящий вид всего за несколько секунд.



Рис. 3. Метод обработки паром

Недостатком данного метода является то, что мелкие детали и углы сглаживаются. Также, как и у пескоструйной обработки имеются ограничения по размерам деталей и ограничения по материалам.

Таким образом, на основе проведенного анализа, можно сделать вывод, что каждый из рассмотренных методов обработки хорош по-своему. Исходя из того, что производителю нужно получить на выходе и в каком количестве, он будет выбирать более подходящий для этого метод.

Библиографический список

1. Жуков А.В. Пластмассы для аддитивных технологий (обзор) / А.В. Жуков, А.А. Никифоров, А.С. Яковишин // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2021. № 4 (91). С. 57-70.

2. Иванов С.С. Аддитивные технологии. Преимущества и недостатки / С.С. Иванов, А.Н. Дарбеков // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 25-27.

3. Гуторов Н.Ю. Аддитивные технологии и современные технологии строительства / Н.Ю. Гуторов, А.С. Чепенко, Н.А. Науменко, О.А. Павленко // в сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т. 2017. С. 85-87.

4. Дзеник А.Д. Современные технологии производства парашковых материалов для аддитивных технологий / А.Д. Дзеник, А.Р. Исламов, Д.И. Каримов // в сборнике: Молодежь и системная модернизация страны. сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. 2019. С. 244-247.

5. Кузьмин А.А. Устройство постобработки моделей, напечатанных на 3д принтере / А.А. Кузьмин // Современные информационные технологии. 2020. № 32 (32). С. 36-41.

6. Гришаев А.Н. Постобработка деталей после 3д печати / А.Н. Гришаев, Е.И. Марушко // В книге: Тезисы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Тезисы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. 2019. С. 272.

7. Трасковецкая Д.В. Стадия развития аддитивных технологий / Д.В. Трасковецкая // В книге: Гагаринские чтения - 2019. Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 798-799.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Ступин О. А., аспирант

Научный руководитель: Апатенко А. С., д-р техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

По данным Технологического Портала Минсельхоза из числа стоящих на балансе самоходных технологических машин в Российской Федерации большинство имеют 10-летний и выше срок эксплуатации. Одними из наиболее частых отказов технологических машин приходится на гидравлическую систему,

которые приводят не только к экономическим потерям, но и наносит ущерб экологии при разливе токсичной жидкости на почву, что раскрывает важную проблему разработки научно-обоснованных подходов диагностики и прогнозирования остаточного ресурса элементов гидросистем машин в АПК.

Отказы, связанные с гидросистемой достигают 54% от общего числа отказов. количество отказов рукавов высокого давления (РВД) составляет 42,8%, гидроцилиндров 20,75%, насосов 16%, распределителей 15%, гидромоторов 5% (рис. 1).

Работа гидросистемы любой технологической машины сопровождается возникновением вибраций, следовательно, можно оценивать состояние элементов гидросистем по параметрам вибраций [1-2]. Оценка состояния гидросистем при вибродиагностики происходит по косвенным признакам. Неисправности и отказы могут быть связаны с вибропроцессами различными способами. Например, дефекты могут быть не только причиной вибрации, но и причиной изменения характера уже существующей вибрации. Также стоит принимать во внимание, то, что вибрационные процессы могут изменяться сами, по себе по мере эксплуатации без неисправностей, а из-за необратимых процессов.

Причинами вибраций насосов могут быть: турбулентный поток жидкости, зазоры, загрязнения, изменение параметров узлов, погрешности сборки.

Также вибрации могут находиться в разных частотных диапазонах, следовательно в каждом диапазоне характер вибраций будет разный. Низ-кий частотный диапазон вибраций (0 - 250 Гц), средний (250 Гц - 2 кГц), высокий (2 кГц - 20 кГц), сверхвысокий (20 кГц – 200 кГц).

Вибрация в низкочастотном диапазоне является причиной возникновения неуравновешенности вращающихся масс. Вибрационные колебания обычно имеют гармонический характер колебаний.



Рис. 1. Распределение отказов элементов гидросистем

Обычно, для формирования диагностических признаков применяют преобразование Фурье:

$$X(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$x(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} X(t)e^{j\omega t} dt$$

Из формул видно, что интегрирование происходит в бесконечных пределах времени, однако в реальных условиях есть ограничение по времени, что приводит к конечному преобразованию Фурье.

Структурная схема вибродиагностики представлена на рис. 2.

Диагностический блок отвечает за преобразование и анализ полученных измерений от средства измерения вибраций, с целью выявления тех параметров и характеристик, которые являются информативными диагностическими признаками технического состояния элементов технологических машин. В этот блок входит формирователь эталонов, он используется для настройки системы диагностики, с помощью этого блока определяют пороговые значения параметров технологических машин.

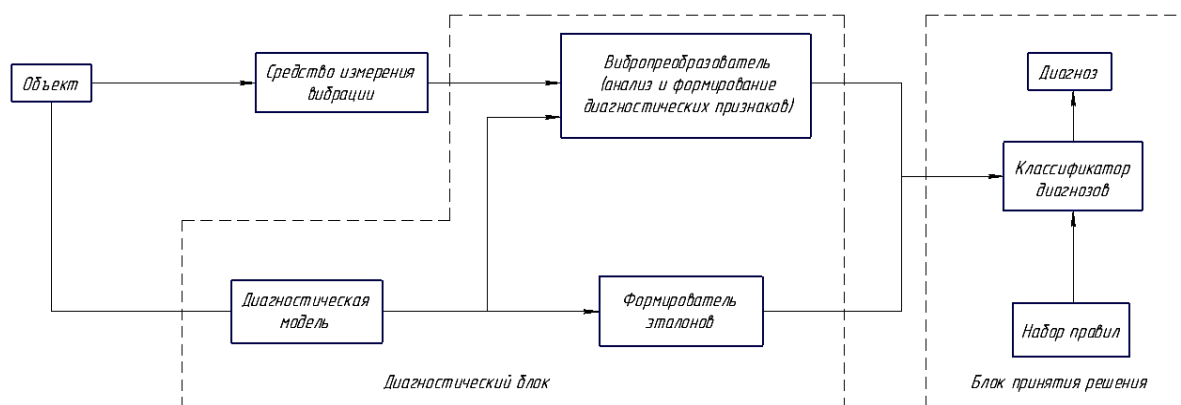


Рис. 2. Структурная схема вибродиагностики

Диагностический блок отвечает за преобразование и анализ полученных измерений от средства измерения вибраций, с целью выявления тех параметров и характеристик, которые являются информативными диагностическими признаками технического состояния элементов технологических машин. В этот блок входит формирователь эталонов, он используется для настройки системы диагностики, с помощью этого блока определяют пороговые значения параметров технологических машин.

Блок принятия решения выполняет функции постановки диагноза по текущим значениям параметров, путем сравнения их с эталонными [3-5]. На основании диагноза делают вывод о текущем состоянии машины в целом или ее элементов и дают рекомендации по дальнейшей эксплуатации или техническому обслуживанию.

В настоящее время большинство крупных машиностроительных предприятий, производящие самоходную сельскохозяйственную технику, а также крупные агрохолдинги, средние и мелкие хозяйства, использующие различные сельскохозяйственные машины заинтересованы в продуктах (приборах) неразрушающего контроля, в частности для диагностики элементов гидросистем, входящих в систему удаленного мониторинга.

Программируемый прибор вибродиагностики решает проблему определения состояния элементов гидравлического привода при эксплуатации технологических машин [6-7]. Повышение надежности машин, работающих в различных сферах хозяйственной деятельности. Обеспечение экологической безопасности путем, исключения аварий технологических машин с разливом гидравлической жидкости.

Библиографический список

1. Богданович Л. Б. Гидравлические приводы: Учеб. Пособие для ВУЗов.– Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 232 с.– 30314.
2. Дроздовский Г. П., Юсенхан В. И. Обеспечение функциональной надежности элементов гидропривода оборудования лесных машин их тестовым диагностированием / УГТУ г. Ухта.
3. Апатенко, А. С. Анализ причин простоев и отказов агрегатов для выполнения культуртехнических работ / А. С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 2. – С. 14-17.
4. Схиртладзе А. Г., Иванов В. И., Кареев В. Н. и др. Гидравлика в машиностроении: учебник: в 2 ч. / Старый Оскол: ТНТ, 2008.– Ч. 2. – 496 с.
5. Киселев С.Н. Контроль параметров термической обработки колес вагонов на основе компьютерного моделирования / С.Н. Киселев, А.С. Киселев, И.А. Мартыанова, А.Н. Неклюдов // Контроль. Диагностика. – 2002. - №12. – С.19.
6. Встраиваемая мультиплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства / Н. С. Севрюгина, Е. В. Рузанов, М. А. Матвеев, А. С. Апатенко // 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. – EDN XINCIB.

7. Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов : Аналитический обзор / В. Я. Гольтяпин, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, А. С. Апатенко. – 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. – EDN OVJHNL.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ АБС-ПЛАСТИКА МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМ СОЕДИНЕНИЕМ

Тимофеева А. Г., аспирантка

Научный руководитель: Баурова Н. И., д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», г. Москва, Россия

Возможность проведения процесса модификации вторичных полимерных материалов обеспечивает оптимальные эксплуатационные свойства деталей дорожно-строительных машин, экономию ресурсов и эффективность использования. Таким образом, при производстве и ремонте деталей дорожно-строительных машин возможна модификация полимерного материала до 5-ти раз с наименьшими потерями, при технологическом процессе вторичной переработки. Замещение деталей из полимерного материала, подлежащих утилизации, на детали, изготовленные из модифицированного вторичного полимерного материала, в свою очередь, обеспечит сокращение расхода невозполнимых природных ресурсов и экологической нагрузки на окружающую среду.

Планирование эксперимента – комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов. Основная цель планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов [1]. Основой для понимания свойств материала являются сведения о том, как материал реагирует на любую нагрузку [2]. Зная величину деформации, создаваемой данной нагрузкой (напряжением), конструктор может предсказать реакцию конкретного изделия на его рабочие условия. Зависимость напряжений

и деформаций при растяжении являются наиболее широко публикуемые механические свойства вторичных полимеров для сравнения материалов.

Испытания на растяжение были выбраны в виду технологических возможностей изготовления образцов. Испытание при растягивающей нагрузке, возможно, самый фундаментальный тип механических испытаний материала. Испытания на растяжение быстро позволяет экспериментаторам определить реакцию материала на силы, прилагаемые при растяжении. По мере растяжения материала мы можем определить его прочность и степень удлинения.

Для определения влияния состава вторичного модифицированного полимерного материала на прочностные свойства материала, было проведено планирование эксперимента для нахождения такой совокупности входных управляемых переменных (факторов), при которых оптимизируемая целевая функция (свойство) принимает экстремальное значение [3].

Свойства вторичных полимерных материалов зависят в первую очередь от свойств составляющих его компонентов. Выбор модификатора диктуется требованиями, предъявляемыми к материалу и технологии получения модифицированных пластиков – прежде всего, к износостойкости [4]. В ходе планирования эксперимента были выбраны АБС-пластик и кремнийорганическое соединение (модификатор).

В число влияющих факторов были включены температура экструзии и концентрация кремнийорганического соединения.

В таблице 1 указаны значения уровней, а в таблице 2 представлены пределы варьирования в двухфакторном эксперименте для получения адекватной модели зависимости прочности модифицированного полимерного материала от процентного соотношения модификатора и АБС-пластика, при установленных температурных режимах.

Основное требование к факторам при планировании экспериментов является их независимость [5], поэтому количество АБС-пластика в модели не учитывалось, а его количество может быть получено вычитанием из единицы количества первого фактора.

В качестве плана был выбран двухфакторный ортогональный центральный композиционный план. Однако линейные зависимости не дали достаточной точности ввиду значительной зависимости откликов от факторов и модель оказалась адекватной лишь для некоторой области исследованного пространства. Поэтому было принято решение расширить исследованную область и перейти от линейной модели первого порядка к квадратичным зависимостям.

Центральный композиционный план (ЦКП) состоит из куба и звезды с точками в вершинах куба и его центре [5]. Особенность данного плана в том, что дисперсия отклика одинакова во всех точках, одинаково удаленных от центра.

Таблица 1 Значения основного, верхнего и нижнего уровней каждого фактора при проведении эксперимента

Уровни	Наименование и обозначение факторов	
	X ₁ количество модификатора, %	X ₂ температура, °С
Верхний	3	210
Средний	2	200
Нижний	1	190

Таблица 2 Варьируемые факторы при планировании эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов		Значения факторов			Отклики	
			Количество модификатора (процентное соотношение), %	АБС-пластик (процентное соотношение), %	Температурный режим, °С	Прочность, Р, МПа	Относительная деформация, %
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₃	X ₂	У ₁	У ₂
1	-1	-1	1	99	190	37,165	3,6
2	-1	1	1	99	210	38,302	3,5
3	1	-1	3	97	190	33,368	3,4
4	1	1	3	97	210	35,961	2,7
5	0	0	2	98	200	35,519	4,1
6	-1,414	0	0,59	99,41	200	38,505	4,2
7	1,414	0	3,41	96,59	200	34,808	2,9
8	0	-1,414	2	98	185,8579	31,202	3,4
9	0	1,414	2	98	214,1421	35,767	3,9
10	0	0	2	98	200	35,519	4,1

Прочность и относительную деформацию определяли по ГОСТ 11262-2017 как предел прочности образца при растяжении.

По данным обработки результатов испытаний получены уравнения регрессии зависимости прочности при растяжении и относительной деформации от варьируемых входных параметров:

$$P(x_1, x_2) = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + ex_2^2 + fx_1x_2 = 35,51 - 2,85 * x_1 + 2,54 * x_2 + 1,72 * x_1^2 - 1,47x_2^2 + 0,73 * x_1 * x_2 \quad (1)$$

Из уравнения 3.2 видно, что увеличение прочности даёт значение x_2 , x_1^2 , $x_1 * x_2$.

$$\delta(x_1, x_2) = a + bx_1 + cx_2 + dx_1^2 + ex_2^2 + fx_1x_2 = 4,1 - 0,71 * x_1 - 0,02 * x_2 - 0,7 * x_1^2 - 0,6x_2^2 - 0,3 * x_1 * x_2 \quad (2)$$

Исходя из вышеприведенного уравнения 2, можно отметить, что ни одно значение не влечет за собой увеличение относительной деформации.

На рисунке 1 представлена поверхность отклика прочности вторичного полимерного материала от содержания рециклизатора (модификатора). Как видно на этом графике, возможно получить значения и более 35,52 МПа, но это выходит за 95% доверительного интервала.

С увеличением количества модификатора прочность при растяжении полимерного материала снижается [6]. Максимальному значению прочности соответствует температурный интервал от 200 и выше градусов. Дальнейшее увеличение температуры не дает прироста прочности. Оптимальный диапазон температур смещается в сторону увеличения при увеличении расхода модификатора.

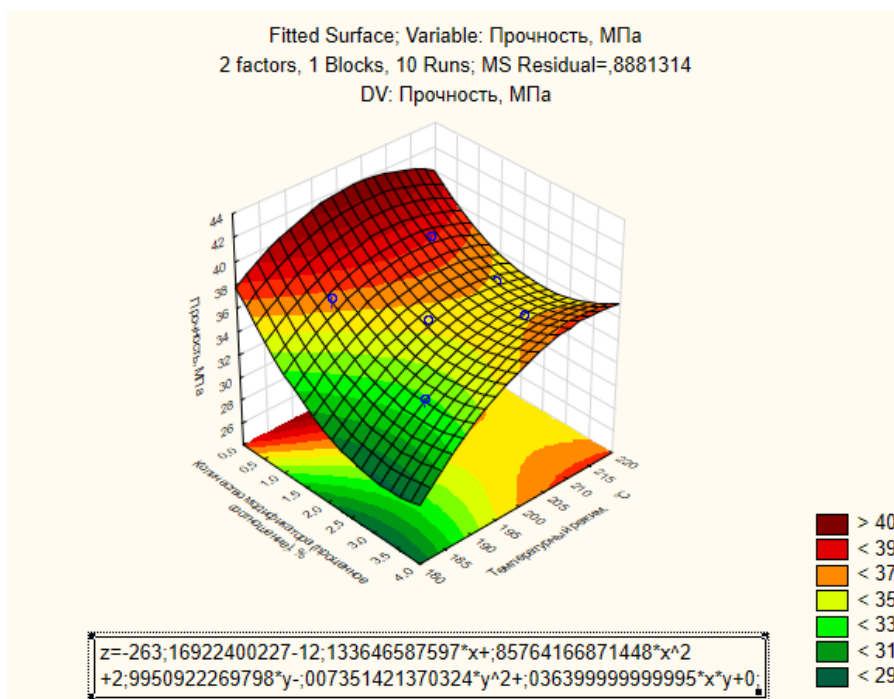


Рис. 1. Поверхность отклика прочности

Поверхность отклика позволяет наглядно видеть экстремальные значения варьируемых факторов [7], обеспечивающие наилучшие показатели свойств

вторичного модифицированного полимерного материала (прочности при растяжении рис. 1, относительной деформации – рис.2).

По виду графиков можно судить о степени и характере влияния каждого фактора на свойства вторичного полимерного материала, а также выявлять наиболее благоприятные факторы и пределы их варьирования. Так из рисунка 2 видно, что увеличению относительной деформации способствует увеличение температурного режима, а количество вводимого модификатора влияет на отклик, при значении от 3%.



Рис. 2. Поверхность отклика относительной деформации

Из результатов проведенных экспериментов и моделирования, следует, что модификацию вторичного АБС-пластика добавками в процессе экструзии необходимо проводить в температурном интервале 210° – 215 °С и концентрации винилтрис (2-метокси-экокси) силан 0,5 – 1,5 %. Проведенные эксперименты и выведенное уравнение регрессии для процесса модификации вторичного АБС-пластика при экструзии указывает на его большую чувствительность к концентрации винилтрис (2-метокси-экокси) силан для показателя прочности, и в меньшей степени от температуры переработки в экструдере. Для относительной деформации влияние температурного режима является ключевым фактором в данном эксперименте.

Материал подготовлен в рамках научных исследований по проекту № FSFM-2020-0011.

Библиографический список

1. Штефан Ю.В. Методы выявления и оценки рисков в дорожном строительстве и машиностроении: монография / Ю.В. Штефан, В.А. Зорин. - М.: МАДИ, 2017. – 136 с.

2. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов в машиностроении: учебное пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. - М.: ИНФРА-М, 2018. – 301 с.
3. Zorin, V. Risk management in mechanical engineering. Zlatibor «Heavy Machinery-НМ 2017». IX International Conference. 28 June – 1 July 2017, P.1-8.
4. Тимофеева А.Г. Исследование свойств применяемого в автомобиле- и машиностроении вторичного АБС-пластика, модифицированного кремнийорганическим соединением // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. - №4. - С.28-33.
5. Штефан, Ю.В. Управление качеством машин и технологических процессов: учеб. пособие / Ю.В. Штефан, В.А. Зорин, Н.И. Баурова. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.
6. Тимофеева А.Г. Применение модификаторов для вторичных полимерных материалов, используемых в машиностроении // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. -№12. - С. 40-44.
7. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством: учебное пособие / О.В. Стукач; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, - 2011, – 163 с.

МЕХАТРОННАЯ УСТАНОВКА АНТИКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ КУЗОВОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Тюрин А. С., студент

Научный руководитель: Мишин А. В., к.т.н., доцент

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва,
Россия*

Антикоррозионная обработка кузова автомобиля – необходимый процесс для любого автомобиля. Технологий обработки в современном мире огромное количество, но сводятся они все к увеличению стойкости металла к коррозии [6].

Существуют автомобили, которым не требуется обработка кузова, они сделаны из совершенно другого металла или материала, такие как: алюминий, карбон. Такие автомобили очень дороги в производстве и не выпускаются большим количеством.

Большинство автомобилей делается из стали, которая не обладает нужной антикоррозионной способностью, поэтому все современные автомобили проходят процесс оцинкования [4].

В данный момент большинство моделей АвтоВАЗа используют цинкрометалл и перед покраской используется метод катодного грунтования [7]. Цинкрометалл – это листы стали с покрытием, состоящим из подслоя оксидов, содержащих цинковые частицы и богатый цинком органический верхний слой. Оно поддается сварке, формовке, покраске и совместимо с обычно используемыми клеями. Цинкрометалл используется для защиты внешних частей автомобилей от коррозии [2].

После фосфатирования кузов ополаскивается и идет на катод — это специальное грунтование, оно происходит в ванне с катодным грунтом, в который опускается кузов, к которому подсоединен минус и кузов отрицательно заряжен, а к ванне положительные аноды, которые придают частицам положительный заряд, за две минуты, что проводит кузов в ванне, положительно заряженные частицы катодного грунта прилипают к отрицательно заряженной стали кузова (рис. 1), обеспечивая довольно прочную пленку, после чего идет на ополаскивание — не осевшие частицы смываются, далее кузов идет на сушку, где катодный грунт кристаллизуется и становится прочным.

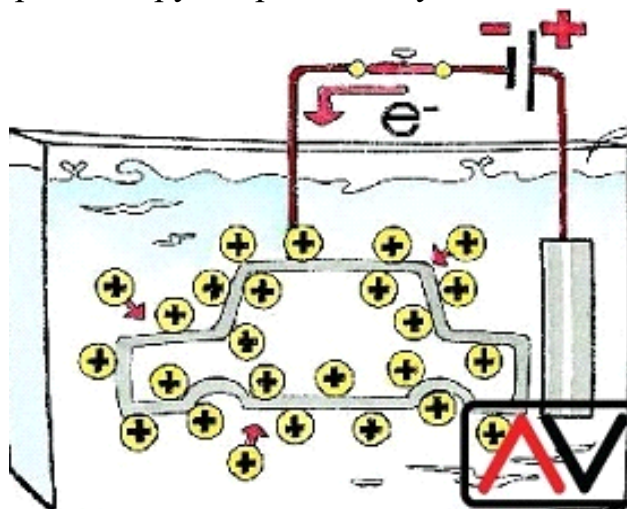


Рис. 1. Схема нанесения грунта

Этот способ имеет преимущества перед традиционной окраской, которая была раньше на АвтоВАЗе — в ванне весь кузов оказывается покрыт грунтом во всех полостях. Соответственно растет коррозионная стойкость кузова [5].

Метод гальванического оцинкования требует наличие специального цеха, в который входят несколько ванн, количество зависит от завода изготовителя. Для начала после цеха сборки кузов попадает в ванну с обезжиривателем, далее следует ванна ополаскивания, в которой к тому же кузов заряжают положительным потенциалом. После всех этапов подготовки, кузов купают в ванне с цинксодержащим электролитом, где под воздействием электрического тока цинк осаждается на поверхности металла, за счет того, что кузов был заряжен положительно, а цинксодержащий раствор отрицательно [1].

Гальваническое оцинкование обеспечивает толщину цинкового покрытия в пределах 5-10 мкм. Гарантия производителя на кузов машины такой обработки начинается от 8 лет. На данный момент — это самый распространённый тип оцинкования, некоторые заводы смогли добиться от гальванического оцинкования такого же результата, как и при горячем оцинковании.

Сама технология оцинкования состоит в том, что кузов после цеха сборки прибывает на специальной удерживающей металлоконструкции по специальным направляющим, после чего перед ваннами для погружения кузова он закрепляется на поворотно-захватном устройстве (рис. 2). После чего кузов окунают в ванну одну за другой, пока не закончится весь цикл оцинкования [3].

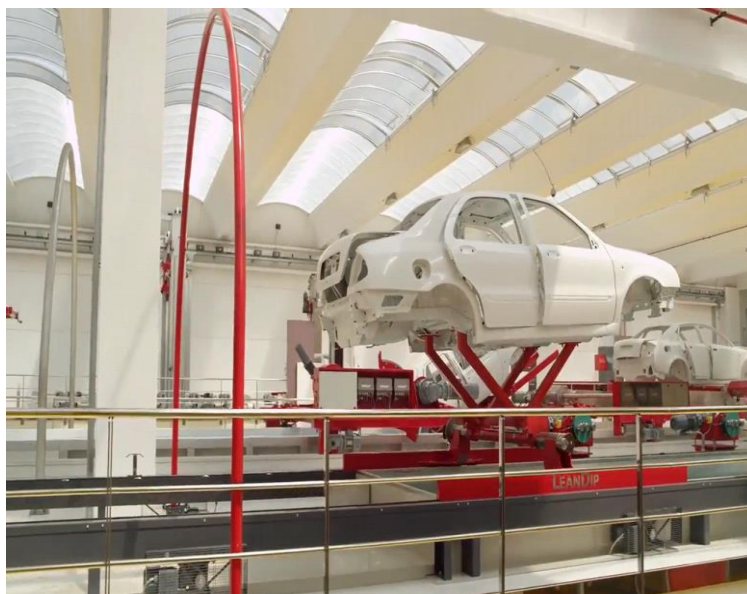


Рис. 2. Поворотно-захватное устройство

Актуальность данного процесса заключается в том, что современный кузов автомобиля должен выдерживать климатические условия России, а именно регионы, где повышенная влажность, низкая температура и большое количество осадков в виде дождя или снега.

На основании вышеизложенного разработана концепция проекта и выделены задачи, которые будут решены для достижения поставленной цели.

Цель проекта: дать возможность недорогим брендам автомобилестроения, в частности АвтоВАЗу, использовать технологии гальванического оцинкования, которые позволят на порядок укрепить способность сопротивления коррозии. Это позволит отказаться от всех возможных ненужных операций по укреплению кузова в повседневной жизни, а также владельцам новых автомобилей не придется переживать по поводу гниения кузова, соблюдая не сложные требования к эксплуатации автомобиля.

Задачи проекта:

- создание эскиза позиции в цехе сборки для окунания кузова;
- разработка алгоритма работы мехатронной установки;
- проектирование мехатронной установки для окунания кузова в ванны на всех этапах оцинкования;
- разработка электрической схемы;
- разработка программного управления.

Библиографический список

1. Карл, Х. Хан. Годы моей жизни с «Фольксвагеном». - Издательство: СПб, Политехнический университет, 2009. – 352 с.
2. Проскуркин, Е. В. Цинкование. / Е.В. Проскуркин, В.А. Попович, А.Т. Морозов // Справочник под ред. канд. техн. наук Е.В. Проскуркина. М., "Металлургия", 1988. – 528 с.
3. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии. переводно с англ / Р Ангал // Учебное пособие – Издательство: «Интеллект», 2013. – 343 с.
4. Карунин, А. Л. Технология автомобилестроения. Учебник для вузов // Карунин, А.Л., Бузник, Е. Н., Дащенко, О.А., и др. / Под редакцией А. И. Дащенко. – М.// Академический проект: Трикта, 2005. – 624 с.
5. Сайт Polus-avto [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polus-avto.ru/kraska/kataforeznoe-gruntovanie-kataforeznaya-gruntovka-kuzovnyh-detalej>
6. Сайт Nadouchest [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nadouchest.ru/kak-cinkujut-kuzov-avtomobilja-na-zavode/>
7. Сайт Autogener [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://autogener.ru/ocinkovka-kuzova/vaz/>

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ СПЛАВА НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Янута А. С., аспирант

ПГУ им. Т.Г. Шевченко, Бендерский политехнический филиал, Бендеры, Приднестровье

Научный руководитель: Федоров В. К., д-р техн. наук, профессор,

Корнейчук Н. И., к. т. н, профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»,

Известно, что развитие и усовершенствование автомобильного транспорта приводит к повышению трудоемкости и себестоимости процесса их ремонта [1]. Аналогичная ситуация складывается с ремонтом дорожно-строительной техники, включающая в себя большое количество систем и агрегатов, работающих при высоких нагрузках. Это предъявляет высокие требования при создании надежной дорожно-строительной техники. Надёжность дорожно-строительных машин закладывается на стадиях их проектирования и производства и обеспечивается при соблюдении правил эксплуатации, в том числе при качественном выполнении ремонта и восстановления изношенных деталей [2]. Дорожно-строительная техника работает в сложных условиях. Сопряжения сборочных единиц, узлов и агрегатов в большей степени подвергаются при граничном трении абразивному, гидроабразивному и т.п. видам изнашивания. Поэтому 75...78% отказов дорожно-строительных машин преимущественно наступают в результате износа, деформации и поломок деталей сборочных единиц, а также из-за некачественного и несвоевременного обслуживания узлов и агрегатов [3. С. 41].

Согласно исследованиям Черноиванова В.И., около 40-60% деталей машин подлежат ремонту и восстановлению [4]. Данная статистика свидетельствует о важности и необходимости применения различных технологий восстановления и упрочнения деталей, с целью снижения затрат на ремонт и увеличения ресурса узлов и агрегатов машин.

Одним из прогрессивных способов восстановления деталей машин и оборудования является электролитическое железнение [5], отличающееся от других способов отсутствием локального нагрева детали, возможностью получения равномерных покрытий с заранее заданными физико-механическими свойствами, с минимальными припусками на последующую механическую обработку, что способствует снижению затрат на восстановление деталей. Исходя из условий работы деталей дорожно-строительной техники, когда большинство деталей подвергается различным видам абразивного изнашивания при жидкостном, граничном трении, к электролитическим железным покрытиям предъявляются повышенные требования к структуре и их микротвёрдости. Так, микротвёрдость ($H\mu$) чистого гальванического железа не превышает 6000...7000 МПа, при таком значении ($H\mu$) коэффициент твёрдости $K_t < 0.5 \dots 0.6$, следовательно, сопротивление абразивному изнашиванию недостаточное. Поэтому для повышения эксплуатационных свойств гальванического покрытия железа нами исследовался процесс осаждения покрытий железа, легированных хромом, из сульфатно-хлоридного электролита с оптимальным соотношением концентраций $FeCl_2 - Cr_2(SO_4)_3$ (г/л) 150-50 [6]. Исследования структуры и микротвёрдости покрытий, осажденных из данного

электролита в зависимости от плотности тока $D_k=40\text{А/дм}^2$, кислотности и температуры электролита позволили установить (рис. 1), что при изменении условий электролиза осаждаются, как трещиноватые, так и бестрещиноватые (рис. 2 а) покрытия с микротвёрдостью 5000...10000 МПа.

Так, при изменении кислотности и температуры электролита (рис. 1, кривые 1 и 2), наиболее твердые осадки (9000–10100 МПа) были получены в нижнем интервале значений рН (0.4–0.5) при $D_k=40\text{ А/дм}^2$ и $t_{эл.}=40\text{–}43^\circ\text{C}$ (кривая 1) и при $t_{эл.}=50\text{–}52^\circ\text{C}$ (8800–9200 МПа), кривая 2. Увеличение рН электролита до 0.6 ед. приводит к снижению твердости покрытия, как при 40°C , так и при 50°C . Однако, при температуре 40°C вплоть до $\text{pH}=0.8$, $H\mu$ остаётся стабильной (8200 МПа) и повышается при температуре 50°C , в этом же интервале рН до 9000 МПа. Дальнейшее понижение кислотности до $\text{pH}=0.9$ и выше приводит к снижению микротвердости осадка при температуре электролита 50°C до 5000 МПа (кр.1). Такое снижение микротвёрдости можно объяснить структурными изменениями, при которых формируются слоистые покрытия. Вероятно, при этих условиях происходит явление гидратообразования и адсорбция коллоидных частиц гидратов на поверхности покрытия, которые способствуют формированию слоистых покрытий и резко снижают их физико-механические свойства. Такие изменения микротвёрдости покрытий указывают на то, что кислотность электролита существенно влияет на структуру покрытия, смещая равновесие процесса восстановления металлов сплава. Вполне очевидным становится выбор режимов электролиза, исходя из условий работы восстанавливаемых деталей.

Так, для деталей работающих в условиях граничного трения целесообразно использовать трещиноватые (рис. 2 б) покрытия с требуемой микротвёрдостью. Такие покрытия обладают повышенной смачиваемостью и маслоёмкостью.

В таких условиях процесс трения в присутствии смазочного материала, протекает менее интенсивно, так как при этом происходит образование граничных пленок смазки, кроме этого, данный характер трения стимулирует к дополнительному образованию окисных пленок [7. С. 45-46].

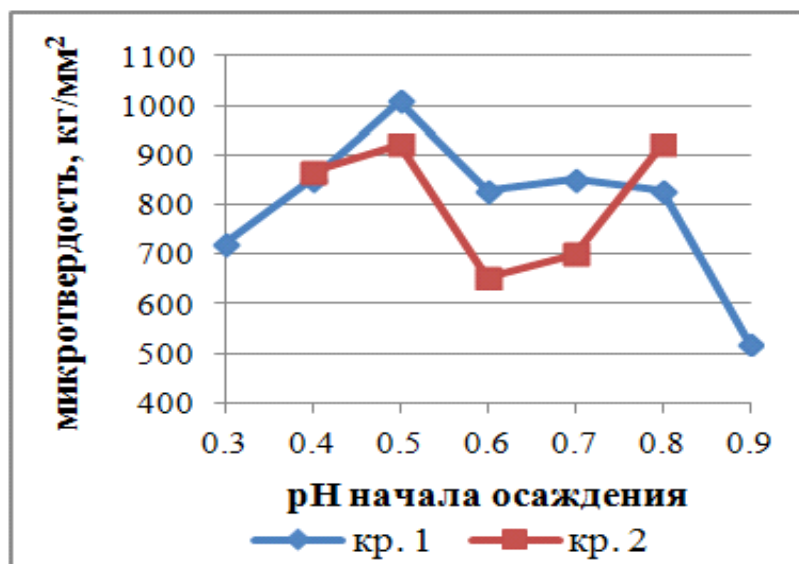


Рис. 1. Зависимость микротвердости покрытия от рН и температуры электролита, осаждаемого при $D_k=40 \text{ A/дм}^2$:
 1 – $t_{эл}=40^\circ\text{C}$; 2 – $t_{эл}=50^\circ\text{C}$

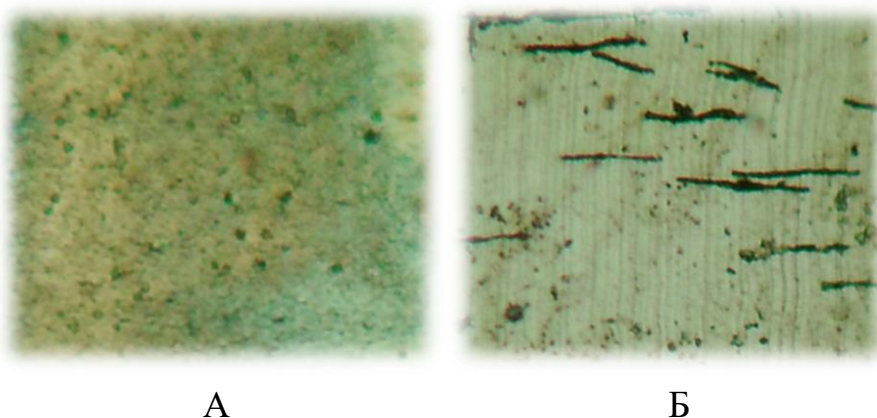


Рис. 2. Микрофотографии структуры покрытий сплава железо-хром:
 А - бестрещиноватая, Б – трещиноватая

Кроме этого, удержание смазки в микротрещинах гальванического покрытия повышает устойчивость поверхности в контакте трения от схватывания, компенсируя нехватку смазывающего материала.

Для деталей дорожно-строительных машин, работающих при жидкостном, смешанном видах трения, гидроабразивном, кавитационном изнашивании целесообразно использовать бестрещиноватые покрытия или покрытия с ограниченной трещиноватостью с не сквозными трещинами. Такие покрытия в данном электролите осаждаются при следующих условиях: $\text{pH}=0.3\dots0.5$, $t_{эл.}=40\text{--}53^\circ\text{C}$, $D_k=40 \text{ A/дм}^2$.

Следует заметить, что наличие в электролитическом железе хрома, способствует повышению коррозионной, термо- и износостойкости по

сравнению с конструкционными качественными сталями, которые широко используются для изготовления ресурсопределяющих деталей дорожно-строительной техники.

Выводы

1. Установлены закономерности влияния кислотности и температуры электролита на микротвердость и структуру электролитического сплава железо-хром.

2. Определены оптимальные условия осаждения качественных электролитических покрытий сплава Fe-Cr применительно к условиям работы деталей дорожно-строительной техники для получения бестрещиноватого покрытия $pH=0.3...0.4$, $t_{эл.}=40-53^{\circ}C$, $D_k=40$ А/дм², для получения трещиноватых покрытий $pH=0.6...0.8$, $t_{эл.}=40-53^{\circ}C$, $D_k=30...60$ А/дм².

Библиографический список

1. Густов Ю.И. Исследование конструкционно-технологических и эксплуатационных показателей строительной техники // Известия КГАСУ. – 2014. – № 4 (30). С. 470-475.

2. Старостина Ж.А. Вопросы повышения надежности дорожных и строительных машин // Наука, техника и образование. – 2015. – № 8 (14). С. 29-31.

3. Ровках С.Е., Киселев М.М., Ровках А.С. Техническое обслуживание и ремонт строительной техники: справочник. М: Изд-во СТРОЙИЗДАТ, 1986. – 284 с.

4. Мухаметшина Р.М. Трибологические отказы дорожно-строительных машин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 18. – 2016. – № 1(2). С. 252-255.

5. Корнейчук Н.И., Лялякин В.П. Перспективы использования промышленных методов восстановления изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями в современных условиях развития агропромышленного технического сервиса // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – № 130. С. 254–265.

6. Sinelnikov, A. F. Electrolytic alloying of iron-chromium during deposition of coatings from a sulfate-chloride electrolyte [Electronic resource]/ A.F. Sinelnikov, E. V. Bomeshko, N. I. Korneychuk, A. S. Ianuta // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (14th-16th December 2020, Moscow). – Moscow, 2020. – Doi:10.1088/1757-899X/1159/1/012076.

7. Зорин В.А. Основы долговечности строительных и дорожных машин: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.

СЕКЦИЯ 6. ИННОВАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

ЦИФРОВОЙ ПАСПОРТ ВЫПУСКНИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА

Бурцева А. А., студент

Научный руководитель: Неклюдов А. Н., к.т.н., доцент

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва,
Россия*

Ни для кого не является секретом тот факт, что в современном мире первостепенное значение для любого работодателя имеют знания и навыки, полученные в стенах учебного заведения, которыми владеет потенциальный сотрудник. В первую очередь при приеме вчерашнего студента на работу оценивается, насколько он квалифицирован, чему научился в учебном заведении.

В послании Федеральному Собранию 4 декабря 2014 года Президентом Российской Федерации дано поручение, направленное на развитие системы подготовки рабочих кадров: «К 2020 году как минимум в половине колледжей России подготовка по 50 наиболее востребованным и перспективным рабочим профессиям должна вестись в соответствии с лучшими мировыми стандартами и передовыми технологиями...». Во исполнение указанного поручения, а также распоряжения Правительства Российской Федерации от 3 марта 2015 года № 349-р «Об утверждении комплекса мер, направленных на совершенствование системы среднего профессионального образования на 2015 - 2020 годы», в соответствии с паспортом приоритетного проекта «Образование» по направлению «Подготовка высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров с учетом современных стандартов и передовых технологий» («Рабочие кадры для передовых технологий»), утвержденным протоколом заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 25 октября 2016 года №9, Союзом «Агентство развития профессиональных сообществ и рабочих кадров «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)» проводится пилотная апробация демонстрационного экзамена по стандартам Ворлдскиллс Россия в рамках государственной итоговой аттестации [4].

Эффективным инструментом подтверждения уровня освоения компетенций на протяжении нескольких лет является демонстрационный экзамен, где выпускники выполняют задания от работодателей, показывая тем

самым все, чему научились [7]. Демонстрационный экзамен по стандартам Ворлдскиллс – это форма государственной итоговой аттестации выпускников по программам среднего профессионального образования образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования, которая предусматривает:

8. моделирование реальных производственных условий для демонстрации выпускниками профессиональных умений и навыков;

9. независимую экспертную оценку выполнения заданий демонстрационного экзамена, в том числе экспертами из числа представителей предприятий;

10. определение уровня знаний, умений и навыков выпускников в соответствии с международными требованиями [4].

Демонстрационный экзамен проводится с целью определения у студентов и выпускников уровня знаний, умений, навыков, позволяющих вести профессиональную деятельность в определенной сфере и (или) выполнять работу по конкретным профессии или специальности в соответствии со стандартами Ворлдскиллс. Он позволяет максимально подробно раскрыть уровень владения выпускником практическими навыками и наряду с этим помогает оптимизировать время и финансовые затраты работодателей на процедуру подбора персонала [1, 6]. Участник демозамена получает подтверждение уровня освоения практических навыков; повышение конкурентоспособности и лучшие условия трудоустройства; открытый цифровой профиль для предоставления работодателю. В свою очередь работодатель получает кадры по значимым критериям (компетенциям, навыкам); уверенность в уровне компетенции сотрудников; влияние на систему подготовки кадров; быструю оценку практических навыков на этапе отбора сотрудников; более глубокий анализ и детальную оценку навыков. По словам первого замглавы Минпросвещения России Дмитрия Глушко, за последние четыре года экзамен сдали около 150 тыс. студентов и выпускников. Минпросвещения планирует сделать данный экзамен обязательным для всех колледжей, исключением могут стать обучающиеся по медицинским и культурным специальностям, а также будущие члены экипажей судов и авиаперсонал [3, 5]. Включение формата демонстрационного экзамена в процедуру государственной итоговой аттестации обучающихся профессиональных образовательных организаций представляет собой модель независимой оценки качества подготовки кадров, содействующую решению нескольких задач системы профессионального образования и рынка труда без проведения дополнительных процедур. Массовое внедрение демозамена в систему профессионального образования позволяет работодателям оценить

навыки и компетенции будущего сотрудника на основе реальных запросов предприятий.

Современные проблемы в области образования требуют не только введение демозамена по стандартам WorldSkills, но определенные реформы, позволяющие оптимизировать образовательный процесс. Совсем недавно в Минпросвещения обсуждали введение в колледжах так называемого «цифрового паспорта компетенций» [2]. Паспорт компетенций (Skills Passport) представляет собой электронный документ, формируемый по итогам демозамена по стандартам Ворлдскиллс. Он наглядно демонстрирует уровень освоения компетенции Ворлдскиллс в разрезе практических навыков. Выпускники колледжей смогут получить наряду с дипломом об образовании цифровой паспорт. В данном документе будут отражены уровень владения практическими навыками и профессиональные компетенции будущего специалиста [4, 5]. Цифровой формат паспорта позволит добавить информацию о выпускнике колледжа в единую базу данных, что упростит задачу не только молодому профессионалу, но и его потенциальному работодателю. По результатам прохождения Демонстрационного экзамена участник получает доступ к Skills Passport, где содержится основная информация о результатах демонстрационного экзамена, а также дополнительные сведения о месте проведения экзамена, информация о сравнении результата участника с другими участниками, расшифровка результатов до уровня аспектов. На рис. 1. представлен пример оформления паспорта компетенций.

Цифровой паспорт компетенций будет оформляться после сдачи квалификационного экзамена по мировым стандартам WorldSkills на каждого студента, заканчивающего обучение в колледже. Об этом сообщил в своем послании первый заместитель министра просвещения России Дмитрий Глушко. Он отметил, что после успешной сдачи демонстрационного экзамена выпускник получит диплом о среднем профессиональном образовании и цифровой паспорт, в котором будет собрана полная информация о профессиональных компетенциях молодого специалиста [1, 2]. Данная методика позволит стабильно выпускать на рынок труда высококлассных специалистов. На данный момент министерством совместно с АНО «Агентство развития профессионального мастерства (Ворлдскиллс Россия)» проводится комплексная работа по закреплению правового статуса цифрового паспорта компетенций как дополнительного документа к диплому выпускника колледжа [6].

Подробная информация о подразделении

Обучающийся сдал экзамен лучше, чем **96%** сдававших КОД 1.1 в РФ (1348 из 1403 обучающихся набрали балл меньше 26,25) или лучше чем **0%** сдававшихся КОД 1.1 в заболелании «Москва» (0 из 1 обучающихся набрали балл меньше 26,25).

Программа: **Программа СПО - ППКРС.**

Обучающийся соответствует Ворлдскиллс.

Обучающийся сдал экзамен лучше, чем **96%** сдававших КОД 1.1 в РФ (1348 из 1403 обучающихся набрали балл меньше 26,25) или лучше чем **0%** сдававшихся КОД 1.1 в заболелании «Москва» (0 из 1 обучающихся набрали балл меньше 26,25).

Среднее выполнение заданий в разрезе группы навыков: **82%** (стандартное отклонение: 14%). Среднее выполнение заданий в разрезе модулей (критериев) заданий: **69%** (стандартное отклонение: 9%).

Всего участников сдали компетенцию поварское дело в 2020 году **4238**

— из них КОД 1.1 **1403**

— ПЭ НОК получили **1**

— получили сертификаты ПЭ НОК **0**

— просмотр ПЭ НОК **33**



Иванов Иван Иванович

ДАТА РОЖДЕНИЯ: 19.05.2000

КОМПЕТЕНЦИЯ И КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ:
Поварское дело / 1.3

ПРОФЕССИЯ / СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 19.01.17 Повар, кондитер

СВИДЕТЕЛЬСТВО О КВАЛИФИКАЦИИ: от 30.12.2019 №33.01101.02.00000001.22.33.01101.02. Повар, 4 уровень квалификации

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ: Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение "Невинномысский индустриальный колледж" (Ставропольский край)

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА: 24.12.2019



ПАСПОРТ НАВЫКОВ

информация **Общая** Результаты **Практическая** 0

информация часть (ДЭ ПЭ НОК) Паспорт навыков **Полученные результаты 26,25** из 34,75 баллов

Детализация доходов в разрезе группы навыков / WSSS:

- 1 Организация и управление работой. **1,33 / 1,60**
- 2 Навыки общения и работы с клиентами. **1,40 / 1,50**
- 3 Санитария и гигиена, техника безопасности и нормы охраны здоровья, окружающая среда. **3,65 / 5,00**
- 4 Знания об ингредиентах и меню. **1,88 / 2,15**
- 5 Подготовка овощей. **5,33 / 6,00**
- 6 Применение различных методов обработки. **3,66 / 5,00**
- 7 Изготовление и презентация блюд. **5,80 / 10,30**
- 8 Приобретение и хранение пищевых продуктов, составление смет, учет. **3,20 / 3,20**

Детализация доходов в разрезе доходов / модулей:

- 1 Холодная закуска, в том числе работа **20,33 / 25,90**
- 2 Горячее блюдо - мясо **2,95 / 4,55**
- 3 Десерт **2,97 / 4,30**

Свидетельство:

от 23.06.2020
рег. № 40.11400.01.00000006.25. «Повар, 4 уровень квалификации»

Руденко Татьяна Владимировна

Экзамен № 62110 . Главный эксперт



Показатель / Результат наличия / Максимальный балл по КОДУ

Уровень образования	Программа подготовки	Тип обучающегося	Вид аттестации	Субъект РФ		Российская Федерация	
				Макс. балл	средний балл	Макс. балл	средний балл
СПО	ППКРС	Студенты	Промежуточная аттестация	-/26,25/34,75	-/26,25/34,75	27,63/26,25/34,75	16,45/26,25/34,75
			Выпускники	Промежуточная аттестация	26,25/26,25/34,75	26,25/26,25/34,75	29,04/26,25/34,75	18,55/26,25/34,75
		Выпускники	ГИА	-/26,25/34,75	-/26,25/34,75	28,28/26,25/34,75	19,82/26,25/34,75
	ППССЗ	Студенты	Промежуточная аттестация	-/26,25/34,75	-/26,25/34,75	26,48/26,25/34,75	17,81/26,25/34,75
			Выпускники	Промежуточная аттестация	-/26,25/34,75	-/26,25/34,75	33,94/26,25/34,75
		Выпускники	ГИА	-/26,25/34,75	-/26,25/34,75	27,87/26,25/34,75	17,78/26,25/34,75

Рис. 1. Пример оформления цифрового паспорта компетенций

Агентство стратегических инициатив (АСИ) видит большой потенциал во внедрении цифрового паспорта компетенций, так как он должен предоставить доступ заинтересованному работодателю к достойным кандидатам. Это определит реальную мотивацию студента к получению и подтверждению навыков под запросы рынка труда», – сообщила замдиректора направления «Молодые профессионалы» Агентства Юлия Ханьжина. Массовое внедрение цифрового паспорта компетенций станет новой ступенью развития системы качественной подготовки кадров и совершенствования рынка труда [2, 3].

Библиографический список

1. Выпускники колледжей вместе с дипломом получают цифровой паспорт [Электронный ресурс] URL: <https://ug.ru/vypuskniki-kolledzhej-vmeste-s-diplomom-poluchat-cifrovoj-pasport/> (Дата обращения: 09.02.2022)
2. Выпускники колледжей помимо диплома получают цифровой паспорт компетенций [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/obshchestvo/10799683> (Дата обращения: 09.02.2022)
3. В Минпросвещения сообщили о выдаче цифровых паспортов компетенций выпускникам колледжей [Электронный ресурс] URL: https://www.akm.ru/press/v_minprosveshcheniya_sobshchili_o_vydache_tsifrovyykh_pasportov_kompetentsiy_vypusknikam_kolledzhey/ (Дата обращения: 09.02.2022)
4. Паспорт компетенции (Skills Passport) [Электронный ресурс] URL: <https://promo.sp.worldskills.ru/> (Дата обращения: 09.02.2022)
5. Паспорт компетенций. Описание и инструкция по заполнению [Электронный ресурс] URL: https://mrcpk.pnzgu.ru/files/mrcpk.pnzgu.ru/pasport_kompetentsiy_instrukciya_po_zapolneniyu.pdf (Дата обращения: 10.02.2022)
6. Паспорт цифровых компетенций как модель развития цифровых навыков обучающихся [Электронный ресурс] URL:

<http://io.nios.ru/articles2/111/3/pasport-cifrovyh-kompetenciy-kak-model-razvitiya-cifrovyh-navykov-obuchayushchihsya> (Дата обращения: 8.02.2022)

7. Выпускники российских колледжей будут получать цифровой паспорт компетенций [Электронный ресурс] URL: <https://kuban24.tv/item/vypuskniki-rossijskih-kolledzhej-budut-poluchat-tsifrovoj-rasport-kompetentsij> (Дата обращения: 11.02.2022)

8. Проблемы интенсификации инженерного образования / Л. А. Сладкова, А. Н. Неклюдов // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 14-15.

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 23.05.01 «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА»

Неклюдов А. Н., к.т.н., доцент

Трошко И. В., к.т.н., доцент

Григорьев П. А., к.т.н.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», г. Москва, Россия

На этапе происходящей в настоящее время модернизации системы образования в Российской Федерации, внедрение в образовательное пространство таких комплексных понятий, как системный анализ, информационные технологии и искусственный интеллект требуют необходимость использования образовательных технологий, которые реализуют проектное обучение и позволяют сформировать активную, самостоятельную позицию обучающихся. Примером одной из таких технологий может послужить проектная деятельность.

Проектная деятельность – это совокупность действий, направленных на решение конкретной задачи в рамках проекта, ограниченного целевой установкой, сроками и достигнутыми результатами (или продуктами) [1, 2].

Проектная деятельность, как активная форма обучения, направлена не только на предметные результаты, но и в большей мере на формирование универсальных, гибких умений и навыков (soft skills), а также конкретных, прикладных навыков (hard skills) [3].

При изучении дисциплины «Проектная деятельность» возможна не только индивидуальная, самостоятельная, но и групповая работа обучающихся.

Постановка задач и их решение повышают мотивацию к проектной деятельности и предполагают [4]:

- предметность;
- целеполагание;
- инициативность;
- оригинальность в решении познавательных вопросов;
- неординарность подходов;
- умение анализировать проблемные ситуации;
- умение проектировать цели;
- умение планировать достижение целей;
- умение оценивать решения и делать обоснованный выбор;
- умение ставить и решать познавательные задачи;
- умение эффективно работать в группе.

Одной из особенностей проектов можно считать наличие социально значимых результатов.

Результаты проектов могут быть как минимум двух видов [5]:

1. Продуктовыми - создание каких-то материальных или нематериальных продуктов, таких как: приобретение новых знаний, создание изобретения, технологии.

2. Образовательными - это гибкие и жёсткие навыки, развитие ценностей, формирующихся за период работы над проектом.

Основными этапами реализации проектной деятельности являются:

- анализ проблемы;
- постановка цели и задач проекта;
- выбор средств ее достижения;
- поиск и обработка информации, ее анализ и синтез;
- оценка полученных результатов и выводов.

В соответствии с вышесказанным формулируются требования к проектному обучению [6]:

- наличие значимой в исследовательском плане проблемы или задачи, требующей интегрированного знания, исследовательского поиска для ее решения, приводящего к созданию определенного продукта;

- самостоятельная (индивидуальная и групповая) деятельность обучающихся;

- структурирование содержательной части проекта (с указанием поэтапных результатов);

- работа над проектом должна выполняться в рамках жизненного цикла любого проекта (планирование проекта, исследовательская работа, проектирование, презентация результата);

- практическая, теоретическая, познавательная значимость предполагаемых результатов, оригинальность и новизна результатов (продукта) и пути решения проблемы;

- работа, как правило, должна иметь возможность продолжения и коммерциализации результатов (доработка проектного продукта, решение смежных проблем).

Таким образом, проектная деятельность является видом учебной деятельности студентов, при которой обучающиеся в процессе работы над проектом вовлекаются в разработку конкретных задач, постигают реальные процессы, используют доступные приемы и методы проектирования (исследования), характеризуют конкретные объекты, описывают виды деятельности, выявляют особенности и характеристики анализируемых объектов, оценивают социально-экономические ограничения и ресурсные возможности [7].

В рамках дисциплины «Проектная деятельность» в студенты первого курса специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специализация «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование») кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» спроектировали и изготовили с помощью технологий 3D печати винтовой домкрат – простейший грузоподъемный механизм.

В рамках реализации данного модуля 29 студентов были разбиты на 6 команд по результатам психодиагностического тестирования. В каждой команде были выделены лидеры, которые организовывали работу и обеспечивали распределение обязанностей между членами команды.

По итогам проектной деятельности были рассчитаны параметры винтовых домкратов, выполнены их 3D модели в CAD системе АСКОН КОМПАС 3D и изготовлены с помощью технологии FDM печати работающие прототипы, которые каждая команда представила на оценку комиссии, состоящей из членов кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» (рис. 1).

В результате работы студенты приобрели навыки конструкторских расчетов, работы с технической литературой, работы с CAD-системами, оформления презентаций и публичных выступлений.



Рис. 1. Представление результатов выполнения проекта

Для оценки удовлетворенности студентов реализацией данного модуля в рамках образовательной программы был проведен анонимный опрос (рис. 2).

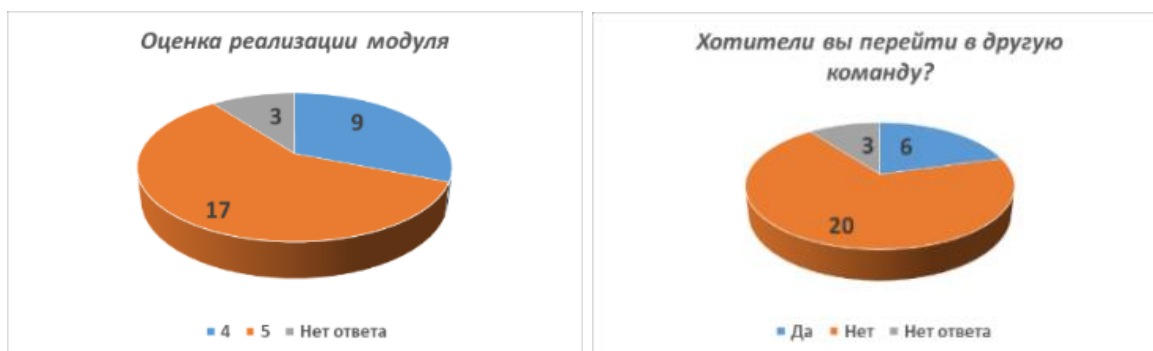


Рис. 2. Результаты опроса

По проведенному опросу среди студентов была отмечена высокая заинтересованность в продолжении работы в рамках проектной деятельности по разработке более сложных механизмов в рамках освоения специальности, но так был установлен ряд проблем:

- плохая коммуникация внутри команды;
- недостаточная подготовка в области точных и естественных наук;
- сложности при выходе «за рамки»;
- отношение к модулю некоторых студентов, как к формальной дисциплине.

На наш взгляд для решения данных проблем необходимо:

- изменять составы команд при реализации других проектов;
- предлагать для выбора сложные и нетиповые проекты, которые, возможно, не будут полностью реализованы, но позволят научиться обучающимся оценивать свои возможности.

Библиографический список

1. Никитина, Е.Ю. Сущность и особенности проектной деятельности в профессиональном обучении / Е.Ю. Никитина, К.Н. Чалина // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета. – 2019. – № 1. – С. 78-96.
2. Пьянкова, Л.А. Проектная деятельность в вузе как условие формирования мотивационно-ценностного компонента профессионального самоопределения студентов технического университета / Л.А. Пьянкова, В.Е. Хомичева // Общество: социология, психология, педагогика. – 2019. – № 3(59). – С. 86-90.
3. Чижикова, Е.С. Формирование hard skills и soft skills у обучающихся в процессе изучения математики в техническом вузе / Е.С. Чижикова // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. – 2019. – № 7. – С. 343-348.
4. Ранних, В. Н. Инновационный центр повышения квалификации ППС как модель реализации компетентностного подхода / В. Н. Ранних, В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост. – Тула : Тульский государственный университет, 2013. – 62 с.
5. Дубровская, Е.Н. Мотивация преподавателей-наставников и студентов в проектной деятельности (на примере проекта "сквозные компетенции проектной деятельности" Сургут) / Е.Н. Дубровская, О.Л. Чуланова, Е.В. Куприянова // Материалы Ивановских чтений. – 2020. – № S4(31). – С. 91-97.
6. Васильева, А.М. Проектное обучение как современная педагогическая технология / А.М. Васильева // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2016. – № 2(6). – С. 110-112.
7. Мандель, Б.Р. Основы проектной деятельности: учебное пособие для обучающихся в системе СПО / Б.Р. Мандель. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 293 с.
8. Проблемы интенсификации инженерного образования /Л. А. Сладкова, А. Н. Неклюдов // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 14-15.

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РОБОТА ДЛЯ ОЧИСТКИ МАЛЫХ РЕК И ВОДОЕМОВ

Лосев А. А., магистрант

Дегтярев С. Н., студент

Чубаркин В. А., студент

Научный руководитель: Севрюгина Н. С., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

В настоящее время начали активно внедряться технологии коллаборативного функционирования, т.е. робототехнические комплексы не замещения, а помощи человеку: ко-боты. Предлагается на регулярной основе выполнять очистку ко-ботом автономного функционирования.

Разработка данной конструкции и предлагается, ко-бот, представляет собой механическую конструкцию, агрегатируется на понтонах с гусеничным приводом выхода на прибрежную зону, автономность обеспечивается установкой силовых электромодуле, питаемых от солнечных батарей или подзарядкой аккумуляторов от стационарных зарядных станций (рис.1).

В ко-бот встраивается аппаратный модуль со свободно программируемой средой, что позволяет адаптироваться к особенностям конкретного водного объекта.

Типовые операции очистки водоема и прибрежной зоны выполняются по заранее составленному алгоритму, предусмотрено создание Базы Данных для самообучения ко-бота, при корректировке удаленного управления оператором.



Рис. 1. Структурная схема прототипа ко-бота

Программное обеспечение и сеть связи представлено в формате платформ открытых систем с поддержкой SDK (software development kit) и API (Application programming interfaces). Удаленная связь с периферийными устройствами: визуального и портативного оборудования.

Протоколы связи открытой среды обеспечивают поддержку Linux, Windows и операционной системы для роботов (ROS), совместимость с приложениями C / C ++ / Lua / Python и пр.

В качестве аналога взята конструкция коллаборативного робота модели Fanuc CR-35iA Японской фирмы с техническими характеристиками:

1. Тип робота: Коллаборативный робот
2. Площадь установки: 650 x 650 мм
3. Дотягаемость руки: до 1813 мм;
4. Грузоподъемность : до 35 кг;
5. Количество осей (суставов): 6;
6. Повторяемость (точность) : 0,03 мм;
7. Классификация: IP54(корпус)/IP67(рука);
8. Скорость: 0.75 м/с;
9. Интегрированные Вх./Вых. цифровые сигналы в локтевом суставе: 6/4
10. Углы по суставам (1,2,3,4,5,6): 370 / 165 / 258 / 400 / 220 / 900 °
11. Питание: 380-550в 50/60 гц, 3 фазы
12. Среднее потребление: 1000 вт
13. Уровень шума: 70 дб
14. Рабочая температура: 0-45 ° C;
15. Срок гарантии: 1 год;
16. Вес: 990 кг

Платформа открытой системы поддерживает несколько методов связи, SDK и API, и может устанавливать связь с несколькими периферийными устройствами, такими как терминал, визуальное и портативное оборудование. Подключение многоязычных окружений, несколько протоколов связи и глубокая интеграция со сторонними надстройками. Протоколы связи: TCP/IP, Modbus-RTU/TCP, Profinet. Интерфейс и открытость: SDK (поддержка разработки), API. Поддержка Linux, Windows и операционной системы для роботов (ROS).

Разработанный агрегат управляется микроконтроллером на плате, программируется при помощи языка Arduino, который в свою очередь основан на языке Wiring. При помощи написанной программы можно менять режимы работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021/1196/1 от 08.10.2021 г. «Приоритет 2030», «Программа развития РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева».

Библиографический список

1. Севрюгина Н.С., Апатенко А.С. Конструктивная адаптивность машин к эффективному функционированию в полном цикле технологических работ //Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2. № 2. С. 58-68.

2. Евграфов, В. А. Применение организационно-экономических методов при формировании парка машин в производственных организациях агропромышленного комплекса / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 128 с.

3. Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В. Модульная технология и структурное представление ДСМ //Новые материалы и технологии в машиностроении. 2009. № 10. С. 177-180.

5. Евграфов, В. А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве : Монография / В. А. Евграфов, А. С. Апатенко, А. И. Новиченко ; Российский государственный аграрный университет - московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. – Москва : ООО "Издательство "Спутник+", 2015. – 116 с.

6. Карапетян, М. А. Технические средства и методы защиты гидромелиоративных объектов : учеб. пособие / М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин ; М. А. Карапетян, В. Н. Пряхин. – Москва : Компания Спутник+, 2004. – 150 с. – ISBN 5-93406-784-2.

7. Севрюгина, Н. С. Моделирование нештатных ситуаций при оценке надежности спецтехники / Н. С. Севрюгина, Е. В. Прохорова, А. В. Дикевич // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С. 90-96.

8. Формирование придорожных сервисных комплексов как компонента транспортно-логистического кластера в общей системе инновационного развития региона / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина, Н. В. Козлова, А. А. Конев // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11. – С. 42-44.

АЛЬТЕРНАТИВА ЭМУЛЯТОРОВ СИМУЛЯТОРАМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБУЧАЮЩИХ ТРЕНАЖЕРОВ

Сорокин В. С., студент

Чайков Д. Д., студент

Научный руководитель: Фомин А. Ю., к.т.н., доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия

Практические навыки специалистов агроинженеров включают владение управлением технических средств сопровождения сфер АПК, каковыми являются транспортные и технологические машины. Разнообразие марок и модификаций, функциональных возможностей создает сложности получения всего спектра навыков управления транспортными и технологическими машинами, в свою очередь учебные центры не имеют достаточных средств финансирования для закупки такой техники. Как правило в технических центрах обучения управления машин различных категорий представлены несколько типовым марок, что переводит данный вид обучения в категорию получения первичных базовых профессиональных умений и навыков [1-2].

Традиционно, обучающие управлению транспортных и технологических машин симуляторы и тренажеры конструируются на базе кабины машины с установкой опорной стационарной или динамической платформы, экрана визуализации работы машины и программного модуля имитации внешней среды и характерных для данной машины условий работы (рис.1).

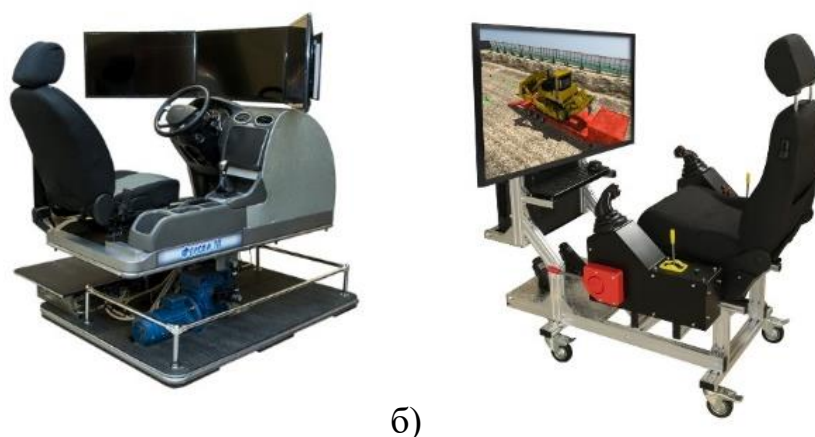


Рис. 1. Учебные тренажеры:

а) симулятор управления легкового автомобиля; б) симулятор управления бульдозером «Бульдозер-студент»

Тренажеры-симуляторы предназначены для выработки первичных навыков безопасного управления машиной не расходуя моторесурс реальной техники.

В работе Дроздова современное обучение рассматривается как тотальная задача достижения компетенций, расчлененная на дифференцированные подзадачи с выделением знаниевых характеристик принятия решений, управления ресурсами, временем и персоналом; характеристик умения и владения в административном, коммуникативном аспектах, выработкой лидерских качеств с пробуждением способности к рефлексии [3].

Решение данного вопроса видится в применении дополненной и виртуальной реальностей расширяющей вырабатываемые компетенции. Для этого принято использовать различные программные средства, их эмуляторы и симуляторы.

Терминологические отличия понятий включают: эмуляция – воспроизведение программы или системы с сохранением ее ключевых свойств и принципов работы; симуляция – воспроизведение программы-оригинала сугубо виртуально, имитация лишь отдельных свойств, возможностей и функций системы.

Предпочтение эмуляторов симуляторам заключается в том, что эмуляторы предполагают создание точной модели устройства, в отличие от симуляторов, которые имитируют только ту часть задач, которые были поставлены, т.е. по полноте функций значительно уже эмулятора.

В связи с тем, что транспортные и технологические машины являются потенциально опасными для окружающей среды и человека объектами техносферы, то следует пересмотреть программы обучения управления техническими средствами в сторону приближения отрабатываемых практических навыков к реальным путем расширения разработки сред дополненной реальности формируемых программными модулями, адаптированными с механическими тренажерами эмуляторами управления транспортной или технологической машины с имитацией всего спектра эксплуатационных операций [4-8].

Учитывая, что эмулируется объект в целом, а симулируются его свойства, функции или поведение, то совершенствование обучающих тренажеров остается актуальной задачей.

Типовые модели тренажерного оборудования для обучения операторов технологических машин обслуживающих АПК в свою конструкцию включают кабину базового транспортного или технологического средства, рулевую колонку, органы управления, расположенные в кабине, кресло оператора,

микропроцессорного устройства соединенного с контрольно-измерительными приборами и экраном для отображения вида на дорогу (рис.2).



Рис. 2. Пример симулятора-тренажера для обучения на право управления транспортными средствами

Тренажерное устройство работает по принципу проецирования дороги на экран, моделирования микропроцессорным устройством положения технологической машины относительно дороги, и изменения положения относительно дороги с помощью органов управления. Недостатком типового устройства является несогласованность психо-физических свойств оператора, т.к. имитация влияния дорожного рельефа на управление передается на зрительные образы с помощью программно-вычислительных средств изменением положения машины, при этом не передавая воздействия на рецепторно-мышечную систему обучаемого.

В качестве примера рассмотрен учебный тренажер разработанный на базе модели бульдозера CYBERMINE. Тренажер сконструирован по принципу блочно-модульной структуры включает: модуль управления оператора; программно-аппаратный комплекс; динамическую платформу. Симулятор программного средства обеспечивает имитацию различных технологических операций. Эффект дополненной реальности реализуется путем визуализации дорожных, погодных условий, вплоть до звукового фона и тактильности органов управления. Базовыми технологическими машинами симуляторов являются бульдозеры фирмы Caterpillar (CAT), John Deere и Komatsu (рис.3).



Рис. 3. СУБЕРМИНЕ - симуляторы бульдозера – ThoroughTec Simulation

(Данные взяты с сайта открытого доступа:

<https://www.thoroughtec.com/ru/cybermine-симуляторы-бульдозера/>)

Закрытая кабина позволяет создать эффект реального управления машиной, воспроизводимый на экране кругового обзора модулем видеосвязи. Психофизическое восприятие рельефа местности обеспечено путем изменения угла наклона кресла обучаемого соотнесенное с реальным наклоном передвигающегося бульдозера по местности.

Предлагается альтернативная конструкция обучающего тренажера технологических машин, с включением технологий дополненной реальности на примере эмуляции рельефа местности и нештатных ситуаций при выполнении операций АПК. Сопоставительный анализ показывает, что динамическое воздействие на кабину, а соответственно, на обучаемого оператора позволяет дополнительно к зрительным образам и моторным действиям по управлению осуществлять динамическое воздействие на рецепторно-мышечную систему обучаемого посредством механических перемещений кабины тренажера. Это существенно повышает эффективность обучения в условиях, приближаемых к реальным по воздействию дорожного рельефа и поворотов. Выработка мышечных рефлексов существенно повышает усвоение практики вождения машиной и может сократить срок обучения для приобретения навыков в сравнении с обучением зрительными образами и, соответственно затраты на обучение 1,2 – 1,5 раза. Однако более важным эффектом является приобретение моторных навыков избегания аварийных ситуаций, что может оцениваться улучшением показателей среднестатистических ожидаемых экономических и социальных потерь.

Библиографический список

1. Глаголев, С. Н. Проблемы инженерного образования в области техники и технологий: Учебное пособие / С. Н. Глаголев, Т. А. Дуюн, Н. С. Севрюгина. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова / ЭБС АСВ, 2013. – 109 с. – ISBN 978-5-361-00098-2.
2. Ранних, В. Н. Инновационный центр повышения квалификации ППС как модель реализации компетентностного подхода / В. Н. Ранних, В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост. – Тула : Тульский государственный университет, 2013. – 62 с.
3. Лебедев, С. А. Новая программа автомобильной подготовки военных водителей / С. А. Лебедев, А. Ю. Фомин // Инновационные технологии в учебном процессе и производстве : Материалы межвузовской научно-практической конференции, Москва, 20–23 марта 2017 года. – Москва: Государственный университет управления, 2017. – С. 154-157.
4. Глаголев, С. Н. Эффективность функционирования системы "владелец-автомобиль-сервис" как результат выбора ее акцентированной компоненты / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 10-11.
5. Сладкова, Л. А. Проблемы интенсификации инженерного образования / Л. А. Сладкова, А. Н. Неклюдов // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 14-15.
6. Воронов, А. Н. Управление рисками и надежностью наземных транспортно-технологических комплексов требует профессионалов / А. Н. Воронов, А. Н. Неклюдов, И. В. Трошко // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 16-17.
7. Гнездилов, С. Г. Современное состояние научно-исследовательской работы в области подъемно-транспортного оборудования в вузах Германии / С. Г. Гнездилов // Механизация строительства. – 2013. – № 8(830). – С. 35-39.
8. Фомин, А. Ю. Метод оценки степени формирования навыков вождения / А. Ю. Фомин, В. Ф. Васильченков // Современные материалы, техника и технология : материалы 3-й Международной научно-практической конференции: В 3-х томах, Курск, 27 декабря 2013 года / Ответственный редактор: Горохов А.А.. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. – С. 241-243.

ОБУЧАЮЩИЕ КОМПЕТЕНЦИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕРЕЗ ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАРКАСА МАШИНЫ ПРОЕКТА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

Ступин О. А., аспирант

Чайков Д. Д., студент

Научный руководитель: Апатенко А. С., д-р техн. наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА
имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия*

Формула студент – это международный образовательный проект, основанный SAE (Society of Automotive Engineers, Сообщество автомобильных инженеров). Это инженерное соревнование было впервые задумано в начале 1980-х годов в Техасе.

Большое распространение проект получил в России. В мировом рейтинге нашу страну представляет 11 команд, но в действительности география значительно шире: начиная от Владивостока и заканчивая Европейской частью России – это более 20-и команд. Особенностью Formula Student является то, что команда состоит исключительно из студентов, перед которыми ставится задача не только показать высокий результат в динамических дисциплинах, но и в инженерной защите разработанного проекта.

Гоночные болиды, участвующие в Formula Student, должны быть самостоятельно спроектированы и изготовлены студенческой командой без применения помощи профессионалов в автомобильной отрасли. Проектирование гоночного болида должно осуществляться строго в соответствии с техническим регламентом. Гоночный болид конструктивно должен иметь открытые передние и задние колеса, а также кокпит. Кузов гоночного болида не должен иметь отверстий в зоне размещения гонщика от носовой части до гнутой части главной дуги (огнеупорной стенки). Значение колёсной базы должно быть не менее 1525 мм. Значение ширина наименьшей колеи гоночного болида должно быть не менее 75% от значения наибольшей его колеи. Силовой каркас гоночного болида должна включать в себя две фиксированные дуги, перегородку в передней части и боковые силовые элементы.

Каркас или рама гоночной машины является несущим элементом, также несущим элементом может быть монокок. К основным требованиям рамы можно отнести прочность, так как при движении гоночного автомобиля возникает сильная вибрация из-за работы двигателя. Для улучшения управляемости

автомобиля рама должна быть жесткой, ее деформация нарушает правильную работу органов управления, и машина становится неустойчивой.

Решетчатые рамы имеют вид пространственной фермы, обладающей очень высоким отношением крутильной жесткости к массе (то есть они легки и очень прочны на кручение). Трубчатые рамы выполняются из сталей, отличающихся высокой прочностью. Кроме того, этот материал должен быть легким и прочным на кручение. Трубчатые конструкции нашли применение в гоночных и спортивных машинах, ведь для них одним из важных параметров является минимальная масса при максимальной прочности. Трубчатая рама представлена на рисунке 1.

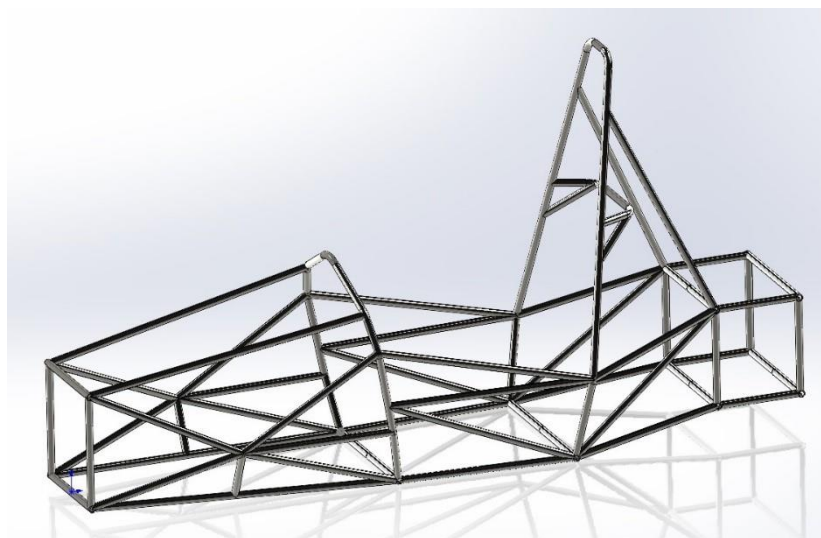


Рис. 1. Трубчатая рама

К основным достоинствам трубчатой рамы относятся:

1. Малый вес
2. Высокая прочность на кручение
3. Высокое отношение жесткости к массе
4. Низкая стоимость производства
5. Хорошее поглощение вибраций при применении алюминиевых труб

К недостаткам данной конструкции относятся:

1. Низкая прочность на изгиб
2. Сложность ремонта

Для придания большей жесткости конструкции можно совместить каркас непосредственно с двигателем. Данный каркас представлен на рисунке 2.

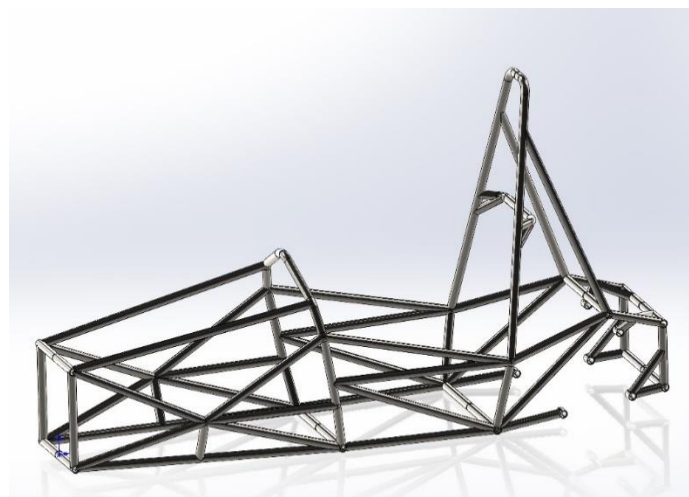


Рис. 2. – Рама под интегрирование двигателя

Также особенностью данной конструкции является уменьшение металлоемкости в следствии того, что двигатель заменяет часть ребер жесткости

В настоящее время в профессиональных гонках повсеместно используется рама- монокок (Рисунок 3).

Монокок представляет собой конструкцию, состоящую из пластин и оболочек, сконструированных с образованием закрытой коробки или цилиндра. Он может заменить часть кузова.

Современные монококи неизменно изготавливаются из композита и углеродного волокна.

К основным достоинствам монокока по сравнению с трубчатой рамой относятся легкость, жесткость, прочность и безопасность. Однако применение монокока для болида «Формула студент» для нас - нецелесообразно, так как даже при применении алюминия вместо карбонового сплава цена возрастает в десятки раз, повышается сложность в производстве, а повышенные характеристик незначительны.

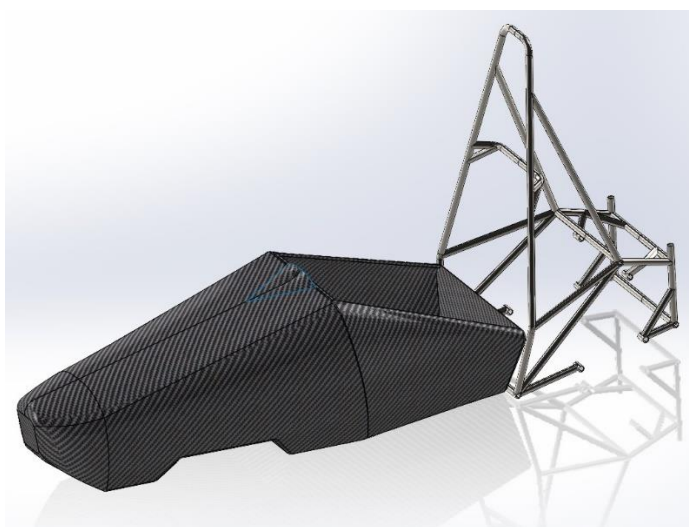


Рис. 3. – Монокок

Вывод: конструкция из трубчатой рамы целесообразно для нашего проекта болида «Формула студент», так как при низкой цене и простоте изготовления мы получаем необходимые по регламенту параметры рамы.

Библиографический список

1. Ранних, В. Н. Инновационный центр повышения квалификации ППС как модель реализации компетентностного подхода / В. Н. Ранних, В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост. – Тула : Тульский государственный университет, 2013. – 62 с.

2. Сладкова, Л. А. Проблемы интенсификации инженерного образования / Л. А. Сладкова, А. Н. Неклюдов // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 14-15.

3. Воронов, А. Н. Управление рисками и надежностью наземных транспортно-технологических комплексов требует профессионалов / А. Н. Воронов, А. Н. Неклюдов, И. В. Трошко // Подъемно-транспортное дело. – 2020. – № 3-4(101). – С. 16-17.

4. Способ обеспечения устойчивости гоночных автомобилей при прохождении поворотов / К. С. Хряков, П. А. Сорокин, М. Хоммерс, А. В. Мишин // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 11. – С. 3-7.

5. Брюхов, А. П. Оценка и оптимизация крутильной жесткости рамы болида "формула студент" ПНИПУ / А. П. Брюхов, Д. В. Головин, Н. С. Козырин // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 3. – С. 5-19

6. Сорокин, П. А. Спектральный анализ вибраций переднего антикрыла гоночного автомобиля "Даллара Т12" / П. А. Сорокин, К. С. Хряков, А. В. Мишин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 7-1. – С. 221-226

7. Головин, Д. В. Анализ материалов для производства рамы болида класса "Формула Студент" / Д. В. Головин // Вестник науки и образования. – 2015. – № 7(9). – С. 20-22

8. Дискретное моделирование многотельных контактных систем / Р. А. Жилин, В. А. Нилов, Ю. Б. Рукин, А. В. Демидов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. – № 6. – С. 44-47.

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩИХ VR ПРОГРАММ СЕРВИСА И РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ступин О. А., аспирант

Чайков Д. Д., студент

Научный руководитель: Апатенко А. С., д-р техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия

Обучающая VR программа нацелена на развитие умений и навыков по отдельным трудовым действиям профессиональных стандартов сферы сервиса и ремонта транспортных и технологических машин, формируемые в умной лаборатории: виртуальных цифровых двойников макетов машин, их систем, агрегатов, узлов и деталей.

Цель работы: Внедрение в обучающие программы инженерного образования виртуальной практико-ориентированной лаборатории имитации работ сервиса и ремонта технологических машин.

В данной работе предлагается обучающая VR программа, которая нацелена на развитие умений и навыков по отдельным трудовым действиям профессиональных стандартов сферы сервиса и ремонта транспортных и технологических машин, формируемые в умной лаборатории: виртуальных цифровых двойников макетов машин, их систем, агрегатов, узлов и деталей.

Задачи:

1. Анализ существующих обучающих VR программ в области сервиса, ремонта, проектирования и эксплуатации технологических машин.
2. Разработка 2D и 3D эскизов сборочных единиц и узлов технологической машины
3. Выбор программного обеспечения (на базе ПО Autodesk AutoCAD, DesignSpark Mechanical и пр. ПО) реализации виртуальной реальности.
4. Разработка анимации для визуализации процессов сервиса отдельных узлов машины.
5. Модернизация деталей технологических машин для закрепления практических навыков при прохождении практик на предприятии.

Программа позволяет оперативно вносить конструктивные изменения в соответствие с развитием техники и технологий снижая затраты на замену учебного оборудования новым и может перевести обучающий процесс на инновационный уровень, выявляет творческий потенциал обучаемого, способствует развитию технического мышления и моделирования. Учебный процесс визуализируется в привычной для молодежи цифровой среде, в то же

время делает узнаваемой физические объекты профессиональной деятельности на реальных предприятиях сервиса. При написании программы используются лицензионные программные продукты адаптированные с графопостроителями, а также программные продукты открытого доступа. Данная оболочка будет использоваться в качестве основы для создания пакетов имитационных моделей агрегатов, узлов и деталей технологических машин. В настоящее время, цифровые модели не существуют в формате применения функций сервиса и ремонта.

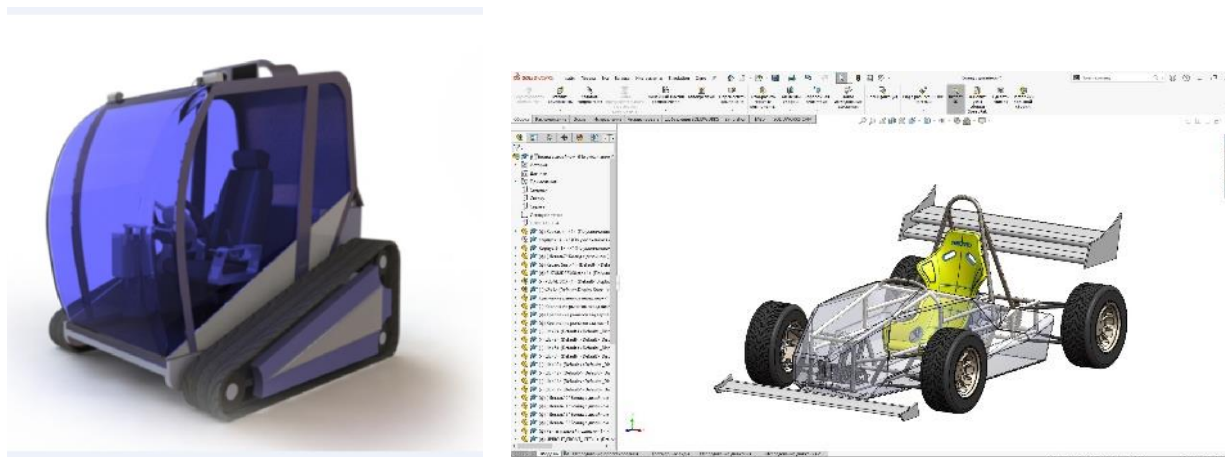


Рис. 1. 3D моделирование

Первый этап - Разработка сборочных единиц машины:

6. Разработка 2D эскизов сборочных единиц и узлов технологической машины с заданием размеров и привязок.
7. Создание банка данных детализовок – сборочных пазлов (шаблонов) как универсальных конструктивных элементов машины.
8. Включение в модель детали пакета имитации изменения геометрии в следствии износа в процессе нагрузки функционирования в 3 проекциях.
9. Включение алгоритма проверки качества ремонта или сервисной операции, пакет динамических нагрузок имитация по различным условиям функционирования закладывается из БД – режимов работы отдельных компонентов и внешних нагрузок, условий среды рабочей площадки.

Второй этап - 3D-модели виртуальная сборка, сервис и ремонт технологических машин:

1. Перевод конструкции в 3D-модели, объемную анимацию сборочной операции (базовое ПО Autodesk AutoCAD, возможно использовать бесплатную версию DesignSpark Mechanical)
2. Динамическая анимация с имитацией нештатных нагрузок или износа деталей

3. Модели масштабирования для 3D-печати прототипов сборки, модернизации и ремонта (базовое ПО Autodesk AutoCAD; возможно использовать бесплатную версию DesignSpark Mechanical или обмен файлами с другими программами MCAD (включая STL, SKP, OBJ, AutoCAD DXF и т. д.)

4. Имитация восстановительных ремонтов изношенных деталей используя среду Autodesk Fusion 360, в комплексном облачном пакете для CAD, CAM, CAE и PCB: автоматизированного проектирования путем твердотельное моделирование выдавливанием, вращением, сопряжением и другими привычными инструментами; или среду Meshmixer для изучения параметров детали (толщину, стабильности пр.)

1. Разработка анимации для визуализации -анимации процессов сервиса отдельных узлов машины в среде Cinema 4D, реализация трехмерных эффектов ситуаций выхода из строя, нарушения соединения, разрушения или отказа систем.

2. Формирование виртуальной реальности на ПО FreeCAD.

Проектом решается проблема повышения качества профессионального образования, уровня компетентности выпускника и его подготовленности к выполнению трудовых действий, согласно профессиональным стандартам, через реализацию технологий параллельной инженерии. На первом этапе для апробации проекта выстраиваются взаимоотношения между структурными подразделениями РГАУ МСХА, специализированными кафедрами путем внедрения лабораторной практики профессиональных дисциплин программы. В течении семестра программа проходит корректировку и готовится презентация для рекламы в профильных вузы, проведение выездных мастер классов будет способствовать продвижению продукта, параллельно устанавливается потребность в аналогичных разработках по индивидуальным лабораторным работам спецдисциплин образовательных учреждений.

Данная бизнес-идея позволяет перевести обучающий процесс на инновационный уровень, выявляет творческий потенциал обучаемого, способствует развитию технического мышления и моделирования. Учебный процесс визуализируется в привычной для молодежи цифровой среде, в то же время делает узнаваемой физические объекты профессиональной деятельности на реальных предприятиях сервиса. Потенциальная прибыльность и устойчивость бизнеса обеспечивается стремительно развивающимся техническим прогрессом и необходимостью ремонта и сервиса технических систем

Библиографический список

1. Глаголев, С. Н. Проблемы инженерного образования в области техники и технологий: Учебное пособие / С. Н. Глаголев, Т. А. Дуюн, Н. С. Севрюгина. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова / ЭБС АСВ, 2013. – 109 с.
2. Гнездилов, С. Г. Современное состояние научно-исследовательской работы в области подъемно-транспортного оборудования в вузах Германии / С. Г. Гнездилов // Механизация строительства. – 2013. – № 8(830). – С. 35-39.
3. Лебедев, С. А. Новая программа автомобильной подготовки военных водителей / С. А. Лебедев, А. Ю. Фомин // Инновационные технологии в учебном процессе и производстве: Материалы межвузовской научно-практической конференции, Москва, 20–23 марта 2017 года. – Москва: Государственный университет управления, 2017. – С. 154-157.
4. Глаголев, С. Н. Эффективность функционирования системы "владелец-автомобиль-сервис" как результат выбора ее акцентированной компоненты / С. Н. Глаголев, Н. С. Севрюгина // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 6. – С. 10-11.
5. Способ обеспечения устойчивости гоночных автомобилей при прохождении поворотов / К. С. Хряков, П. А. Сорокин, М. Хоммерс, А. В. Мишин // Автоматизация. Современные технологии. – 2016. – № 11. – С. 3-7.
6. Сорокин, П. А. Спектральный анализ вибраций переднего антикрыла гоночного автомобиля "Даллара Т12" / П. А. Сорокин, К. С. Хряков, А. В. Мишин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 7-1. – С. 221-226
7. Дискретное моделирование многотельных контактных систем / Р. А. Жилин, В. А. Нилов, Ю. Б. Рукин, А. В. Демидов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т. 10. – № 6. – С. 44-47.
8. Ранних, В. Н. Инновационный центр повышения квалификации ППС как модель реализации компетентностного подхода / В. Н. Ранних, В. Ю. Анцев, А. Н. Шафорост. – Тула : Тульский государственный университет, 2013. – 62 с.

Научное издание

**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

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 29.04.2022. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 24,36. Тираж 100 экз.

Компьютерная верстка: Апатенко А.С., Севрюгина Н.С., Ступин О.А.

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6
www.onebook.ru