РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
Филиал РГУПС в г. Воронеж

ТРАНСПОРТ:
НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО
(«Транспорт-2023»)

Международная научно-практическая конференция

26-28 апреля 2023 года
г. Воронеж

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
Филиал РГУПС в г. Воронеж

ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО («Транспорт-2023»)

Международная научно-практическая конференция

26-28 апреля 2023 года
г. Воронеж

Воронеж
2023

Редакционная коллегия:

Лукин О.А. – к.ф.-м.н., доцент
Лулудова Е.М. – к.филол.н., профессор
Гостева С.Р. – к.ист.н., доцент
Гордиенко Е.П. – к.т.н., доцент
Кожевников А.К. – к.ф.-м.н., доцент
Попова Е.А. – к.т.н., доцент
Рябко К.А. – к.т.н., доцент
Тимофеев А.И. – к.э.н., доцент

Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2023»). Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2023. – 242 с.

Сборник статей подготовлен на основе докладов Международной научно-практической конференции «Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2023»)», состоявшейся 26-28 апреля 2023 года в филиале РГУПС в г. Воронеж. Докладчики представили результаты исследований по различным аспектам развития железнодорожного транспорта в современной России и мире.

Издание может быть полезно научным сотрудникам, преподавателям, студентам, аспирантам и всем, кто интересуется проблемами и перспективами транспортного развития России.

© Филиал РГУПС в г. Воронеж
© Кафедра социально-гуманитарные, естественно-научные и общепрофессиональные дисциплины

СОДЕРЖАНИЕ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОСТЫ, ИХ ДЕФОРМАЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ
Д.В. Белова 7

ВОПРОСЫ БОРЬБЫ С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ
Л.Н. Богданова 11

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
Л.Н. Богданова, Н.М. Сафонова 14

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА И ВЕСОВОЙ КАТЕГОРИИ ВАГОНОВ НА СКОРОСТЬ ИХ ВЫХОДА ИЗ ТОРМОЗНЫХ ПОЗИЦИЙ СОСТАВОВ
А.В. Буракова, Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков 18

О СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЯХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КРАЕВЫХ УСЛОВИЯХ
Е.В. Власова 22

АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ
Е.П. Гордиенко 26

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ «ИНДУСТРИЯ 4.0»
Е.П. Гордиенко 32

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ
Е.П. Гордиенко, А.А. Кожевников 37

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ШПАЛАХ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ
А.В. Давыдов, В.С. Красильников 42

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ СО СТАРОЙ ОБВОДНЕННОЙ ОБДЕЛКОЙ
Е.Н. Ефремова 46

КОНТРОЛЬ ХОЛОДИЛЬНОЙ ЦЕПИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ
И.В. Журавлева 49

ЗНАЧИМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ ПО ОСИ «СЕВЕР – ЮГ»
И.В. Журавлева 54

ОСНОВНЫЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
И.В. Журавлева, Е.А. Попова 58

НЕБЫТИЕ КАК ДИАЛЕКТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЕЙ
А.А. Завьялов 62

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАЗОВАНИЮ: ПРИЧИНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ
С.В. Завьялова, А.А. Завьялова 66

ПРОБЛЕМЫ НЕХВАТКИ ПРОПУСКНЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Е. В. Каимов, В.А. Оленцевич, Р.В. Максимова 69

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ
О.А. Калачева 73

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СПЕЦОДЕЖДЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА
О.А. Калачева 77

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ «НАРА» МОСКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ НЕТЯГОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
Н.И. Климентов, А.Ю. Иванов 80

ВЫПОЛНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПО МОДУЛЮ ПРЕДСТАВЛЕННОГО МЕНЬШИМИ ОСНОВАНИЯМИ
А.А. Кожевников 84

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДНЫХ БРУСЬЕВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
В.С. Красильников 87

НАДЕЖНОСТЬ УСТРОЙСТВ ЗАГРАЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ И ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
В.С. Красильников 91

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПОДХОДАХ К КРУПНЫМ РЕКОНСТРУИРУЕМЫМ СТАНЦИЯМ
Л.В. Куныгина 95

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ ЦЕМЕНТОВАННОЙ СТАЛИ 20Х
А.А. Лукин 99

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ АЛЬФА-ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ
О.А. Лукин 101

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ
В.В. Малахова, О.В. Малахов, А.А. Афанасьев 103

ФОРМИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ВСТРЕЧНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ
Г.М. Мамедов 108

ЛОКОМОТИВЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НАЗВАННЫЕ В ЧЕСТЬ ИЗВЕСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКОВ
А.И. Навичонок 113

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ С СИНГУЛЯРНОСТЬЮ
Ф.О. Найдюк 118

ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ УСЛОВИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
В.А. Оленцевич, Е.В. Каимов 122

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ
И.А Пантыкина, В.А. Юрьева, А.А. Лукин 125

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА
И.А. Пантыкина, В.А. Юрьева, А.А. Лукин 128

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗНОСОСТОЙКОГО ЧУГУНА
Л.С. Печенкина, А.А. Лукин 130

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА ДЛЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
А.А. Платонов 134

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА УЧАСТКОВ ЛИНЕЙНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ
А.А. Платонов 139

О ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ ПРИ НАТУРНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
М.А. Платонова, А.А. Платонов 144

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕЗОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ
Е.А. Попова 150

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК
Е.А. Попова 154

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИИ
Е.А. Попова, И.В. Журавлева 159

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ
С.А. Прицепова 164

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ОБОДЬЕВ ПРИВОДНЫХ КОЛЕС ШАХТНЫХ МОНОРЕЛЬСОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ
К.А. Рябко, Е.М. Арефьев 167

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ТОРМОЗОВ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК
Е.В. Рязанцев 172

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА
Н.М. Сафонова 176

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОТОПЛИВА
А.О. Сафонов 179

ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ
В.С. Семеноженков, М.В. Семеноженков, В.Г. Строганов 183

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СВАРКИ СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНА
В.С. Семеноженков, М.В. Семеноженков, В.Г. Строганов 189

РОБОТИЗИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ДОКУМЕНТАМИ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК
А.А. Сироткин, А.Ш. Абдуллина 194

ПОРОВОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИ ОТТАИВАНИИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ
Л.А. Смоляницкий 198

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА ОПОЛЗНЕ
Л.А. Смоляницкий 203

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ ОСТРЯКОМ И РАМНЫМ РЕЛЬСОМ ПРИ ПРОХОДЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО СТРЕЛКЕ
Н.В. Стоянова, Д.Е. Минаков, Е.Ю. Минаков 207

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SMART СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
О.В. Терновская, Е.Ю. Терновская, А.С. Павлов 211

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СИЛ ТРЕНИЯ В ТОЧКАХ КОНТАКТА ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПОВЕРХНОСТЬЮ
Н.И. Федоринин 214

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО СТЕНДА МПЦ И АБ
Н.И. Федоринин Н.И., А.А. Кожевников 217

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
А.А. Шатохин 221

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОГО СЕТЕВОГО ЦЕНТРА РАСШИФРОВКИ
В.В. Швец, С.А. Никитин 225

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УЧЁТА И АНАЛИЗА ОТКАЗОВ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
О.С. Шерстюков, Н.И. Климентов 228

ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ДИСТАНЦИЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ
О.С. Шерстюков 233

РАЗВИТИЕ ПЕРСОНАЛА ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ
Н.В. Яшкова 237

УДК 625.142.48

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ МОСТЫ, ИХ ДЕФОРМАЦИИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ

Д.В. Белова
Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде

Аннотация. В статье рассматриваются виды железобетонных мостов, их деформации и повреждения, а также способы их устранения. Произведён обзор преимуществ и недостатков конструкции, представлена информация о предупредительных мероприятиях по ремонтным работам.

Ключевые слова: железная дорога, железобетонные мосты, деформация и повреждение железобетонных мостов.

Abstract. The article discusses the types of reinforced concrete bridges, their deformations and damages and how to eliminate them. The advantages and disadvantages of the design are reviewed, information on preventive measures for repair work is provided.

Keywords: railway, reinforced concrete bridges, deformation and damage of reinforced concrete bridges.

Использование железобетонных мостов связано с определенными свойствами железобетона и его некоторыми преимуществами перед сталью, деревом, камнем и бетоном, а именно:

1. Для железобетонных мостов могут быть выбраны различные формы, а система может быть изготовлена из сводчатых конструкций, балок и рам.

2. Высокие механические свойства и отличные строительные качества позволяют использовать железобетон для элементов и конструкций различных размеров и форм.

3. Железобетон доступен для производства как на строительной площадке, так и в заводских условиях.

4. Железобетон пластичен при изготовлении, он обладает высокой капитальностью в эксплуатации, не подвергается гниению и не требует покраски, как металлические мосты.

Благодаря таким свойствам железобетон сейчас все чаще используется в мостостроении, заменяя металлические мосты.

Существуют различные типы железобетонных мостов: 1) разрезные; 2) неразрезные; 3) консольные; 4) железобетонные мосты со сквозными фермами (эти мосты не получили мирового распространения из-за сложности конструкции) [1]. Наша цель – рассмотреть их особенности, определив основные дефекты и способы их устранения

Особенностью рамных мостов служит жесткое соединение ригеля со стойками в одну конструкцию – раму. Кроме того, стойка жестко заделана в стакане фундамента. Из-за этих особенностей такие мосты не могут компенсировать температурную деформацию от подвижной нагрузки, то есть она всегда находится в напряженном состоянии, поэтому их используют в автомобильных эстакадах.

Арочные пролетные строения используются для перекрытия горных ущелий или рек с каменными берегами, когда требуется перекрыть большие пролеты до 200 м.

Железобетонные мосты различаются по способу изготовления: монолитные мосты (они изготавливаются на месте в опалубке) и сборные. В настоящее время из-за сложности работ по опалубке чаще изготавливаются сборные мосты из готовых заводских блоков.

На первом этапе сооружения железобетонных мостов имели большое распространение балочные мосты с обычным армированием: разрезные с плитными и ребристыми пролетными строениями, неразрезные и консольные.

Плитные пролетные строения используются для перекрытия небольшого пролета от 3 - 6 м (рис. 1).

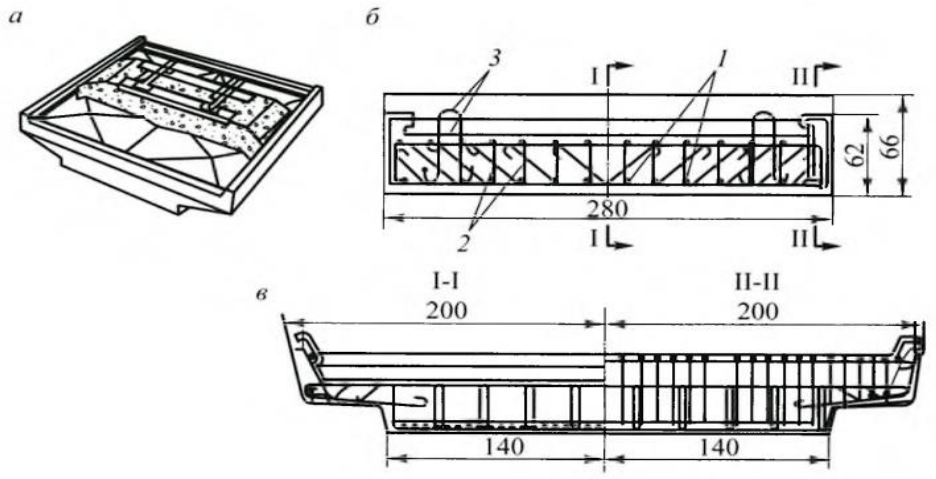


Рис. 1 - Плитное пролетное строения: а-общий вид; б-продольный разрез; в-поперечные разрезы; 1-рабочая арматура; 2-распределительная арматура; 3-монтажная арматура

Плитные мосты имеют вид монолитный или сборный из готовых блоков. Могут иметь простую конструкцию как в монолитном, так и в сборном исполнении. Рабочая арматура в плитном пролетном строении плиты диаметром менее 12 мм состоит из продольных стержней, расположенных по ширине поперечного сечения плиты. Места пересечения рабочей, распределительной и монтажной арматуры приварены или обвязаны проволокой [2].

Основным недостатком плитных пролетных строений является большой расход бетона и арматуры. Поскольку бетон нижней растянутой зоны не участвует в работах, поперечные размеры пролетных строений плит вдоль дна могут быть уменьшены, что предусмотрено в некоторых проектах.

Мосты с ребристыми пролетами используются для пролетов более 6 м, когда плитные пролетные строения являются неэкономичными (рис. 2).

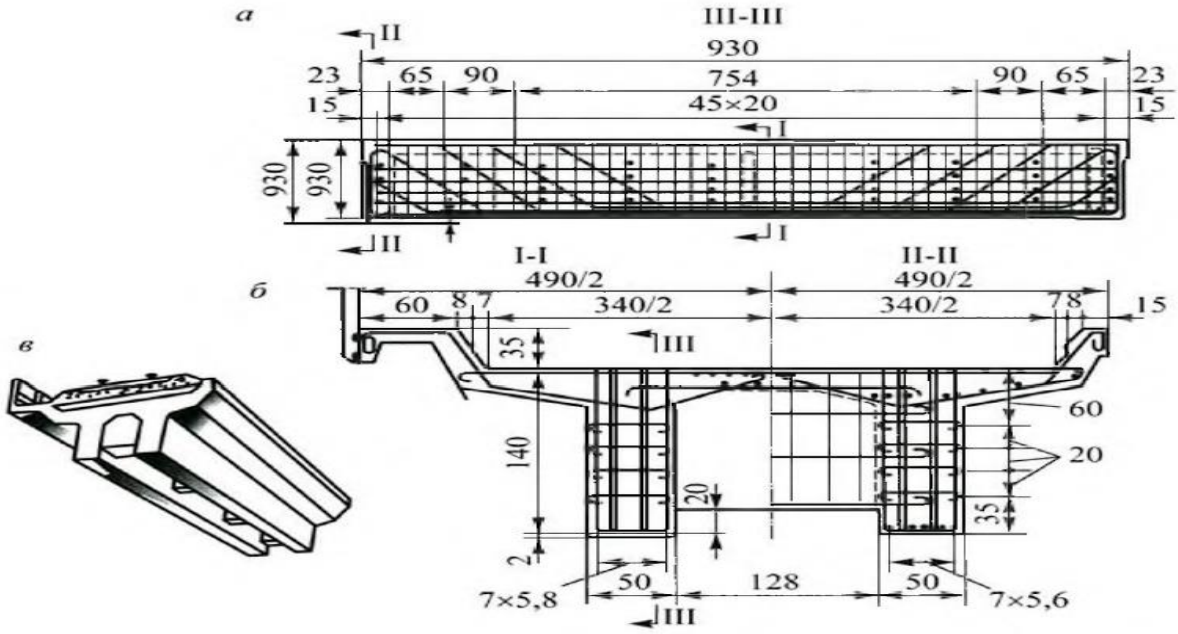


Рис. 2 - Монолитные ребристое пролетное строение: а-продольный разрез; б-поперечные разрезы; в-общий вид

Ребристые пролетные строения состоят из ребер, соединенных друг с другом поверх общей плиты частей дорожного полотна. Нижняя часть ребер работает на растяжение, а верхняя часть ребер и плиты работает на сжатие. По мере уменьшения изгибающего момента стержни арматуры изгибаются из нижней зоны в верхнюю сжатую зону. Ребра соединены между собой поперечными балками через каждые 4-6 метров. Диафрагмы обеспечивают равномерную нагрузку на ребра и предотвращают их скручивание, т.е. обеспечивают работу ребер как единой конструкции. Изгибы продольной арматуры воспринимают часть основных растягивающих напряжений, возникающих в ребре, и уменьшают открытие наклонных трещин в бетоне. Рабочая арматура обычно имеет периодический профиль диаметром от 16 до 30 мм. До торцов балки доводится не менее 1/3 сечения рабочей арматуры. В типичных пролетных строениях из обычного железобетона длиной до 16,5 м, толщина ребер жесткости предполагается равной 50 см, что позволяет выполнить все проектные требования СНиП и обеспечить качественную укладку и уплотнение бетонной смеси в конструкции.

В консольных пролетах разгружают главные балки, вызывая плохие моменты над опорами и уменьшая хорошие моменты в пролетах. В результате поперечное сечение консольных балок в пролетном строении меньше. В мостостроении одно- и двухконсольные пролетные строения используются в различных комбинациях с подвесными пролетами. Самой ответственной деталью в таких пролетных строениях является соединение подвесного пролета с консолью.

Железобетонные мосты с аркой характеризуются простотой конструкции и хорошим внешним видом. Арочные мосты имеют разные варианты конструкций с различным расположением проезда относительно арок: с ездой поверху, посередине и понизу. Проезжая часть с ездой поверху опирается на арки с помощью арочных столбов, при езде понизу подвешивается к аркам, а при езде посередине — частично опирается и подвешивается. Конструкция бесшарнирной арки является наиболее простой и экономичной. Недостатком бесшарнирной арки является возникновение дополнительных внутренних усилий при неравномерной осадке опор и от температурных воздействий.

Наиболее распространенными дефектами, которые появляются в процессе эксплуатации пролетных строений, являются трещины разрушения от мороза, коррозия (ржавление) арматуры и бетона, выщелачивание, разрушение гидроизоляции. Наиболее часто можно наблюдать:

1. Силовые трещины - поперечные трещины в растянутых элементах и растянутых местах изгибаемых элементов, продольные в сжатых элементах и в сжатых местах изгибаемых элементов, наклонные в стенках балок, их образование и размер раскрытия ограничивается расчетами согласно трещиностойкости, а в сжатой зоне бетона соответственно зависит от прочности.

2. Температурно-усадочные трещины, которые возникают в результате неравномерных по сечению деформаций от температурных воздействий, окружающего воздуха и усадки бетона. Такие явления приводят к образованию сетки поверхностных трещин или, суммируясь с напряжениями от нагрузки, усугубляют образование силовых трещин, развитие которых в этом случае может происходить в течение 5-7 лет.

3. Трещины от расширения коррозии.

4. Продольные трещины вдоль арматуры, возникающие из-за стесненной арматурой усадки бетона, замерзания сырого инъекционного раствора в каналах или из-за коррозии арматуры в бетоне, ускорять появление. Такие трещины могут возникать от сжатия бетона.

Трещины выявляются по потекам раствора или ржавчине, и так как при незначительных трещинах до 0,2 мм не происходит доступ влаги к арматуре, то их достаточно промазать специальными мастиками. При более значительных трещинах и при обнаружении потеков ржавчины необходимо зачистить ржавую арматуру и заделать повреждённый участок полимерцементным раствором. Кроме этого необходимо выяснить причины появления трещин, для этого за ними устанавливают наблюдения с измерениями их

раскрытия и протяженности, как в опорах. При обнаружения обнаженной арматуры, сколов, раковин, в ЖБ пролётных строениях эти дефекты необходимо отремонтировать.

К причинам повреждения железобетонных пролетных строений относятся:

1. Недостатки конструкции: недостаточный учет локальных напряжений, хрупкие конструктивные формы, способствующие образованию усадочных трещин, невнимание к факторам, обеспечивающим расчетную трещиностойкость конструкции, недостаточная подвижность несущих деталей и т.д.

2. Производственные дефекты: низкая прочность и морозостойкость бетона, высокая усадка, неправильное твердение бетона при пропаривании, несоответствие проектным размерам, в том числе толщине защитного слоя, низкое качество устройства гидроизоляции и т.д.

3. Недостатки текущего содержания: при невыполненном ремонте гидроизоляции и поврежденном защитном слое, отсутствие мер по заделке трещин значительного раскрытия. Образованию и развитию повреждений способствует воздействие железнодорожной нагрузки, неблагоприятные местные условия, высокая влажность и загрязнение воздуха и т.д.

Самым распространённым методом по защите пролетных строений от трещин является торкретирование. Торкретирование заключается в нанесении на ремонтируемую поверхность увлажнённой смеси цемента с песком под действием сжатого воздуха. Соотношения частей цемента и песка колеблется в пределах от 1:2 до 1:6. Применяется быстротвердеющий цемент высоких марок и песок крупности зерен не более 5 мм. При подготовке поверхности к торкретированию удаляются все отставшие части, трещины расчищаются, делаются насечки. Поверхность полностью очищается металлическими щетками или чистым сухим песком из цемент-пушки. Очищенная поверхность продувается сжатым воздухом и промывается струёй воды под давлением [3].

Торкретирование выполняется при помощи цемент-пушки и компрессора. Подача материалов цемент-пушкой может производиться на высоту 80 метров и по горизонтали до 200 метров. Торкрет укладывается в 2-3 слоя. Нанесение следующего слоя производится после схватывания предыдущего. Применяется также шприц-бетон, обладающий повышенной водостойкостью. Шприц-бетон, или крупнофракционный торкрет, наносится специальной машиной под давлением 8-10 атм. В балочных ЖБ мостах наиболее серьёзными считаются трещины, пересекающие сжатую и растянутую зоны. Эти трещины открывают доступ влаги к арматуре, что вызывает ее коррозию. Все трещины и другие дефекты должны быть заделаны цементным раствором; применяются и полимерцементные растворы, состоящие из цемента, песка и водной поливинилацетатной эмульсией, но более пластичные составы получаются с применением латексов. Такие растворы в зависимости от их консистенции наносятся шпателями, мастерками или кистями. Наиболее прочные защитные составы, обладающей хорошей сцепляемостью с бетоном, готовятся на основе эпоксидной смолы или перхлорвиниловой и фенолоальдегидных смол. Чистые цементные растворы имеют плохое сцепление с бетоном, менее долговечны, требуют ухода при твердении.

Библиографический список

1. Шабалина, Л.А. Искусственные сооружения: Учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007.

2. Колоколов, Н.М., Копац, Л.Н. Файнштейн, И.С. Искусственные сооружения: Учебное пособие /Под. Ред. Н.М. Колоколова. - 3-е изд.; перераб. и доп. - Москва: Транспорт, 1988.

3. Инструкция по содержанию искусственных сооружений Приказ МПС России от 28.12.1998 N ЦП-628.

УДК 621.6.01

ВОПРОСЫ БОРЬБЫ С РАСПРОСТРАНЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Л.Н. Богданова
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. Высокие требования к железнодорожным транспортным системам во многом обусловлены необходимостью обеспечения безопасного перевозочного процесса. В статье рассматриваются вопросы совершенствования методов борьбы с растительностью на балластном слое железнодорожного пути на некоторых железных дорогах мира.

Ключевые слова: движение, безопасность, балластная призма, растительность, удаление, регулирование.

Abstract. High requirements for railway transport systems are largely due to the need to ensure a safe transportation process. The article deals with the issues of improving the methods of combating vegetation on the ballast layer of the railway track on some railways of the world.

Keywords: movement, safety, ballast prism, vegetation, removal, regulation.

Современное железнодорожное движение предъявляет высокие требования к железнодорожным системам [1; 2], которые могут быть удовлетворены только с максимально свободным от растительности балластным слоем [3; 4]. Для достижения этой цели на протяжении нескольких десятков лет применялись почвенные гербициды. Однако плохая разлагаемость используемых веществ (например, атразина) и хорошая проницаемость основания пути приводят к загрязнению почвы и грунтовых вод. По этой причине на железных дорогах мира ведётся непрерывный поиск альтернативных современных мер по удалению растительности [5; 6].

Цель настоящей работы – определение некоторых особенностей борьбы с нежелательной растительностью на железных дорогах мира для выявления возможностей их применения по сети российских железных дорог.

Так, на Швейцарских железных дорогах (Schweizerische Bundesbahnen: SBB) была организована рабочая группа с представителями SBB, частных железных дорог, сельскохозяйственных научно-исследовательских институтов, Федерального управления транспорта (FOT), Федерального управления здравоохранения (BAG), Федерального управления окружающей среды, лесов и ландшафта (BUWAL), которые стали отвечать за удаление нежелательной растительности.

Целью существования данной рабочей группы, возглавляемой SBB, является исследование разных методов борьбы с растительностью в качестве альтернативы химическим мерам. В частности, основное внимание на SBB (так же, как и на российских инфраструктурных объектах) в настоящее время уделяется структурным, биологическим, механическим и термическим мерам [7; 8]. Немалое время при этом указанная группа уделяет и вопросу существования растительности.

Небольшие базовые знания о росте растений важны для эффективного контроля растительности на железнодорожных системах. Потому что, обладая этими знаниями, можно лучше понять взаимодействие между нашими показателями и поведением растительности, а также предотвратить непродуктивный эффект.

Основанием роста растений, несомненно, являются свет, питательные вещества и, прежде всего, вода. Чем меньше воды в растении, тем медленнее оно растет. Чтобы выжить в периоды без осадков, растения зависят от влагоемкости почвы. Это зависит от структуры почвы: в то время как перегной, мелкозернистый ил и глина удерживают много воды,

крупнозернистые материалы, такие как промытый крупный песок, щебень, гравий и щебень, лишены этой способности. Следовательно, они обладают эффектом подавления роста. Обычно достаточно тонкого разделительного слоя крупнозернистого материала. Установка крупнозернистых разделительных слоев без перегноя, ила и глины оказывает крайне угнетающее действие на большинство видов растений.

Большинство растений размножаются и распространяются семенами. Их можно эффективно контролировать с помощью конструкции, подавляющей рост. Семена обычно прорастают на поверхности почвы, а их корни растут вниз в поисках воды. Если корни не находят ни воды, ни питательных веществ, т.е. если гравийное ложе и обочина свободны от воды и грязи, хранящей питательные вещества, то молодые растения погибают. По этой причине новые бордюры должны быть застроены крупнозернистым слоем (например, щебнем) – в идеале покрытым более мелким материалом (гравием, песком) – и регулярно поддерживаться. С учетом этого, в ряде документов вышеуказанной рабочей группы было отмечено, что при содержании железных дорог рекомендуется регулярный уход за балластным слоем (рис. 1), особенно за тем, который давно не подвергался очищению.

Рис. 1 – Загрязненный растительностью балластный слой

Особенностями произрастающей вдоль железных дорог растительности является то, что она может распространяться не только под землей, но и над землей. Такие проблемные растения, как ежевика или клематис, размножаются отростками, которые разрастаются над землей. Там, где отросток соприкасается с землей, образуются новые корни, из которых снова образуются отростки. Однако если полоса отвода регулярно очищается и всегда вырублена, то растения не могут распространяться дальше (рис. 2, а).

а) б)

Рис. 2 – Нежелательные растения, засоряющие полосу отвода железной дороги:
а) типичное надземное растение: ежевика;
б) типичное проблемное растение, растущее под землей: тростник.

Таким образом, растения, произрастающие над землей в районе пути через конструктивные заграждения, необходимо контролировать путем регулярной стрижки и скашивания еще в районе насыпи. Растения, растущие под землей в районе полосы отвода железных дорог, такие как хвощ или тростник, труднее всего контролировать. Они сначала укореняются горизонтально во влажной почве, а затем образуют на поверхности новые побеги, которые, в свою очередь, превращаются в размножающиеся растения. Их корни или побеги могут проникать даже в сухие кучи гравия, просачивающийся бетон или щебень (рис. 2, б). Это создает широко разветвленную и связную корневую систему глубиной от 1 до 2 метров, которая снабжает растения водой и питательными веществами даже в засушливые периоды. Такие виды растений в основном встречаются на влажных, суглинистых, илистых почвах. С учетом этого в ряде документов вышеуказанной рабочей группы было отмечено, что в долгосрочной перспективе растения, растущие под землей, можно контролировать только путем восстановления основания.

При обслуживании железнодорожных сооружений и проверке растительности необходимо учитывать различные аспекты: помимо цели обеспечения долгосрочной безопасности, функциональности и экономической эффективности железнодорожных сооружений, необходимо также защищать окружающую среду, ландшафт и воду. При этом основные требования изложены в законах об охране окружающей среды, охране природы и отечества, охране вод и должны соблюдаться.

Особенностями обслуживания зарубежных железных дорог является то, что на их территории в принципе допускается большее количество растительности на подъездных путях или разъездах, которые редко используются [9; 10]. Однако пренебрежение обслуживанием боковых линий с небольшим движением означает, что состояние этих линий быстро ухудшается, а людям приходится ездить по этим линиям медленнее. Это может даже привести к закрытию таких путей.

В целом же требуемая степень свободы произрастающей растительности в балластном слое зависит в первую очередь от количества поездов (интенсивности движения) и их скоростей (рис. 3, а), а выполненные по правилам ограждения вместе с травянистой и регулярно подстриженной переходной полосой способны образовать идеальный вегетационный барьер против проблемных растений (рис. 3, б).

а) б)

Рис. 3 – Конструктивные элементы железнодорожного пути и растительность

С учётом вышеизложенного можно сделать следующий вывод: защита железных дорог от нежелательной растительности во многом опирается на работы, связанные с балластным слоем, при этом целесообразно знать и понимать суть и особенности поведения указанной растительности применительно к конкретным конструкциям железнодорожных сооружений.

Библиографический список

1. Гусарова, Е.В. Повышение эффективности системы безопасности на железнодорожных переездах / Е.В. Гусарова // Научный электронный журнал Меридиан. – 2020. – № 8(42). – С. 3-5. – EDN INWXWJ.

2. Давыдов, А.И. Система управления безопасностью на железнодорожных переездах / А.И. Давыдов, М.М. Соколов // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 4(82). – С. 38-43. – EDN BKJLGN.

3. Платонов, А.А. Организация работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов //Воронежский научно-технический Вестник. – 2016. – Т. 1, № 1(15). – С. 17-23. – EDN WXOQNV.

4. Минаков, Д.Е. Технологические схемы текущего содержания участков полосы отвода железных дорог / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 236-241. – EDN ATCZVG.

5. Контроль за растительностью в полосе отвода на американских железных дорогах //Железные дороги мира. – 2021. – № 4. – С. 73-76. – EDN UAITNI.

6. Система контроля растительности на железных дорогах Германии // Железные дороги мира. – 2015. – № 4. – С. 73-78. – EDN TNBFMJ.

7. Платонов, А.А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог /А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 49. – С. 48-53. – EDN YTXPYD.

8. Минаков, Д.Е. Современные требования к текущему содержанию земельных участков полосы отвода и охранных зон транспортной инфраструктуры / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 230-236. – EDN TGFWWD.

9. Борьба с растительностью на железных дорогах США // Железные дороги мира. – 2011. – № 10. – С. 72-74. – EDN OKHWFB.

10. Космин, В.В. Регулирование растительности на железных дорогах Германии / В.В. Космин // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – № 11. – С. 40. – EDN VBCLBN.

УДК 30*323.13

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Л.Н. Богданова[1], Н.М. Сафонова[1]

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. Безопасность перевозки грузов и людей железнодорожным транспортом во многом зависит от работ, осуществляемых в полосе отвода железных дорог и направленных на искоренение нежелательной растительности. В статье рассматривается

зарубежный опыт организации таких работ, формулируется вывод о возможности распространения данного опыта по сети железных дорог России.

Ключевые слова: движение, безопасность, организация, растительность, удаление, мониторинг, качество.

Abstract. The safety of transportation of goods and people by rail largely depends on the work carried out in the rail right of way and aimed at eradicating unwanted vegetation. The article discusses foreign experience in organizing such work, formulates a conclusion about the possibility of disseminating this experience across the Russian railway network.

Keywords: movement, safety, organization, vegetation, removal, monitoring, quality.

Одним из элементов обеспечения безопасности перевозочного процесса на российских железных дорогах [1; 2] является предупреждение появления на их территориях нежелательной древесно-кустарниковой растительности [3; 4], удаление которой сопряжено с определёнными трудностями [5]. В частности, указанная растительность может расти в труднодоступных местах, она может беспрерывно возобновляться, вновь и вновь нарушая эстетичность восприятия полосы отвода пассажирами железных дорог. Ввиду этого, определенный интерес представляет вопрос обеспечение качества работ по удалению древесной растительности [6; 7], реализуемой на ряде зарубежных железных дорог, в частности, в Германии.

Цель данной работы – выявление основ обеспечения качества работ по удалению нежелательной растительности на зарубежных железных дорогах.

Меры обеспечения качества, предпринимаемые компанией немецких железных дорог Deutschen Bahn AG (DB, Немецкие железные дороги), представлены в отношении работ по озеленению [8; 9], которые должны быть выполнены для обеспечения безопасности дорожного движения (рис. 1).

Рис. 1 – Борьба с растительностью на железных дорогах Германии

Имея в своём распоряжении 28000 га, DB является одним из крупнейших лесовладельцев в Германии, при этом 70% 34000-километровой маршрутной сети проходят через участки с деревьями. В отчете Потсдамского института исследований воздействия на климат (PIK) за 2018 год подтверждается, что DB сильнее подвержена влиянию изменения климата, чем любая другая крупная компания в Германии.

DB постоянно разрабатывает свои стратегии для защиты от непогоды, именуемые «Bahnwald». Часто это происходит в сотрудничестве с частными лесовладельцами, муниципалитетами или федеральным правительством. Органы охраны окружающей среды и охраны природы также занимаются уходом за растительностью.

С 2018 года DB увеличила затраты и общее количество сотрудников для надзора за деревьями вдоль своих маршрутов и ухода за ними. В результате ущерб от непогоды, вызванный деревьями на путях и воздушных линиях, за два года уменьшился на 25% (рис. 2).

Рис. 2 – Борьба с растительностью на путях

Кроме того, DB создает и свои соответствующие структуры. Так, дочерняя компания DB Fahrwegdienst сертифицирована в соответствии со стандартами ISO 9001 (менеджмент качества) и 14001 (экологический менеджмент). Соответствие стандартам ISO проверяется независимой сертификационной компанией, имеются соответствующие сертификаты. Процессы, структуры и услуги оптимизируются в рамках управления качеством. Определены стандарты, методы и ключевые показатели, которые обеспечивают эффективный мониторинг уровня безопасности и качества работ по уходу за растительностью.

Процедуры прохождения предварительного обеспечения квалификации, ежегодное обучение сотрудников и обучение на месте обеспечивают соблюдение высоких стандартов качества в DB AG.

Кроме того, внутренние группы специалистов DB регулярно встречаются на конференциях по вопросам охраны природы и защиты окружающей среды. Они служат для обмена опытом и разработки процедур решения сложных вопросов в различных предметных областях. Кроме того, несколько раз в год организуются мероприятия, на которых происходит обмен информацией и опытом по общим темам, имеющим отношение к природе и окружающей среде.

Для обеспечения качества уполномоченных специализированных компаний перед подписанием договора проводится процесс предварительной квалификации, в ходе которого должна быть доказана профессиональная пригодность для выполнения работ по уходу за растительностью. Специализированные компании ежегодно проходят инструктаж по проведению указанных работ на трассе железных дорог, охране природы и желательных видов.

Инспекцию обычно проводят сотрудники, которые могут продемонстрировать профессиональную квалификацию в качестве инспекторов по деревьям (например, лесоводы, имеющие допуск к работе на железных дорогах). Планирование мероприятий сознательно осуществляется другими сотрудниками, которые обычно имеют степень в области управления ландшафтом, биологии или лесного хозяйства.

Планирование мероприятий по уходу за растительностью осуществляется исключительно DB. В основном специалистов вызывают при необходимости составления экспертных заключений по вопросам охраны природы и ландшафтного или лесного хозяйства. Решение лежит на региональном ответственном сотруднике, который задействует соответствующие компетентные органы.

Все вегетационные работы, которые могут быть запланированы, планируются на основании договоров и письменных распоряжений. Ответственный региональный сотрудник отвечает за планирование мероприятия. Он проверяет, нужно ли сообщать/одобрять работы по растительности ответственным природоохранным и лесным органам. Помимо аспектов природоохранного права при воздействии на лес учитываются и аспекты лесного права.

Другой частью планирования является регулирование частноправовых отношений с собственниками, которые могут быть затронуты, а также их прав как затронутых лесовладельцев. Результаты этих проверок/обсуждений учитываются как при планировании, так и в спецификациях с последующими обсуждениями участников торгов.

Управление растительностью также описано в правилах DB AG и бизнес-подразделений ещё одной дочерней компании DB – Netz AG, занимающейся путевым хозяйством DB. Это гарантирует, что в случае изменений в правовой базе соответствующие правила и последующие процессы также будут адаптированы, а сами процессы являются частью ввода железных дорог в эксплуатацию.

В случае обоснованной критики работ по планированию или уходу за растительностью, проводимых DB как со стороны ответственных органов, так и со стороны затронутых третьих сторон, они включаются в вышеупомянутые документы для реализации процесса их улучшения. В этом смысле разработку таких руководящих принципов следует рассматривать как часть процесса улучшения.

Качество работ по уходу за растительностью на участке регулярно контролируется и оценивается с помощью проверок качества. Для этого используется двухэтапная система тестирования. Она обеспечивается внутренними проверками качества обслуживающих участков (начальники участков в регионах) и центральными инспекторами качества. В этой системе выборочно проверяется и документируется соблюдение правил качества, охраны леса и природы.

Отклонения, выявленные в ходе проверок качества, оцениваются на месте, и любые меры, необходимые для устранения выявленных недостатков, согласовываются с компетентным органом.

В случае ввода железных дорог в эксплуатацию обзор выявленных дефектов качества направляется в соответствующую компанию. Его задачей является определение причин и разработка корректирующих мероприятий. Список возможных мер направляется клиенту DB Fahrwegdienste, где регулярно (раз в полгода) проводится центральная регистрация и оценка.

Нарушение обязанностей по исполнению договора по вине подрядчика влечет за собой уведомление о недостатках. За этим может последовать предупреждение и, в случае серьезного нарушения, может привести к частичному или полному расторжению договора.

Все журналы испытаний записываются централизованно, и любые выявленные несоответствия отправляются региональному менеджеру для определения причин и инициирования корректирующих мер. Установленные причины и инициированные корректирующие меры, в свою очередь, централизованно регистрируются и оцениваются каждые шесть месяцев.

С учетом вышеизложенного, можно отметить, что рассмотренная нами выше структура управления качеством работ по уходу за растительностью на объектах железнодорожной инфраструктуры представляет интерес, а ее отдельные моменты могут быть рекомендованы к внедрению на отечественных железных дорогах, в том числе не только на дорогах общего пользования, но и ведомственных.

Библиографический список

1. Левин, Д.Ю. Логистика перевозочного процесса железных дорог / Д.Ю. Левин //Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 3(94). – С. 45-50. – EDN OKNOKU.

2. Боцвин, Д.В. Повышение надежности перевозочного процесса на грузонапряженных направлениях Северо-Кавказской железной дороги / Д.В. Боцвин, Е.А.

Чеботарева, В.В. Чеботарев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 1(61). – С. 79-87. – EDN VTFJOV.

3. Платонов, А.А. Аутсорсинг в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры / А.А. Платонов // Научное обозрение. – 2017. – № 8. – С. 68-73. – EDN ZQVTET.

4. Платонов, А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская //Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10, № 3(39). – С. 164-174. – EDN CKEDNU.

5. Платонова, М.А. Кинематические схемы манипуляторов для удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в плане полосы отвода железных дорог / М.А. Платонова, М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т. 5, № 3(19). – С. 228-234. – EDN UZMLPB.

6. Минаков, Д.Е. Технологические схемы текущего содержания участков полосы отвода железных дорог / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 236-241. – EDN ATCZVG.

7. Platonova, M.A. Practical implementation of the methodology for assessing the density of unwanted growth in the overgrowing of infrastructure facilities / M.A. Platonova, A.A. Platonov, P.N. Shcheblykin // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – № 7(27). – EDN ZXCKGZ.

8. Система контроля растительности на железных дорогах Германии // Железные дороги мира. – 2015. – № 4. – С. 73-78. – EDN TNBFMJ.

9. Космин, В.В. Регулирование растительности на железных дорогах Германии / В.В. Космин // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – № 11. – С. 40. – EDN VBCLBN.

УДК 656.212

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА И ВЕСОВОЙ КАТЕГОРИИ ВАГОНОВ НА СКОРОСТЬ ИХ ВЫХОДА ИЗ ТОРМОЗНЫХ ПОЗИЦИЙ СОСТАВОВ

А.В. Буракова[1], Л.Н. Иванкова[2], А.Н. Иванков[3]
[1]Филиал РГУПС в г. Воронеж
[2]ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (МИИТ), г.Москва
[3]ООО «ПСК ТехПроект», г. Москва

Аннотация. В статье исследовано влияние различных факторов на скорость выхода отцепов из тормозных позиций. При помощи планирования эксперимента были получены уравнения регрессии для кодированных значений факторов. Были выявлены наиболее значимые факторы, влияющие на скорость роспуска вагонов с горки, а также их сочетания. Результаты исследования позволят облегчить поиск оптимального технологического режима расформирования составов.

Ключевые слова: тормозные позиции, весовая категория вагонов, режим торможения, скорость выхода вагонов из тормозных позиций, планирование эксперимента.

Abstract. The article examines the influence of various factors on the rate of release of the detachments from the braking positions. With the help of experiment planning, regression equations were obtained for the coded values of the factors. The most significant factors affecting the speed of dissolution of wagons from the hill, as well as their combinations, were identified. The results of the study will facilitate the search for the optimal technological regime for the disbandment of compositions.

Keywords: braking positions, weight category of wagons, braking mode, speed of cars leaving braking positions, experiment planning.

Проблемами выявления наиболее значимых факторов, влияющих на скорость выхода отцепов из тормозных позиций, занимались многие отечественные и зарубежные ученые [1-5]. Это важный аспект обеспечения интервального торможения, эффективности и безопасности сортировочного процесса.

Авторами рассмотрено планирование эксперимента для исследования и оптимизации процесса скатывания вагонов с горок большой мощности. В процессе эксперимента исследовались факторы: число вагонов в отцепе, весовая категория отцепа, режим торможения. Эти факторы варьировались, остальные поддерживались на постоянном уровне. Неуправляемые факторы принимались случайными, т.е. действие по ним усреднялось.

В эксперименте принимались одно, трех, пяти и восьмивагонные отцепы 4-х весовых категорий (легкий, средний, средне-тяжелый, тяжелый), при этом менялись режимы торможения, различающиеся между собой способом распределения между тормозными позициями (ТП) спускной части горки суммарной энергетической высоты, которую необходимо погасить при скатывании отцепов. В первом режиме распределение суммарной энергетической высоты, подлежащей погашению было 50% – на I ТП, 30% – на II ТП, 20%– на парковой тормозной позиции (ПТП); во втором режиме 25% – на I ТП, 50% – на II ТП, 25% – на ПТП; в третьем режиме 40% – на I ТП, 50% – на II ТП, 10% – на ПТП. Также изменялась скорость встречного ветра (3м/с, 4м/с, 5м/с). Для определения влияния весовой категории и числа вагонов на скорость выхода отцепа из ТП были построены зависимости, которые представлены в одной из более ранних наших работ [6].

При планировании эксперимента в этой работе был использован полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3. Матрицы планирования по некоторым экспериментам представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 - Матрица планирования ПФЭ процесса определения скорости выхода из I ТП при скорости встречного ветра 3 м/с

№ эксперимента	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	5,46
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	4,50
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	4,75
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	4,22
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	5,99
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	5,41
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	6,22
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	5,88
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	
	5,304	-0,301	-0,036	0,571	0,084	0,071	0,211	-0,024	

Таблица 2 - Матрица планирования ПФЭ процесса определения скорости выхода из II ТП при скорости встречного ветра 3 м/с

№ эксперимента	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Y_2
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	4,23
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	2,60
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	2,22
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	1,04
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	4,75
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	3,06

7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	4,06
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	2,40
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	
	3,045	-0,770	-0,615	0,523	0,060	-0,067	0,278	-0,053	

Таблица 3 - Матрица планирования ПФЭ процесса определения скорости выхода из ПТП при скорости встречного ветра 3 м/с

№ эксперимента	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Y_3
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	1,96
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	1,78
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	1,45
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	1,63
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	1,96
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	2,07
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	1,45
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	2,17
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	
	1,809	0,104	-0,134	0,104	0,121	0,104	0,031	0,031	

После обработки экспериментальных данных были получены следующие уравнения регрессии для кодированных значений факторов:

– при скорости встречного ветра 3 м/с

для скорости выхода из I ТП–

$$y_1 = 5{,}304 - 0{,}301 \cdot x_1 - 0{,}036 \cdot x_2 + 0{,}571x_3 + 0{,}084 \cdot x_1x_2 + 0{,}071 \cdot x_1x_3 + 0{,}211 \cdot x_2x_3 - 0{,}024 \cdot x_1x_2x_3;$$

для скорости выхода со II ТП –

$$y_2 = 3{,}045 - 0{,}77 \cdot x_1 - 0{,}615 \cdot x_2 + 0{,}523 \cdot x_3 + 0{,}06 \cdot x_1x_2 - 0{,}067 \cdot x_1x_3 + 0{,}278 \cdot x_2x_3 - 0{,}053 \cdot x_1x_2x_3;$$

для скорости выхода из ПТП –

$$y_3 = 1{,}809 + 0{,}104 \cdot x_1 - 0{,}134 \cdot x_2 + 0{,}104 \cdot x_3 + 0{,}121 \cdot x_1x_2 + 0{,}104 \cdot x_1x_3 + 0{,}031 \cdot x_2x_3 + 0{,}031 \cdot x_1x_2x_3,$$

где x_1 – число вагонов в отцепе;

x_2 – весовая категория отцепа;

x_3 – режим торможения.

– при скорости встречного ветра 4 м/с

для скорости выхода из I ТП–

$$y_1 = 5{,}324 - 0{,}321 \cdot x_1 - 0{,}046 \cdot x_2 + 0{,}534 \cdot x_3 + 0{,}094 \cdot x_1x_2 + 0{,}084 \cdot x_1x_3 + 0{,}234 \cdot x_2x_3 - 0{,}031 \cdot x_1x_2x_3;$$

для скорости выхода со II ТП –

$$y_2 = 3{,}146 - 0{,}806 \cdot x_1 - 0{,}649 \cdot x_2 + 0{,}481 \cdot x_3 + 0{,}079 \cdot x_1x_2 - 0{,}046 \cdot x_1x_3 + 0{,}286 \cdot x_2x_3 - 0{,}061 \cdot x_1x_2x_3;$$

для скорости выхода из ПТП –

$$y_3 = 1{,}831 + 0{,}079 \cdot x_1 - 0{,}139 \cdot x_2 + 0{,}101 \cdot x_3 + 0{,}134 \cdot x_1x_2 - 0{,}099 \cdot x_1x_3 + 0{,}031 \cdot x_2x_3 + 0{,}034 \cdot x_1x_2x_3.$$

– при скорости встречного ветра 5 м/с

для скорости выхода из I ТП –

$$y_1 = 5{,}346 - 0{,}344 \cdot x_1 - 0{,}061 \cdot x_2 + 0{,}491 \cdot x_3 + 0{,}104 \cdot x_1x_2 +$$

$0{,}096 \cdot x_1x_3 + 0{,}254 \cdot x_2x_3 - 0{,}036 \cdot x_1x_2x_3$;

для скорости выхода со II ТП–

$$y_2 = 3{,}246 - 0{,}861 \cdot x_1 - 0{,}684 \cdot x_2 + 0{,}424 \cdot x_3 + 0{,}109 \cdot x_1x_2 - 0{,}039 \cdot x_1x_3 + 0{,}309 \cdot x_2x_3 - 0{,}054 \cdot x_1x_2x_3;$$

для скорости выхода из ПТП –

$$y_3 = 1{,}858 + 0{,}05 \cdot x_1 - 0{,}155 \cdot x_2 + 0{,}098 \cdot x_3 + 0{,}143 \cdot x_1x_2 + 0{,}095 \cdot x_1x_3 + 0{,}035 \cdot x_2x_3 + 0{,}038 \cdot x_1x_2x_3.$$

Численная величина коэффициентов указывает на вклад данного фактора в величину параметра оптимизации. Чем больше коэффициент, тем сильнее влияет фактор. Знаки коэффициентов говорят о характере влияния факторов. Со знаком «плюс» увеличивается значение фактора и растет величина параметра оптимизации, со знаком «минус» – убывает. В данном исследовании представляет интерес максимум функции, т.е. рассмотрим факторы, знаки коэффициентов которых положительны.

Анализируя силу влияния каждого из факторов на параметр оптимизации, можно сделать следующие выводы:

1. В первом и втором уравнениях регрессии для скоростей выхода из I и II ТП наибольшая численная величина коэффициента у такого фактора, как режим торможения отцепов (x_3). С увеличением встречного ветра вклад этого фактора убывает.

2. Существенное влияние также оказывает сочетание факторов весовой категории отцепа и режима торможения (x_2x_3). Вклад x_2x_3 возрастает с увеличением встречного ветра.

3. На скорость выхода с ПТП в третьем уравнении регрессии наибольшее влияние оказывает режим торможения. С увеличением встречного ветра степень влияния этого фактора на параметр оптимизации снижается.

4. В уравнении регрессии для скорости выхода с ПТП также имеют значение, с одной стороны, фактор число вагонов в отцепе, который с увеличением скорости встречного ветра убывает, и с другой – сочетание всех факторов $x_1x_2x_3$, которое возрастает с увеличением встречного ветра.

Определение значимости факторов, влияющих на процесс роспуска, позволит облегчить поиск оптимального технологического режима расформирования составов, обеспечивающего максимальную перерабатывающую способность сортировочных горок и высокую производительность труда.

Библиографический список

1. Бобровский, В.И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках: Монография / В.И. Бобровский, Д.И. Козаченко, И.И. Божко и др. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

2. Бондаренко, И. С. Выбор оптимальных значений факторов, влияющих на процесс роспуска составов с сортировочной горки / И. С. Бондаренко, А. Н. Иванков, Л. Н. Иванкова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 1(33). – С. 223-227. – EDN OYTKFH.

3. Бессоненко, С. А. Математическая модель расчета параметров интервального торможения отцепов и переменных скоростей роспуска составов / С. А. Бессоненко, В.Н.Иванченко, А. М. Лященко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2013. – № 1(49). – С. 55-65. – EDN PXZMEF.

4. Болвановская, Т.В. Исследование влияния скорости роспуска на конфигурацию области допустимых режимов торможения / Т.В. Болвановская. – Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ, 2015. – С.30 – 34.

5. Климов, А. А. Проблемы обеспечения безопасности переработки вагонопотоков на сортировочных горках в современных условиях / А. А. Климов // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. – 2021. – № 1(3). – С. 124-139. – EDN PSAOHA.

6. Буракова, А. В. Исследование скорости выхода отцепов из тормозных позиций на основе моделирования процесса роспуска составов / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, А.Н.Иванков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 146-150. – EDN OZWWRW.

УДК 517.927.25

О СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЯХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КРАЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Е.В. Власова
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В работе изучаются свойства собственных функций дифференциального оператора четвертого порядка специального вида при различных краевых условиях. Получены аналитические выражения для собственных функций.

Ключевые слова: краевая задача, собственные функции, дифференциальный оператор четвертого порядка.

Abstract. The properties of eigenfunctions of a fourth-order differential operator of a special kind under various boundary conditions are studied in the paper. Analytical expressions for eigenfunctions are obtained.

Keywords: boundary value problem, eigenfunctions, fourth-order differential operator.

Проблема выбора базисных функций является одной из центральных при решении задач строительной механики и теории упругости различными вариационными и проекционными методами. В качестве таких функций можно использовать специально подобранные комбинации тригонометрических функций [1], ортогональные полиномы Якоби [2], многочлены Гегенбауэра [3] и т.д. Удобными базисными функциями являются функции формы прогиба и колебаний балки [4].

Точность результатов и трудоемкость их получения в значительной степени зависит от удачного выбора базисных функций. В связи с этим, в настоящей работе изучаются свойства собственных функций дифференциального оператора четвертого порядка специального вида при различных краевых условиях.

1) Рассмотрим следующую краевую задачу, содержащую свободный параметр α:

$$D_x U^{(4)} + 2H\alpha U'' - \gamma^2 U = 0, \quad (1)$$

$$D_x U''(0) + D_I \alpha U(0) = 0, \quad (2)$$

$$D_x U'''(0) + \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha U'(0) = 0, \quad (3)$$

$$U(a) = 0, \quad (4)$$

$$U''(a) = 0, \quad (5)$$

где $H = D_I + 2D_{xy}$; D_x, D_I, D_{xy} – постоянные, γ – собственные значения краевой задачи (1) – (5).

Покажем самосопряженность краевой задачи (1) – (5). Отметим, что из самосопряженности краевой задачи следует ортогональность и полнота системы собственных функций при любом выборе значений параметра α. Таким образом, наличие

параметра в краевой задаче создает принципиальную возможность для последующей оптимизации вариационного базиса, т.е. выбора такого значения параметра α, которое обеспечит минимальную относительную погрешность приближенного решения.

Согласно [5], для самосопряженного дифференциального уравнения

$$f_2 U^{(4)} + f_1 U'' - \gamma^2 U = 0 \qquad (6)$$

самосопряженные краевые условия типа Штурма имеют вид

$$\alpha_1 U(0) + \beta_1 U'(0) + \gamma_1 f_2 U''(0) + \delta_1 \left(f_2 U'''(0) + f_1 U'(0) \right) = 0, \qquad (7)$$

$$\alpha_2 U(0) + \beta_2 U'(0) + \gamma_2 f_2 U''(0) + \delta_2 \left(f_2 U'''(0) + f_1 U'(0) \right) = 0, \qquad (8)$$

$$\alpha_3 U(a) + \beta_3 U'(a) + \gamma_3 f_2 U''(a) + \delta_3 \left(f_2 U'''(a) + f_1 U'(a) \right) = 0, \qquad (9)$$

$$\alpha_4 U(a) + \beta_4 U'(a) + \gamma_4 f_2 U''(a) + \delta_4 \left(f_2 U'''(a) + f_1 U'(a) \right) = 0, \qquad (10)$$

где

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \delta_1 \\ \alpha_2 & \delta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \beta_1 & \gamma_1 \\ \beta_2 & \gamma_2 \end{vmatrix}, \qquad (11)$$

$$\begin{vmatrix} \alpha_3 & \delta_3 \\ \alpha_4 & \delta_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \beta_3 & \gamma_3 \\ \beta_4 & \gamma_4 \end{vmatrix}. \qquad (12)$$

Из сопоставления (1) и (6) видно, что, в нашем случае,

$$f_2 = D_x, \quad f_1 = 2H\alpha. \qquad (13)$$

Сравнивая первое краевое условие задачи (1) – (5) с первым краевым условием задачи (6) – (10), получаем

$$\alpha_1 = D_I \alpha, \quad \beta_1 + \delta_1 f_1 = 0, \quad \gamma_1 f_2 = D_x, \quad \delta_1 f_2 = 0$$

или с учетом (13)

$$\alpha_1 = D_I \alpha, \quad \beta_1 + \delta_1 2H\alpha = 0, \quad \gamma_1 D_x = D_x, \quad \delta_1 D_x = 0,$$

отсюда $\delta_1 = 0$, $\gamma_1 = 1$, и, следовательно, $\beta_1 = 0$.

Сравнивая вторые краевые условия задач (1) – (5) и (6) – (10), получаем

$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 + \delta_2 f_1 = \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha, \quad \gamma_2 f_2 = 0, \quad \delta_2 f_2 = D_x$$

или с учетом (13)

$$\alpha_2 = 0, \quad \beta_2 + \delta_2 2H\alpha = \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha, \quad \gamma_2 D_x = 0, \quad \delta_2 D_x = D_x,$$

отсюда $\delta_2 = 1$, $\gamma_2 = 0$, и, следовательно, $\beta_2 = \left(4D_{xy} + D_I - 2H\right)\alpha$.

Проверим выполнение условия (11). Найдем определители второго порядка, находящиеся в левой и правой части данного уравнения:

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \delta_1 \\ \alpha_2 & \delta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} D_I\alpha & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} = D_I\alpha,$$

$$\begin{vmatrix} \beta_1 & \gamma_1 \\ \beta_2 & \gamma_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ \left(4D_{xy} + D_I - 2H\right)\alpha & 0 \end{vmatrix} = -\left(4D_{xy} + D_I - 2H\right)\alpha.$$

Учитывая, что $H = D_I + 2D_{xy}$, получаем

$$\begin{vmatrix} \beta_1 & \gamma_1 \\ \beta_2 & \gamma_2 \end{vmatrix} = -\left(4D_{xy} + D_I - 2\left(D_I + 2D_{xy}\right)\right)\alpha = D_I\alpha.$$

Таким образом, условие (11) для краевой задачи (1) – (5) выполнено.

Сравнивая третьи краевые условия задач (1) – (5) и (6) – (10), получаем

$$\alpha_3 = 1, \quad \beta_3 + \delta_3 f_1 = 0, \quad \gamma_3 D_x = 0, \quad \delta_3 f_2 = 0$$

или с учетом (13)

$\alpha_3 = 1,\ \beta_3 + \delta_3 2H\alpha = 0,\ \gamma_3 D_x = 0,\ \delta_3 D_x = 0,$

отсюда $\delta_3 = 0,\ \gamma_3 = 0$, и, следовательно, $\beta_3 = 0$.

Сравнивая четвертые краевые условия задач (1) – (5) и (6) – (10), получаем

$\alpha_4 = 0,\ \beta_4 + \delta_4 f_1 = 0,\ \gamma_4 f_2 = 1,\ \delta_4 f_2 = 0$

или с учетом (13)

$\alpha_4 = 0,\ \beta_4 + \delta_4 2H\alpha = 0,\ \gamma_4 D_x = 1,\ \delta_4 D_x = 0,$

отсюда $\delta_4 = 0,\ \gamma_4 = \dfrac{1}{D_x}$, и, следовательно, $\beta_4 = 0$.

Проверим выполнение условия (12). Найдем определители второго порядка, находящиеся в левой и правой части данного уравнения:

$$\begin{vmatrix} \alpha_3 & \delta_3 \\ \alpha_4 & \delta_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = 0,$$

$$\begin{vmatrix} \beta_3 & \gamma_3 \\ \beta_4 & \gamma_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \dfrac{1}{D_x} \end{vmatrix} = 0.$$

Видно, что условие (12) для краевой задачи (1) – (5) выполнено. Таким образом, краевая задача (1) – (5) является самосопряженной.

2) Рассмотрим следующую краевую задачу, содержащую свободный параметр α:

$$D_x U^{(4)} + 2H\alpha U'' - \gamma^2 U = 0,$$

$$D_x U''(0) + D_I \alpha U(0) = 0,$$

$$D_x U'''(0) + \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha U'(0) = 0,$$

$$D_x U''(a) + D_I \alpha U(a) = 0,$$

$$D_x U'''(a) + \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha U'(a) = 0.$$

Сравнивая данную краевую задачу с краевой задачей (1) – (5), видим, что первое и второе краевые условия задач совпадают. Проведенный выше анализ показывает, что эти краевые условия являются самосопряженными краевыми условиями типа Штурма. Так как третье и четвертое краевые условия данной задачи имеют аналогичный вид, то эти краевые условия также являются самосопряженными краевыми условиями типа Штурма. Таким образом, рассматриваемая краевая задача является самосопряженной.

3) Рассмотрим следующую краевую задачу, содержащую свободный параметр α:

$$D_x U^{(4)} + 2H\alpha U'' - \gamma^2 U = 0,$$

$$D_x U''(0) + D_I \alpha U(0) = 0,$$

$$D_x U'''(0) + \left(4D_{xy} + D_I\right)\alpha U'(0) = 0,$$

$$U(a) = 0,$$

$$U'(a) = 0.$$

Проведенный выше анализ первого и второго краевых условий показал, что эти краевые условия являются самосопряженными краевыми условиями типа Штурма.

Следуя способу, изложенному выше, проведем анализ третьего и четвертого краевых условий. Сравнивая третье краевое условие задачи с третьим краевым условием задачи (6) – (10), получаем

$\alpha_3 = 1,\ \beta_3 + \delta_3 f_1 = 0,\ \gamma_3 D_x = 0,\ \delta_3 f_2 = 0$

или с учетом (13)

$\alpha_3 = 1,\ \beta_3 + \delta_3 2H\alpha = 0,\ \gamma_3 D_x = 0,\ \delta_3 D_x = 0,$

отсюда $\delta_3 = 0,\ \gamma_3 = 0$, и, следовательно, $\beta_3 = 0$.

Сравнивая четвертое краевое условие данной задачи с четвертым краевым условием задачи (6) – (10), получаем

$\alpha_4 = 0,\ \beta_4 + \delta_4 f_1 = 1,\ \gamma_4 f_2 = 0,\ \delta_4 f_2 = 0$

или с учетом (13)

$\alpha_4 = 0,\ \beta_4 + \delta_4 2H\alpha = 1,\ \gamma_4 D_x = 0,\ \delta_4 D_x = 0,$

отсюда $\delta_4 = 0,\ \gamma_4 = 0$, и, следовательно, $\beta_4 = 1$.

Проверим выполнение условия (12). Найдем определители второго порядка, находящиеся в левой и правой части данного уравнения:

$$\begin{vmatrix} \alpha_3 & \delta_3 \\ \alpha_4 & \delta_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix} = 0,$$

$$\begin{vmatrix} \beta_3 & \gamma_3 \\ \beta_4 & \gamma_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = 0.$$

Видно, что условие (12) для данной краевой задачи выполнено. Таким образом, рассматриваемая краевая задача также является самосопряженной.

В заключение получим выражение для общего решения дифференциального уравнения (1).

В [6] показано, что общее решение дифференциального уравнения

$$U^{(4)} + \beta U'' - \lambda^2 U = 0 \qquad (14)$$

для любого вещественного значения параметра β имеет вид

$$U(x) = C_1 e^{k_1 x} + C_2 e^{-k_1 x} + C_3 \cos k_2 x + C_4 \sin k_2 x, \qquad (15)$$

где

$$k_1 = \sqrt{\frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 + 4\lambda^2}}{2}}, \quad k_2 = \sqrt{\frac{\beta + \sqrt{\beta^2 + 4\lambda^2}}{2}}. \qquad (16)$$

Здесь C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные, определяемые исходя из краевых условий задачи.

После деления левой и правой части уравнения (1) на постоянную D_x, приходим к уравнению, аналогичному (14):

$$U^{(4)} + \frac{2H}{D_x}\alpha U'' - \left(\frac{\gamma}{\sqrt{D_x}}\right)^2 U = 0.$$

Таким образом, общее решение дифференциального уравнения (1) для любого вещественного значения параметра α имеет вид (15)–(16), где

$$\beta = \frac{2H}{D_x}\alpha,\ \lambda = \frac{\gamma}{\sqrt{D_x}}.$$

Итак, в настоящей работе показана самосопряженность некоторых краевых задач для дифференциального оператора четвертого порядка специального вида, содержащего свободный параметр и получены аналитические выражения для собственных функций. Отметим, что данные собственные функции могут быть эффективно использованы при решении задач статического и динамического расчета изотропных и ортотропных прямоугольных пластин при наличии одной или нескольких свободных кромок.

Библиографический список

1. Варданян, Г.С., Андреев, В.И., Атаров, Н.М., Горшков, А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности / Г.С. Варданян, В.И. Андреев, Н.М. Атаров, А.А. Горшков. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 1995. – 572 с.

2. Голоскоков, П. Г. О вариационном методе Л. В. Канторовича в задачах изгиба пластин / П. Г. Голоскоков // Тр. Ленинград. ин-та вод. трансп. – 1973. – Вып. 140. – С. 80-88.

3. Барановский, Г. К. Свободные колебания жесткозакрепленной прямоугольной пластины / Г. К. Барановский, И. Г. Кадомцев // Изв. РАН. Мех. тверд. тела. – 2000. – №3 – С.170 – 178.

4. Алейников, И. А. Применение собственных функций оператора U^{IV} В.Н. Фаддеевой в задаче о свободных колебаниях прямоугольной пластины / И. А. Алейников, Е. В. Власова // Рук. деп. в ВИНИТИ №1588 –В 2002 18.09. 2002. – Москва: РГОТУПС, 2002. – 10 с. – EDN PKLCZB.

5. Камке, Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям /Э.Камке. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2003. – 576 с.

6. Власова, Е. В. О собственных значениях и собственных функциях одной краевой задачи для дифференциального оператора / Е. В. Власова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 18-22. – EDN UNBCCM.

УДК 656.257

АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ

Е.П. Гордиенко

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассмотрены проблемные места системы контроля на железнодорожном переезде, выполнен анализ нарушений безопасности движения, а также дан обзор мероприятий по повышению уровня безопасности. Рассмотрены технологические аспекты внедрения систем безопасности на переезде.

Ключевые слова: переезд железнодорожный, шлагбаум, блокировка, контроль, происшествие, стрелка, светофор, маршрут, аппаратура, безопасность.

Abstract.The article examines the problematic areas of the control system at the railway crossing, analyzes traffic safety violations, as well as a review of measures to improve the level of safety. The technological aspects of the introduction of security systems at the crossing are considered.

Keywords: railway crossing, barrier, blocking, control, incident, arrow, traffic light, route, equipment, safety.

Безопасность движения остается главным аспектом деятельности железнодорожного транспорта в любых условиях. Актуальность вопросов снижения вероятности транспортных происшествий, в том числе дорожно-транспортных на различных типах переездов, постоянно растет. Железнодорожный переезд является объектом повышенной опасности и требует строгого следования инструкциям при прохождении участка от автомобилистов, пешеходов и работников железных дорог.

Железнодорожные переезды являются проблемными и опасными элементами транспортной сети. Их эксплуатация существенно влияет на эффективность работы всего железнодорожного транспорта. ОАО «РЖД» регулярно проводит мониторинг проблем и уже реализует ряд мероприятий по повышению безопасности деятельности на переездах, даже найдено несколько технических решений для работ в этой области. Однако, так как возникает достаточно сложностей вследствие ограниченного финансирования и большого количества переездов, маловероятно, что такая проблема будет устранена в ближайшее время. Цель данной статьи – проанализировать уже имеющийся опыт.

В настоящее время на железных дорогах России эксплуатируется более 11 тысяч переездов, свыше 2,3 тыс. из них обслуживаются дежурным персоналом. Количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на переездах не снижается, несмотря на принимаемые ОАО «РЖД» меры. На переездах без дежурного работника ситуация с ДТП складывается наиболее остро. На долю таких переездов приходится около 97% общего числа происшествий [1].

В 2020 году на сети железных дорог имели место 204 случая ДТП, что меньше уровня предыдущего года на 18% (248 случаев). На переездах, обслуживаемых дежурным работником, рост количества ДТП составил 55% [2]. Максимальное количество столкновений автотранспорта с поездами произошло на переездах, не обслуживаемых дежурным работником – 195 случаев (в 2019 г. – 243), что составляет 96% от общего количества. Наибольшее число происшествий фиксируют в границах Западно-Сибирской (19 случаев), Московской (17 случаев) и Северо-Кавказской (12 случаев) железных дорог. Причинами ДТП чаще всего становятся грубые нарушения Правил дорожного движения водителями автотранспортных средств.

На данный момент экономически обоснованно применение новых подходов к решению вопросов безопасности переездов на основе использования технических средств и проведения организационных мероприятий. Так, Федеральным законом от 27 декабря 2018 года № 508-ФЗ «О внесении изменений в статью 20 Федерального закона «О безопасности дорожного движения» и в статье 21 Федерального закона от 8 ноября 2007 года № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» предусмотрен порядок оборудования железнодорожных переездов, расположенных на железнодорожных путях общего пользования, специальными техническими средствами. Правила оборудования железнодорожнных переездов, работающих в автоматическом режиме, устанавливаются Правительством Российской Федерации [2].

Обобщенные способы повышения безопасности движения и снижения простоев автотранспортных средств на переездах могут быть представлены в виде схемы на рис. 1.

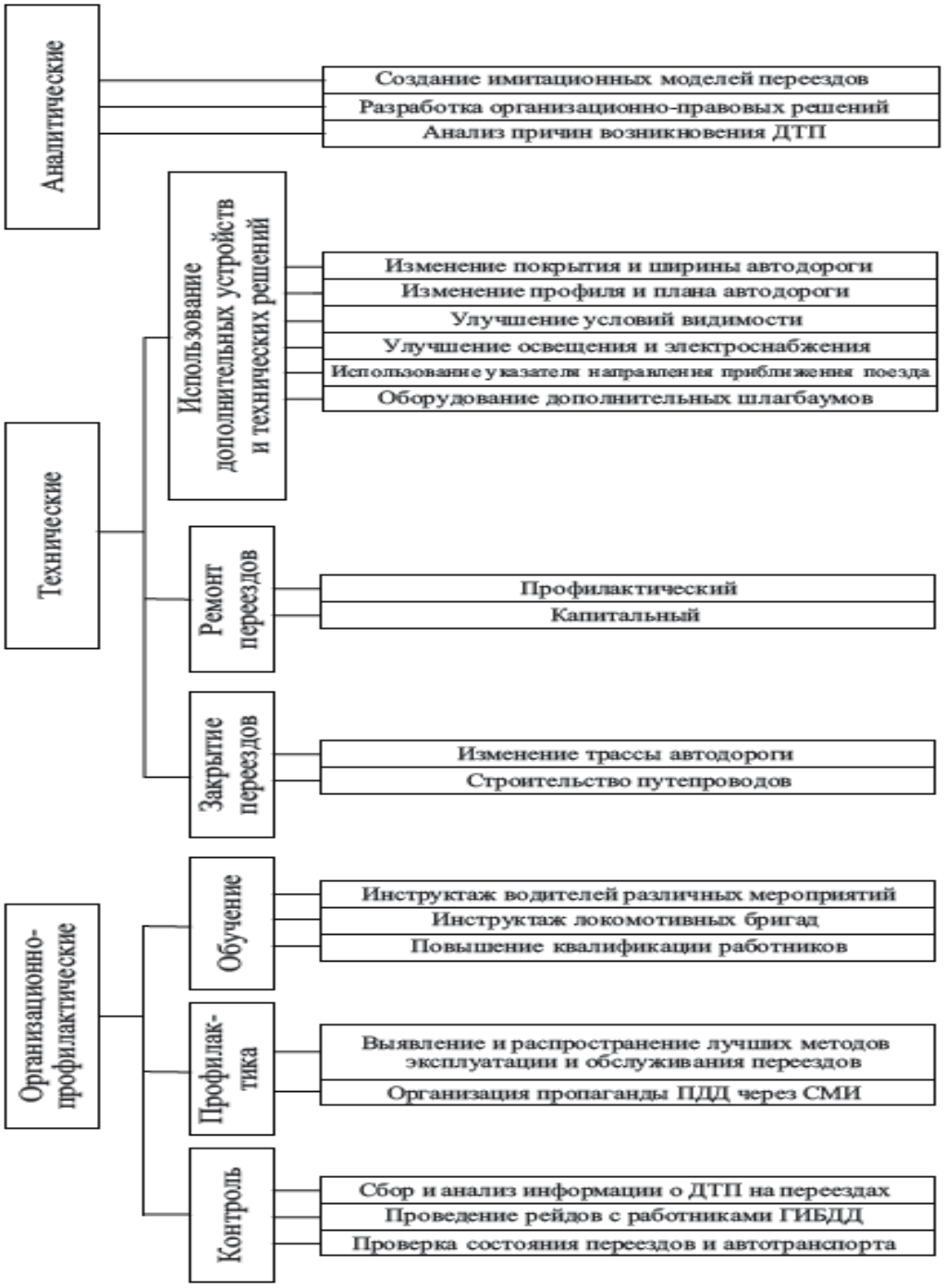


Рис. 1 – Способы повышения безопасности движения
и снижения простоев автотранспортных средств на переездах

По месту расположения переезды делятся на переезды общего и необщего пользования. Переезды общего пользования располагаются на пересечениях железнодорожных путей общего пользования с автомобильными дорогами общего пользования, муниципальными автомобильными дорогами и улицами. Переезды необщего пользования организуются на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами отдельных предприятий или организаций (независимо от форм собственности). Устройство, оборудование, содержание и обслуживание переездов необщего пользования выполняются за счет средств предприятий, организаций или органов управления автомобильными дорогами, а также организаций, содержащих автомобильные дороги и пользующихся этими переездами.

Достаточно часто железнодорожный переезд оборудуется в местах пересечения автомобильных и железных дорог на одном уровне. Такое пересечение является местом с повышенной опасностью движения для автомобильного транспорта и пешеходов, поэтому, как правило, необходимо наличие специального ограждения. Преимущественное право движения на переездах, учитывая большую инерционность, предоставляется железнодорожному транспорту. Препятствием для движения поезда по переезду становится возникновение аварийной ситуации, и тогда срабатывает заградительная сигнализация автоматического или неавтоматического действия.

Железнодорожный переезд оборудуется специальными устройствами в целях предупреждения несчастных случаев. К ним относятся: светофоры, шлагбаумы, звуковые сигналы, а также УЗП (устройство заграждения переезда). УЗП – металлические плиты, которые поднимаются, заграждая проезд. Как правило, УЗП не ставят на переездах малоактивных участков железных дорог, но они обязательно обозначаются дорожным знаком.

Железнодорожные переезды подразделяются на регулируемые и нерегулируемые. К регулируемым относятся переезды, оборудованные устройствами переездной сигнализации, извещающими водителей транспортных средств о подходе к переезду поезда или обслуживаемыми дежурным работником. Для этого используются следующие устройства:

- автоматическая переездная светофорная сигнализация с автоматическими шлагбаумами (АПШ);
- автоматическая переездная светофорная сигнализация без автошлагбаумов (АПС);
- оповестительная переездная сигнализация (ОПС), извещающая о приближении поезда;
- механизированные и электроприводные шлагбаумы неавтоматического действия;
- знаки и таблички предупреждения.

На переездах с дежурным работником устанавливают заградительную сигнализацию. В качестве заградительных светофоров могут использоваться входные, выходные, предупредительные, маневровые, проходные и маршрутные светофоры (они обычно располагаются от поезда на расстоянии не более 800 м, а при условии видимости переезда с места их установки - свыше 15 м). Если нельзя использовать перечисленные светофоры, то перед переездом устанавливаются специальные заградительные светофоры на расстоянии не менее 15 м.

Переездные светофоры располагаются с правой стороны дороги на расстоянии минимум 6 м от головки крайнего рельса. Два поочередно включающихся красных огня – особый сигнал по международной классификации на железнодорожных переездах для передачи команды о запрещении движения автотранспорта. Лампы в светофорных головках погашены при отсутствии поезда на участке приближения к переезду – автотранспорт может двигаться через переезд свободно, соблюдая правила дорожного движения.

Ближайшие перегонные и станционные светофоры используются как заградительные светофоры. Специальные ограждения устанавливаются в случае отсутствия таких светофоров.

Переезды с дежурными оборудуются шлагбаумами. Также должна быть организована поездная радиосвязь через специальное оборудование и прямая телефонная связь с ближайшей железнодорожной станцией или постом, а на участках с диспетчерской централизацией – с поездным диспетчером.

Брусья автоматических и полуавтоматических шлагбаумов, как и электрошлагбаумов, должны быть снабжены световозвращающими устройствами красного цвета и иметь стандартную длину 4, 6, 8 м. Брусья должны перекрывать не менее половины проезжей части автомобильной дороги с правой стороны по ходу движения транспортных средств.

На подходах к переездам со стороны железной дороги устанавливаются постоянные предупредительные сигнальные знаки «С» о подаче машинистами поездов свистка, а со стороны автомобильной дороги перед всеми переездами без дежурного – предупреждающие

дорожные знаки «Однопутная железная дорога» или «Многопутная железная дорога» и другие знаки. На подходах к переездам со стороны автомобильных дорог перед шлагбаумами (а где их нет, то перед дорожными предупреждающими знаками) ставятся предупреждающие знаки «Железнодорожный переезд со шлагбаумом» или «Железнодорожный переезд без шлагбаума» на расстоянии 150 метров, а в населенных пунктах – на расстоянии 50 метров от крайнего рельса и другие дорожные знаки.

На переездах с интенсивным движением транспортных средств, а также скоростным движением пассажирских поездов могут применяться специальные устройства заграждения железнодорожных переездов от несанкционированного въезда на такие переезды транспортных средств.

На выбор устройств ограждения переезда со стороны автодороги влияет его категория и максимальная скорость движения поезда на участке. Для оценки интенсивности движения на переезде используется характеристика – число поездо-экипажей. Она рассчитывается как произведение числа поездов на число единиц автотранспорта, проходящих через переезд в течение суток.

Классификация переездов обобщена на схеме, представленной на рис. 2.

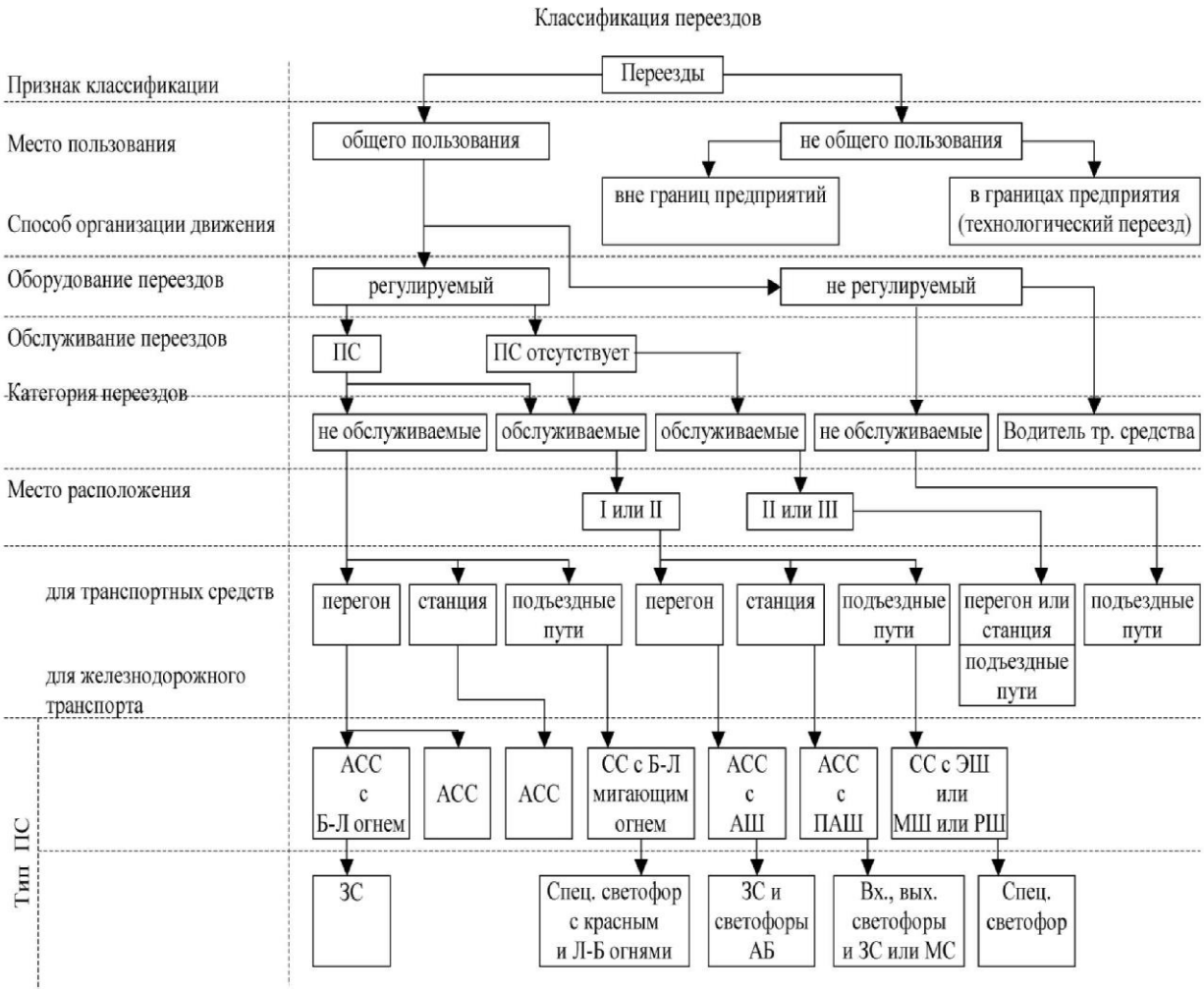


Рис. 2 – Типы железнодорожных переездов

Все обустройства переездов должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации», утвержденным приказом Минтранса РФ от 21.12.2010 № 286, условиям эксплуатации железнодорожных переездов в Российской Федерации, утвержденным приказом Минтранса РФ от 31.07.2015 №237, типовым проектам и правилам дорожного движения России [3].

Контроль соответствия требованиям безопасности для переездных средств автоматики выполняется с использованием методов с достаточным уровнем полноты и достоверности:

- экспертиза документации;
- метод проведения испытаний: автономные, комплексные, в реальных условиях эксплуатации.

Автономные испытания проводят для элементов системы, включая программное обеспечение. По результатам этих испытаний определяется соответствие полученных характеристик этих элементов требуемым значениям, а также готовность перехода к этапу комплексных проверок.

Комплексные испытания проводят в начале с некоторой автономной подсистемой, постепенно наращивая ее состав до полного комплекта системы. Комплексные испытания нацелены на оценку взаимодействия между собой частей программ и аппаратуры, интегрированных на данном этапе разработки, проверку эффективности системы защиты от сбоев и отказов аппаратных средств, оценку работы системы контроля и локализации отказов, вероятности реконфигурации системы и обеспечения защитного состояния, проверку работы комплекса при влиянии внешних факторов.

Эксплуатационные испытания проводятся с целью подтверждения заявленных требований в реальных режимах эксплуатации, в условиях проведения с установленной периодичностью технического обслуживания и ремонта.

Аварийность на переездах любой категории связана с наличием противоречивых задач. С одной стороны, надо при обеспечении требований безопасности движения увеличить пропускную способность переезда для автотранспорта. С другой – необходимо сохранить скорость движения поездов. Исходя из такого положения дел в рамках развития транспортной инфраструктуры у устройств АПС, применяемых на переездах в настоящее время, есть ряд недостатков:

- при возникновении нештатной ситуации на переезде нет возможности достаточно быстро проинформировать машиниста локомотива;
- несовершенство конструкции и технологии работы устройств УЗП;
- отсутствие горизонтальных площадок перед переездом для обеспечения нормативов видимости;
- недостатки в работе оповестительной сигнализации.

Описанные проблемы можно частично уменьшить, внедрив комплекс устройств контроля свободности зоны переезда (КСЗП). Устройства контроля свободности зоны переезда предназначены для применения совместно с устройствами автоматической переездной сигнализации (АПС) на железнодорожных переездах в качестве средства контроля отсутствия неподвижных транспортных средств на переезде.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- поиск и внедрение инновационных решений по предупреждению аварийности на железнодорожных переездах ведется железнодорожным холдингом на постоянной основе;
- разработана система мероприятий по предупреждению аварийности;
- современные технические решения позволяют минимизировать воздействие человеческого фактора на безопасность движения, повысить техническую оснащенность переезда на базе принципов «цифрового» управления;
- дальнейшее развитие АПС является основным фактором в обеспечении безопасности на железнодорожных переездах.

Библиографический список

1. Миненко, Е. Ю. Общая характеристика железнодорожных переездов и показателей безопасности движения через них / Е. Ю. Миненко, Ю. А. Кусморова // Молодой ученый. – 2014. – № 17. – С. 80-83. – EDN SUKFAL.

2. Паршина, К. С. Дорожно-транспортная аварийность на железнодорожных переездах / К. С. Паршина // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития : материалы Международной научно-исследовательской конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и старшеклассников: в 3 частях, Самара-Оренбург, 05 апреля 2017 года. Том Часть 1. – Самара-Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. – С. 101-103. – EDN ZHHQLD.

3. Веревкина, О. И. Безопасность скоростного, высокоскоростного движения поездов на железнодорожных переездах / О. И. Веревкина, Д. С. Кривеня, Ю. В. Чендрова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4. – С. 11-16. – EDN YMAPKG.

УДК 339.138

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

Е.П. Гордиенко
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье представлены основные технологии, массовое применение которых приведет к переходу к четвертой промышленной революции. Обоснованы стадии эволюции и ключевые принципы цифровой экономики, которые лежат в основе трансформации бизнес-процессов и бизнес-моделей современных компаний. Определены контуры перспективного развития бизнеса как реакции на происходящие изменения.

Ключевые слова: платформа, технология, бизнес, коммерция, безопасность, модель, искусственный интеллект, блокчейн, «Интернет вещей».

Abstract. The article presents the main technologies, the mass penetration of which will lead to the transition to the fourth industrial revolution. The stages of evolution and the key principles of the digital economy that underlie the transformation of business processes and business models of modern companies are substantiated. The contours of prospective business development as a reaction to the ongoing changes are defined.

Keywords: platform, technology, business, commerce, security, model, artificial intelligence, blockchain, «Internet of Things».

Эффективное развитие рынка электронной коммерции требует от предприятий любой сферы внедрения в производство инновационных технологий. Непрерывный прогресс и способность к адаптации – важнейшие факторы повышения конкурентоспособности современного бизнеса.

Эволюция цифровых технологий приводила к трансформациям в процессе производства товаров и услуг, наступление которых даже не прогнозировали. Начиная со времени вывода Интернета в открытый режим доступа, бизнес был вынужден постоянно реагировать на вызовы внешней среды. По масштабу и силе воздействия технологической составляющей внешней среды на бизнес, отрасли, экономики стран, происходящие трансформации не имеют аналогов. Цель данной статьи - анализ базовых факторов, влияющих на успешность вывода предприятия на цифровые рельсы как важной составляющей любого бизнес-процесса.

Используя новые бизнес-модели электронной коммерции, компании ориентируются на цифровые технологии Индустрии 4.0: искусственный интеллект, блокчейн, «Интернет вещей» и автономные устройства доставки (дроны, роботы) (рис.1).

Рис. 1 – Механизмы коммуникации и информационные потоки Потребителей онлайн-платформы

Технологии Индустрии 4.0 включают новые методы создания бизнес-модели – креативные платежные механизмы (мобильные деньги и цифровые кошельки), механизмы безопасности и доверия (цифровая идентификация, минимальные стандарты качества, страховка, системы анализа и поддержания репутации: смарт-контракты и т.д.), механизмы взаимодействия на международном рынке (механизмы доверия, маркетинг и реклама, логистика, упаковка и хранение, обслуживание клиентов на иностранных языках, таможенное оформление) [1].

В основе цифровой трансформации холдинга РЖД лежит создание восьми цифровых платформ – «Мультимодальные пассажирские перевозки», «Мультимодальные грузовые перевозки», «Оператор линейной инфраструктуры», «Управление перевозочным процессом», «Тяговый подвижной состав», «Транспортно-логистические узлы», «Логистический оператор электронной коммерции» и «Непроизводственные процессы». Все платформы будут базироваться на технологиях Интернета вещей, обработки больших данных, распределённого реестра, искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности и квантовых коммуникаций. Ожидается, что осуществление программы цифровой трансформации позволит 90% документооборота РЖД с грузоотправителями осуществлять в электронной форме.

Облачные вычисления как бизнес-модель отличаются автоматическим регулярным предоставлением цифровых товаров и услуг и платежей, как показано на рис. 2.

Рис. 2 – Бизнес-модели облачных вычислений

«Инфраструктура как услуга» (IaaS – Infrastructure as a Service) – предоставление услуг инфраструктуры вычислительной мощности аппаратного обеспечения, хранения базы данных и сетевых возможностей.

«Платформа как услуга» (PaaS – Platform as a Service) – метод облачных вычислений, модель которого позволяет брать с клиентов плату только за долю ресурсов, которые они используют.

«Программное обеспечение как услуга» (Saas – Software as a Service) – модель, которая использует централизованный хостинг. Доступ к программному приложению предоставляется для физических и юридических лиц по подписке.

«Интернет вещей» – платформа, которая использует данные датчиков, программное обеспечение и сетевые соединения, связанные с устройствами, применяемыми для покупок некоторых товаров. Объединение таких устройств в комбинации с искусственным интеллектом и облачными вычислениями даст возможность отслеживать автоматически, когда исчерпываются ресурсы и заказывать необходимое [2].

Приобретение товаров и услуг в мобильном приложении становится базовым методом для онлайн-модели бизнеса (рис. 3).

Рис. 3 – Онлайн-модели бизнеса

Модель создания стоимости, фундаментом которой стали технологии Индустрии 4.0, формирует базу цифровой экономики. Инфраструктура электронного бизнеса строится на основе пяти элементов. При построении коммуникационной платформы предприятия электронной коммерции особое внимание уделяют проблемам надежности и безопасности, особенно вопросам обеспечения конфиденциальности информации об участниках и о совершаемых операциях. Система электронной коммерции в обеспечении безопасности всех участников электронных платежей опирается на различные средства и методы защиты, которые регламентируются в стандартах и рекомендациях регулирующих органов. Добиться максимальной защищенности возможно, если строить веб-контент на надежной CMS системе, тщательно подобрать серверное окружение и использовать проверенные практики безопасности, например, тестирование безопасности веб-приложений. При этом перечень используемых технологий ведения электронного бизнеса существенно расширен.

Инфраструктура – базис, основа функционирования электронного бизнеса. Включает в себя основные элементы работ ИТ-системы: серверы, приложения, промежуточное программное обеспечение, маршрутизаторы, устройства хранения данных и ряд других.

Инфраструктура делится на категории:

- инфраструктура Интернета, являющаяся, по сути, физической основой электронной коммерции;

- инфраструктура интернет-приложений, включающая в себя программные продукты.

Инфраструктура электронного бизнеса иллюстрирует пять логических функций:

- серверы веб-приложений (Web Application Server) обрабатывают логику приложений электронного бизнеса и управляют взаимодействием с пользователями;

- службы каталогов и безопасности (Directory and Security Services) реализуют вычислительные функции, управление маршрутизацией, базовую аутентификацию, брандмауэр и транскодирование;

- граничные серверы (Edge Servers) – это управление политиками безопасности, единая глобальная регистрация с целью исключить потребность во множестве паролей: система реализует многоуровневый подход к безопасности и обеспечивает достаточно высокую степень защиты от несанкционированного доступа;

- серверы данных и транзакций (Data&Transaction Servers) имеют цель формирования гибкой и надежной инфраструктуры электронного бизнеса, интеграции серверов веб-приложений и внутренних серверов данных и транзакций;

- управление хранением данных (Storage Management) обеспечивает масштабируемость электронного бизнеса, которая основывается на множественных системах и серверных платформах, решает проблему целостности данных.

Логика может быть реализована на единственном сервере или нескольких серверах. Выделение функций позволяет совершенствовать одну функцию без потери взаимодействия с остальными компонентами инфраструктуры электронного бизнеса.

Построение коммуникационной платформы организации опирается на:

- локальные вычислительные сети (ЛВС) (Local Area Network);

- виртуальные локальные сети VLAN (Virtual LAN) как группу хостов с общим набором требований, независимых от их физического местонахождения;

- глобальные сети (Wide Area Network);

- автоматизированные торговые сети (Electronic Communication Network), которые связывают брокеров и трейдеров для организации торговли напрямую, исключая биржевые механизмы посредников и относятся к электронным системам торговли с прямым доступом (рис.4).

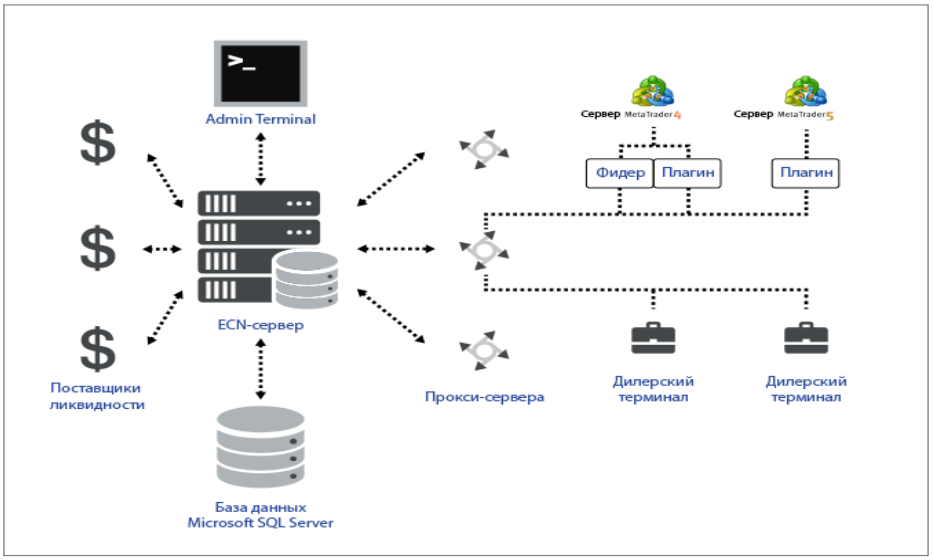


Рис. 4 – Вариант системы ECN

Электронная торговля имеет повышенные требования в обеспечении надежности и безопасности, а также конфиденциальности информации об участниках и совершаемых ими сделках. Технология ECN акцентирована в этом вопросе: применяются методы верификации пользователей, разделения полномочий и доступа, шифрования данных. Наиболее популярные ECN-системы, обладающие большим количество крупных участников, – это Currenex, Artiax, Integral, LEMAX.

Главной проблемой успешного ведения электронного бизнеса стала безопасность и защита информации. Построение и внедрение системы комплексной защиты заключается в выборе из всей массы средств защиты набора технологий, который обеспечит минимальными ресурсами нейтрализацию самых актуальных угроз безопасности с максимальным качеством.

В системах электронной коммерции происходит обработка транзакций и бизнес-процессов, предоставление товаров и услуг, обработка и сбор персональных данных пользователей, налоговой отчетности, платежных данных.

Сегментами структуры типовой системы электронной коммерции являются:

- бизнес-инфраструктура и центр обработки данных (ЦОД);
- web-сайт;
- сетевая инфраструктура;
- автоматизированная система (АС) пользователей.

Обработку информации в системе электронной коммерции реализует типовой технологический процесс, состоящий из этапов:

1. Подключение пользователя к сайту.
2. Авторизация пользователя на сервере и в системе управления базами данных ЦОД.
3. Запрос в ЦОД на предоставление услуги или покупку.
4. Ввод, модификация или вывод информации открытого и/или ограниченного доступа.
5. Получение пользователем запрошенного продукта или услуги.
6. Отключение пользователя от ресурсов системы.

С точки зрения информационной безопасности «узкими» местами являются: перевод денежных средств при получении услуги/продукта; передачи идентификационных и аутентификационных данных; авторизация пользователя; хранение данных ограниченного доступа в ЦОД.

Для обеспечения информационной безопасности в электронной коммерции используют методы и правила, описанные в стандартах и рекомендациях регулирующих

органов. Решением проблемы обеспечения безопасности систем электронной коммерции в мировом формате занимается Internet Security Task Force (ISTF). В России органами обеспечения безопасности в области электронной коммерции являются ЦБ России, ФСТЭК России и ФСБ России.

Таким образом, все вышеперечисленное позволяет утверждать, что современные ИТ-технологии позволяют радикально изменить бизнес-процессы и значительно улучшить основные показатели деятельности компании, что позволяет опередить конкурентов.

Библиографический список

1. Малюченко, В. К. Принципиальная взаимосвязь технологий «Физического интернета», «Цифровых двойников» и «Интернета вещей» / В. К. Малюченко // Логистика - евразийский мост : Материалы XVII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 27–30 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 151-154. – EDN QBOVSQ.

2. Ядровская, М. В. Перспективы технологии интернета вещей / М. В. Ядровская, М. В. Поркшеян, А. А. Синельников // Advanced Engineering Research. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С.207-217. – EDN HXPZIC.

УДК 656.257

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Е.П. Гордиенко, А.А. Кожевников
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье выполнен ретроспективный обзор и рассмотрены перспективные технологии построения станционных систем автоматики российских железных дорог. Представлены отличительные особенности автоблокировок на основе тональных рельсовых цепей, выделены достоинства и недостатки рассмотренных технологий автоблокировки.

Ключевые слова: сигнализация, связь, блокировка, контроль, дежурный по станции, стрелка, семафор, светофор, маршрут, аппаратура, безопасность.

Abstract. The article provides a retrospective review and discusses promising technologies for building station automation systems of Russian railways. The distinctive features of auto-locks based on tonal rail circuits are presented, the advantages and disadvantages of the considered auto-locking technologies are highlighted.

Keywords: alarm, communication, blocking, control, station attendant, arrow, semaphore, traffic light, route, equipment, security.

На сегодняшний день автоблокировка является одним из основных средств интервального регулирования движения поездов. Внедрение этой системы в комплексе с автоматической локомотивной сигнализацией и диспетчерским контролем помогает значительно увеличить пропускную способность железнодорожных линий, повысить производительность и улучшить условия труда железнодорожников. Уровень обеспечения безопасности движения поездов остается высоким, а расходы на строительство и эксплуатацию самой системы – незначительными.

Принятая современная концепция развития средств железнодорожной автоматики и телемеханики позволяет реализовать качественно новый уровень обеспечения безопасности движения поездов при повышении экономических показателей отрасли в целом. Базовые аспекты концепции основаны на анализе предшествующего опыта и оценке развития

станционных систем автоматики. Цель данной статьи – рассмотреть эти базовые аспекты более подробно.

23 августа 1840 года около станции «Шушары» Царскосельской железной дороги произошла первая в России железнодорожная катастрофа – лобовое столкновение двух поездов «Богатырь» и «Лев». Возник вопрос обеспечения безопасности и разработки устройств регулирования движения поездов. Основным стал принцип разграничения подвижных единиц во времени и в пространстве. Дорогу оборудовали оптическим телеграфом, используемым на флоте для предупреждения об опасности, и с этого времени началось развитие систем железнодорожной автоматики.

С появлением железнодорожного транспорта главная проблема обеспечения безопасности движения на станциях состояла в создании таких условий работы, при которых исключались бы столкновения поездов из-за ошибок персонала. Внедрение простых технических средств станционной сигнализации, телефонной связи и блокировки стало решением этих проблем. К техническим средствам того времени относились различного рода механические системы, содержащие путевые устройства контроля положения стрелок. Кроме того, использовались устройства свободности трассы маршрута, сигнализации и аппараты контроля правильности приготовления маршрута, устанавливаемые в помещениях дежурного по станции или стрелочника.

Стрелочные замки системы Мелентьева стали основным устройством контроля и запирания стрелок, а также семафорных переводных станков. Они применяются и по настоящее время (рис.1).

Рис. 1 – Стрелочный замок системы Мелентьева

Широкое распространение получили маршрутно-контрольные устройства (МКУ) системы Наталевича (рис. 2).

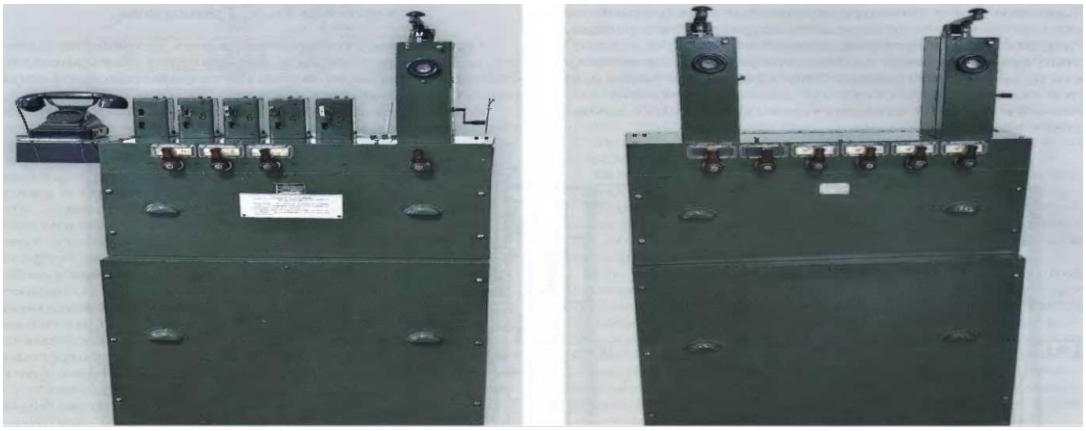


Рис. 2 – Внешний вид аппаратов МКУ системы Е.Е. Наталевича

МКУ системы Наталевича обеспечивают контроль правильности приготовления маршрута и запирание стрелок замками Мелентьева, исключение одновременной установки враждебных маршрутов и разделку маршрута стрелочником только после разрешения дежурного по станции. В помещении дежурного находится распорядительный аппарат МКУ. На каждом стрелочном посту ставится централизатор.

Недостатком системы МКУ Наталевича стало отсутствие объективного контроля свободности маршрута техническими средствами. Поэтому не исключены ошибки в действиях персонала, например, вероятность установки маршрута на занятый приемо-отправочный путь. Развитием МКУ стало внесение в систему устройств контроля фактического местонахождения поезда – электрических рельсовых цепей. Также на смену семафорам пришли светофоры.

Конструктивные изменения внесли в распорядительные и исполнительные аппараты: соответствие положений маршрутных и сигнальных рукояток исполнительного и распорядительного аппаратов стало проверяться электрически. Появились табло, отражающие лампочками местонахождение поезда на станции и прилегающих перегонах, релейная аппаратура рельсовых цепей и светофоров (рис.3). Была разработана электроключевая зависимость между стрелками и сигналами.

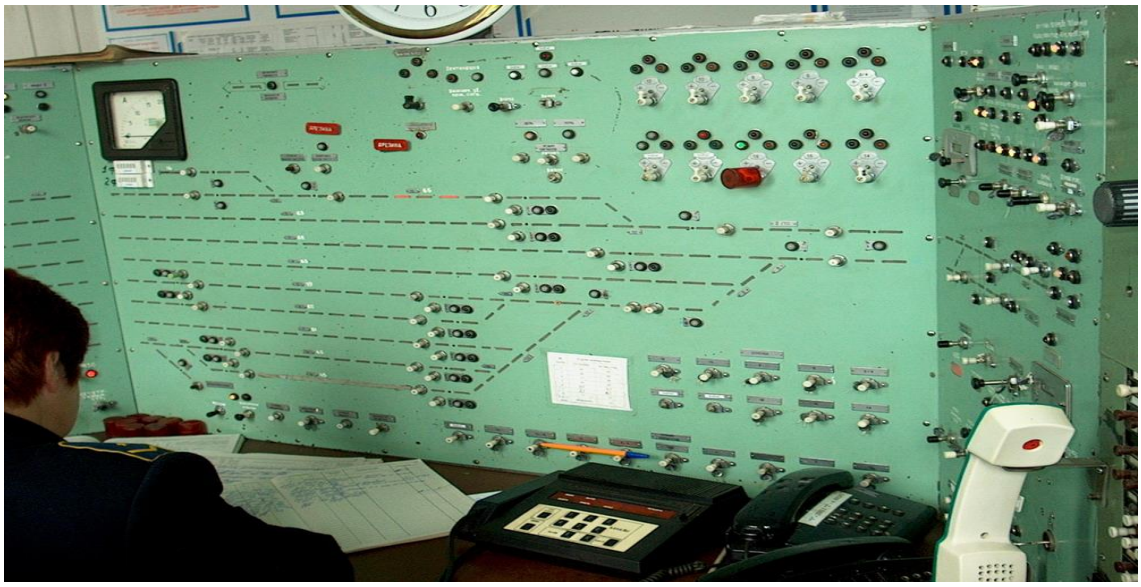


Рис. 3 – Пульт-табло и светосхема станции

Маршрутно-контрольные устройства и устройства электроключевых зависимостей сыграли большую роль в развитии технических средств СЦБ. При механической централизации перевод стрелок и открытие светофоров проходил напрямую с поста централизации. В сравнении с МКУ это сокращает время на приготовление маршрута, расчет пропускной способности стрелочных горловин. Это стало ключевым фактором при организации работы средних и крупных станций с большим объемом маневровых передвижений. Применение такого типа централизации повышает качество управления движением, сокращает число стрелочников. Недостатком механической централизации является наличие гибких тяг, прокладываемых по территории станции и механических зависимостей.

Следующим этапом совершенствования системы стало применение электрической централизации стрелок и сигналов (ЭЦ). Система ЭЦ базируется на трех путевых элементах: стрелочном электроприводе, рельсовой цепи и светофоре. Стрелочный электропривод (ЭП) переводит стрелку в заданное положение, контролирует плотность прижатия остряка к рамному рельсу и осуществляет запирание остряков. Рельсовая цепь (РЦ) контролирует занятость стрелок и приемо-отправочных путей, а светофор (С) регулирует движение (рис. 4).

Рис. 4 – Путевые элементы ЭЦ

С введением скоростного движения появились новые требования к обеспечению безопасности движения поездов, необходимости сокращения эксплуатационных расходов на техническое обслуживание, повышению надежности работы устройств. Актуальными стали вопросы создания новой элементной базы [1], новых систем автоблокировки и совершенствования систем диспетчерского управления и централизации (рис.5).

Рис. 5 – Аппаратура микропроцессорных систем управления движением

При разработке новых систем учитывались недостатки существующих систем:

- ненадежность и неустойчивость работы рельсовой цепи из-за низкого сопротивления балласта;
- усложнение работы рельсовой цепи из-за необходимости канализации тягового тока с подключением дроссель-трансформаторов и возникновения опасных и мешающих влияний тягового тока;
- децентрализованное размещение аппаратуры;
- ограниченная информативность системы;
- возможность проезда запрещающего показания светофора и другие.

Новые системы строятся на новой элементной базе с применением интегральных микросхем и тональных рельсовых цепей [2].

Автоблокировка с тональными рельсовыми цепями имеет высокую надежность, высокий коэффициент возврата путевого приемника, высокую помехозащищенность и защищенность от влияний тягового тока. ТРЦ работают в применяемых системах автоблокировки: ЦАБ-АЛСО, ЦАБс, АБТЦ или ЦАБ, АБТ.

На базе микропроцессорной техники построена система АБ-Е2. Она имеет децентрализованное размещение аппаратуры, совместима с эксплуатируемыми системами автоматической локомотивной сигнализации типа АЛСН и КЛУБ. В настоящее время разрабатывается вариант автоблокировки с использованием дополнительного цифрового канала передачи информации [3].

Однако известны недостатки системы АБ. Прежде всего, имеется значительное сокращение интервала следования пригородного типа поездов при организации смешанного движения грузовых, пассажирских и пригородных поездов. Для решения этой проблемы внедряются самостоятельные микропроцессорные системы АБ или объединенные с микропроцессорными электрическими централизациями. Развитие систем интервального регулирование также базируется на идее перехода к бессветофорной сигнализации (рис.6).

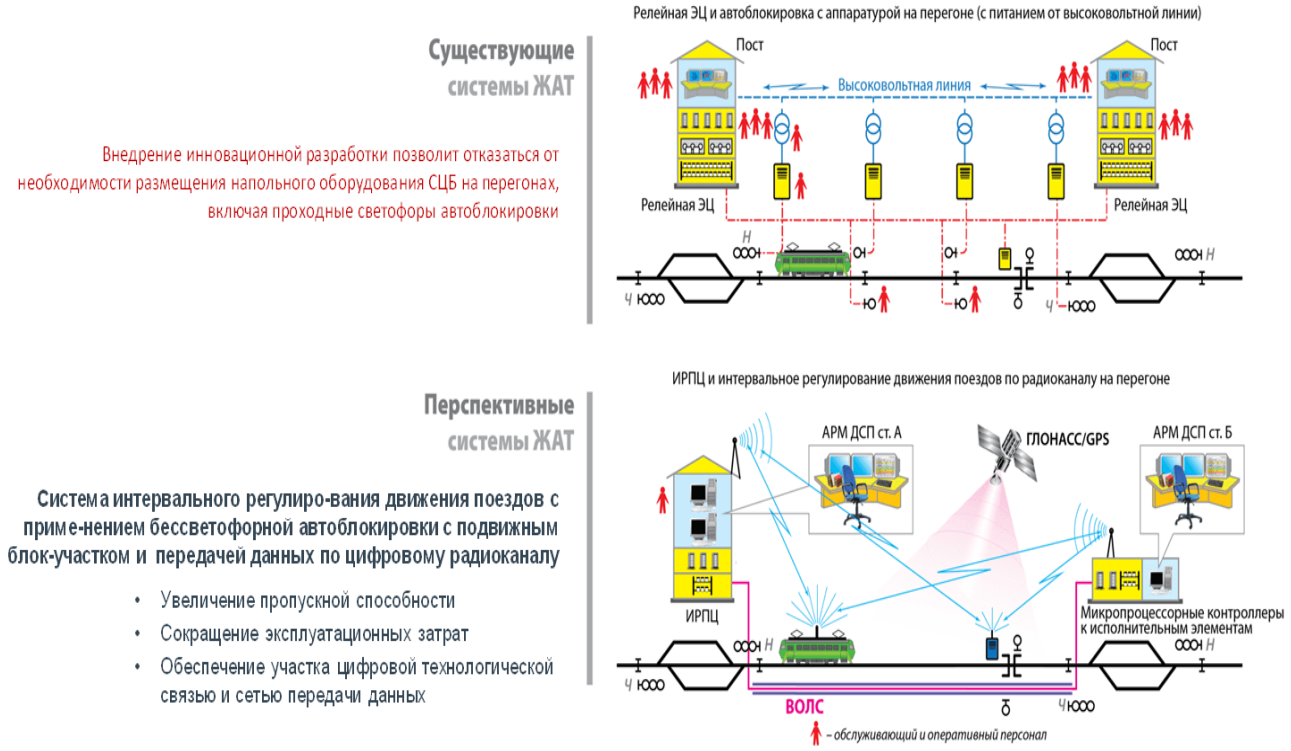


Рис.6 – Перспективные системы интервального регулирования движения поездов

Таким образом, в перспективе все системы интервального регулирования должны иметь модульное исполнение и реконфигурируемые структуры. Существующие системы интервального регулирования движения поездов являются эффективным средством совершенствования организации перевозочного процесса. Эффективность внедрения систем интервального регулирования оценивают по их влиянию на пропускную способность, участковую скорость, эксплуатационные расходы, степень безопасности движения поездов.

Библиографический список

1. Киселев, И. П. Этапы развития систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи и высокоскоростного движения / И. П. Киселев // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2010. – № 6. – С. 56-69. – EDN LLMROR.

2. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями : учеб. пособие для студентов специальности «Автоматика, телемеханика и связь на

железнодорож. транспорте» / Н. Е. Федоров; Н. Е. Федоров. – Самара : Сам. гос. акад. путей сообщения, 2004. – 131 с. – EDN QNSXIV.

3. Марченко, М. А. Перспективы развития системы интервального регулирования движения поездов в России / М. А. Марченко, А. В. Сугоровский // Образование, перевозки, логистика : Сборник научных статей. К 90-летнему юбилею факультета «Управление перевозками и логистика» ФГБОУ ВО ПГУПС. – Санкт-Петербург : Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2020. – С. 49-52. – EDN ECROHX.

УДК: 621.396

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ШПАЛАХ РЕЛЬСОШПАЛЬНОЙ РЕШЕТКИ

А.В. Давыдов, В.С. Красильников
Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде

Аннотация. Устройства контроля схода подвижного состава имеют слабую защищенность электрической цепи от динамических воздействий, вызываемых колебаниями рельсошпальной решетки при прохождении поездов, которые передаются через рельсошпальную решетку на несущую платформу, что приводит к ложному срабатыванию датчиков контроля нижнего габарита. Статья посвящена поиску технических решений по размещению платформ, направленных на устранение влияния колебаний рельсов на работоспособность датчиков контроля.

Ключевые слова: устройства контроля схода, подвижной состав, рельсошпальная решетка, несущая платформа, нижний габарит.

Abstract. Rolling stock derailment monitoring devices have weak protection of the electrical circuit from dynamic influences caused by vibrations of the rail-sleeper grid during the passage of trains, which are transmitted through the rail-sleeper grid to the carrier platform, which leads to false triggering of the lower dimension monitoring sensors. The article is devoted to the search for technical solutions for the placement of platforms aimed at eliminating the influence of rail vibrations on the performance of monitoring sensors.

Keywords: vanishing control devices, rolling stock, rail-sleeper grating, load-bearing platform, lower dimension.

Основными составными частями устройств контроля схода подвижного состава (УКСПС) являются датчики контроля нижнего габарита, несущие платформы с датчиками, и контрольная электрическая цепь. Снижение вероятности аварийной ситуации на железнодорожном транспорте обеспечивается устройствами контроля схода и опасного приближения поезда [1-4]. УКСПС устанавливаются перед станцией на расстоянии, обеспечивающем остановку поезда у входного светофора. На железных дорогах с железобетонными шпалами датчики монтируются на деревянной шпале, укладываемой вместо железобетонной шпалы или в межшпальном пространстве. Главным недостатком существующих несущих платформ является их вибрация при прохождении составов, что приводит к ложному срабатыванию устройств УКСПС и задержке поездов [5]. Целью данного исследования является поиск технических решений для несущих платформ, направленных на устранение этого недостатка. С этой целью проанализированы достоинства и недостатки технических решений для платформ в виде штатной шпалы рельсошпальной решетки и дополнительной шпалы, размещаемой в межшпальном пространстве.

Платформы в виде штатной шпалы рельсошпальной решетки. В УКСПС [6], регламентированном для применения на сети железных дорог, в качестве несущей платформы используется штатная деревянная шпала рельсошпальной решетки (см. рис. 1).

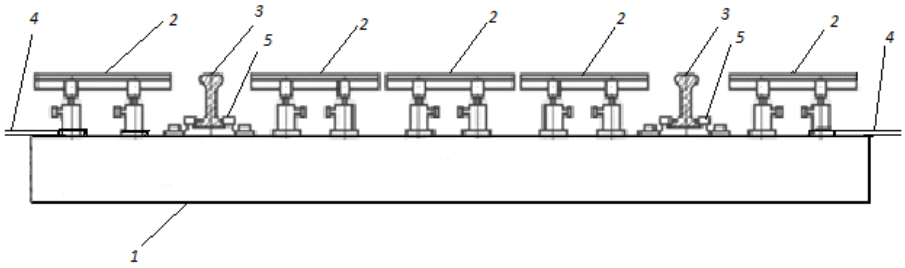


Рис. 1 - Схема устройства контроля схода подвижного состава на деревянной шпале рельсошпальной решетки: *1* – шпала; *2* – датчики контроля; *3* – рельсовая колея; *4* – проводники; *5* – рельсовые скрепления

На шпале 1 установлены датчики контроля 2 внутри и снаружи рельсовой колеи 3. Датчики соединены между собой перемычками в единую контрольную цепь, которая подключена к кабельным муфтам проводниками 4. Шпала 1 прикреплена к колее 3 рельсовыми скреплениями 5. Требования к несущей платформе в виде шпалы состоят в том, чтобы она не имела вертикального перемещения, а зазор между балластом и подошвой рельса по всей ширине шпального ящика не должен превышать 30 мм. Недостаток применения платформы в виде шпалы рельсошпальной решетки связан с трудоемкостью монтажа датчиков контроля и необходимостью проведения их установки непосредственно на рельсовом пути.

Возможность применения штатной железобетонной шпалы рельсошпальной решетки в качестве несущей платформы УКСПС показана на рис. 2 (предлагается авторами).

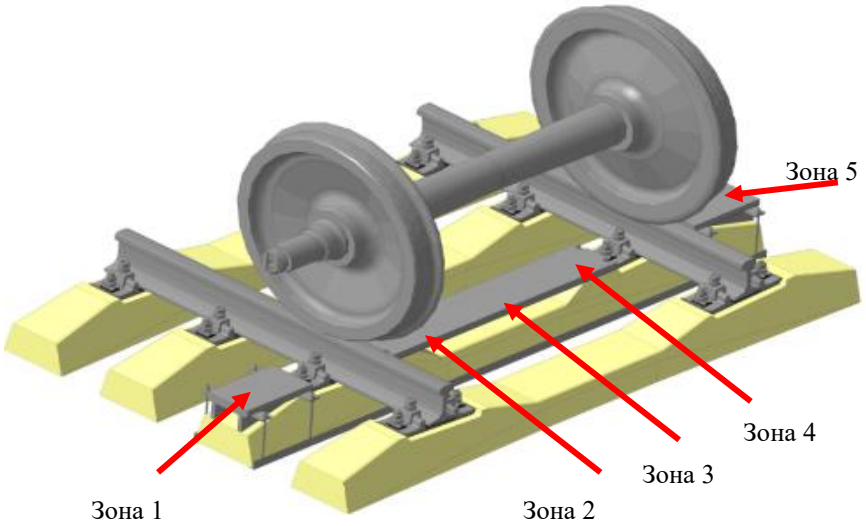


Рис. 2 - Железобетонная шпала рельсошпальной решетки в качестве несущей платформы для УКСПС. *Зоны 1-5* – зоны расположения датчиков контроля

Датчики контроля электромагнитного типа размещены в диэлектрических корпусах, расположенных в зонах контроля вне рельсовой колеи (*зоны 1, 5*) и внутри нее (*зоны 2 - 4*). Корпуса датчиков прикреплены к штатной железобетонной шпале рельсошпальной решетки с помощью скоб, консолей, уголков и шпилек.

Недостаток крепления датчиков непосредственно к штатной шпале рельсошпальной решетки (деревянной или железобетонной) состоит в опасности разрушения датчиков контроля от колебаний шпал.

Платформы в виде дополнительной шпалы в межшпальном пространстве. Типичная несущая платформа УКСПС в виде дополнительной деревянной шпалы, размещенной в межшпальном пространстве, представлена на фото на рис. 3.

Рис. 3 – Общий вид несущей платформы УКСПС в виде дополнительной деревянной шпалы, размещенной в межшпальном пространстве

В УКСПС несущей платформой для установки датчиков контроля также служит дополнительная деревянная шпала [7], размещенная в межшпальном пространстве (см. рис 4).

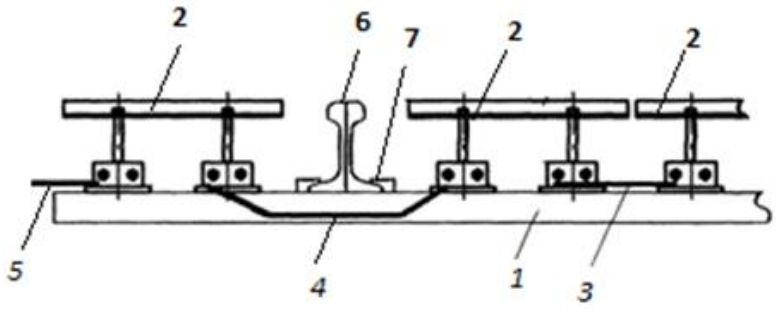


Рис. 4 – Схема размещения датчиков контроля УКСПС на несущей платформе в виде деревянной шпалы в межшпальном пространстве, где 1 – платформа; 2 - датчики контроля; 3 – перемычки между датчиками; 4 – подрельсовые перемычки; 5 – концевые выводы; 6 – рельсы; 7 - рельсовые скрепления

Платформа 1 с датчиками контроля 2, которые соединены перемычками 3 и 4 между собой и концевыми выводами 5 с кабельными муфтами (не показаны), расположена между шпалами и прикреплена к рельсам 6 рельсовыми скреплениями 7.

Недостаток платформ в виде дополнительной деревянной шпалы [7] заключается в том, что стандартная ширина дополнительной шпалы (27-30 см), размещенной в межшпальном пространстве, оставляет слишком малый зазор с соседними шпалами, что затрудняет механизированную подбивку шпал. Недостатки платформ в виде штатной шпалы рельсошпальной решетки или дополнительной шпалы [7] связаны с ограниченной областью применения, т.к. установка датчиков контроля возможна только на деревянных (или композитных) шпалах прямоугольного сечения, а на

железобетонных шпалах невозможно закрепить датчики контроля регламентированной конструкции [6]; с трудоемкостью монтажа датчиков контроля и необходимостью проведения их установки непосредственно на рельсовом пути; с ограничениями при механизированной подбивке шпал. Недостаток несущих платформ с размещением в межшпальном пространстве и с креплением к шпалам заключается в том, что подрельсовые связи и перемычки, соединяющие датчики в электрическую цепь, подвержены разрушению от вибрационных воздействий и механических повреждений элементами железнодорожной насыпи при прохождении подвижного состава, что вызывает ложное срабатывание контрольной цепи.

Таким образом, обобщая, можно утверждать, что для устранения указанных недостатков требуется создание конструкции несущей платформы с возможностью монтажа датчиков в заводских условиях и с возможностью крепления платформы как к шпалам прямоугольного сечения, так и к железобетонным шпалам. С этой целью необходимо применять технические решения, предложенные для создания более эффективной конструкции платформы [8-10], особенно, за счет крепления несущей платформы УКСПС к двум шпалам рельсошпальной решетки и применения пакетов амортизирующих прокладок между несущей платформой и датчиками контроля.

Библиографический список

1. Седов, В. В. Системы оповещения обслуживающего персонала постов КТСМ / В. В. Седов, С. В. Сорокин, В. С. Красильников // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 9. – С. 50-52. – EDN FZZBGC.

2. Красильников, Б. С. Узлы крепления платформы для устройств контроля схода подвижного состава / Б. С. Красильников // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 6. – С. 12-14. – EDN YFKQKV.

3. Красильников, В. С. Блок базового контроля повышенной надежности для УЗП / В. С. Красильников // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 10. – С. 6-8. – EDN IAUNLP.

4. Патент № 2768095 C1 Российская Федерация, МПК B60T 7/12, B61H 11/02, B61H 13/00. устройство остановки поезда при сходе колесной пары: № 2021132027: заявл. 01.11.2021: опубл. 23.03.2022 / В. С. Красильников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения". – EDN VCWXKE.

5. Красильников, В. С. О тенденции развития напольных устройств контроля схода подвижного состава / В. С. Красильников // Эпоха путей сообщения: традиции, современность, перспективы : Материалы Международной научно-методической конференции , Оренбург, 21 октября 2021 года. – Оренбург: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 103-107. – EDN DGQDMX.

6. Технико-нормировочная карта № ТНК ЦШ 0504-2016. Контрольно-габаритные устройства (КГУ, УКСПС). Утверждена ЦДИ ОАО «РЖД» 24.03.2016.

7. Патент на полезную модель № 180712 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00. Устройство контроля схода подвижного состава (УКСПС) повышенной надежности: № 2017137991: заявл. 01.11.2017: опубл. 21.06.2018 / А. С. Ершов, В. В. Васин; заявитель Акционерное общество "Дальсбыт" (АО "ДАЛЬСБЫТ"). – EDN MFUNDC.

8. Патент на полезную модель № 155788 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00, B60K 28/10, B60K 28/14. устройство контроля схода колесной пары с рельсов: № 2015102034/11: заявл. 23.01.2015: опубл. 20.10.2015 / И. А. Зайцев, Е. С. Ерилин, Н. Г. Исайчев [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество "Российские железные дороги". – EDN DMSDOC.

9. Патент на полезную модель № 185444 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00, B60K 28/10. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов: № 2018121492: заявл. 13.06.2018: опубл. 05.12.2018 / В. С. Красильников, А. В. Фоминых ; заявитель Акционерное

общество "Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта". – EDN TBXSXZ.

10. Ефимов, Д. А. Механизмы крепления несущей платформы УКСПС к шпалам рельсошпальной решетки / Д. А. Ефимов, В. С. Красильников // Техника и технологии наземного транспорта : Материалы международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 15 декабря 2021 года. – Нижний Новгород: филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. – С. 59-65. – EDN YPPAGF.

УДК 625.142.44

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ СО СТАРОЙ ОБВОДНЕННОЙ ОБДЕЛКОЙ

Е.Н. Ефремова
Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде

Аннотация. В данной статье рассматриваются виды, основные элементы, особенности эксплуатации тоннелей. Выполнена работа по информированию студентов профилированных техникумов базовой информацией об искусственном сооружении.

Ключевые слова: тоннель, виды обделки тоннелей, конструкция сводов, эксплуатация тоннелей.

Abstract. This article discusses the types, main elements, and features of tunnel operation. The work was carried out to inform students of profiled technical schools with basic information about the artificial structure.

Keywords: tunnel, types of tunnel lining, arch construction, tunnel operation.

Тоннелем называется горизонтальное или наклонное подземное искусственное сооружение, имеющее значительную протяженность и предназначенное для транспортных целей, пропуска воды, прокладки городских коммунальных сетей или размещения производственных предприятий. Тоннели относятся к наиболее ответственным, сложным и дорогостоящим искусственным сооружениям железнодорожного транспорта, рассчитанным на длительный срок эксплуатации [1].

Основная несущая конструкция тоннеля – это его обделка, которая закрепляет горную выработку и воспринимает все виды действующих нагрузок. Условия работы тоннельной обделки исключительно сложны и весьма многообразны. Это объясняется в основном неопределенностью действующих на подземные конструкции нагрузок и многообразием эксплуатационных условий работы сооружения. По назначению тоннели состоят из семи групп: железнодорожные, автодорожные, метрополитенов, гидротехнические, коммунальные, горнопромышленные и специальные.

По месту расположения тоннели бывают горные, подводные, равнинные или городские. Применение транспортных тоннелей позволяет преодолевать значительные препятствия, сокращать длину трассы, увеличивать безопасность движения.

Надзор и уход за исправными тоннелями заключается в следующем:

- сохранение обделки (с этим связано восстановление разрушенных швов и дефектов в бетоне и железобетоне);
- контроль за отводом воды (для этого чистят и ремонтируют водоотводные устройства (кюветы в подходных выемках, нагорные канавы и лотки в тоннелях));
- поддержание исправного состояния пути.

Обделки тоннелей бывают монолитные и сборные. Размеры и формы внутренних очертаний обделок транспортных тоннелей определяют габаритом приближения строений. В настоящее время получают распространение сборные конструкции обделки (рис. 1).

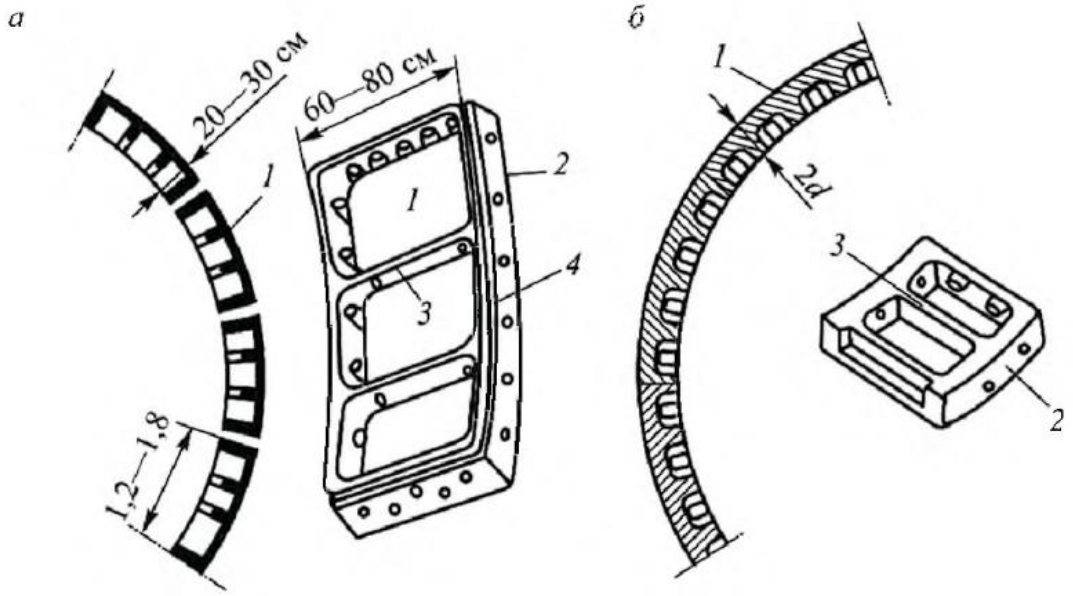


Рис. 1 - Сборная обделка из тюбингов: а - металлических; б - железобетонных;
1 - стенка; 2 - борт; 3 - ребро; 4 - желобок; 2d - толщина тюбинга.

В крепких скальных породах, где не оказывается боковое давление, можно применять тоннельную обделку в виде свода, опирающегося пятами на породу (рис 2, а). В менее крепких породах обделка должна укреплять также и боковые стены тоннеля. Тогда ее делают в виде свода, поддерживаемого боковыми вертикальными стенками (рис.2, б). При слабых породах, оказывающих большое давление как сверху, так и с боков, а иногда и снизу, обделке придают криволинейное очертание, устраивая внизу так называемый обратный свод (рис.2, в). Для защиты от проникания грунтовых вод тоннельную обделку покрывают гидроизоляцией. На концах тоннель имеет порталы (рис.2, г), обеспечивающие устойчивость лобового откоса выемки подхода и служащие также для отвода воды и предохранения от падения камней с горного склона.

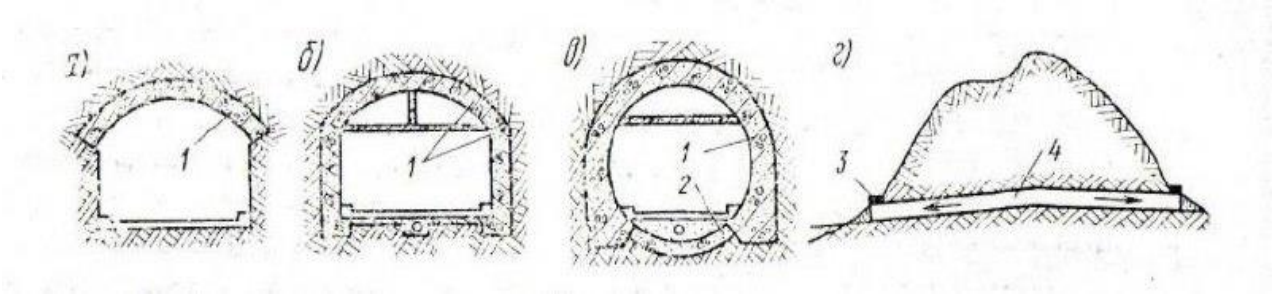


Рис. 2 – Основные виды горных обделок и схема горного тоннеля:
1 - обделка; 2 - обратный свод обделки; 3 - портал; 4 - горный тоннель.

Эти работы осуществляются согласно инструкции по текущему содержанию пути, то есть выполняются те же работы, что и на перегоне [2]. Но при этом необходимо учитывать некоторые особенности: в связи с высокой влажностью металлические части ВСП подвергаются коррозии, а также нарушается сцепление между рельсами и колесами подвижного состава. Для уменьшения рисков коррозии металлические части, исключая поверхность катания, смазывают асфальтным лаком или мазутом с соляркой, а для преодоления буксования колес подвижного состава машинисты локомотивов посыпают поверхность катания песком.

Кроме того, необходимо:

1. Для предупреждения протекания атмосферных вод в тоннели и галереи надо следить, чтобы на поверхности над сооружениями не было заболоченных мест, низин и ям, где могла бы скапливаться вода. В случае значительного обводнения сооружений вследствие поступления воды должны быть приняты предупредительные меры на поверхности над тоннелем или галереей: планировка, устройства нагорных канав, осушения заболоченных мест посредством дренажей и канав, отводящих воду в сторону за пределы возможного ее поступления в сооружения. Все дренажи, водоотводные и нагорные канавы должны иметь продольный уклон не менее 2% и достаточное сечение, лотки канав в пористых и трещиноватых грунтах должны быть замощены камнем, зацементированы или забетонированы и во всех случаях содержаться в чистоте. Поверхность над сооружениями в таких случаях по возможности следует очищать от зарослей. В случае недостаточной эффективности планировки поверхности и устройства поверхностного водоотвода, а также при обводнении тоннелей (галерей) грунтовыми водами должны приниматься меры по осушению сооружений: устройство дренажных скважин, штолен, нагнетания битумных мастик по специальным проектам. Лотки должны быть закрыты железобетонными плитками, при необходимости утеплены. В суровых климатических условиях может применяться искусственный обогрев лотков. Концевые участки штолен, а также поперечные заходки из штолен в тоннель следует, как и лотки, предохранять от промерзания. Для борьбы с наледями в обоснованных случаях должен предусматриваться обогрев тоннелей по проекту. Очистка лотков и всех других водоотводных приспособлений от ила и выносов породы должна производиться по мере засорения, но не реже одного раза в год. Для уменьшения заиливания и облегчения очистки лотки должны иметь смотровые колодцы с отстойниками. Отстойники надо своевременно очищать от наносов, не допуская заполнения их илом до уровня дна лотка.

2. После детального обследования причин разрушения обделки составляется проект по ее замене, а до капитального ремонта можно выполнить восстановительные работы с помощью торкретирования обделки или установить металлические кружела для поддержания дефектной обделки по всей внутренней поверхности.

3. Нарушенную расшивку швов каменной кладки нужно своевременно возобновлять с предварительной расчисткой и промывкой пустых швов. Расшивку швов надо производить по всей обделке тоннеля, не ожидая образования пустых швов и не допуская разрушения расшивки на большую глубину. Отслаивающиеся части камней обделки должны быть околоты, а слабо держащиеся в обделке камни удалены с заделкой образовавшегося отверстия бетоном или надежно расклинены с постановкой на цементный раствор. При выветривании каменной кладки на глубину 2 и более см следует торкретировать поврежденную поверхность с предварительным удалением слабой кладки. В случае более глубокого разрушения, особенно в пределах свода, целесообразно применять торкретирование по металлической сетке.

4. При обнаружении раковин или отколов в бетонных блоках сборной обделки дефектные места и участки поверхности расчищают и затирают цементным раствором. Швы между блоками необходимо своевременно расшивать. В случае течи из швов для расшивки должен применяться расширяющийся цемент.

5. Трещины, появившиеся в обделке тоннелей или в конструкциях галерей, необходимо тщательно осмотреть, замерить и нанести на чертеж развертки тоннеля или конструкции галереи. За трещинами необходимо вести наблюдение для изучения причин их появления и дальнейшего развития. Развитие трещин выясняется так же, как и в других каменных, бетонных и железобетонных конструкциях искусственных сооружений - путем систематического измерения их длины и установки маяков. Местоположение маяков обозначают номером на сооружении и фиксируют на чертеже развертки тоннеля.

6. При эксплуатации тоннеля важной работой является проверка габарита, которая производится с использованием различных приспособлений: оптического габаритомера,

габаритной рамы, транспортира. Оптический габаритомер размещается в специальном вагоне тоннельно-обследовательской станции. Габаритная рама соответствует наружному очертанию габарита подвижного состава и монтируется на специальной платформе. Габаритная рама имеет по своему контуру отгибающиеся (на петлях) части, которые при продвижении рамы цепляются за негабаритные места. Транспортир применяется для съемки поперечного очертания тоннельной обделки, изготавливается из фанеры, листовой стали или пластика. Съемка осуществляется замерами расстояния от центра транспортира до определяемой точки на обделке и угла наклона натянутого шнура в данную точку.

7. Основными работами по ремонту тоннелей являются: ремонт и перекладка обделки, порталов, нагнетание раствора за обделку, торкретирование, ремонт и переустройство водоотводных лотков, устройство дренажа. Перекладка обделки может быть вызвана негабаритностью, выветриванием обделки, необходимостью усиления. Разборка старой кладки и возведение новой выполняется с передвижных подмостей с использованием металлических кружал, которые берут на себя давление горной породы. Бетономешалка и строительные материалы размещаются, как и подмости, на платформах, которые доставляются к месту производства работ мотовозами. Работы производятся в «окно» между поездами.

8. В обводненных тоннелях и галереях необходимо периодически определять и записывать в тоннельную книгу дебет воды, поступающей в тоннель (галерею), а также в дренажные штольни.

Библиографический список

1. Шабалина, Л.А. Искусственные сооружения: Учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007.

2. Инструкция по содержанию искусственных сооружений. Приказ МПС России от 28.12.1998 N ЦП-628.

УДК 656.223.2

КОНТРОЛЬ ХОЛОДИЛЬНОЙ ЦЕПИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ

И.В. Журавлева
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. С учетом большой протяженности дорог и логистических цепочек в России одной из основных проблем пищевой отрасли является контроль за непрерывностью «холодильной цепи». При перевозке скоропортящихся пищевых грузов цифровая автоматизированная система контроля холодильной цепи внедрена с целью соблюдения температурного и влажностного режима, в соответствии с утвержденными со стороны Роспотребнадзора и Россельхознадзора предельными диапазонами температур и сроками нахождения продуктов в транспортной цепи. В статье рассмотрены основные моменты, которые необходимо учитывать при транспортировке скоропортящихся грузов, с учетом современных требований и технологий.

Ключевые слова: скоропортящиеся грузы, холодильная цепь, система контроля, режим хранения, сохранность качеств, диапазон температур.

Abstract. Taking into account the large length of roads and logistics chains in Russia, one of the main problems of the food industry is monitoring the continuity of the "cold chain". When transporting perishable food cargoes, a digital automated refrigeration chain control system has been introduced in order to comply with the temperature and humidity regime, in accordance with

the temperature ranges and periods of stay of products in the transport chain approved by Rospotrebnadzor and Rosselkhoznadzor. The article discusses the main points that need to be taken into account when transporting perishable goods, taking into account modern requirements and technologies.

Keywords: perishable goods, refrigeration chain, control system, storage mode, quality safety, temperature range.

Обеспечение быстрой и качественной транспортировки скоропортящейся продукции от производителей к потребителям имеет не только важное экономическое, но и социальное значение, так как снабжение населения продуктами питания – одна из главнейших задач любого государства. При выборе способа перевозки скоропортящихся грузов грузоотправителю необходимо учитывать продолжительность их перевозки, а также наиболее неблагоприятный для обеспечения сохранности качества груза период года в разных климатических зонах нахождения железных дорог следования. Еще одной особенностью перевозки скоропортящихся грузов является их резко выраженный сезонный характер [1].

Сохранение качеств скоропортящихся продуктов может быть обеспечено, если для этого есть все необходимые средства, т.е. холодильники в местах сбора продуктов и производства их погрузки, изотермический подвижной состав и холодильники в местах потребления продукции. Необходимо, чтобы во всех звеньях этой цепи для каждого продукта поддерживался оптимальный режим хранения и перевозки. Рассмотрим это более подробно.

Холодильная цепь подразумевает совокупность технических средств и технологических процессов, обеспечивающих соблюдение температурных условий, необходимых для сохранения скоропортящейся продукции, на всех этапах – от производства до продажи конечному потребителю. Транспортировка скоропортящихся грузов выполняется ускоренными «холодными» поездами с использованием изотермического подвижного состава (см. фото).

Правительством РФ утверждена дорожная карта по формированию цифровой автоматизированной системы контроля скоропортящихся грузов на базе ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», которая взаимодействует с Федеральной государственной информационной системой в области ветеринарии (ФГИС «ВетИС») [2].

ОАО «РЖД» предложило создать единую цифровую среду для участников рынка перевозок скоропортящейся продукции. Об этом стало известно в ходе IV Международного рыбопромышленного форума. Для отслеживания температуры при транспортировке скоропортящихся грузов и оперативного реагирования при сбоях предполагается наладить обмен данными между информационными системами ОАО «РЖД» и Россельхознадзора.

Беспрерывный мониторинг температурного режима при перевозке скоропортящейся продукции – одно из основных условий обеспечения непрерывной холодильной цепи. Процесс перевозки по железной дороге, например, рыбной продукции с рыболовецкого судна до склада распределительного центра продуктовой сети, связан со многими возможными рисками выхода за пределы утвержденных температурных режимов.

В течение двух часов после вылова рыба должна быть заморожена до –18 °С, и такая температура обязана сохраняться на протяжении всего маршрута доставки. Для контроля за температурным режимом при доставке скоропортящихся грузов в России, по решению Министерства транспорта РФ и Министерства сельского хозяйства РФ, будут использовать автоматизированную систему мониторинга на базе ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС», эксперимент по её внедрению в России признали успешным [3].

Ряд проблем перевозки связан с изношенным холодильным оборудованием (отсутствием герметичности, неисправным компрессором, отсутствием или неисправностью датчиков контроля температуры), а иногда и с намеренными действиями перевозчика (экономия топлива автономной холодильной установки).

Но вина перевозчика не всегда очевидна. В пути по железной дороге груз может перевозиться в надлежащем режиме, но предварительно, до погрузки в рефрижераторный контейнер или вагон, груз может быть недостаточно заморожен. Таким образом, сохраняя среду, окружающую груз в требуемых пределах, холодильная установка не способна осуществить промерзание толщи груза до нужных температур (например, в рефконтейнере было -22°С, а в толще груза -13°С), а это уже необратимые процессы, протекающие в скоропортящемся грузе [4].

Также непрерывное получение данных о каждом этапе перевозки позволяет разграничить ответственность и выявить виновника нарушения режима перевозки. На продолжительность процесса загрузки продукции из трюма судна в рефрижераторный контейнер или вагон влияют определенные нормативы. Реалии повседневной жизни могут накладывать дополнительные риски затягивания данного процесса по причинам отсутствия оператора погрузчика или ветеринара, несвоевременной подачи подвижного состава или тары, не говоря о необходимой, но не всегда проводимой предварительной подготовке самого рефконтейнера.

Кроме того, груз может быть загружен «впритык» к стенам, потолку или дверям, исключая возможность свободного прохождения потоков охлажденного воздуха, не взирая на необходимость вентиляции.

Для улучшения ситуации в результате экспериментальных испытаний опробовано несколько типов мобильных автономных датчиков, которые были установлены в различных местах внутреннего пространства рефконтейнера: на стене, на потолке, между паллетами, на испарителе, в толще груза. Разность показаний этих датчиков составила несколько градусов. Кроме того, у холодильной установки существует режим «дефростирования» - оттаивания, и расположенный на испарителе датчик фиксирует повышение температуры, что фактически не говорит о повышении температуры самого груза.

Какое количество и какой тип датчиков использовать в конкретном рефконтейнере, где их устанавливать, на какие полученные значения ориентироваться, требуется ли проводить усреднение полученных значений – это вопросы, которые определяются участниками формирования системы контроля.

Очевидно, что применяемые температурные датчики должны вноситься в Госреестр средств измерений и быть своевременно проверены. Так же данные, которые они передают на пломбировочное устройство, должны быть защищены средствами криптографической защиты, исключающими подделку или подмену [5].

Современные рыночные условия требуют от перевозчиков непрерывного автоматического мониторинга условий перевозки без учета «человеческого фактора». Для успешного функционирования каждая транспортная компания в данной отрасли обязана сформировать беспрерывно действующую систему мероприятий организационного и

практического характера, которая обеспечит оптимальную температуру при хранении и транспортировке пищевых продуктов или медицинских препаратов на каждом этапе их пути от изготавливающего предприятия до конечного потребителя. Применение беспроводных мобильных устройств измерений и передачи данных упрощает процесс установки и демонтажа системы при необходимости. Оптимальным инструментом такого контроля является навигационная пломба – электронное запорно-пломбировочное устройство.

В настоящее время в структуре ОАО «РЖД» проводятся тестовые эксперименты по контролю за перевозкой скоропортящихся продуктов в реальном времени под наблюдением сразу нескольких ведомств: Министерства транспорта, Россельхознадзора, Росрыболовства, Роспотребнадзора. Одним из основных вдохновителей создания системы и проведения экспериментов выступила Ассоциация организаций продуктового сектора («АСОРПС») и АО «ГЛОНАСС» [3].

Основная идея эксперимента – выявление действительного состояния дел с перевозкой скоропортящихся грузов, разработка алгоритмов работы для создания автоматизированного контроля непрерывной холодильной цепи посредством применения специализированных устройств, контролирующих параметры скоропортящегося груза. В эксперименте принимают участие ряд перевозчиков с парком специализированного холодильного оборудования и производители электронных контрольных устройств. Задача создаваемой системы в дальнейшем – автоматически выявлять несоответствие режима перевозки для данного конкретного вида продукции, оперативно осуществлять уведомление отправителя, перевозчика, получателя при невозможности повлиять на ситуацию или при фиксации ухудшения качественных свойств груза [6].

Кроме того, цифровой контроль упраздняет необходимость многократного «физического» досмотра груза ветеринарными службами. Контроль достигается посредством установки на подвижной состав автономных приемо-передающих электронных запорно-пломбировочных устройств (ЭЗПУ), которые помимо функций контроля местоположения и статуса запорных механизмов опрашивают датчики температуры и влажности, установленные внутри рефконтейнера или холодильной установки в рефрижераторном вагоне, а затем передают данные на сервер мониторинга.

В случае выявления нарушений температурного режима в вагоне сведения об этом направят в Россельхознадзор, после чего на ближайшей станции перевозчик совместно с представителем ведомства проведёт проверку состояния груза. Если качество груза не пострадало и температурный режим восстановлен, движение вагона или контейнера по маршруту может быть продолжено. Если же по результатам проверки будет обнаружено нарушение температурного режима, от чего пострадало качество груза, перевозчик направит оперативное уведомление грузоотправителю о необходимости устранения неисправностей либо о переадресации вагона для выгрузки товара [4].

Использование «облачных» технологий автоматического мониторинга и контроля является универсальным и оптимальным решением задач обеспечения сохранности груза, перевозимого транспортными средствами с установленным холодильным оборудованием, исключающим «человеческий фактор» [3].

Таким образом, главная цель внедрения системы контроля – не допустить попадания на стол потребителя некачественной продукции в соответствии с требованиями государственного и внутреннего регулирования. Усиление контроля за перевозками скоропортящихся грузов актуально с учётом того, что сейчас нет единых требований к освидетельствованию рефрижераторных вагонов и контейнеров, специализированного автопарка и транспортно-логистических центров по теплотехническим параметрам с учётом старения, а, следовательно, высок риск нарушения температурного режима. Провести сертификацию операторы должны только к 1 сентября 2023 года. Основополагающим является даже не само ухудшение качества продуктов питания, а то, что оно не контролируемо, при этом объемы перевозок скоропортящихся грузов по железной дороге растут. В дальнейшем применение данной технологии обеспечит переход от устаревшего

физического контроля перевозок скоропортящихся товаров к современному ориентированному подходу при проведении контрольно-надзорных мероприятий при транспортировке скоропортящихся грузов.

Библиографический список

1. Попова, Е.А. Анализ провозных платежей на перевозку груза в привлеченных вагонах. / Е. А. Попова //Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года, Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 60-62. – EDN NXCRXZ.

2. Попова, Е. А. Способы привлечения клиентов к услугам транспортно - логистического процесса / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 166-169. – EDN NEZNIC.

3. Попова, Е.А. Информационные и технологические аспекты планирования перевозки грузов. / Е. А. Попова. // Современные аспекты моделирования систем и процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 08 февраля 2021 года / Отв. редактор В.К. Зольников. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 132-136. – EDN YKTELX.

4. Попова, Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс». / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020): Труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09-11 ноября 2020 года /Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 170-172. – EDN WWODXP.

5. Попова, Е.А., Журавлева, И.В. Повышение уровня контейнеризации за счет использования контейнеров open-top. / Е. А. Попова // Труды международной научно-практической конференции Воронеж, 25-27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. – С. 207-210. – EDN HBTWGV.

6. Попова, Е. А. Способы привлечения клиентов к услугам транспортно - логистического процесса / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 166-169. – EDN NEZNIC.

УДК 656.223.2

ЗНАЧИМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ ПО ОСИ «СЕВЕР – ЮГ»

И.В. Журавлева
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Важнейшим показателем интегрирования транспортной системы России является использование существующих транспортных сетей и преимуществ географического расположения, что обеспечивает кратчайший путь к странам с Восточного и Азиатского континента.

Ключевые слова: мультимодальные маршруты, транспортный коридор, пропускная способность, прогноз, развитие, инфраструктура.

Abstract. The most important indicator of the integration of the Russian transport system is the use of existing transport networks and the advantages of geographical location, which provides the shortest route to countries from the Eastern and Asian continents.

Keywords: multimodal routes, transport corridor, capacity, forecast, development, infrastructure.

Международные транспортные коридоры МТК – это мультимодальные маршруты для перевозки пассажиров и грузов, включающие воздушное, морское, железнодорожное и автомобильное сообщения. Транспортные коридоры призваны создать предсказуемые и прозрачные маршруты для всех участников мирового рынка логистики.

Исторически важнейшим направлением было движение между Востоком и Западом – Китаем и странами Европы, но со временем также стали развиваться и другие маршруты – между Севером и Югом. Современные транспортные коридоры не имеют прямых логистически связанных маршрутов и скорее формально объединяют отдельные маршруты нескольких видов транспорта [1]. Наша цель – рассмотреть более подробно транспортный коридов «Север – Юг».

Маршруты международного транспортного коридора «Север – Юг» находятся сейчас в приоритетном развитии. Основным преимуществом МТК «Север – Юг» перед другими транспортными маршрутами является существенное сокращение сроков доставки товаров. Мультимодальный международный транспортный коридор (МТК) «Север – Юг» связывает северо-западную часть Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и страны Скандинавии с государствами Центральной Азии (ЦА), Персидского залива и Индийского океана. Коридор включает инфраструктуру железнодорожного, автомобильного и внутреннего водного транспорта, морские порты, порты Персидского залива, автомобильные и железнодорожные пункты пропуска, а также международные аэропорты. Для повышения значимости транспортных маршрутов по оси «Север – Юг» в последние годы наблюдается активное взаимодействие ЕАЭС с Индией, Ираном и другими странами южной части коридора в рамках реализации концепции Большой Евразии, а также активизация Азербайджана, Казахстана, Туркменистана и других стран, тяготеющих к МТК «Север – Юг», в вопросах развития транзита и мультимодальных коридоров в Каспийском регионе.

Ключевым мультимодальным оператором проекта с российской стороны является АО «РЖД Логистика». В целевом развитии и масштабировании проекта предусмотрено активное использование маршрутов МТК «Север – Юг». По прогнозам Евразийского банка развития, с учетом динамики роста сельскохозяйственных и промышленных грузов объем грузов, которые можно привлечь в коридор, к 2030 году достигнет 913 миллионов тонн и 320-660 тысяч контейнеров [2]. Особенностью железнодорожной составляющей МТК «Север – Юг» является то, что маршрут не имеет четкого определения в нормативных или правовых документах (рис. 1).

Рис. 1 – Транспортный коридор «Север – Юг»

Новую актуальность для российской торговли обрели страны Персидского залива, Индия и Восточная Африка, а главным преимуществом в работе с ними стал транспортный коридор «Север – Юг», ведущий из Петербурга в Мумбаи. Запланированный еще в конце 90-х годов XX века маршрут долгое время не был приоритетным для России проектом из-за слишком больших вложений и долгой окупаемости. Теперь же «Север – Юг» претендует на статус едва ли не главной торговой артерии для России, а эксперты отмечают не только его экономическую необходимость, но и стратегическое значение, так как по данному маршруту можно проехать:

- по Западной ветке через станцию Северо-Кавказской железной дороги до станции Астара на границе с Ираном, используя азербайджанскую железнодорожную сеть;
- на Транскаспийский маршрут через порты на нижней Волге в России и на Каспийском море в Иране;
- через станции на Приволжской и Южно-Уральской железных дорогах, через железнодорожные сети Казахстана и Туркменистана, с подключением к восточной ветке через границу с Ираном [3].

Важным преимуществом коридора через Каспий называют его длину: в сравнении со стандартным маршрутом через Суэцкий канал, «Север – Юг» в два раза короче: 7200 км против 16 000 км. За счет этого, по задумке, должно снижаться не только время перевозки, но и стоимость. По данным правительства, грузопоток по коридору в 2021 году составил около 14 млн. тонн. К 2030 году он должен вырасти на 135% до 32,5 млн. тонн.

Из общего объема 4,9 млн. тонн и 6,4 млн. контейнеров ДФЭ (по оценкам на 2021 год) по западному маршруту перевозятся в основном торговые грузы с Азербайджаном (3,9 млн. тонн и 3,9 млн. контейнеров ДФЭ) и Грузией (0,8 млн. тонн и 2,4 млн. контейнеров ДФЭ). ДФЭ – условная единица измерения количественной стороны транспортных потоков или пропускной способности эквивалентна двадцати футам или размерам контейнера длиной 20 футов (6,1 м). В 2022 году, после ухода основных морских контейнерных операторов, экспорт грузов через Азово-Черноморский порт ограничен, что является необходимым условием для увеличения трафика на этом маршруте [4].

Усовершенствование однопутной не электрифицированной линии между Османлы и Астарой в Азербайджане и строительство недостающего участка между Рештом и Астарой в Иране остаются ключевыми вопросами, влияющими на пропускную способность западного маршрута МТК «Север – Юг» и установление оптимальных ценовых и временных ограничений на контейнерные услуги. После завершения этих проектов будет сформирована прямая железнодорожная связь из России с иранскими портами в Персидском заливе.

По оценкам экспертов Иранских железных дорог, если линия Решт-Астара будет построена, тогда ожидаемый объем перевозок по западной ветке МТК «Север – Юг» на стартовом этапе может составить 3-4 млн. тонн в год. В настоящее время пропускная способность железнодорожной станции Астара (Иран), которая соединена с азербайджанской железнодорожной сетью 10 километровой линией и находится в управлении компании, составляет примерно 250 тыс.- 260 тыс. тонн в год. Для обеспечения стабильной доставки грузов в российские порты на Каспийском море и работы Транскаспийского маршрута МТК «Север – Юг» ОАО «РЖД» развивает железнодорожные линии на подходах к портам. Основным ограничением в развитии Транскаспийского маршрута является отсутствие контейнеровозов для формирования регулярного маршрута из российских портов в иранские порты для иранских и российских операторов.

Важной проблемой для портов Каспийского бассейна является также начавшееся в 2006 году падение уровня воды в Каспийском море, ограничивающее проход судов по маршруту Волга-Каспий. Текущие планы включают дноуглубительные работы, строительство морского терминала для перевалки контейнеров, генеральных грузов, нефти и зерна на портово-логистическую компанию ПЛК «Каспий» в порту Оля в особой экономической зоне Астраханской области, а также зернового терминала в порту Махачкала. Также рассматриваются варианты развития перевозок по восточной ветке МТК «Север – Юг» через Казахстан и Туркменистан [5].

Для развития транзитного потенциала уполномоченный оператор АО «РЖД Логистика» организовал контейнерные железнодорожные перевозки из России в Индию по восточному ответвлению сухопутного коридора «Север – Юг», используя транспортную инфраструктуру России, Казахстана, Туркменистана, Ирана и Индии. Первый полный контейнерный поезд отправился 28 июня 2022 года, перевозя 20-футовые контейнеры в количестве 39 вагонов в составе на платформах с грузом «кровельных материалов». Поезд пересек территории России (1145 км), Казахстана (2100 км), Туркменистана (1120 км) и Ирана (1600 км) и проследовал по морю до порта Нава-шева (2000 км) (см. рис. 2).

Рис. 2 – Транскаспийский международный транспортный коридор

Таким образом, по данному маршруту в настоящее время учитывается перспектива перевозки морем продуктов питания, зернобобовых, растительного масла и различных промышленных грузов рефрижераторными контейнерами. Его использование позволит перевозить грузы судами «река-море» из центральных районов России в иранские

каспийские порты с последующей доставкой автомобильным или железнодорожным транспортом в порты Персидского залива. Преимущество Каспийского международного транспортного коридора определяется тем, что он позволяет выходить к морским портам Ирана и обеспечивает связанность с рынками Пакистана, Индии, Юго-Восточной Азии, государств Персидского залива и Африки [2].

А функционирование МТК «Север – Юг» предполагает в дальнейшем транспортировку продовольствия и сельскохозяйственной продукции. Данный маршрут через Каспийское море может эксплуатироваться без перерыва, так как ОАО «Российские железные дороги» развивают железнодорожную линию на подходе к российским портам на Каспийском море. Следовательно, торговый коридор «Север – Юг» для России – мощный, исторический торговый путь, который активизирует отношения с ключевыми на данный момент партнерами – Ираном и Индией.

Библиографический список

1. Мирончук, В. А., Золкин, А. Л., Куныгина, Л. В., Попова, Е. А. Государственное управление железнодорожным транспортом и его совершенствование / В. А. Мирончук, А. Л. Золкин, Л. В. Куныгина, Е. А. Попова. – Краснодар: Индивидуальный предприниматель Кабанов Виктор Болеславович (Издательство "Новация"), 2022. – 162 с. – EDN UPTHVK.

2. Попова, Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс». / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020): Труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09-11 ноября 2020 года. Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 170-172. – EDN WWODXP.

3. Попова, Е. А. Способы привлечения клиентов к услугам транспортно-логистического процесса / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25-27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 166-169. – EDN NEZNIC.

4. Назарьев, Д. А. Перспективы развития движения грузовых поездов повышенной массы и длины / Д. А. Назарьев, Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 133-137. – EDN JHKCBE.

5. Попова, Е.А. Информационные и технологические аспекты планирования перевозки грузов. / Е. А. Попова // Современные аспекты моделирования систем и процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 08 февраля 2021 года / Отв. редактор В.К. Зольников. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 132-136. – EDN YKTELX.

УДК 656.223.2

ОСНОВНЫЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

И.В. Журавлева, Е.А. Попова
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Все организационные и технические мероприятия на железнодорожном транспорте должны отвечать требованиям безопасного и бесперебойного движения поездов. В статье рассмотрены основные дестабилизирующие факторы перевозочного процесса.

Ключевые слова: безопасность движения, анализ, технические средства, функционирование, исправность, надежность, перевозочный процесс.

Abstract. All organizational and technical measures in railway transport must meet the requirements of safe and uninterrupted train traffic. The article considers the main destabilizing factors of the transportation process.

Keywords: traffic safety, analysis, technical means, functioning, serviceability, reliability, transportation process.

Основное условие эксплуатации железнодорожного транспорта – выполнение перевозок пассажиров и грузов при обеспечении безопасности движения. Безопасность движения обеспечивается содержанием в постоянной исправности всех железнодорожных сооружений, пути, подвижного состава, оборудования и механизмов, устройств СЦБ и связи.

Повышение интенсивности движения поездов, увеличение их скорости и массы предъявляют жесткие требования к качеству и надежности средств обеспечения безопасности движения. Рассмотрим их более подробно.

Сравнительный анализ безопасности движения поездов проводится с целью получения данных об уровне фактической или прогнозируемой безопасности движения поездов. Эти данные необходимы для сертификации транспортных услуг и технических средств железнодорожного транспорта по показателям безопасности, для оценки достаточности мероприятий, направленных на обеспечение нормативного уровня безопасности, для минимизации ресурсов, выделяемых на решение задач безопасного движения поездов, а также для обоснования приоритетов при распределении ресурсов [1].

Все методы анализа безопасности движения подразделяются на три группы – апостериорные, априорные и байесовские.

Апостериорные методы анализа основаны на использовании данных, полученных экспериментальным путем; в априорных методах используются данные, полученные в результате суждений, высказываний экспертов; в случае применения байесовских методов имеется возможность использования всей необходимой информации для обеспечения безопасности.

Для обеспечения заданного уровня безопасности движения поездов необходимо, чтобы технические средства и персонал обладали соответствующим уровнем безопасности функционирования.

Методы повышения безопасности функционирования технических средств, как и работы персонала, основываются на трех принципах:

- уменьшение интенсивности опасных отказов технических средств или опасных ошибок специалистов;
- уменьшение числа видов опасных отказов или опасных ошибок;
- увеличение коэффициента парирования опасных отказов или опасных ошибок [2].

Уменьшение интенсивности опасных отказов технических средств достигается путем создания необходимых запасов прочности их элементов при изготовлении и последующего восполнения этих запасов в процессе эксплуатации. При увеличении запаса прочности технических средств одновременно повышается их надежность. Запас прочности создается

как за счет повышения механической прочности конструкций, так и за счет увеличения электрической прочности элементов электротехнических устройств. На этапе конструирования необходимый запас прочности обеспечивается за счет подбора соответствующих материалов и способов их использования; на этапе производства – путем применения соответствующей технологии и последующего выходного контроля с целью отбраковки элементов с дефектами; на этапе эксплуатации – за счет восполнения запасов прочности, уменьшающихся в процессе эксплуатации технических средств, что достигается главным образом в результате профилактики при текущем содержании и своевременных ремонтах.

Уменьшение числа видов опасных отказов достигается путем выбора соответствующей структуры технического средства. Принципы и методы, позволяющие синтезировать новую структуру с наименьшим числом видов опасных отказов, получили название структурных. Структурные методы весьма многочисленны, их применяют для повышения безопасности как механических конструкций, так и электротехнических устройств.

Принципы и методы повышения безопасности технического средства путем увеличения коэффициента парирования называются соответственно принципами и методами парирования опасных отказов. Эти методы включают две операции: обнаружение опасного отказа и перевод устройства в защищенное состояние. По степени автоматизации этих операций методы подразделяются на автоматические, автоматизированные и неавтоматизированные. Примером автоматической системы парирования того же отказа является автоматическая блокировка, в которой излом рельса автоматически обнаруживается с помощью рельсовой цепи, а приостановка движения по соответствующему блок-участку осуществляется с помощью автоматически управляемых огней напольного светофора [3].

Уменьшение интенсивности опасных ошибок человека, как части транспортной системы, достигается путем повышения требований к его психологическим и физиологическим качествами.

Опасный дестабилизирующий фактор – это явление, после которого движение поезда переходит в опасное состояние, когда возникают поражающие факторы и создается угроза для жизни пассажиров или целостности грузов железных дорог. Опасные дестабилизирующие факторы подразделяются на опасные отказы технических средств, опасные ошибки программных средств и опасные ошибки персонала.

В зависимости от функционального назначения технических средств различают опасные отказы пути и искусственных сооружений, подвижного состава, систем сигнализации, централизации и блокировки, систем электроснабжения. Опасные ошибки персонала железных дорог подразделяются на опасные ошибки персонала хозяйства пути и искусственных сооружений, вагонного, пассажирского и т.д. [1].

К опасным отказам рельсового пути можно отнести: изломы рельсов, изломы остряков, подвижных сердечников, крестовин стрелочных переводов, сверхнормативные изменения параметров рельсовой колеи по ширине, по уровню, в плане, выбросы пути и деформация земляного полотна. Одним из самых распространенных опасных отказов является излом рельса под движущимся составом. Существует много причин излома рельса: буксование или юз, проход колес с большими ползунами или выбоинами, под действием которых в рельсах появляются трещины, способные привести к хрупкому излому. Изломы рельсов происходят из-за образования трещин в шейке от болтовых отверстий, явившихся следствием неудовлетворительного содержания рельсовых стыков, а именно из-за больших растянутых зазоров и разнотипности прокладок. А также вследствие превышения допустимой нагрузки в сочетании с неудовлетворительным состоянием пути, большими растягивающими напряжениями в бесстыковых рельсовых плетях, а также хрупкость и хладоломкость рельсовой стали; вследствие смятия и вертикального износа рельса из-за недостаточной прочности металла.

Опасными отказами подвижного состава, приводящими к крушениям и авариям поездов, являются отказы элементов тележек – изломы шеек и осей колесных пар, изломы дисков, сдвиги колес по оси, изломы боковин тележек, надрессорных балок, падение деталей вагонов на путь, изломы хребтовых и шкворневых балок, остроконечный накат.

Перевозимый груз, даже неопасный сам по себе, может быть причиной перехода движения поезда в опасное состояние. Известны многочисленные случаи, когда из-за недостаточного крепления груза или отказов крепежных устройств, груз падал на путь и служил причиной опасных ситуаций [4].

Абсолютной безопасности практически не может быть. Это положение постоянно подтверждается практикой эксплуатации железных дорог – крушения, аварии, браки имеют место при железнодорожных перевозках во всех странах. Поэтому показатели безопасности движения поездов могут иметь лишь вероятностный характер.

В качестве показателей безопасности движения поездов используются следующие относительные показатели:

– риск потери при движении поезда – вероятность потери вследствие перехода движения поезда в опасное состояние за расчетное время;

– риск ущерба при движении поезда – вероятность ущерба вследствие перехода движения поезда в опасное состояние за расчетное время.

«Риск» означает возможность какого-либо нежелательного явления, события. Количественной мерой возможности является вероятность. Ущерб определяется стоимостью потерь, поэтому показатель ущерба также должен носить вероятностный характер.

Для оценки возможности перехода движения поезда в опасное состояние используется показатель безопасности движения – вероятность нахождения движения поезда в неопасном состоянии, когда отсутствуют поражающие факторы за расчетное время. В качестве расчетного времени принимается время движения поезда по определенному маршруту.

Для оценки безопасности функционирования технического средства целесообразно использовать вероятность отсутствия у технического средства опасных отказов за расчетное время.

Показатель безопасности трудовой деятельности специалиста – вероятность отсутствия у специалиста опасных ошибок за расчетное время.

Показатель безопасности программного средства – вероятность отсутствия у программного средства опасных ошибок за расчетное время его использования.

Для оценки уровня безопасности движения поездов используются количества крушений, аварий, браков, имевших место за определенный интервал времени в пределах дороги или сети [2].

Расследование причин крушений, аварий, особых случаев брака и других опасных состояний имеет целью идентификацию опасных отказов и ошибок, вследствие которых они произошли. Для идентификации применяют (с различной степенью формализации) методы сравнения, предварительного анализа опасностей, анализа видов и последствий отказов, исследование работоспособности и опасностей.

Анализ видов и последствий отказов является индуктивным методом анализа, основанным на реализации вопросов типа: «Что будет, если...?» В соответствии с этим методом систематически, на основе последовательного рассмотрения одного элемента за другим анализируются все возможные виды отказов и опасные состояния системы, возникающие в результате этих отказов.

Уменьшение потерь при крушениях, авариях, других опасных состояниях движения поездов достигается путем снижения уровня поражающих факторов и защиты от их воздействия пассажиров, грузов, объектов внешней среды [5].

Среди методов снижения уровня первичных поражающих факторов наибольшее распространение получили методы, направленные на уменьшение силы инерции тел пассажиров и грузов, возникающей при столкновении поездов. Методы отличаются

природой сил, используемых для гашения инерции, а также конструктивными особенностями элементов вагонов, предназначенных для компенсации сил инерции. Например, в вагонах высокоскоростного поезда применяются упругие конструкции торцевых частей, в частности тамбуру придают форму гармошки. При столкновении такого вагона с препятствием сила его инерции частично компенсируется силой упругости конструкции торцевой части вагона. В результате скорость соударения салонов вагонов, где находятся пассажиры, уменьшается по сравнению со скоростью соударения торцевых частей [2].

Проблема снижения скорости соударения актуальна и для грузовых вагонов и цистерн, особенно для тех, в которых перевозятся опасные грузы. Для этого в элементах межвагонных связей используются специальные, т. н. поглощающие аппараты.

В зависимости от вида носителя упругой силы они подразделяются на пружинно-фрикционные, гидрорезиновые и эластомерные. Применяются также устройства, которые плавно снижают скорость неуправляемого движения поезда в целом, а не отдельных его вагонов. Так, в случае отказа тормозной системы поезд даже с отключенными тяговыми двигателями способен, двигаясь под уклон, развивать скорость, превышающую допустимую по условиям безопасности движения. Для снижения скорости неуправляемых поездов на железнодорожных станциях проектируют специальные улавливающие тупики. Профиль тупика выбирается таким, чтобы поезд в пределах тупика двигался в гору. В этом случае сила инерции поезда компенсируется составляющей гравитационной силы, направленной вдоль состава [6].

Снижение уровня потерь от вторичных поражающих факторов обеспечивается прежде всего защитой опасных грузов от воздействия на них первичных поражающих факторов. Например, основными причинами повреждения котлов цистерн с опасными веществами являются удары устройств автосцепки или длинномерных грузов соседних вагонов в днища котлов, а также повреждения сливо-наливной арматуры при сходе цистерны с рельсов и опрокидывании на землю. Снижение вероятности разгерметизации котла достигается за счет рационального размещения арматуры на котле и уменьшения размеров ее выступающих частей, а также путем защиты арматуры и днища котла дополнительными техническими средствами.

Таким образом, для обеспечения непрерывного контроля за техническими параметрами компонентов перевозочного процесса, выявления их предаварийного и аварийного состояния на первом этапе должна быть создана надёжная система мониторинга. Данная задача решается в ОАО «РЖД» с учетом долгосрочной инвестиционной программы повышения безопасности движения поездов.

Библиографический список

1. Попова, Е.А., Куныгина, Л.В., Золкин, А.Л., Мирончук, В.А. Государственное управление железнодорожным транспортом и его совершенствование / В. А. Мирончук, А. Л. Золкин, Л. В. Куныгина, Е. А. Попова. – Краснодар: Индивидуальный предприниматель Кабанов Виктор Болеславович (Издательство "Новация"), 2022. – 162 с. – EDN UPTHVK.

2. Попова, Е.А. Информационные и технологические аспекты планирования перевозки грузов. / Е. А. Попова // Современные аспекты моделирования систем и процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 08 февраля 2021 года. Отв. редактор В.К. Зольников. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С.132-136. – EDN YKTELX.

3. Попова, Е. А. Способы привлечения клиентов к услугам транспортно - логистического процесса / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 166-169. – EDN NEZNIC.

4. Попова, Е. А. Оптимизация автоматизированной технологии оформления грузовых документов / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 167-171. – EDN LFLLTI.

5. Назарьев, Д. А. Перспективы развития движения грузовых поездов повышенной массы и длины / Д. А. Назарьев, Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 133-137. – EDN JHKCBE.

6. Попова, Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс». / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020): Труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09-11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2020. – С. 170-172. – EDN WWODXP.

УДК 128:1(091)

НЕБЫТИЕ КАК ДИАЛЕКТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЕЙ

А.А. Завьялов
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье затрагивается несколько ключевых философских концепций и точек зрения, касающихся понимания смысла жизни и бытия человека. Проводится сопоставление их с доказательствами наличия небытия. Сделан вывод, что небытие и бытие являются проявлением одного из законов диалектики – закона о единстве и борьбе противоположностей.

Ключевые слова: смысл жизни, бытие, небытие, человек, общество, социальная философия, законы диалектики.

Abstract. The article touches upon several key philosophical concepts and points of view concerning the understanding of the meaning of life and human existence. They are compared with the evidence of the existence of non-existence. It is concluded that non-existence and being are a manifestation of one of the laws of dialectics - the law of unity and struggle of opposites.

Keywords: the meaning of life, being, non-being, man, society, social philosophy, the laws of dialectics.

Разочарованность в настоящем, неуверенность в будущем, конформизм в поведении, депрессивные настроения – всё это всего лишь некоторые из негативных черт современного общества. Во всем мире люди затянуты в водоворот стремительности жизни, причем действия большинства из них направлены на обеспечение своего материального

благополучия, а духовные элементы жизни отходят на задний план. В свете всего вышеизложенного неудивительно, что рано или поздно любой человек задает себе вопросы о смысле, важности, ценности жизни. Ведь человек – единственное существо, вообще способное к рефлексии, а также к раздумьям над вопросами о смысле, цели, назначении своего бытия.

Понять сложившуюся в современном мире ситуацию можно с помощью принципов трех «К» – Картезия (Декарта), Канта и Кафки.

Первое «К» (Картезий): «Cogito ergo sum» («Я мыслю, следовательно, существую»). Этот принцип утверждает, что только человек может реализовать свои возможности, при условии своего же собственного труда и духовных усилий к своему освобождению и развитию, что труднее всего. Но лишь так душа может принять и прорастить «высшее» семя, возвыситься над собой и обстоятельствами, в силу чего и все, что происходит вокруг, оказывается не необратимо, не окончательно, не задано целиком и полностью. Иначе говоря, не безнадежно.

Сила принципа второго «К» (Кант) в том, что он указывает на условия, при которых человек, как конечное в пространстве и времени существо, может осмысленно совершать акты познания, моральные действия, оценки, получать удовольствие от поиска истины и т.п. Ведь иначе ничто не имело бы смысла – впереди и сзади бесконечность. Другими словами, это означает, что в мире реализуются условия, при которых указанные акты сознания вообще имеют смысл. То есть допускается, что мир мог бы быть и таким, что они стали бы бессмысленными. Поэтому принцип второго «К» и утверждает, что можно поступать осмысленно, поскольку в устройстве самого мира имеются особые «умопостигаемые объекты», гарантирующие эту осмысленность (подробно об этом изложено в работах М.К. Мамардашвили [1; 2]).

При третьем «К» (Кафка) не выполняется все то, что задается вышеназванными двумя принципами. Это вырожденный, или регрессивный, вариант осуществления общего «К»-принципа. Это так называемые «зомбиситуации», вполне человекоподобные, но в действительности для человека потусторонние, лишь имитирующие то, что на самом деле мертво. Ситуации третьего «К» похожи на кошмар дурного сна, в котором любая попытка мыслить и понять себя, любой поиск истины оборачиваются чем-то незначительным, ничтожным. Для «кафкианского» человека поиск является чисто механическим выходом из ситуации, автоматическим ее разрешением – нашел, не нашел! Поэтому этот неописуемо странный человек не трагичен, а нелеп и смешон.

Если свести Картезия, Канта и Кафку в один общий принцип «К», то вся проблема человеческого бытия состоит в том, что все происходящее с нами нужно снова и снова превращать в ситуацию, поддающуюся осмысленной оценке и решению, например, в терминах этики и личностного достоинства, то есть в ситуацию свободы или отказа от нее. Иными словами, мы имеем дело с диалектической проблемой взаимодействия противоположностей, и, исходя из этого, моральность есть не тождество характеристик определенной морали, которые сравниваются с чем-то противоположным, а способность создавать и воспроизводить ситуации, к которым можно применить термины морали, а затем на их (и только их) основе уникально и полностью описывать эти ситуации.

Учитывая все вышесказанное, цель данной статьи – рассмотреть понятие небытия не только в соотношении с понятием бытия, но и с учетом законов диалектики.

Начнем с более понятного и многократно объясненного. Смысл бытия, смысл жизни – философская и духовная проблема, имеющая отношение к определению конечной цели существования, предназначения человечества, человека как биологического вида, одно из основных мировоззренческих понятий, имеющее огромное значение для становления духовно-нравственного облика личности.

Великие философы – Сократ, Платон, Декарт, Спиноза и многие другие – видимо обладали четкими представлениями о том, какая жизнь «лучше всего» и, как правило, ассоциировали смысл жизни/бытия с понятием блага. Так, согласно учению стоиков, целью

человеческих устремлений должна быть нравственность, невозможная без истинного познания. Душа человека бессмертна, а добродетель заключается в жизни человека в согласии с природой и мировым разумом. Жизненный идеал стоиков – невозмутимость и спокойствие по отношению к внешним и внутренним раздражающим факторам. Немецкий философ XIX века Артур Шопенгауэр определил жизнь человека как проявление некой мировой воли: людям кажется, что они поступают по собственному желанию, но на самом деле ими движет чужая воля. Согласно Шопенгауэру, жизнь – это ад, в котором глупец гонится за наслаждениями и приходит к разочарованию, а мудрец, наоборот, старается избегать бед через самоограничение – мудро живущий человек осознает неизбежность бедствий, а потому обуздывает свои страсти и ставит предел своим желаниям. Согласно философу Мартину Хайдеггеру, люди были «вброшены» в существование. Экзистенциалисты рассматривают состояние «вброшенности» в существование (existence) до и в контексте любых других концепций или идей, которыми люди обладают, или определений самих себя, которые они создают.

Представления о смысле жизни/бытия складываются в процессе деятельности людей и зависят от их социального положения, образа жизни, миропонимания, конкретной исторической ситуации. В благоприятных условиях человек может видеть смысл своей жизни в достижении счастья и благополучия; во враждебной среде существования жизнь может утратить для него свою ценность и смысл. Общие представления о смысле жизни трансформируются в смысл жизни каждого отдельного человека, и процесс этот обуславливается объективными обстоятельствами и индивидуальными качествами человека [3].

Однако еще в античный период развития нашей цивилизации, с одной стороны, многие четко знали, что есть только бытие, а небытия нет (например, элейская философская школа во главе с Парменидом призывала говорить и мыслить только о том, что есть), а с другой – всё, что существует вокруг нас и нас окружает, появляется из своей противоположности, т.е. небытия (например, Платон и его последователи настаивали на единстве противоположностей).

Ничего не было, а потом появилось нечто, что можно потрогать, осмотреть, оценить, применить. Однако может ли нематериальное создать материальное? Если это игра нашего воображения, то наш мир весь должен быть виртуальным. Если мы признаем что-то отсутствующим, то мы должны привести хотя бы какое-то доказательство этого. Кроме того, не только философия, но и религия, искусство, наука – это различные, до сих пор неосознанные, способы заклятия небытия [4].

Многим знаком легендарный фильм «Матрица». В одном из эпизодов обсуждается «иллюзия ложки». Если вы смотрите на объект, на ложку, и при этом у вас нет никаких мыслей вообще, тогда откуда возьмется ложка? Ложки не существует! Ложка – это форма вашего ума, ваша проекция. Ложка – это сочетание букв, которыми выражается мысль. Без этой мысли есть нечто, и это нечто – неописуемо, без форм и без качеств.

Сознание бытия – рабское сознание. Ведь еще Гегель показал, что господин – тот, кто обладает сознанием небытия, кто не боится смерти, кто свою жизнь покупает ценою смерти [5]. И сейчас, в современном мире, мы имеем уже несколько доказательств небытия.

1. *Доказательство от времени*: существование настоящего предполагает существование прошлого и будущего, т.е. того, чего уже или еще нет. Это временной модус небытия.

Рассмотрим вначале прошлое. Предлагается такое рассуждение: прошлое существует, но прошлого уже нет, следовательно, существует то, чего нет, иными словами, существует небытие. Существование прошлого означает вовсе не то, что оно существует сейчас, а то, что оно существовало ранее. Причем, это существование широко и разнообразно представлено в настоящем в форме всевозможных следов и следствий, которые изучаются многими естественными и историческими науками (от астрономии, геологии, гляциологии и эволюционной биологии до археологии, исторической демографии, исторической

социологии, истории литературы и истории философии). Что же изучают все эти науки: бытие или небытие? Смело можно утверждать, что внимание фиксируется на том, что было, т.е. на бытии, но в модусе прошлого. Таким образом, временной модус имеет именно бытие, а вовсе не небытие.

Однако если бы ученые изобрели настоящую машину времени, то это было бы чудом. Тогда, используя эту машину, мы могли бы оказаться в прошлом. При этом прошлое для нас стало бы реальным. Реальным, то есть происходящим здесь и сейчас. То же самое касается будущего, – чтобы будущее было чем-то реальным, оно должно стать для нас чем-то происходящим в настоящий момент времени. Реально все то, что есть сейчас, в настоящий момент времени. Прошлое для нас существует в форме воспоминаний. В этих воспоминаниях существует не реальное прошлое, а наша субъективная память о прошлом. Прошлое для нас существует в форме мыслей, в которых мы помним о прошлом. Никакого иного существования у прошлого для нас нет. Только в мыслях. Иными словами, прошлого вообще не существует, кроме как в нашем уме, в наших субъективных мыслях.

То же самое касается будущего. Все, что для нас связано с будущим, – это наши прогнозы, предположения, догадки, мечты, планы и намерения. Все это опять же происходит в нашей голове. Иного будущего для нас нет, и никогда не было. Мы живем в вечном «сейчас» – в настоящем без прошлого и будущего. Об этом многие из нас догадываются [6].

2. *Доказательство от пространства*: существование чего-либо в том или ином месте предполагает несуществование его в другом месте. Это пространственный модус небытия.

3. *Доказательство от движения*: движущееся тело есть там, где его нет, и его нет там, где оно есть. Это мобильный модус небытия.

Движение возможно только тогда, когда существует время, когда есть прошлое, в котором движение началось, настоящее, в котором оно «происходит», и будущее, в котором оно закончилось. Если прошлого и будущего не существует, очевидно, что нет начала и конца движения. Движение возможно лишь в какой-то промежуток времени.

4. *Доказательство от возникновения нового*: новое – это то, чего не было в причинах и условиях, это новое породивших. Но где оно было, когда его не было? В небытии. Это эмерджентный модус небытия.

За пределами ума жизнь нейтральна, чиста, идеальна, за пределами ума жизнь – это белый экран, чистая нирвана. Реальность – это работа нашего ума. Все это – проекция наших переживаний на внешний мир. Мы можем наделять события и людей только теми качествами, которые живут в нас. Все, что нас окружает – просто проекции нашего ума, наши мысли и состояния. Просто наше мышление вследствие многолетней привычки обусловлено концепциями, и мы уже не видим реальность здесь и сейчас. Мы живем прошлым, которое накладывается на настоящее и заслоняет его, погружая разум в сон проекций. Осознание данного факта может дать очень многое. Причем, это стоит понимать постоянно, каждый раз, когда что-то всплывает – будь то «нехороший» человек или «трудная» ситуация. Ведь все это просто наши мысли, страхи, а иллюзорные образы в сознании – наши проекции.

5. *Доказательство от различия*: все сущее, всякое конкретное есть не столько то, что оно есть, сколько то, что оно не есть. Апельсин потому апельсин, что он не виноград, не банан, не яблоко и т.д.

Таким образом, небытие – это несуществование, т.е. отсутствие бытия. При этом:

- можно только частично признать, что небытие существует, но находится за пределами бытия и потому с бытием не вступает в контакт;

- очень сомнительно, что если наш мир вступит в контакт с небытием, то, вероятно, произойдет аннигиляция – уничтожение нашего мира, превращение его в нечто подобное световому потоку;

- с достаточной долей вероятности небытие и бытие тесно взаимосвязаны, будучи противоположностями, они по закону единства и борьбы противоположностей, доказанному

как один из основных законов диалектики, являются движущим началом нашей цивилизации;

- у каждого из приведенных доказательств о небытии есть свои слабые и сильные стороны, что выступает поводом для наличия различных мнений и дальнейших философских дискуссий.

Библиографический список

1. Мамардашвили, М.К. Очерк современной европейской философии. / М.К. Мамардашвили. – Москва: Фонд Мераба Мамардашвили, 2017. – 512 с.

2. Мамардашвили, М.К. Вильнюсские лекции по социальной философии (Опыт физической метафизики). / М.К. Мамардашвили. – Санкт-Петербург: Азбука, 2012. – 320 с.

3. Завьялов, А.А. Смысложизненная тематика в курсе социальной философии. / А.А. Завьялов // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2022). Труды научно-практической конференции. – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж, 2022. – с. 73-78 – EDN OHURWL.

4. Розов, Н. Философия небытия: новый подъем метафизики или старый тупик мышления? / Н. Розов. //Credo New. – 2011. – № 1. – с. 45-48.

5. Человек: Мыслители прошлого и настоящего о его жизни, смерти и бессмертии. Древний мир - эпоха Просвещения / Ред. кол.: И.Т. Фролов и др.; Сост. П.С. Гуревич. – Москва: Политиздат, 1991.

6. Чанышев, А.Н. Трактат о небытии. / А.Н. Чанышев. // Вопросы философии. – 1990. – № 10. – с. 128-132.

УДК 37

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАЗОВАНИЮ: ПРИЧИНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

С.В. Завьялова[1], А.А. Завьялова[2]

[1]*Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде*

[2]*МБОУ «Школа №60», г. Нижний Новгород*

Аннотация. В статье рассказывается о причинах модернизации образования, связанных с особенностями цифрового поколения детей.

Ключевые слова: образование, «цифровые» дети, информационно-коммуникационные технологии.

Abstract. The article describes the reasons for the modernization of education related to the peculiarities of the digital generation of children.

Keywords: education, «digital» children, information and communication technologies.

В настоящее время российское образование вступает в новую эпоху – информационное общество, общество интенсивных потоков информации, общество, в котором Интернет стал важным агентом социализации, конкурирующим с семьей, образовательными организациями и влияющим на все сферы жизни: экономику, политику, социальные отношения, личную жизнь. Подрастающее поколение по активности освоения Интернета опережает взрослых.

«В 2013 году, по данным Фонда Развития Интернет, 89% подростков использовали Интернет каждый день или почти каждый день, а каждый седьмой проводил в нем в среднем 8 часов в сутки» [1].

Если выделить три уровня интенсивности использования подростками Интернета, то мы получаем по 2013 году следующую картину их пользовательской активности:

- низкий уровень: 1 час в день в Интернете, 0,5 месяца в год — таких детей оказалось 10%;

- средний уровень: 3 часа в сутки, около 1 месяца в год — таких детей 76%;

- высокий уровень: 8 часов и больше в сутки, 3,5 месяца в год (учитывая и будни, и выходные) — таких детей 14%.

Обратим внимание, что это каждый седьмой подросток, который проводит в сети сутки напролет почти четверть года своей жизни. Причем количество таких активных юных пользователей с 2013 года по 2016 год только в Москве и Московской области выросло в два с половиной раза — до 32% [1].

Дети, которые родились и живут в эпоху глобальной интернет-коммуникации, являются новым поколением, «цифровым поколением». У этого поколения изменилась ситуация развития и формирования личности, изменились способы взаимоотношений с окружающими, у них Интернет становится продолжением личного и группового социального пространства, для них характерен иной ритм и уровень осмысления информации, а массовое поверхностное восприятие, образная и виртуальная картина восприятия мира, клиповое мышление преобладают над интеллектуальной картиной осмысления мира и логическим мышлением. «Цифровому поколению» доступны неограниченные и практически бесконтрольные возможности получения и переработки информации. В условиях информационного общества цифровое подрастающее поколение детей стало одним из вызовов, требующим нового подхода к образованию.

В связи с этим, в России принят ряд федеральных нормативно-правовых документов стратегического планирования, связанного со сферой образования:

- Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы и др.), утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 года № 20 [2];

- Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р. [3];

- Концепция совершенствования (модернизации) единой информационной образовательной среды (ЕИОС) в Российской Федерации, обеспечивающей реализацию национальных стратегий развития Российской Федерации [4].

В настоящее время в России реализуются проекты по созданию Цифровой школы. Созданы электронные образовательные ресурсы: Национальная электронная библиотека - федеральная государственная информационная система, представляющая собой совокупность документов и сведений в электронной форме об объектах исторического, научного и культурного достояния народов Российской Федерации, доступ к которым предоставляется с использованием сети «Интернет» [5], Московская электронная школа («МЭШ») [6], Российская электронная школа как каталог интерактивных электронных видеоуроков, созданных учителями России (РЭШ) [7].

Созданы образовательные платформы, используемые для быстрого получения обратной связи об успехах и неудачах в освоении учебного материала обучающимися: Решу ОГЭ [8], Сферум [9], Яндекс-класс и другие электронные дистанционные ресурсы [10].

В условиях новых вызовов образованию в филиале СамГУПС в г. Нижнем Новгороде была создана электронная информационно-образовательная среда – электронное обучение. Для работы со студентами была запущена система Moodle, каждому преподавателю был выдан логин и пароль для входа в систему [11].

Система Moodle позволяет организовать процесс электронного обучения от разработки онлайн-курса до его реализации. Для каждой специальности и группы по каждой дисциплине был организован курс. К примеру, специальность «Организация перевозок и управление на транспорте», история – группа ННОП-212. Курс включает разделы:

- общее: объявления, где можно разместить важную информацию и новости для студентов по дисциплине «История»;

- методические материалы: загрузить инструкции по выполнению практических работ по дисциплине «История», дидактические пособия;

- структура курса: с помощью этого раздела студенты могут знать, из каких блоков состоит курс, что он включает [12].

В системе образования расширяется применение цифровых технологий, образовательные организации имеют выход в сеть «Интернет» и представлены там на своих сайтах в соответствии с государственными требованиями. В Нижегородской области Министерством образования, науки и молодежной политики Нижегородской области для образовательных учреждений создана своя образовательная платформа [13].

Образовательная платформа Нижегородской области позволяет установить:

- гибкую и прозрачную систему связи с родителями, обучающимися;

- систему контроля результатов и качества образовательного процесса;

- систему наблюдения и корректировки портфолио обучающегося и проектирования их дальнейшего развития как в системе ОО, в которой они обучаются, так и вне ОО;

- в системе дополнительного образования прогнозировать развитие исследовательских навыков, участие в олимпиадах, конкурсах, конференциях разного уровня.

В системе образования используются и развиваются различные образовательные технологии, в том числе дистанционные, совмещаются мультимедийные и обычные источники информации, практикуются электронные формы учебников, чередуется онлайн- и офлайн-активность обучающихся в процессе обучения. Обучающимся нравятся новые интерактивные технологии, они отмечают необходимость цифровизации образования, объясняя это тем, что информационные технологии востребованы для получения профессии, нужны в жизни в виду цифровизации экономики, социальной сферы в целом; а также обучающиеся отмечают удобство в использовании электронных форм учебников, их портативность, что позволяет отказаться от ношения тяжелых рюкзаков с учебниками на печатной основе.

Таким образом, российское образование в ситуации интенсивного развития информационного (сетевого) общества и цифровой экономики претерпевает ряд изменений по содержанию и по форме.

Библиографический список

1. Солдатова, Г.У., Рассказова, Е.И., Нестик, Т.А. Цифровое поколение России: компетентность и безопасность. — Москва: Смысл, 2017. – URL: bmu.vrn.muzkult.ru› …2017cifrovoe_pokolenie_rossii… (дата обращения: 27.01.2023).

2. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы». – URL: http://kremlin.ru›acts/bank/41919) (дата обращения: 28.01.2023).

3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632. – URL: http://static.government.ru›media/files/….pdf (дата обращения: 28.01.2023).

4. Концепция совершенствования (модернизации) единой информационной образовательной среды в Российской Федерации, обеспечивающей реализацию национальных стратегий развития Российской Федерации. / Кондаков А.М. – URL: art-uo.ru›…uploads/2019/06…koncepzii_Kondakov.pdf (дата обращения: 29.01.2023).

5. НЭБ — Национальная электронная библиотека... – URL: rusneb.ru (дата обращения: 30.01.2023).

6. Московская электронная школа («МЭШ»). – URL: mos.ru›city/projects/mesh/ (дата обращения: 30.01.2023).

7. Российская электронная школа как каталог интерактивных электронных видеоуроков, созданных учителями России (РЭШ). – URL: resh.edu.ru (дата обращения: 30.01.2023).

8. Решу ОГЭ // ОГЭ-2023, математика: задания, ответы, решения. – URL: oge.sdamgia.ru (дата обращения: 30.01.2023).

9. Сферум: Сферум - для тебя, школы и жизни. – URL: sferum.ru (дата обращения: 30.01.2023).

10. Яндекс-класс и другие электронные дистанционные ресурсы. – URL: yaklass.ru›info/uciteliam/yaklass-dlya-uchitela (дата обращения: 30.01.2023).

11. ЭИОС Moodle филиала Самарского Государственного... – URL: moodle.samgupsnn.ru (дата обращения: 17.01.2023).

12. Завьялова, С.В. Система moodle как один из способов дистанционного обучения /С.В. Завьялова // Образование. Воспитание. Практическая подготовка. Сборник статей X Межрегиональной научно-практической конференции преподавателей среднего профессионального образования. – Воронеж: Филиал РГУПС в г. Воронеж, 2021.

13. Образовательная платформа — Электронный журнал Нижегородской области... – URL: edu.gounn.ru (дата обращения: 30.01.2023).

УДК 656.222.6

ПРОБЛЕМЫ НЕХВАТКИ ПРОПУСКНЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Е. В. Каимов[1], В.А. Оленцевич[1], Р.В. Максимова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Иркутск

[2]Восточно-Сибирский территориальный центр фирменного транспортного обслуживания, Центра фирменного транспортного обслуживания, филиала ОАО «РЖД»

Аннотация. Неравномерность поступления грузопотока на железнодорожные станции вызывает вероятность возникновения ситуаций, при которых загруженность объектов всего инфраструктурного комплекса резко возрастает, что служит причиной нарушения нормального течения технологического процесса. Регламент действий работников в данных ситуациях не отражен в нормативно-правовой и технической документации ОАО «РЖД», сопровождающей работу станций, что в свою очередь понижает уровень безопасности перевозочного процесса. Данные факторы отражают актуальность темы исследования. Авторы обозначили проблемы нехватки пропускных и перерабатывающих способностей объектов инфраструктурного комплекса железнодорожного транспорта, представили основные направления развития нестандартных станционных производственных процессов по уровню использования пропускной способности и степень их влияния на бесперебойность работы объектов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: железнодорожная транспортная система, пропускная и перерабатывающая способности, инфраструктурный комплекс, неравномерностью вагонопотоков, нестандартный станционный процесс.

Abstract. The uneven flow of cargo to railway stations causes the likelihood of situations in which the workload of objects of the entire infrastructure complex increases sharply, which causes disruption of the normal flow of the technological process. The regulations for the actions of employees in these situations are not reflected in the regulatory and technical documentation of JSC "Russian Railways" accompanying the operation of stations, which in turn lowers the level of safety of the transportation process. These factors reflect the relevance of the research topic. The authors identified the problems of lack of throughput and processing capacities of objects of the infrastructure complex of railway transport. Presented the main directions of development of non-standard station production processes in terms of capacity utilization and the degree of their impact on the uninterrupted operation of transport infrastructure facilities.

Keywords: railway transport system, throughput and processing capacity, infrastructure complex, uneven carriage flows, non-standard station process.

Железнодорожная транспортная система (далее – ЖДТС) служит важнейшим составляющим элементом транспортного комплекса России, благодаря которому существует потенциал и возможность в социально-экономическом улучшении показателей развития отечественных предприятий и производств, повышении конкурентоспособности транспортного рынка, продвижении позиции страны на мировой экономической арене. Данные факторы дают более широкое представление о значимости, заключающейся в проявлении осознания железнодорожного транспорта как культурного наследия в виде важной неотъемлемой части в жизни каждого гражданина страны [1; 2].

Однако инфраструктурный комплекс ЖДТС не на всех этапах жизненного цикла характеризовался всенаправленной развитостью и готовностью к реализации заданных объемов грузопотоков. Расширение сети железных дорог в виде материального фундамента всего перевозочного процесса возможно описать как трудоемкий итог поэтапных значимых финансовых вложений, сопровождающихся тяжелой упорной работой и высоким профессионализмом работников всех структурных подразделений ЖДТС.

Как и во все периоды функционирования ЖДТС, сегодня также существует нехватка пропускных и перерабатывающих способностей объектов инфраструктурного комплекса, что в первую очередь вызвано неравномерностью прибытия вагонопотоков. Данный фактор в первую очередь оказывает негативное влияние на качество транспортного обслуживания грузовладельцев, понижая тем самым уровень конкурентоспособности отрасли на рынке транспортных услуг [3; 4].

Масштаб вложенных усилий в функционирование сложной системы железнодорожного транспорта позволил занять лидирующее место среди других видов и способов доставки груза. Так, по состоянию на 2023 год грузооборот железнодорожного транспорта составил 2544,4 млрд тонно-км – что в 9,4 раза больше, чем грузооборот автомобильного транспорта – прямого конкурента железнодорожной отрасли.

Объем грузов, направленных по Восточно-Сибирской железной дороге (далее – ВСЖД) к портам Дальнего Востока, с февраля 2022 года вырос на 15 млн. тонн. За 2022 год на станциях магистрали было погружено более 57,1 млн тонн различных грузов, что на 2,2% больше, чем в 2021 году [5; 6]. При этом ухудшаются основные показатели эксплуатационной деятельности. Так постоянные внутрисуточные изменения размера интервала поступления грузовых поездов на железнодорожные станции приводят к появлению длительных простоев между операциями технологического цикла, появляется неравномерность функционирования маневровых локомотивов.

Сложность инфраструктуры как системы описывается различными взаимосвязанными элементами: перегонами, входными и выходными горловинами технических станций, приемоотправочными парками, устройствами энергоснабжения, объектами локомотивного хозяйства. Поэтому необходимость в определении и оценки лимитирующих объектов линий являются достаточно востребованными: они обсуждались и постоянно обсуждаются в научной и производственной среде. Данные факторы вызывают потребность принятия оптимальных управленческих решений, которые необходимо направлять на создание резервов производственных мощностей на железнодорожных станциях в целом и их отдельных объектах. В качестве резервов должно предусматриваться наличие пропускной и перерабатывающей способностей, парка подвижного состава, погрузочно-выгрузочных средств, автомобильного парка, складских площадей, квалифицированного персонала, сортировочных устройств и пр.

Наряду с вопросом по увеличению пропускной способности горловин может стоять вопрос об оптимизации технологических операций, заключающейся в сокращении продолжительности времени обработки поездов. Интенсивность обработки поездов в парках станции, операций по формированию-расформированию оказывает прямое влияние на

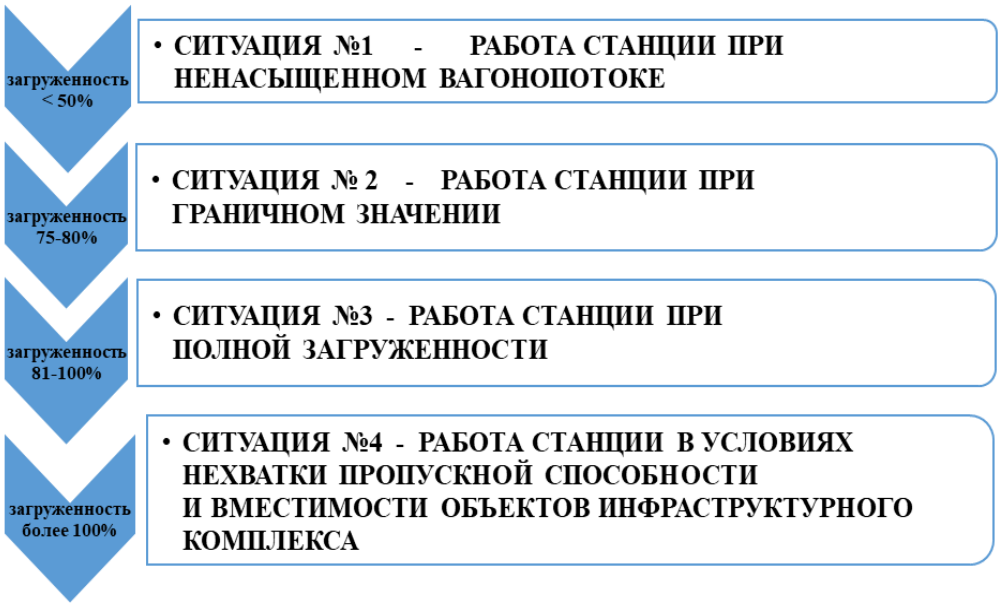
количество поездов, которое может переработать станция за отдельный промежуток времени, а вследствие чего и сама линия. Усовершенствование существующего технологического процесса станции возможно реализовать благодаря организационных и технических мероприятий, отличающихся между собой по характеру. Если первый вид мероприятий подразумевает применение рациональных технологий, изменение алгоритмов обработки, то второй – использование устройств с более высокой производительностью. Наряду с поездной работой нельзя не принять во внимание важность маневрового обслуживания путей необщего пользования. От организации маневровой работы зависит и поездная, и, нарастающей цепочкой, пропускная способность станции, линии.

Важность рассмотрения организации маневровой работы заключается в необходимости параллельного производства внепоездного передвижения с поездной работой ввиду периодического появления враждебных маршрутов, заключающихся в необходимости приостановок маневров для пропуска поездов. В связи с этим реализация сокращения простоев должна быть осуществлена благодаря придерживанию технологически рациональной и экономически выгодной схемы взаимодействия раздельного пункта и путей необщего пользования.

Наличная пропускная способность участков взаимосвязана с провозной способностью линии, поэтому увеличение первой является не первоначальной и основной целью, а производной от второй. Достижение большего объема перевозок организуется в целях обеспечения доставок грузов в полном объеме для удовлетворения потребного спроса отправителей в зависимости от сезонности спроса. Необходимо отметить, что при увеличении пропускной способности провозная увеличивается пропорционально только при условии сохранения среднего веса поезда.

В условиях неравномерности поступления грузопотока на станционных объектах возникают ситуации, при которых их загруженность начинает превышать установленные технологические значения, что не является стандартным производственным процессом, и действия работников при данных ситуациях не отражены в нормативно-правовой документации ЖДТС и технической документации, сопровождающей работу станций [7-10].

Классификация нестандартных станционных производственных процессов по величине использования пропускной способности может быть представлена следующим образом:



Ситуацию №1 можно охарактеризовать как стандартную, железнодорожная станция и составляющие ее объекты функционируют в стандартном режиме, все операции технологического цикла производятся работниками согласно нормативным документам.

Ситуации №2-№4 невозможно отнести к категории нестандартные, темп работы железнодорожной станции и составляющих ее объектов нарастает, что требует принятия необходимых дополнительных управленческих решений для стабилизации обстановки. При ситуации №2 загруженность железнодорожной станции и составляющих ее объектов достигает пограничного значения. Для того, чтобы привести создавшуюся ситуацию к стандартной и управляемой, необходимо срочное принятие оптимизационных технических решений, основанных на изменении технологии работы. Ситуации №3 и №4 являются критическими и требуют принятия решений реконструктивного характера.

В заключении следует отметить, что представленная классификация нестандартных станционных производственных процессов по величине использования пропускной способности позволяет сделать правильные выводы и достичь хороших результатов.

Библиографический список

1. Оленцевич, В.А., Гозбенко, В.Е., Каргапольцев, С.К., Крамынина, Г.Н. Комплекс организационно-технических и реконструктивных мероприятий, направленных на улучшение показателей работы участка на основе исследования системных связей и закономерностей функционирования железнодорожной транспортной системы //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2019. - № 3 (63). - С. 171-179.

2. Левин, Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. - Москва: Транспорт, 1988. - 173 с.

3. Буракова А.В. Неравномерность как свойство транспортного процесса // «Наука и техника XXI века»: материалы междунар. заочной науч.-практ. конф. - Новосибирск: Изд.-во «Априори», 2019. 148 с.

4. Olentsevich, V.A., Olentsevich, A.A., Konyukhov, V.Y., Lysenko, D.A. Efficiency of implementation of interval traffic regulation by the "virtual coupling" system on the section of the railway line in the framework of the "digital railway" project // Journal of Physics: Conference Series. 2020 International Conference on Information Technology in Business and Industry, ITBI 2020. - BRISTOL, ENGLAND, 2020. - С. 012106.

5. Об утверждении Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.09.2018 г. № 2101-р. - URL: http://government.ru/docs/34297/ (дата обращения: 12.06.2022).

6. Российские железные дороги // ОАО «РЖД» : сайт. - URL: http://www.rzd.ru (дата обращения: 07.06.2022).

7. Оленцевич, В.А., Власова, Н.В., Каимов, Е.В. Анализ влияния пропуска длинносоставных поездов на участке железнодорожного пути на качественные показатели графика движения поездов и безопасность перевозочного процесса // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2022. - № 3 (75). - С. 149-158.

8. Оленцевич В.А., Белоголов Ю.И. Системный подход к управлению и контролю человеческих ресурсов в организации бесперебойной работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2016. - № 2 (50). - С. 90-95.

9. Добрынина, Д.С., Власова, А.Н., Оленцевич, А.А., Белоголов, Ю.И. Направления развития и совершенствования перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Доставка грузов «точно в срок» // Молодая наука Сибири. - 2019. - № 1 (3). - С. 39-47.

10. Корнилов, С.Н., Варжина К.М. Проблемы перевозочного процесса железнодорожного транспорта и возможные способы оптимизации путевого развития станций // Сб. науч. трудов SWorld. - 2018. - №4. Т.2. - С.47-52.

УДК 331.451

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

О.А. Калачева
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается организация работы вокзального комплекса в условиях пандемии. Показаны пути обеспечения безопасных перевозок людей с целью предотвращения распространения коронавирусной инфекции и введение определенных мер по борьбе с вирусом для того, чтобы поездки оказались для пассажиров безопасными и комфортными.

Ключевые слова: транспортный комплекс, коронавирусная инфекция, вокзал, пассажиры, вагоны.

Abstract. The article deals with the organization of the work of the railway station complex in the conditions of a pandemic. The ways of ensuring safe transportation of people in order to prevent the spread of coronavirus infection and the introduction of certain measures to combat the virus in order to make travel safe and comfortable for passengers are shown.

Keywords: transport complex, coronavirus infection, railway station, passengers, carriages.

В условиях распространения коронавирусной инфекции перед транспортным комплексом стоит важная и актуальная задача – обеспечить бесперебойную работу транспорта и безопасность пассажиров. Поэтому за прошедшее с начала объявления пандемии время в рамках реализации комплекса профилактических мер для предотвращения распространения коронавирусной инфекции в стране приняты беспрецедентные меры: приостановлена работа целых отраслей, введен режим самоизоляции, пропуска на передвижение, проводятся противоэпидемические мероприятия. Наша цель – рассмотреть меры, предпринятые для безопасности пассажиров на железной дороге.

Транспортный комплекс в силу своей важности и значимости продолжил работу в условиях пандемии, но из-за концентрации большого количества людей в замкнутом пространстве стал представлять угрозу быстрого распространения заболевания как в городских, так и региональных масштабах [1].

В общественных местах на более чем 400 вокзалах по всей стране установлены диспенсеры со специальными антисептическими средствами для обработки рук (рис. 1). В целях профилактики такие же приспособления имеются в залах ожидания и рядом с досмотровыми рамками на всех крупнейших вокзалах и станциях российской сети железных дорог.

Рис. 1 – Диспенсеры со специальными антисептическими средствами для обработки рук

Взаимодействие пассажиров с сотрудниками по максимуму переведено в дистанционный режим, а вагоны поездов, выходящие на маршруты, регулярно обеззараживаются. В помещениях вокзалов проводится комплексная дезинфекция, которую помогают осуществлять специалисты МЧС России и «Центра гигиены и эпидемиологии». Они обрабатывают безопасными для человека, но активными в отношении вирусов антисептическими средствами кассовые залы и платформы, переходы, санитарные комнаты и служебные помещения, а также залы ожидания.

В залах ожидания пассажиры могут проводить довольно длительное время, поэтому им уделяется особое внимание. Залы ожидания стараются как можно чаще проветривать, а дверные ручки, перила, поручни и подлокотники сидений регулярно протирают дезинфицирующими составами.

Банкоматы и терминалы также обрабатываются специальными средствами широкого антимикробного спектра воздействия. Плюс ко всему, чтобы личные вещи не контактировали с поверхностями, на пунктах досмотра пассажиры обеспечиваются одноразовыми пакетами, в которые они могут упаковать свой багаж.

Медицинские пункты укомплектованы противоэпидемическими средствами и бесконтактными термометрами.

Пассажиры, находящиеся в местах массового скопления людей, в том числе на пассажирской инфраструктуре, вокзалах и в поездах, обязаны соблюдать профилактические меры безопасности: ношение гигиенических масок для защиты органов дыхания, социальная дистанция не менее 1,5 метров и т.д.

Российская сеть железных дорог – огромная инфраструктура. Вся актуальная информация о мерах профилактики заражения и распространения коронавирусной инфекции доводится до сведения пассажиров на вокзалах по громкой связи [2].

Кроме того, о необходимости соблюдения социальной дистанции – не менее 1,5 метров – напоминает напольная разметка, сделанная в общественных местах – перед кассами, эскалаторами, около справочных стоек и информационных табло. В залах ожидания для удобства пассажиров также сделаны специальные указатели, отмечающие безопасную рассадку (рис. 2).

Рис. 2 – Напольная разметка для соблюдения социальной дистанции

В РЖД понимают важность бесперебойной работы узловых станций и со своей стороны подключили все ресурсы для сдерживания распространения вируса в федеральной железнодорожной сети с многомиллионным пассажиропотоком. В частности, изменили свой режим работы рестораны, кафе и столовые, работающие на территории вокзалов. Большая их

часть, по распоряжению главного государственного санитарного врача по железнодорожному транспорту Российской Федерации, была закрыта в конце марта 2020 года. Исключение было сделано только для точек общепита, работающих с питанием на вынос и осуществляющим доставку готовых блюд.

В условиях пандемии запрет на торговлю распространился и на многие непродовольственные товары. Хотя и здесь есть исключения. В списке, опубликованном на сайте правительства РФ, всего 23 позиции. Среди них - детские товары, включая соски, бутылочки для питания, предметы гигиены и туалетные принадлежности, очки, свечи, компьютерное и электронное оборудование и многое другое.

Под особым контролем ОАО «РЖД» находится взаимодействие сотрудников компании с пассажирами. Все работники вокзалов полностью обеспечены средствами индивидуальной защиты. Они в обязательном порядке работают в масках и перчатках, а также регулярно обрабатывают руки антисептиками. Перед началом смены сотрудникам, контактирующим с пассажирами, измеряют температуру.

Основная проблема, которая стоит на данный момент перед РЖД, – это обеспечение безопасных перевозок людей с целью предотвращения распространения коронавирусной инфекции и введение определенных мер по борьбе с вирусом для того, чтобы поездки оказались для пассажиров безопасными и комфортными [3].

С первых дней пандемии железнодорожникам приходится решать проблему снижения пассажиропотока, который и сейчас, в 2023 году, лишь восстанавливается, но пока не вернулся к прежним значениям. Согласно мониторингу транспортной активности россиян, который проводит оперативный штаб, организованный АО «ФПК», 79% граждан так или иначе испытали на себе влияние пандемии: отменили или перенесли запланированные поездки или, напротив, совершили вынужденную и незапланированную.

Режим самоизоляции в российских регионах нанес удар по пассажирскому сообщению внутри страны. Перевозка пассажиров поездами дальнего следования в марте 2020 года сократилась на 19,9%. С 21 марта 2020 года число пассажиров снизилось на 50% по отношению к аналогичному периоду прошлого года. С продлением режима самоизоляции у пассажиров нет возможности планировать поездки. Внутрироссийский туризм замер, курортные города, как и вся страна, «ушла» на карантин. Остались только командировочные и пассажиры, которые возвращаются в свои регионы или совершают поездки в случае острой необходимости.

Чтобы обезопасить россиян, выбравших поезд для передвижения по стране, в «ФПК» заметно усилили меры безопасности. Так, частота уборки подвижного состава увеличилась до четырех раз в сутки, а для персонала введен обязательный масочный режим. У сотрудников перед рейсом и у пассажиров во время поездки дважды в сутки измеряют температуру с помощью бесконтактных инфракрасных термометров. К тем, кому нездоровится, на ближайшей станции приглашают медработников, которые принимают решение, какую помощь оказывать пассажиру. Кроме того, пассажирам во время поездки рекомендуют использовать средства индивидуальной защиты – для покупки маски, перчаток и антисептика можно обратиться к проводнику. В целом «ФПК» в полной мере выполняет все рекомендации врачей и специалистов Роспотребнадзора.

Вагоны поездов дальнего следования после каждого рейса проходят в депо обработку обеззараживающими моющими средствами, активными в отношении вирусов. Особое внимание уделяется зонам, с которыми контактируют пассажиры: двери, ручки, поручни, столики, поверхности стен. Не прошедший такую дезинфекцию поезд не может отправиться в рейс. При необходимости может быть проведена и внеплановая дезинфекция.

Во время поездки проводники делают уборку не реже четырех раз в сутки. Ее проводят с помощью моющих средств на основе хлорактивных и кислородных добавок, которые безопасны для здоровья человека и имеют широкий спектр антимикробного воздействия. Также в пассажирских поездах создан неснижаемый запас медицинских масок,

перчаток и антисептиков. В вагонах для пассажиров размещены памятки по профилактике заболеваемости в неблагоприятной эпидемиологической ситуации.

Вагоны пригородных поездов обрабатываются работниками в защитных костюмах холодным туманом. Пар от мобильных генераторов проникает в самые труднодоступные места, помогая производить санобработку с большей скоростью и эффективностью. Дезинфекция поездов производится раз в четыре дня с помощью тумана и ежедневно – вручную.

Сейчас риск заражения коронавирусом в поездах дальнего следования меньше, чем на других видах транспорта, так как здесь между пассажирами больше расстояние, и при желании можно выкупить всё купе.

В связи с пандемией в 2020 году АО «ФПК» введен особый режим реализации проездных документов. Согласно новым правилам проезда, дистанция между пассажирами как в купе, так и в плацкарте, составляла не менее одного метра. В вагоны СВ, как и прежде, продавалось по два билета. В купейные вагоны продавалось по два места вместо четырёх. Но при необходимости оформления в одном заказе до четырёх пассажиров, например, если едет семья, то это ограничение не применялось.

В монополии запустили сразу несколько акций, которые направлены на поощрение пассажиров за самоизоляцию в пределах отдельно взятого поезда. Так, при выкупе двух мест в СВ, пассажир получал дисконт в размере 40% от стоимости билета. При покупке четырёх мест в купе можно сэкономить 20%. РЖД также были введены спецтарифы на «Сапсаны» и запущены ещё несколько акций на проезд в поездах дальнего следования.

В плацкартные вагоны продавалось по два места в купейную часть и нижнее боковое вместо четырёх и двух соответственно. Исключение составляли путешествующие семьи. По-новому были размещены пассажиры и в «сидячих» вагонах. В вагоне с двумя рядами двухместных кресел, пассажирам продавалось только место у окна. Там, где в ряду находилось по три кресла, продавались билеты у окна и у прохода. Из-за вируса РЖД полностью закрыло все вагоны-рестораны и вагоны-бистро в своих составах.

Таким образом, эпидемиологически железнодорожные перевозки безопаснее воздушных и автобусных по той причине, что в поезде на одного человека приходится больше квадратных метров. В вагонах всегда можно обеспечить приток воздуха, в отличие от самолетов, где замкнутая вентиляция.

На фоне снижения заболеваемости COVID-19 в настоящее время в рекомендациях Роспотребнадзора по противоэпидемиологическим мероприятиям осталось всего два пункта – масочный режим и дезинфекция.

Библиографический список

1. Прицепова, С.А. Основные направления государственной политики в области охраны труда. / С.А. Прицепова. // Естественные и технические науки. - 2022. - № 12 (175) - С. 505-506. - EDN TDGGDP.

2. Прицепова, С.А. Эффективные методы отбора проб. / С.А. Прицепова. //ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020 - С. 153-158. - EDN TXSWPS.

3. Прицепова, С.А. Актуальность вопросов изучения профессиональных рисков в России. / С.А. Прицепова. // Естественные и технические науки. - 2014. - № 11-12 (78) - С.456-458. – EDN TJVVWR.

УДК 331.45

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СПЕЦОДЕЖДЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

О.А. Калачева
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается характеристика теплопроводности спецодежды электромеханика. Приводится расчет теплозащитной способности одежды электромеханика с учетом поправки на охлаждающее действие ветра.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, электромеханик, водооталкивание, ткань.

Abstract. The article considers the characteristic of thermal conductivity of workwear of an electrician. The calculation of the heat-protective ability of clothing is given, taking into account the correction for the cooling effect of the wind of the electromechanic.

Keywords: personal protective equipment, electrician, water repellent, fabric.

Производственная деятельность работника СЦБ – электромеханика – часто проходит в условиях, при которых необходимы средства индивидуальной защиты, в частности спецодежда, соответствующая конкретным требованиям.

К требованиям, которые спецодежда должна удовлетворять, относятся защита от вредных лучей и опасных факторов производства, обеспечение безопасности труда, сохранение нормального функционального состояния человека и его целостности. При этом сама спецодежда не должна оказывать токсического воздействия на организм человека во время ее эксплуатации. В данной статье будет рассмотрена специфика спецодежды для электромеханика РЖД более подробно.

Выбор средств индивидуальной защиты для работников РЖД в каждом случае должен проводиться на основе требований безопасности для данного процесса и вида работ, метеорологических условий и т.д. Спецодежда должна быть безвредной, достаточно прочной и надежной, легкой и эластичной, обеспечивать достаточную воздухопаропроницаемость, хорошо отчищаться от загрязнений, не давать усадки, а также сохранять первоначальные защитные свойства после стирки и химчистки [1].

Для спецодежды используются хлопчатобумажные, льняные, шерстяные, шелковые и синтетические ткани, а также ткани с пленочным покрытием и изготовленные из смеси натуральных и синтетических волокон. Для придания защитных свойств ткани пропитывают различными составами. Материалы с пленочным покрытием предназначаются, как правило, для защиты от опасных и вредных веществ.

На РЖД для электромеханика предназначен костюм для защиты от пониженных температур «Железнодорожник» (см. рисунок ниже).

Костюм обладает такими свойствами, как:
- несминаемость;
- водоотталкивание;
- маслоотталкивание;
- грязеотталкивание;
- антибактериальный эффект.

Главная задача костюма «Железнодорожник» – это защита электромеханика от пониженной температуры и сохранение рабочей функции во время работ на открытом воздухе. Конструкция модели разработана в соответствие с ГОСТ 12.4.236-2011 «Одежда специальная для защиты от пониженных температур». Спецодежда, эксплуатируемая в различных климатических поясах (регионах), для Воронежской области – это 1-й класс защиты. I-II климатический пояс показан в таблице 1. Рассматриваемый нами костюм относится к I-II климатическому поясу по данным производителя [3].

Таблица 1 – Климатический пояс России

Климатический пояс	Скорость ветра, м/с	Температура воздуха зимних месяцев, °С
I	5,6	- 9,7
II	5,6	- 9,7
III	3,6	- 18
IV	1,3	- 41

Согласно полученным данным, произведем расчет-проверку костюма «Железнодорожник» на теплопроводность, данные в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные

Услов. обознач показателя	Показатели
t к °С	30,2
t в °С	-9,7
S кв.м	1,8
М.Вт	200
Мосн.Вт	71,9
Д.Вт	70
Т.ч	2
Q дых.Вт	10,8
В. дм/(м с)	12
v м/с	5,6
пол	муж
возраст, лет	18-20

Суммарное тепловое сопротивление одежды определяется по формуле (1):

$$R = t_к - t_B / q , \quad (1)$$

где $t_к$ - температура кожи °С;
$t_в$ - температура воздуха °С;
q - тепловой поток на единицу поверхности тела.
Суммарное тепловое сопротивление одежды рассчитывается по формуле (1):

$$R = (30,2 – 9,7) /166,952 = 0,221$$

Теплозащитная способность одежды с учетом поправки на охлаждающее действие ветра определяется по формуле (2):

$$R = R+(0,00018*B+0,0093)v/0,82 \quad (2)$$

где *Rсум* - суммарное тепловое сопротивление одежды при относительно неподвижном воздухе ($м^2\ ^0С/Вт$);

B - воздухопроницаемость пакета материалов одежды (дм/(м с));

V - скорость ветра (м/с).

Теплозащитная способность одежды с учетом поправки на охлаждающее действие ветра рассчитывается по формуле (2):

Rсум.в =0,221 + (0,00018 х 12 + 0,0093) х 5,6/0,82 = 0,299

Нормативные значения суммарного теплового сопротивления пакета применяемых в спецодежде материалов, определяемого по ГОСТ 20489, должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 3, а также проверим толщину пакета материала для выбранного костюма «Железнодорожник», исходя из таблицы 4.

Таблица 3 – Нормативные значения

Класс защиты	Климатический пояс	Температура воздуха зимних месяцев, $^0С$	Нормативное значение суммарного теплового сопротивления, $м^2\ ^0С/Вт$	
			Плечевое, плечепоясное изделие	Поясное изделие
4	I	-25	0,77	0,69
3	IV	-41	0,83	0,80
2	III	-18	0,64	0,57
1	II-I	-9,7	0,51	0,50

Таблица 4 – Толщина пакета материалов для одежды

Толщина пакета материалов,мм	Нормативное значение суммарного теплового сопротивления, $м^2\ ^0С/Вт$
0	0,116
1	0,164
2	0,206
3	0,250
4	0,284
5	0,318
6	0,370
7	0,390
8	0,414
9	0,430
10	0,456

В данной работе были рассчитаны энергозатраты электромеханика при двухчасовом пребывании в заданных условиях со скоростью ветра 5,6м/сек.

Полученные в данной работе расчеты показывают, что результат суммарного теплового сопротивления – Rсум-0,299 $м^2\ ^0С/Вт$. Из этого можно сделать вывод, подходит данный костюм для трудовой деятельности электромеханика в низких климатических температур или нет. Взяв данные из таблицы 3, наглядно видим, что для I-II климатического пояса костюм «Железнодорожник» подходит идеально и соответствует толщине материалов, выбранных для данного костюма, что составляет 8 мм [2].

Величина теплового сопротивления изменяется следующим образом. При наибольшей энергозатрате она имеет меньшее значение, при наименьших энерогозатратах наибольшее.

При наибольшей скорости ветра и наиболее длительном пребывании на улице в заданных условиях тепловое сопротивление увеличивается.

Из этого можно сделать вывод, что костюм «Железнодорожник» отвечает всем заявленным требованиям и подходит для нашего климатического пояса.

Библиографический список

1. Прицепова, С.А. Развитие пороговых норм профессионального воздействия. / С.А. Прицепова. //ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020 - С. 132-138. - EDN FZDCVY.

2. Прицепова, С.А. Профессиональные риски и охрана труда. / С.А. Прицепова. //Естественные и технические науки. - 2014. - № 11-12 (78). - С. 459-460. - EDN TJVVWR.

3. Прицепова, С.А. Механическое травмирования и его защита. / С.А. Прицепова. //Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). Труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020 - С. 59-62. - EDN XLOWCE.

УДК 621.311

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ «НАРА» МОСКОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ НЕТЯГОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Н.И. Климентов[1], А.Ю. Иванов[2]

[1] Филиал РГУПС в г. Воронеж

[2] ООО «ЭнергоСервис», г. Москва

Аннотация. В статье представлены задачи предпроектного обследования, разработаны требования к технико-экономическим показателям объекта реконструкции, основным техническим решениям и перспективному расширению.

Ключевые слова: тяговая подстанция, нетяговые потребители, реконструкция, основные данные и требования.

Abstract. The article presents the tasks of the pre-project survey, developed requirements for the technical and economic indicators of the reconstruction object, basic technical solutions and future expansion.

Keywords: traction substation, non-tradable consumers, reconstruction, basic data and requirements.

Исходными данными для разработки документации по объекту «Технологическое присоединение ЭПУ по адресу: Московская область, Наро-Фоминский район, г. Наро-Фоминск, ул. Московская, к.н. 50:26:0100404:27, Внуковская ЭЧ, АО «РН-Москва» Московской железной дороги является задание на проектирование, выданное ООО «Энергопромсбыт».

Задачи предпроектного обследования:

- комиссионное определение с участием представителей эксплуатирующих организаций дополнительных объемов работ, не учтенных Заданием на проектирование;
- сбор дополнительных исходных данных, необходимых для реализации задач Задания на проектирование в полном объеме;
- уточнение наличия подъездных путей к участку работ;

- предварительное определение способов и методов выполнения строительно-монтажных работ;

- составление акта предварительного обследования.

Климатические условия в районе проектирования приняты в соответствии с СП 131.13330.2020 «Строительная климатология СНиП 23-01-99» (данные по метеостанции Наро-Фоминск), СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», распоряжения ОАО «РЖД» №1262/р от 11.06.2020 «О внесении изменений в Инструкцию по подготовке к работе и обеспечению надежности работы устройств электроснабжения в зимний период» и ПУЭ:

- температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 – минус 34°С;

- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98 – минус 28°С;

- абсолютная минимальная температура воздуха – минус 42°С;

- количество осадков за ноябрь-март – 210 мм;

- преобладающее направление ветра за декабрь-февраль – южное;

- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь – 3,6 м/с;

- снеговой район – III с расчетным значением веса снегового покрова на уровне горизонтальной поверхности земли – Sq=2,1 кПа (214 кг/м^2);

- ветровой район – I с нормативным ветровым давлением W_0 (скорость ветра v_0, м/с) на высоте 10 м над поверхностью земли – W_0=0,23 кПа;

- район по толщине стенки гололеда – II с нормативной толщиной стенки гололеда – 15 мм.

Основные данные и требования.

1. Назначение по Общероссийскому классификатору основных фондов ОК 013-2014 (СНС 2008) – 220.41.20.20.640: сооружения железнодорожного транспорта.

2. Принадлежность к объектам транспортной инфраструктуры: объект не относится к объектам транспортной инфраструктуры.

3. озможность опасных природных процессов, явлений и техногенных воздействий на территории, на которой будет осуществляться реконструкция и эксплуатация сооружений: определить при выполнении инженерных изысканий и указать в проектной документации.

4. Принадлежность к опасным производственным объектам определяется по критериям, установленным законодательством Российской Федерации в области промышленной безопасности: проектируемые сооружения не относятся к опасным производственным объектам.

5. Пожарная и взрывопожарная опасность: определить при проектировании и указать в проектной документации.

6. Наличие помещений с постоянным пребыванием людей: объект не имеет помещений с постоянным пребыванием людей.

7. Уровень ответственности в соответствии с Государственным кодексом Российской Федерации: нормальный.

8. Особые условия реконструкции: работы производятся в действующих устройствах электроснабжения без перерыва электроснабжения потребителей.

Требования к технико-экономическим показателям объекта проектирования, основным техническим решениям, перспективному расширению объекта строительства:

1) точки присоединения:

– первая точка – линия электропередачи напряжением 10 кВ, сооружаемая от ячейки первой секции шин вновь монтируемого распределительного пункта 10 кВ, присоединяемого к распределительному устройству напряжением 10 кВ тяговой подстанции «Нара». Максимальная мощность по точке присоединения – 260 кВА;

– вторая точка – линия электропередачи напряжением 10 кВ, сооружаемая от ячейки второй секции шин вновь монтируемого распределительного пункта 10 кВ, присоединяемого к распределительному устройству напряжением 10 кВ тяговой подстанции «Нара». Максимальная мощность по точке присоединения – 260 кВА.

2) характеристики объекта присоединения:
– электроустановки;
– напряжение – 10 кВ;
– максимальная мощность энергопринимающих устройств – 520 кВА;
– категория надежности электроснабжения – 2;
– характер нагрузки – производственный.
3) рабочую документацию выполнить в соответствии с техническими условиями.
4) проектом предусмотреть:
– замену линий электропередач напряжением 10 кВ №8, №9, №10, №11 от подстанции №308 110/35/10 кВ «Наро-Фоминск» ПАО «Россети Московский регион» до линии электропередачи 10 кВ тяговой подстанции «Нара» ориентировочной протяженностью 3200 метров (по две линии электропередачи на каждый ввод (рис. 1);

Рис. 1 – Существующие ЛЭП 10 кВ вводов №8, №9, №10, №11
от подстанции №308 110/35/10 кВ

– перевод существующих кабельных линий 10кВ из ячейки №16 фидера №8, ячейки №17 фидера №9, ячейки №18 фидера №10, ячейки №19 фидера №11 закрытого распределительного устройства 10 кВ (ЗРУ-10 кВ) подстанции №308 110/35/10 кВ подстанции 110 кВ «Наро-Фоминск» в ячейку №106 фидера №8, ячейку №107 фидера №9, ячейку №207 фидера №10, ячейку №208 фидера №11 комплектного распределительного устройства 10 кВ (КРУ-10 кВ) подстанции 110 кВ «Наро-Фоминск» соответственно (рис. 2);

Рис. 2 – Кабельный ввод ВЛ 10 кВ вводов №8, №9, №10, №11
от подстанции №308 110/35/10 кВ

– после осуществления указанных присоединений в ячейках КРУ-10 кВ подстанции 110 кВ «Наро-Фоминск» кабельные линии ОАО «РЖД» от указанных ячеек ЗРУ-10 кВ подстанции 110/35/10 кВ «Наро-Фоминск» демонтировать;

– осуществить демонтаж ячейки №16 фидера №8, ячейки №17 фидера №9, ячейки №18 фидера №10 и ячейки №19 фидера №11 ЗРУ-10 кВ подстанции №308 110/35/10 кВ «Нарофоминск»;

– проектом определить необходимость установки устройств компенсации реактивной мощности (КРМ), их вид, количество, номинальные данные и места подключения. Устройства КРМ должны обеспечить степень компенсации реактивной мощности в точках присоединения к электрическим сетям 10 кВ ПАО «Россети Московский регион» не выше $tg\varphi \leq 0,4$. При проектировании следует принять нормально допускаемые и предельно допускаемые отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии соответственно ±5% и ±10% от номинального напряжения электрической сети;

– оснастить впервые вводимое основное (первичное) электротехническое оборудование микропроцессорными устройствами релейной защиты и автоматики, которые должны обеспечивать свою работу в диапазоне частот от 45,0 Гц до 55,0 Гц;

– учет электроэнергии выполнить в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 04.05.2021 №442 «О функционировании розничных рынков электроэнергии», установив контрольные приборы на стороне ОАО «РЖД». Предусмотреть ежедневную передачу данных ПАО «Россети Московский регион». Точки учета согласовать с ПАО «Россети Московский регион»;

– выполнить монтаж нового двухсекционного РП 10 кВ с ячейками, оборудованными коммутационными аппаратами, устройствами защиты, автоматики и управления;

– выполнить монтаж ЛЭП 10 кВ с СПЭ изоляцией от ячейки фидера №5 второй секции шин РУ-10 кВ тяговой подстанции «Нара» до нового РП 10 кВ, ориентировочной протяженностью 50 метров;

– выполнить монтаж ЛЭП 10 кВ с СПЭ изоляцией от ячейки фидера №2 первой секции шин РУ-10 кВ тяговой подстанции «Нара» до нового РП 10 кВ ориентировочной протяженностью 50 метров;

– выполнить перевод нагрузок фидера №2 и фидера №5 в новый РП 10 кВ с монтажом ЛЭП 10 кВ с СПЭ изоляцией ориентировочной протяженностью 100 метров;

– выполнить монтаж ЛЭП 10 кВ с СПЭ изоляцией от первой и второй секций шин нового РП 10кВ до границы участка Заявителя ориентировочной протяженностью 540 метров;

– выполнить демонтаж вставки фидера №5 от РУ-10кВ тяговой подстанции «Нара» ориентировочной протяженностью 100 метров;

– в ячейках вновь монтируемого РП 10 кВ и на границе балансовой принадлежности сторон предусмотреть монтаж шкафа учета электрической энергии, коммутационного аппарата, присоединяемого от линии электропередачи;

– предусмотреть включение вновь монтируемого РП 10 кВ в существующую систему автоматики и телемеханики от АРМ Внуковской дистанции электроснабжения;

– предусмотреть во вновь монтируемом РП 10 кВ систему диагностики основного оборудования с выводом на верхний уровень диагностики существующей системы диагностики;

– во вновь монтируемом РП 10 кВ предусмотреть установку антирезонансных трансформаторов напряжения;

– при проектировании воздушной линии предусмотреть использование провода СИП и деревянные опоры, обработанные антисептиками от загнивания и обладающие огнеупорными свойствами;

– марку, сечение проводов и трассу линии, количество опор, количество и тип оборудования определить проектом и согласовать со всеми причастными организациями;

– при проектировании предусмотреть требования по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи; осуществлять применение технических требований к птицезащитным устройствам для воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций энергетического комплекса ОАО «РЖД» в соответствии с действующими нормативными актами.

5) Требования к технологии и режиму работы предприятия:

– круглосуточный, круглогодичный с предоставлением технологических перерывов («окон») для технического обслуживания объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Таким образом, представленный материал является основанием для разработки проектной документации по реконструкции устройств электроснабжения тяговой подстанции «Нара» Московской железной дороги для присоединения нетяговых потребителей.

УДК 621.3.087.92

ВЫПОЛНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПО МОДУЛЮ ПРЕДСТАВЛЕННОГО МЕНЬШИМИ ОСНОВАНИЯМИ

А.А. Кожевников
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В работе представлен анализ алгоритма вычисления модулярной суммы в двух подмодулях на основе простых арифметических операций. Выделены наиболее очевидные недостатки. Анализируются вычислительные структуры, реализующие положительные эффекты при использовании подмодулей.

Ключевые слова: система остаточных классов, вычисление в подмодулях.

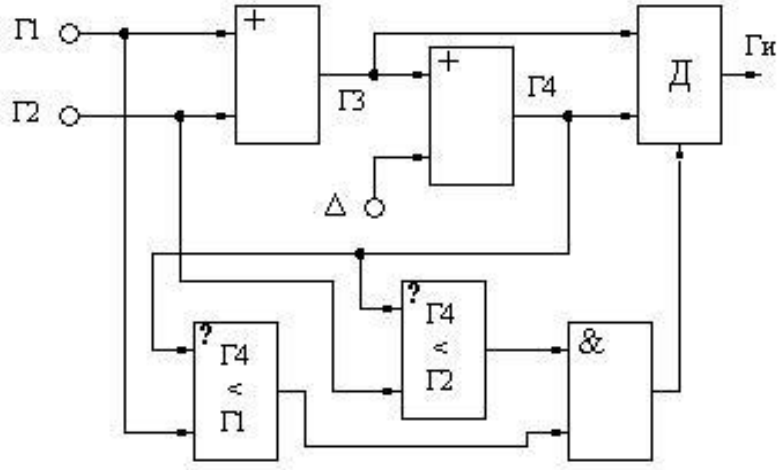
Abstract. The paper presents an analysis of the algorithm for calculating the modular sum in two submodules based on simple arithmetic operations. The most obvious disadvantages are highlighted. Computational structures that implement positive effects when using submodules are analyzed.

Keywords: residue number system, calculation in submodules.

Развитие цифровых средств вычисления упирается в фундаментальные ограничения применяемых полупроводниковых материалов как в тактовой частоте, так и в технологических возможностях. Последнее выражается, например, в отсутствии на сегодняшний день полнофункциональной номенклатуры активных компонентов аддитивной электроники, где всё производство сконцентрировано на проектировании и синтезе слоев печатных плат [1]. Решить обозначенную проблему на некотором этапе может машинная арифметика в системе остаточных классов (СОК) [2] применительно к быстродействующим вычислительным методам и приборной базе [3-7]. Целью данной работы является анализ эффективности использования подмодулей в арифметических операциях.

Пусть даны два числа A1 и A2, представленные целыми остатками по основанию P: Г1 и Г2. Рассмотрим выполнение операции модулярного суммирования Г1 и Г2, представленных по двум меньшим взаимно простым подмодулям m1 и m2, таким что $P \leq M = m1 \cdot m2$. Пусть разница между исходным основанием и произведением двух подмодулей есть $\Delta = M - P$.

Искомый алгоритм вычисления суммы в подмодулях рассмотрим в виде следующей схемы набора дискретных функций, соединенных определенным образом:



Представленный на схеме алгоритм аналогичен в блоках и связях схеме сумматора, выполненного на базе простых электронных компонентов. Рассмотрим работу такого сумматора. На вход данного устройства подаются операнды в виде остатков в подмодулях m1 и m2, которые отображают значения вычетов Г1 и Г2 по модулю М. Здесь мы автоматически перешли от Р к М, но ошибки нет, т.к. $Р \leq М$, то:

$$\begin{cases} Г1 \bmod Р = Г1 \bmod М, \\ Г2 \bmod Р = Г2 \bmod М. \end{cases}$$

Одновременно стартовые вычеты поступают на вторые входы устройств сравнения, где и дожидаются вычисления Г4. Результатом начального суммирования в подмодулях является Г3 по модулю М, который подается на первый вход дешифратора (Д) и параллельно суммируется с Δ, реализуя значение Г4 по модулю М. После сравнения Г4 с Г1 и Г2 на выходе конъюнктора (&) формируется «0» или «1». В первом случае на выход устройства дешифратор пропускает Г3, во втором - Г4.

При изучении работы устройства необходимо помнить, во-первых, что почти каждая связующая линия (кроме выходов схем логики) аналогична по сути двум шинам, по которым передаются значения остатков в подмодулях, и во-вторых, функционирование проще отображать на основе вычетов по основному модулю М, поэтому на рис. 1 и присутствуют Г1, Г2, Г3 и Г4.

Запишем в математическом виде представленный алгоритм.

$$\begin{cases} Г3 = (Г1 + Г2) \bmod М, \\ Г4 = (Г3 + Δ) \bmod М, \\ Ги = Г3, \text{если } Г4 \geq Г1 \text{ и } Г4 \geq Г2, \\ Ги = Г4, \text{если } Г4 < Г1 \text{ и } Г4 < Г2. \end{cases}$$

Из данного выражения и схемы видно, что в процессе корректного определения результата необходимо осуществлять в разы больше операций, среди которых присутствуют и немодульные вычисления [8], а также использовать на порядок больше аппаратуры, поэтому естественным является отсутствие интереса к данной форме реализации суммы. Необходимы положительные технические эффекты, которые могли бы нивелировать обозначенные недостатки.

Исходя из критерия минимизации аппаратного обеспечения в работе Р. Н. Андреева и других [9] определено, что данная задача может быть решена на основе используемых для построения процессора оптимального набора модулей СОК, который представляет собой совокупность взаимно простых, близко расположенных целых чисел. Отсюда возникает идея реализовывать вычислительные устройства в виде трехуровневой системы, где на первом уровне – исходный модуль, на втором – подмодули как простые (взаимно простые) числа, перемножение которых дает значение исходного, а на третьем – типовой набор подмодулей m1, m2 и т.д., перемножение которых отвечает выражению $Р \leq М = m1 \cdot m2 \cdot \ldots \cdot m_n$, где Р –

любой подмодуль второго уровня. После выполнения операции полученный результат шифруется в код вычета по исходному модулю. Данное исследование показывает, что применение подмодулей в табличном исполнении процессора имеет положительный эффект как в сокращении аппаратных издержек, так и в унификации используемых блоков.

Одним из возможных вариантов осуществления вычислений в СОК является представление вычетов в виде дискретных состояний разницы фазы гармонических сигналов. Манипулирование задержкой фазы и выполнение аналогового перемножения с фильтрацией позволяет реализовать базовый набор арифметических операций [3-6]. Преимуществом такого подхода является применение гармонических сигналов вплоть до 100 ГГц, а для сверхпроводников – потенциально до 1 ТГц, при предельных тактовых частотах процессоров современных ЭВМ порядка 10ГГц. Первой областью внедрения предлагаемых высокоскоростных вычислительных структур в первую очередь видится измерительная аппаратура. Здесь возможна как реализация управляющих цепей в АЦП с обратной связью и подготовка выходящих данных, в соответствии с принципом «оперирования данными в СОК» [10], так и разработка отдельных устройств ЦАП [7; 11; 12]. Другой областью, на наш взгляд, является аддитивная электроника. Как отмечено в [1], послойное выращивание диэлектриков и проводников позволяет создавать элементы радиотехнических устройств. Добавив к имеющейся технологии способ нанесения магнитных материалов в едином процессе, потенциально возможно в ряде схем обойтись и без полупроводниковых приборов.

Таким образом, использование вычислительных устройств табличного типа, но на основе представления вычетов СОК дискретными фазами, позволяет соединить подходы как оптимального набора модулей, так и максимального быстродействия [13]. Рассмотренная в [9] трехуровневая система видится нам громоздкой, но вопрос применения только типовых подмодулей в вычислительном тракте еще следует досконально изучить.

Библиографический список

1. Фрайд, С. Перспективы развития аддитивного производства электроники / С.Фрайд, С. Шихов // Технологии в электронной промышленности. – 2020. – № 3(119). – С. 32-33. – EDN IFYRGE.

2. Акушский, И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах /И.Я.Акушский, Д.И.Юдицкий. – Москва: Сов. радио, 1968. – 440 с.

3. Анализ процессов обработки информации при использовании методов модулярной арифметики / А. С. Дубровин, В. П. Ирхин, Р. В. Кузьменко, В. А. Мельник // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2016. – № 4. – С. 59-66. – EDN ZCDCWZ.

4. Кожевников, А. А. Мультифункциональные арифметические устройства в остаточных классах / А. А. Кожевников // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 59-62. – EDN YYSUQH.

5. Кожевников, А. А. Арифметические вентили модулярных спецпроцессоров /А.А.Кожевников // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2018. – № 2. – С. 46-51. – EDN YSFEVA.

6. Кожевников, А. А. Синтез тональных устройств для умножения по модулю / А. А. Кожевников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – №3(76). – С. 65- 70. – EDN JYOINK.

7. Кожевников, А. А. Цифроаналоговые преобразователи с тональными трактами /А.А. Кожевников // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 2(54). – С. 73-77. – EDN DDTLIZ.

8. Ирхин, В.П. Особенности выполнения немодульных операций в системе остаточных кл ассов специальными микроконтроллерами в сетях телекоммуникаций / В. П. Ирхин, В. А. Мельник, Р. В. Кузьменко, А. В. Душкин // Проектирование и технология электронных средств. – 2015. – № 3. – С. 12-16. – EDN VBIQXZ.

9. Андреев, Р.Н. Оптимизация набора модулей непозиционного спецпроцессора / Р. Н. Андреев, В. П. Ирхин, В. А. Мельник [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 81-84. – EDN NULRKN.

10. Кожевников, А. А. Особенности принципов построения модулярных АЦП / А. А. Кожевников // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 86-88. – EDN HTSWCP.

11. Кожевников, А. А. Вариант модулярного ЦАП с тональными трактами / А. А. Кожевников // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 138-140. – EDN PYKYCS.

12. Кожевников, А. А. Модулярный ЦАП на основе расширения системы счисления /А. А. Кожевников // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 109-111. – EDN AGVVEG.

13. Патент № 2748743 C1 Российская Федерация, МПК G06F 7/72. Арифметическое устройство по модулю m : № 2020126387 : заявл. 05.08.2020 : опубл. 31.05.2021 / А. А. Кожевников, Н. Т. Хакимов, А. В. Иванкин ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина" Министерства обороны Российской Федерации. – EDN WXBNXD.

УДК: 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДНЫХ БРУСЬЕВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ СХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В.С. Красильников

Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде

Аннотация. Существующие устройства контроля схода подвижного состава имеют слабую защищенность контрольной электрической цепи от динамических воздействий, вызываемых колебаниями рельсошпальной решетки при прохождении подвижного состава, которые передаются через рельсошпальную решетку на несущую платформу и, далее, на датчики контроля, что приводит к ложному срабатыванию датчиков контроля. Статья посвящена поиску технических решений по размещению устройств, направленных на устранение влияния колебаний рельсов на работоспособность датчиков контроля. Целью исследования является разработка рекомендаций для создания эффективной конструкции платформы. Показано, что перспективным техническим решением является крепление устройства к закладным брусьям.

Ключевые слова: устройство контроля, подвижной состав, платформа, закладные брусья.

Abstract. Existing devices for monitoring the derailment of rolling stock have weak protection of the control electrical circuit from dynamic influences caused by vibrations of the rail-sleeper grid during the passage of the rolling stock, which are transmitted through the rail-sleeper grid to the carrier platform and, further, to the monitoring sensors, which leads to false triggering of the monitoring sensors. The article is devoted to the search for technical solutions for the placement of devices aimed at eliminating the influence of rail vibrations on the performance of monitoring sensors. The purpose of the study is to develop recommendations for creating an effective platform design. It is shown that a promising technical solution is to mount the device to the embedded bars.

Keywords: control device, rolling stock, platform, embedded bars.

Устройства контроля схода подвижного состава (УКСПС) состоят из датчиков контроля нижнего габарита, несущих платформ для размещения датчиков, узлов крепления платформы и контрольной электрической цепи. В статье проанализированы достоинства и недостатки технических решений для размещения УКСПС на платформе в виде штатной шпалы рельсошпальной решетки и на платформе в виде дополнительной шпалы, размещенной в межшпальном пространстве.

Платформы в виде закладных брусьев, прикрепленных к шпалам. Платформа в виде закладного бруса, расположенного в межшпальном пространстве и прикрепленного к шпале рельсошпальной решетки, была применена в УКСПС [1]. На рис. 1 показана схема расположения датчика контроля на закладном брусе.

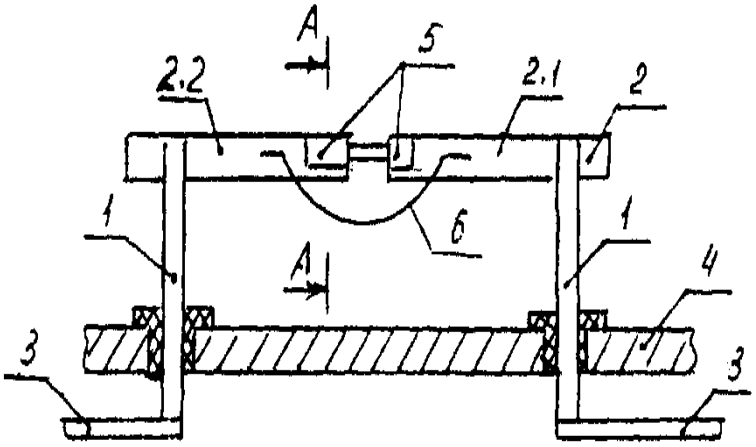


Рис. 1 - Схема расположения датчика контроля на платформе, выполненной в виде закладного бруса, расположенного в межшпальном пространстве [1], где
1- стойки, 2 - датчик контроля, 2.1, 2.2 - части датчика контроля, 3 - перемычки, 4 - платформа, 5 - узел сочленения, 6 - электропроводный элемент

Стойки 1 с датчиками контроля 2 соединены перемычками 3 и смонтированы на платформе 4 в виде закладного бруса. Платформа 4 расположена в межшпальном пространстве и прикреплена к шпалам рельсошпальной решетки. Две части датчика контроля 2.1 и 2.2 соединены узлом сочленения 5 и электропроводным элементом 6.

В [2] было представлено УКСПС, размещенное на несущей платформе в виде закладного бруса и с защитным отбойником для ограждения датчиков контроля от незначительных динамических ударов. Закладной брус прикреплен к двум соседним шпалам рельсошпальной решетки.

Недостаток этих платформ [1; 2] состоит в том, что закладные брусья передают колебания и вибрации рельсошпальной решетки от проходящих поездов на датчики контроля через механизмы крепления закладных брусьев к шпалам [3-5].

Платформы на закладных брусьях без крепления к рельсошпальной решетке. В ООО «ИнфоТех» были разработаны устройства контроля серии УКСПС-ПМ [6], предназначенные

для крепления как к деревянным, так и к железобетонным шпалам. Несущие платформы устанавливаются в межшпальном пространстве на закладном брусе (УКСПС-ПМ-02) или крепятся с помощью консолей к соседней шпале рельсошпальной решетки (УКСПС-ПМ-03). Устройства обоих исполнений 02 и 03 являются продолжением разработки УКСПС-ПМ-01 [7].

Несущая платформа устройства УКСПС-ПМ-02, устанавливаемого на закладном деревянном брусе без его крепления к рельсошпальной решетке [6], представлена на рис. 2.

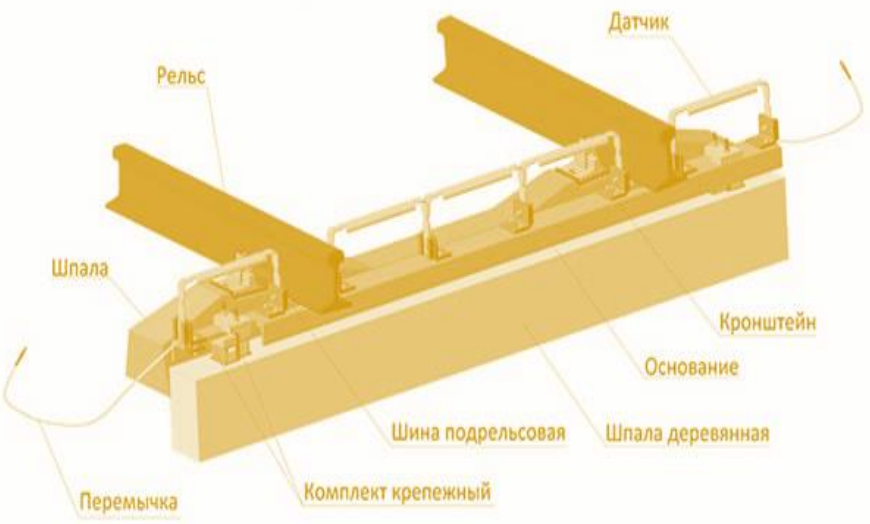


Рис. 2 - Общий вид устройства УКСПС-ПМ-02 с креплением основания (платформы) к закладному деревянному брусу [6]

Несущей платформой УКСПС-ПМ-02 является П-образное основание из армированного стеклопластика. Основание прикреплено к закладному брусу. Устройство имеет пять датчиков, установленных на основании посредством кронштейнов. Три датчика между рельсами соединены подрельсовыми шинами с двумя датчиками снаружи рельсовой колеи. По концам устройства имеются перемычки для соединения с концевыми муфтами.

Крепление платформы содержит шпильки, регулировочную подставку, установленную на закладном брусе, и регулировочные пластины, установленные между платформой и регулировочной подставкой.

Наличие регулировочных пластин и подставки в каждом соединении платформы и закладного бруса обеспечивает проведение регулировки положения платформы относительно плоскости головки рельса. Крепление платформы шпильками к закладному брусу исключает какие-либо деформации платформы при ее установке в пути.

В [8] несущая платформа УКСПС крепится к трем горизонтальным балкам, которые опираются на два закладных бруса, расположенные в соседних шпальных ящиках. Балки неподвижно соединены с закладными брусьями. Положение платформы регулируется с помощью регулировочных пластин между балками и платформой, а также между балками и закладными брусьями. Это исключает деформацию платформы при ее установке в путь. Однако, поскольку горизонтальные балки и регулировочные пластины изготовлены из жестких материалов (из металла), то вибрации и колебания от закладных брусьев при прохождении подвижного состава могут передаваться через горизонтальные балки на платформу и датчики контроля [9].

В [10] автором предложено расположение платформы для устройства контроля схода колёсной пары с рельсов (УКСКП) на одном закладном брусе, размещенном в межшпальном пространстве без крепления к рельсошпальной решетке (рис.3).

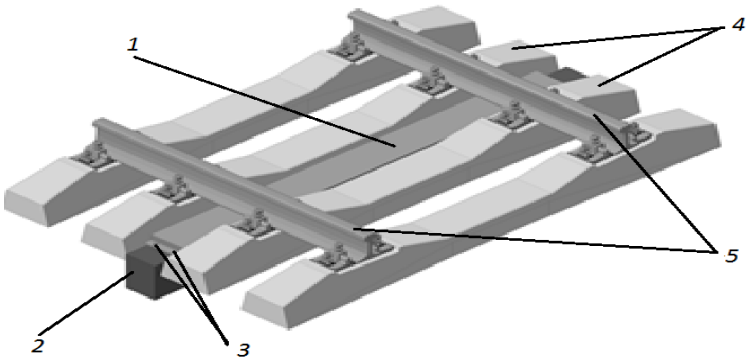


Рис. 3 - Схема расположения платформы УКСКП на закладном брусе в межшпальном пространстве [10], где 1 - корпус-платформа с датчиками и амортизатором, 2 - закладной брус, 3 - крепления, 4 – шпалы, 5 – рельсы

Корпус-платформа 1 с датчиками и амортизатором выполнена из полипропилена и закреплена на поверхности закладного бруса 2 с помощью креплений 3. Закладной брус 2 прямоугольного сечения выполнен из композитных материалов или дерева, расположен между шпалами 4 рельсошпальной решетки и заглублен в балластном слое верхнего строения пути. Поверхность корпуса-платформы 1 находится ниже уровня поверхности железобетонных шпал 4 в их среднем сечении. Датчики контроля помещены внутри корпуса-платформы 1. Корпус снабжен амортизатором, выполненным в виде пакета амортизирующих прокладок. Амортизатор размещен между корпусом-платформой 1 и закладным брусом 2, охватывает всю площадь платформы и гасит вибрации и колебания, которые могут передаваться от закладного бруса на датчики контроля при прохождении составов. Возможность изменения количества амортизирующих прокладок в пакете позволяет изменять положение поверхности корпуса-платформы 1 относительно уровня головки рельсов 5 и, благодаря этому, точнее выставлять по высоте положение датчиков контроля по отношению к нижнему габариту.

Все вышесказанное позволяет сделать следующие выводы:

1. Недостаток несущих платформ в виде закладного бруса с креплением к шпалам [1; 2] состоит в том, что закладной брус передает колебания и вибрации рельсошпальной решетки от проходящих поездов на датчики контроля через крепления закладного бруса к шпалам [3-5].

2. Благодаря платформам, установленным на закладных брусьях без их крепления к рельсошпальной решетке, в устройствах [6; 8] достигнуто снижение воздействия колебаний и вибраций на датчики контроля. Это удалось за счет того, что закладные брусья не контактируют ни со шпалами, ни с рельсами. Однако остаточные вибрации от подвижного состава могут передаваться через горизонтальные балки на несущую платформу и датчики контроля [9].

3. Применение амортизатора в УКСКП [10] между закладным брусом и несущей платформой позволяет погасить остаточные вибрации, передающиеся от закладного бруса на датчики контроля при прохождении составов. Поэтому несущая платформа [10] является более совершенной, она позволяет устранить недостатки рассмотренных устройств и, соответственно, сократить случаи ложного срабатывания УКСПС.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 63299 U1 Российская Федерация, МПК B60R 21/01. Устройство контроля схода подвижного состава : № 2005132013/22 : заявл. 18.10.2005 : опубл. 27.05.2007 / В. С. Фадеев, С. А. Изотов, А. И. Каменев [и др.]. – EDN XRICAJ.

2. Патент на полезную модель № 93748 U1 Российская Федерация, МПК B60L 3/00. Устройство контроля схода подвижного состава : № 2009128994/22 : заявл. 27.07.2009 : опубл. 10.05.2010 / М.Б. Зингер, С.С. Морозов; заявитель Предприятие ООО "Сектор".

3. Лобанов, А. Д. Установка фундаментной балки УКСПС на закладные брусья рельсового пути / А. Д. Лобанов, В. С. Красильников // Техника и технологии наземного транспорта : Материалы международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 15 декабря 2021 года. – Нижний Новгород: филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. – С. 83-87. – EDN ARBDYL.

4. Патент на полезную модель № 155788 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00, B60K 28/10, B60K 28/14. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов: №2015102034/11: заявл. 23.01.2015: опубл. 20.10.2015 / И. А. Зайцев, Е. С. Ерилин, Н. Г. Исайчев [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество "Российские железные дороги". – EDN DMSDOC.

5. Красильников, В. С. О тенденции развития напольных устройств контроля схода подвижного состава / В. С. Красильников // Эпоха путей сообщения: традиции, современность, перспективы : Материалы Международной научно-методической конференции , Оренбург, 21 октября 2021 года. – Оренбург: Самарский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 103-107. – EDN DGQDMX.

6. Устройство контроля схода подвижного состава на полимерном основании – УКСПС-ПМ. ООО «ИнфоТех». – URL: http://www.ntc-infotech.ru (дата обращения: 02.11.2022).

7. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки № 3168р, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2015 (в ред. распоряжения ОАО «РЖД» от 01.09.2016 № 1795р). - с. 93-94.

8. Патент на полезную модель № 153701 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00. Устройство крепления платформы устройства контроля схода подвижного состава : №2014134495/11 : заявл. 22.08.2014 : опубл. 27.07.2015 / В. С. Фадеев, О. В. Штанов, Н. М. Паладин. – EDN YUIDXM.

9. Красильников, В. С. Узлы крепления платформы для устройств контроля схода подвижного состава / В. С. Красильников // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 6. – С. 12-14. – EDN YFKQKV.

10. Патент на полезную модель № 185444 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00, B60K 28/10. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов : № 2018121492 : заявл. 13.06.2018: опубл. 05.12.2018 / В. С. Красильников, А. В. Фоминых; заявитель Акционерное общество "Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта". – EDN TBXSXZ.

УДК 656.25

НАДЕЖНОСТЬ УСТРОЙСТВ ЗАГРАЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ И ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

В.С. Красильников

Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде

Аннотация. Статья посвящена устройствам заграждения железнодорожных переездов и системам автоматической переездной сигнализации, которые служат для повышения безопасности на переезде. Устройства заграждения обеспечивают заграждение зоны переезда за счет специальных поднимающихся крышек на проезжей части автомобильной дороги. Рассмотрены возможности и недостатки известных устройств заграждения переездов и предложены рекомендации по созданию более надежного устройства заграждения. Недостатками переездной сигнализации является недостаточное обеспечение безопасности

при аварийной ситуации на переезде и применение фиксированной длины участка приближения. Для преодоления этих недостатков предложены меры повышения эффективности работы переездной сигнализации.
Ключевые слова: устройство заграждения, системы сигнализации, переезд, транспортное средство, подвижной состав.

Annotation. The article is devoted to the devices of railway crossing barriers and automatic crossing alarm systems, which serve to increase safety at the crossing. The barrier devices provide a barrier to the moving area due to special lifting covers on the carriageway of the highway. The possibilities and disadvantages of the known devices for crossing barriers are considered and recommendations for creating a more reliable barrier device are proposed. The disadvantages of the crossing alarm system are insufficient security in case of an emergency at the crossing and the use of a fixed length of the approach section. To overcome these shortcomings, measures to improve the efficiency of the crossing alarm system are proposed.
Keywords: barrier device, alarm systems, crossing, vehicle, rolling stock.

Предупреждение аварийных ситуаций на железнодорожных переездах крайне важно для обеспечения безопасности движения поездов. Технические устройства, обеспечивающие безопасность движения [1; 2], позволяют также снизить риски, связанные с опасными ситуациями на переездах [3]. Устройство заграждения переезда (УЗП) служит для обеспечения безопасности на железнодорожном переезде [4]. УЗП состоит из четырех заградительных устройств для автомобильных дорог (шириной до 10 м), или двух заградительных устройств для дорог (шириной 6 м); системы контроля свободности (СКС) зон поднимающихся крышек, устанавливаемых на фундаментах заградительных устройств [5]. УЗП обеспечивает заграждение зоны переезда, исключает въезд автотранспорта на огражденный переезд, обеспечивает возможность выезда транспортных средств из зоны переезда, оказавшихся там после ограждения переезда. Автоматическая переездная сигнализация работает совместно с УЗП и помогает снизить риски, связанные с опасными ситуациями на переездах [5].

1. Особенности работы устройств заграждения переездов

УЗП для ограждения переезда с датчиками наличия автотранспортного средства, установленными при подъезде к шлагбауму и связанными с блоком включения акустической сигнализации, описано в [6]. Данное устройство позволяет сигнализировать звуковым сигналом водителю автотранспортного средства и машинисту о нарушении на переезде, что способствует снижению аварийности.

Другое УЗП, содержащее блоки включения светофорной сигнализации и шлагбаума, блоки включения генератора кодовых сигналов рельсовой цепи участка приближения, блоки включения заградительного светофора, а также средство формирования аварийного сообщения, предлагалось в [7]. Кроме того, это УЗП содержит средства телефонной связи и средства радиосвязи для передачи сообщений дежурному по станции и машинистам поездов, приближающихся к переезду.

Известно также УЗП [8], содержащее заграждающие элементы в виде подпружиненных секций, связанных посредством приводных рычагов и механических передач с толкающими элементами электроприводов, ограничители, упоры и пульт управления. Это устройство предназначалось для предотвращения въезда автотранспорта на железнодорожный переезд при приближении к нему поезда.

2. Недостатки устройств заграждения переездов

В блоках устройств заграждения переезда [6; 7] отсутствуют автоматические средства для ускорения ограждения переезда и достоверный контроль исправности линий связи соединения со светофорами, что снижает надежность этих устройств. Устройство [8] оказалась ненадежно в работе, а его конструкция излишне усложнена датчиками положения. Для преодоления недостатков рассмотренных устройств заграждения переездов необходимо

повысить надежность их работы, а именно, включить в конструкцию автоматические средства, ускоряющие ограждение переезда.

Для штатного прохождения переезда поездом переезд при приближении поезда должен быть закрыт за некоторое время, называемое временем извещения, которое должно быть достаточно, чтобы автотранспорт был удален с переезда. Время извещения t_u для автоматического устройства переездной сигнализации [9] вычисляется по формуле:

$t_u = (t_1 + t_2 + t_3)$,

где t_1 - время, необходимое автомобилю для проследования переезда;

t_2 - время срабатывания аппаратуры ($t_2 = 2$ с);

t_3 - гарантийный запас времени ($t_3 = 10$ с).

Время извещения t_u принимают равным, не менее 40 с.

При закрытии переезда поезд должен находиться от него на расстоянии расчетной длины участка приближения:

$L_p = 0{,}28 \cdot V_{max} \cdot t_c$,

где V_{max} - максимальная установленная скорость движения поездов на данном участке (не более 140 км/ч).

Однако фактическая длина участка приближения $L_ф$ больше расчетной L_p, так как время извещения о приближении поезда соответствует моменту вступления головы поезда на соответствующую рельсовую цепь, а не моменту вступления на расчетную точку [9].

Известно также автоматическое устройство переездной сигнализации [10], в котором аппаратура питающего конца рельсовой цепи участка приближения включает датчик тока, выпрямитель, пороговый усилитель и безопасный динамический элемент, а аппаратура релейного конца рельсовой цепи участка приближения содержит источник электропитания, накопитель напряжения, генератор импульсов и ключ. Это устройство [10] содержит схему управления переездными светофорами, выход которой соединен с входами переездных светофоров, рельсовую цепь участка приближения к переезду, на котором имеется аппаратура питающего и релейного концов. Но это устройство недостаточно надежно в работе при увеличении длины участка приближения к переезду.

3. Недостатки устройств переездной сигнализации

Недостатком АПС является применение регламентной фиксированной длины участка приближения, рассчитанной из максимальной скорости поезда. Но, так как поезда следуют с меньшей скоростью, то поэтому переезд закрывается преждевременно, что вызывает простои автотранспорта. Еще одним недостатком АПС является несовершенная процедура обеспечения безопасности при аварийной ситуации на переезде (остановившаяся машина, упавший груз и т.д.) [9]. Устройство УПС [10] не надежно в работе при увеличении длины участка приближения к переезду.

Таким образом, для повышения надежности работы УЗП необходимо внести в их конструкцию автоматические средства для увеличения скорости ограждения переезда и для повышения достоверности контроля линий связи со светофорами. Исключение указанных недостатков позволит повысить эффективность работы устройств заграждения переезда в целом.

Для преодоления недостатков АПС требуется принять ряд следующих организационно-технических мер. Устранить недостаток, связанный с простоями автотранспорта у переезда, например, с помощью устройства измерения фактической скорости приближения поезда к переезду, формирующего команду на закрытие переезда с учетом этой скорости. Для обеспечения безопасности при аварийной ситуации на переезде необходимо применять устройства обнаружения препятствий на переезде и передачи этой информации машинисту локомотива. Задача обнаружения препятствий может быть решена с использованием специальных датчиков (оптических, ультразвуковых, индуктивных и др.). Повысить надежность работы АПС на длинных участках приближения поезда к переезду. Реализовать систему автоматического управления переездом независимо от направления движения поезда. Повысить достоверность контроля фактического проследования поезда.

Реализация указанных мер позволит повысить эффективность работы устройств переездной сигнализации и устройства заграждения переезда в целом.

Библиографический список

1. Седов, В. В. Системы оповещения обслуживающего персонала постов КТСМ / В. В. Седов, С. В. Сорокин, В. С. Красильников // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 9. – С. 50-52. – EDN FZZBGC.

2. Патент на изобретение № 2768095 C1 Российская Федерация, МПК B60T 7/12, B61H 11/02, B61H 13/00. Устройство остановки поезда при сходе колесной пары: № 2021132027: заявл. 01.11.2021: опубл. 23.03.2022 / В. С. Красильников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения". – EDN VCWXKE.

3. Патент на полезную модель № 155788 U1 Российская Федерация, МПК B61L 23/00, B60K 28/10, B60K 28/14. Устройство контроля схода колесной пары с рельсов: № 2015102034/11: заявл. 23.01.2015: опубл. 20.10.2015 / И. А. Зайцев, Е. С. Ерилин, Н. Г. Исайчев [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество "Российские железные дороги". – EDN DMSDOC.

4. Красильников, В. С. Блок базового контроля повышенной надежности для УЗП / В. С. Красильников // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 10. – С. 6-8. – DOI 10.34649/AT.2022.10.10.001. – EDN IAUNLP.

5. ОСТ 32.200-2002. Устройство заграждения железнодорожного переезда (УЗП). Общие технические условия. Утвержден и введен в действие Указанием МПС России от05 февраля 2003 г. № Р-95у.

6. Авторское свидетельство № 1801849 A1 СССР, МПК B61L 29/24. Устройство для ограждения железнодорожного переезда : № 4866746 : заявл. 14.08.1990 : опубл. 15.03.1993 / В. А. Шумейко. – EDN TQECTS.

7. Патент № 2137645 C1 Российская Федерация, МПК B61L 29/22, B61L 29/24. устройство для ограждения железнодорожного переезда : № 98106721/28 : заявл. 10.04.1998 : опубл. 20.09.1999 / Ю. А. Тюпкин, В. Б. Каменский, В. М. Абрамов ; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. – EDN TPZLZX.

8. Патент № 2066649 C1 Российская Федерация, МПК B61L 29/00, B61L 29/02. Устройство для ограждения железнодорожного переезда : № 92008470/11 : заявл. 26.11.1992 : опубл. 20.09.1996 / Г. Г. Галимов, Е. А. Потемкин, Н. П. Чех [и др.] ; заявитель Уральское отделение Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – EDN CPQXQK.

1. 9. ГОСТ Р 54898-2012. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных переездах. Требования безопасности и методы контроля. Дата введения 2013-01-01.

10. Патент № 2455185 C1 Российская Федерация, МПК B61L 29/24. устройство управления переездной сигнализацией : № 2010145608/11 : заявл. 09.11.2010 : опубл. 10.07.2012 / И. Г. Тильк, Р. В. Гнитько, Б. С. Сергеев ; заявитель Закрытое акционерное общество "Научно-производственный центр "Промэлектроника" (ЗАО "НПЦ "Промэлектроника"). – EDN ZGKDCP.

УДК 656.212

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДЕРЖЕК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ПОДХОДАХ К КРУПНЫМ РЕКОНСТРУИРУЕМЫМ СТАНЦИЯМ

Л.В. Куныгина
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В данной статье приведена методология оценки количества и величины задержек подвижного состава на подходах перед железнодорожной станцией, находящейся в процессе реконструкции. Обработка результатов моделирования представлена с использованием метода планирования эксперимента. Установлено общее количество оценок влияющих факторов, оказывающих воздействие на величину и продолжительность задержек. Предложенную концепцию необходимо использовать при моделировании и проектировании железнодорожных объектов.

Ключевые слова: технические станции, продолжительность задержек поездов, моделирование, планирование эксперимента, полнофакторный анализ, математическая модель объекта.

Abstract. This article provides a methodology for estimating the number and magnitude of rolling stock delays on approaches in front of a railway station that is in the process of reconstruction. Processing of simulation results are presented using the experiment design method. The total number of assessments of influencing factors affecting the magnitude and duration of delays has been established. The proposed concept should be used in the modeling and design of railway facilities.

Keywords: technical stations, duration of train delays, modeling, experiment planning, full-factor analysis, mathematical model of an object.

Изменение структуры и направления следования основных грузопотоков на сети поставило перед ОАО «РЖД» ряд проблем, связанных с пересмотром технологии и технического оснащения станций, участвующих в пропуске и переработке поездов. Многие сортировочные и участковые станции были ориентированы на значительно меньший поездопоток и нуждаются в серьезных реконструктивных мероприятиях. Реконструкция крупных железнодорожных объектов требует больших инвестиций и должна решаться поэтапно. Информационная база для исследования по данной проблеме опирается на работы и труды специалистов, среди которых С.С. Котельников, А.И. Иванков, Л.Н. Иванкова, Н.С. Козлов и многие другие.

Немаловажной технологической проблемой является организация работы полигона при реконструктивных мероприятиях на крупной распорядительной станции сети. Это вызывает необходимость отклонения транзитных поездопотоков на кружные направления, корректировку действующего плана формирования поездов, учет и корректировку участков обращения локомотивов и локомотивных бригад [1]. В случае частичной реконструкции станции, например, с закрытием части путей или приемо-отправочных парков, возникают аналогичные проблемы, связанные со сложностью пропуска поездов технических станций.

Для оценки возможности работы сортировочной или участковой станции с уменьшением емкости путевого развития необходимо предварительно устанавливать количество и продолжительность задержек поездов на подходах к таким станциям. Для этого потребовалось смоделировать работу участка и приемо-отправочного парка станции [2-3].

Моделирование является важным этапом, так как позволяет выделить взаимосвязь причин и факторов для принятия решений. Адекватность модели применительно к объекту исследования, как правило, лимитирована и зависит от общего итога моделирования.

Имитационная модель не учитывает всех свойств процесса и, как правило, является его абстракцией. Смысловое значение абстрагирования заключается в отвлечении от

некоторых незначимых факторов и выделение значимых. Факторный отбор осуществляется исходя из постановки задачи. К значимым факторам влияния в данном эксперименте относятся три основных фактора:

– величина грузового поездопотока;

– количество приемо-отправочных путей;

– продолжительность обработки поезда бригадами ПТО.

Задачей моделирования является определение количества и продолжительности стоянок грузовых поездов на подходах к станции в зависимости от величины поездопотока поездов, времени обработки поездов в техническом отношении, количества приемо-отправочных путей, куда может осуществляться прием поездов.

Обработка результатов моделирования осуществлялась методом планирования эксперимента. Посредством метода планирования эксперимента можно варьировать рядом факторов с целью получения общего количества оценок влияющих факторов. Данный метод позволяет достаточно эффективно решать многофакторные задачи [4-11]. Необходимо оптимизировать комбинацию влияющих независимых переменных, при которой выбранный показатель оптимальности принимает экстремальное значение. Рассмотрим это подробнее.

Математическая модель исследуемого объекта выражается полиномом n-степени, в виде отрезка ряда Тейлора (1.1):

$$y(x_1,\ldots,x_k) = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i \cdot x_i + \sum_{\substack{i.j=1,\\ i\neq j}}^{k} b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{\substack{i.j,u\\ i\neq j\neq u}}^{k} b_{iju} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_u + \sum_{i=1}^{k} b_{ii} \cdot x_i^2 + \ldots (1)$$

где b_0- свободный член;

b_i - линейные эффекты;

b_{ij}- эффекты парного взаимодействия;

b_{ii} – квадратичные эффекты;

b_{iju}- эффекты тройного взаимодействия.

Количество опытов при полном факторном эксперименте определяется формулой (2):

$$N_{фак.экпр.} = n^k \qquad (2)$$

При планировании эксперимента был использован полный факторный эксперимент 2^3.

При определении продолжительности задержек в парке технических станций, варьировались следующие величины: количество путей – 3-5; время обработки поезда – 40-80 мин; количество поездов – 40-70. Заявки на обработку поезда определены статистическим моделированием. Для каждого эксперимента расписание прибытия поездов в парк фиксировалось.

Матрица планирования полнофакторного эксперимента (таблица 1) выполняется для трех факторов и для этого вводится столбец с условной фиктивной переменной $x_0 = 1$.

Таблица 1 - Полный факторный эксперимент для трех факторов с фиктивной переменной

Номер опыта, №	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Выходной параметр, y
	z_1	z_2	z_3	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	3	40	40	+1	-1	-1	-1	0
2	3	40	70	+1	-1	-1	+1	144
3	3	80	40	+1	-1	+1	-1	124
4	3	80	70	+1	-1	+1	+1	466
5	5	40	40	+1	+1	-1	-1	0
6	5	40	70	+1	+1	-1	+1	0
7	5	80	40	+1	+1	+1	-1	0
8	5	80	70	+1	+1	+1	+1	247

$z_1^0 = \frac{3+5}{2} = 4;\ z_2^0 = \frac{40+80}{2} = 60\ ;\ z_3^0 = \frac{40+70}{2} = 55$

$\Delta z_1 = \frac{5-3}{2} = 1;\ \Delta z_2 = \frac{80-40}{2} = 20;\ \Delta z_3 = \frac{70-40}{2} = 15$

Проверка показала, что экспериментальные данные являются нормально распределёнными и однородными. Коэффициенты уравнения регрессии определены методом наименьших квадратов.

Линейные коэффициенты регрессии имеют вид:

$b_0 = \sum_{i=1}^{8} y_i = 1/8(144 + 124 + 466 + 0 + 0 + 0 + 247) = 122{,}625;$
$b_1 = \sum_{i=1}^{8} x_1 y_i = 1/8(-144 - 124 - 466 + 247) = -60{,}875;$
$b_2 = \sum_{i=1}^{8} x_2 y_i = 1/8(-144 + 124 + 466 + 247) = 86{,}625;$
$b_3 = \sum_{i=1}^{8} x_3 y_i = 1/8(144 - 124 + 466 + 247) = 91{,}625.$

Для расчёта коэффициентов парного взаимодействия, дополнительно составляется расширенная матрица полного факторного эксперимента (таблица 2).

Таблица 2 - Расширенная матрица планирования полного факторного эксперимента 2^3

Номер опыта, №	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	0
2	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	144
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	124
4	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	466
5	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	0
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	0
7	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	0
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	247

$$b_{12} = \sum_{i=1}^{8} x_1 x_2 y_i = 1/8(144 - 124 - 466 + 247) = -24{,}875;$$
$$b_{13} = \sum_{i=1}^{8} x_1 x_3 y_i = 1/8(-144 + 124 - 466 + 247) = -29{,}875;$$
$$b_{23} = \sum_{i=1}^{8} x_2 x_3 y_i = 1/8(-144 - 124 + 466 + 247) = 55{,}625;$$
$$b_{123} = \sum_{i=1}^{8} x_1 x_2 x_3 y_i = 1/8(144 + 124 - 466 + 247) = 6{,}125;$$

Распределение Фишера оценивает адекватность регрессивных моделей. Уравнение регрессии при осуществлении планирования трехфакторного эксперимента представлено в следующем виде:

$y(x_1,x_2,x_3)=122{,}625-60.875\cdot x_1+86.625\cdot x_2+91{,}625\cdot x_3-24{,}875\cdot x_1\cdot x_2-$
$29{,}875\cdot x_1\cdot x_3+55{,}625\cdot x_2\cdot x_3+6{,}125\cdot x_1\cdot x_2\cdot x_3.$

Y1=122,625+60.875-86.625·x_2-91,625-24,875-29,875+55,625-6,125=0

Y2=122,625+60.875-86.625+91,625-24,875+29,875-55,625+6,125=144

Y3=122,625+60.875+86.625-91,625+24,875 -29,875-55,625+6,125=124

Y4=122,625+60.875+86.625+91,625+24,875+29,875+55,625-6,125=466
Y5=122,625-60.875-86.625-91,625+24,875+29,875+55,625+6,125=0
Y6=122,625-60.875-86.625+91,625+24,875-29,875-55,625-6,125=0
Y7=122,625-60.875+86.625-91,625-24,875+29,875-55,625-6,125=0
Y8=122,625-60.875+86.625+91,625-24,875-29,875+55,625+6,125=247

В результате аналитических расчетов получена линейная математическая модель процесса.

Анализ вычислений показал, что наибольшее влияние на величину и продолжительность задержек поездов на подходах к станции оказывают величина поездопотока и продолжительность обслуживания, а наименьшее – количество свободных путей при условии, что увеличивается количество бригад ПТО в парке и, соответственно, увеличивается количество каналов обслуживания. Если количество бригад ПТО в парке не меняется, то количество и продолжительность задержек лавинообразно возрастает, и система перестает функционировать. Следует отметить, что сочетание второго и третьего факторов также сильно влияет на работу системы.

Таким образом, для обеспечения стабильной работы станции при закрытии части путей необходимо увеличивать количество бригад ПТО и сокращать время технического обслуживания, либо переносить эти операции на другие станции сети.

Библиографический список

1. Апатцев, В. И. Железнодорожные станции и узлы. В 2 частях. Часть 1 : Учебное пособие / В. И. Апатцев, Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 161 с. – EDN MVWWLB.

2. Куныгина, Л. В. Организация работы технических станций полигона на этапах реконструкции / Л. В. Куныгина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 112-116. – EDN RDYLGV.

3. Иванков, А. Н. Организация пропуска поездопотоков по полигону при реконструкции железнодорожных станций / А. Н. Иванков, Л. Н. Иванкова, Л. В. Куныгина //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2015. – № 2(46). – С. 165-169. – EDN TQULSF.

4. Иванков, А. Н. Определение задержек грузовых поездов на промежуточных станциях участка / А. Н. Иванков, Л. Н. Иванкова, М. В. Фуфачева // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 2(49). – С. 92-96. – EDN NDJXAV.

5. Иванкова, Л.Н. Оценка задержек поездов на подходах к реконструируемым станциям / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков, Л.В. Куныгина. – Деп. ВИНИТИ 18.01.2017. – № 9. – В2017.

6. Иванкова, Л. Н. Совершенствование схем и технологии работы решающих технических и грузовых станций Восточного полигона / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, Л. В. Куныгина // Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 10–11 февраля 2016 года. – Москва: Московский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 52-56. – EDN XVZXOX.

7. Котельников, С.С. Имитационное моделирование работы станции / С.С. Котельников, А.Н. Иванков // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2011. – Т.1. – №1. – С.82-86.

8. Иванкова, Л.Н. Учет задержек длинносоставных поездов под обгонами при выборе оптимальной этапности удлинения станционных путей / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков, М.В. Фуфачева //Железнодорожный транспорт. – 2008. – №2. – С.24-26.

9. Козлов, П. А. Исследование проектов развития железнодорожных станций и полигонов с помощью имитационного моделирования / П. А. Козлов, О. В. Осокин, В. С. Колокольников // Железнодорожный транспорт – 2018. – № 6. – С. 12-16. – EDN XPUIAH.

10. Иванкова, Л. Н. Учет задержек длинносоставных поездов под обгонами при выборе оптимальной этапности удлинения станционных путей / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванков, М. В. Фуфачева // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 2. – С. 24-26. – EDN IJOBNT.

11. Карасев, С. В. Оценка задержек поездов на железнодорожной сети методом моделирования в условиях случайного образования заявок на перевозку / С. В. Карасев, М. Е. Корягин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2(45). – С. 43-51. – EDN UZCUBQ.

УДК 625.142.44

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ ЦЕМЕНТОВАННОЙ СТАЛИ 20Х

А.А. Лукин
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Экспериментально подтверждено положительное влияние закалки с отдельного нагрева на структуру и свойства цементованной стали 20Х после цементации в твердом карбюризаторе. Установлено существенное влияние на структуру и свойства стали 20Х, упрочненной по различным режимам термообработки, исходного структурного состояния.

Ключевые слова: упрочнение, твердость, цементация, диффузионное превращение, микроструктура, отжиг, закалка.

Abstract. The positive effect of quenching with separate heating on the structure and properties of cemented steel 20X after cementation in a solid carburetor has been experimentally confirmed. A significant influence of the initial structural state on the structure and properties of 20X steel, hardened according to different modes of heat treatment, has been established.

Keywords: hardening, hardness, cementation, diffusion transformation, microstructure, annealing, quenching.

Повышение стойкости деталей прессового инструмента для изготовления изделий из огнеупорных материалов является достаточно важной задачей. Для плит прессформ, которые работают в условиях абразивного износа, в целях экономии вместо сталей типа Х12 в ряде случаев применяют цементуемые стали с упрочнением их химико-термической обработкой. В соответствии с действующими требованиями для обеспечения необходимой износостойкости прессформ твердость поверхности плит должна быть не менее 59 HRC. Вместе с тем на практике, отмечены случаи получения пониженной твердости рабочих поверхностей плит после ХТО. Возможные причины этого могут быть связаны как с нарушениями технологии упрочняющей обработки, так и с влиянием исходного структурного состояния и условиями предшествующих обработок.

С целью установления причин недостаточной стойкости рабочих элементов прессового инструмента и последующей корректировки существующих параметров упрочняющей обработки исследовали структуру и твердость плит прессформ, изготовленных из листовой стали 20Х после обработки в условиях действующего производства по

следующим режимам:

Режим 1. Цементация в твердом карбюризаторе при температуре 920-950ºС с выдержкой 10-12 часов, охлаждение на воздухе.

Режим 2. Закалка с цементационного нагрева после подстуживания до 870ºС.

Режим 3. Закалка с цементационного нагрева после подстуживания до 800ºС.

Режим 4. Обработка по режиму 2 + закалка с отдельного нагрева до 800ºС.

Изучение структуры образцов после обработки по режиму 1 позволило установить, что глубина цементованного слоя в целом отвечает требованиям (h ≥ 1,5 мм), однако наблюдается различная глубина слоя с разных сторон плит. При этом, на одной стороне плит глубина могла составлять 3…3,5 мм, а на другой – 1,5…1,6 мм. Причиной неоднородного насыщения может быть нерациональная укладка плит в ящике для цементации. Представленные данные измерения твердости свидетельствуют, что твердость после цементации составляла 35-45 HRC, а после обработки по режиму 2 находилась на уровне ~58 HRC, упрочнение по режиму 3 обеспечивает получение твердости 60-62 HRC, а по режиму 4 – 62-63 HRC.

Результаты рентгеноструктурных исследований позволяют предположить, что снижение твердости стали, закаленной с цементационного нагрева, может быть связано с повышенным содержанием остаточного аустенита в поверхностном слое, которое составило ~41%. При изучении структуры цементованного слоя после закалки с цементационного нагрева было выявлено наличие крупнозернистой структуры со средним размером зерна ~71,4±15 мкм. Проведение закалки с отдельного нагрева привело к получению более дисперсной структуры аустенита со средним размером зерна 10-17 мкм. Анализ частотных кривых распределения зерен аустенита по размерам показывает, что более мелкое и более равномерное зерно аустенита в цементованном слое формируется после двойной закалки.

В связи с тем, что плиты прессформ изготавливаются из листа, в том числе полученного и контролируемого прокаткой, в исходном состоянии металл характеризуется наличием развитой структурной полосчатости, которая полностью не устранилась даже после длительной выдержки при цементации. Формирование разнозернистой структуры аустенита в процессе цементации приводило к получению разнозернистой феррито-перлитной структуры металла сердцевины и переходной зоны после цементации и медленного охлаждения. В структуре были видны большие по размерам участки перлита, расположенные в полях дисперсной феррито-перлитной структуры. Это может служить свидетельством наличия очень крупных зерен аустенита в структуре стали перед диффузионным превращением.

Для того, чтобы дополнительно повлиять на структуру в исходном состоянии, перед цементацией проводили предварительные термические обработки - отжиг или закалку. Полный цикл упрочняющей термической обработки в этом случае включал следующие режимы:

Режим 5. Отжиг при 870ºС перед цементацией, цементация с последующим охлаждением на воздухе, закалка с отдельного нагрева от 800ºС.

Режим 6. Закалка от 870ºС перед цементацией, цементация с последующим охлаждением на воздухе, закалка с отдельного нагрева от 800ºС.

Исследование микроструктуры образцов после таких обработок позволило установить, что после режима 5 формируется разнозернистая структура крупноигольчатого мартенсита, а после обработки по режиму 6 мартенсит имел более мелкозернистое строение, что, очевидно, и способствовало получению более высокой твердости 61-63 HRC, чем после режима 5 – 59-60 HRC.

Таким образом, экспериментально подтверждено положительное влияние закалки с отдельного нагрева на структуру и свойства цементованной стали 20Х после цементации в твердом карбюризаторе. Установлено существенное влияние на структуру и свойства стали 20Х, упрочненной по различным режимам ХТО, исходного структурного состояния.

УДК 539.87

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ АЛЬФА-ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

О.А. Лукин
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В работе проведены испытания образцов, выполненных из сплава ВТ5-1КТ, в режиме растяжения при комнатной и криогенной температурах. Увеличение скорости деформации при комнатных температурах приводит к некоторому росту (примерно на 10%) прочностных характеристик материала. Установлено, что как при комнатной, так и при криогенной температуре сплав ведет себя как циклически разупрочняемый материал, обладающий высокой надежностью, и при любой температуре испытания сплав показал высокую чувствительность к надрезам.

Ключевые слова: прочность, усталость, упругость, пластичность, ударная вязкость, скорость деформации, температура, концентратор напряжения, криогенная температура.

Abstract. In the work, samples made of VT5-1KT alloy were tested in the stretching mode at room and cryogenic temperatures. An increase in the deformation rate at room temperatures leads to a certain increase (by about 10%) in the strength characteristics of the material. It was found that both at room and cryogenic temperatures, the alloy behaves as a cyclically softened material with high reliability and at any test temperature, the alloy showed high sensitivity to incisions.

Keywords: strength, fatigue, elasticity, plasticity, toughness, deformation rate, temperature, stress concentrator, cryogenic temperature.

При охлаждении материалов на изменение таких важных характеристик, как пределы прочности, усталости, показатели упругости и пластичности, ударная вязкость, дополнительно могут влиять концентрация напряжений, дефекты механической обработки, сварки и коррозионное воздействие рабочей среды.

Поэтому механические характеристики материала, определенные при испытаниях образцов, нельзя считать константами, так как их величины связаны в определенной мере с условиями нагружения, с формой и размерами образца. Только комплексная оценка и учет всех факторов могут позволить более полно оценить влияние холода на свойства конструкционных материалов.

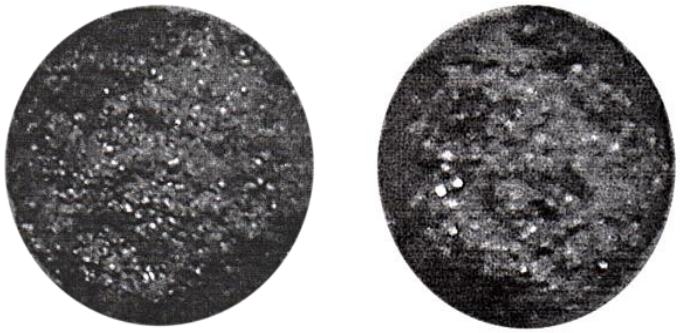
Поэтому целью данной работы являлось установление характера разрушения сплава ВТ5-1КТ в зависимости от скорости деформации, температуры и наличия концентратора напряжения.

Испытывались гладкие образцы, выполненные из сплава ВТ5-1КТ. Определялось влияние температуры, скорости деформации, и наличия поверхностного концентратора напряжений на характер разрушения сплава [1].

Анализ машинных диаграмм, полученных при комнатной температуре, показал, что при испытании гладких образцов повышение скорости деформации приводило к росту разрушающего усилия испытательной машины, то есть к упрочнению материала. При этом полная работа разрушения уменьшилась примерно на 30%. Увеличение скорости деформации также сопровождалось изменением соотношения составляющих работы разрушения. Так, при скорости деформации 10^{-1} $с^{-1}$ A_p занимала 30% от полной работы разрушения, а при скорости 10^2 $с^{-1}$ – более 50%.

Это нашло свое отражение и на внешнем виде разрушенных образцов, показавших сильную локализацию деформации в шейке со слабо выраженным двухчашечным изломом рис. 1 (а, б), однако поверхность излома после разрушения с большой скоростью деформации показывает более вязкий характер разрушения с более крупными фасетками скола, чем при малой скорости (рис. 2).

Рис. 1 – Внешний вид гладких образцов после разрушения:
а) Т = 20°С, скорость деформации 10^{-1} $с^{-1}$; б) Т = 20°С, скорость деформации 10^{2} $с^{-1}$;
в) Т = -196°С, скорость деформации 10^{-1} $с^{-1}$; г) Т = -196°С, скорость деформации 10^{2} $с^{-1}$



а б

(×10)
Рис. 2 – Фрактография поверхности изломов гладких образцов после разрушения
при Т = 20°С: а) скорость деформации 10^{-1} $с^{-1}$; б) скорость деформации 10^{2} $с^{-1}$

Результаты измерений параметров образцов после их разрушения, их статические и механические характеристики занесены в таблицу 1.

Таблица 1. Механические свойства цилиндрических образцов при 20°С

Скорость деформации	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b МПа	S_k МПа	δ, %	ψ, %	$А_З$, %	$А_Р$, %
10^{-1}	844	905	1234	17	25	70	30
10^{2}	922	1037	1233	17	25	46	54

Из приведенных в таблице данных видно, что при комнатных температурах увеличение скорости деформации образцов не влияло на величины S_k, δ, ψ, но приводило к некоторому росту (примерно на 10%) прочностных характеристик $\sigma_{0,2}$ и σ_b. Материал показал достаточный уровень надежности ($\sigma_{0,2}$ /$\sigma_в$ >> 70%) и проявил себя как циклически разупрочняемый сплав ($\sigma_в$ /$\sigma_{0,2}$ < 1,2).

Из анализа машинных диаграмм были определены прочностные характеристики исследуемого сплава при температуре минус 196°С. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Механические свойства сплава ВТ5 - 1кт

Скорость деформации	$\sigma_{0,2,}$ МПа	σ_b МПа	S_k МПа	δ, %	ψ, %	$A_З$, %	$A_Р$, %
10^{-1}	1270	1380	1520	12	9	99	1
10^{2}	1268	1384	1523	14	11	57	43

Из таблицы видно, что снижение температуры испытаний до криогенной повышает прочностные и снижает пластические характеристики, но с ростом скорости деформации это влияние уменьшается [2].

Таким образом, в результате эксперимента было установлено:

- скорость деформации практически не влияет на прочностные характеристики сплава;
- изменение скорости деформации не значительно влияет на простые механические свойства, однако заметно меняет соотношение между составляющими работы разрушения;
- как при комнатной, так и при криогенной температуре сплав ведет себя как циклически разупрочняемый материал, обладающий высокой надежностью;
- при любой температуре испытания сплав показал высокую чувствительность к надрезам.

Библиографический список

1. Чечулин, Б.Б., и др. Титановые сплавы в машиностроении / Б.Б.Чечулин. С.С. Ушков, И.Н. Разуваева и др.; под ред. Б.Б. Чечулина. - Ленинград: Машиностроение, 1997. - 248 с.

2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. - Москва: Машиностроение, 1999. - 528 с.

УДК 629.3:621.3

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

В.В. Малахова, О.В. Малахов, А.А. Афанасьев

ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», г. Луганск

Аннотация. В статье приведен ретроспективный анализ полупроводниковых материалов, применявшихся ранее и используемых в настоящее время в качестве основы компонентов силовой автомобильной электроники. Определены перспективные направления развития полупроводниковых материалов применительно к транспортному приборостроению.

Ключевые слова: транспорт, автомобильный генератор, силовой ключ, выпрямительный диод, полупроводник.

Abstract. The article presents a retrospective analysis of semiconductor materials that were previously used and are currently used as the basis of components of power automotive electronics. Promising directions for the development of semiconductor materials in relation to transport instrumentation have been identified.

Keywords: transport, automobile generator, power switch, rectifier diode, semiconductor.

Применение электронных систем для выполнения функций автоматического регулирования и управления процессом преобразования химической энергии топлива в механическую энергию в двигателях внутреннего сгорания транспортных средств с уверенностью может рассматриваться как одно из важнейших средств улучшения топливной экономичности и увеличения энергоэффективности транспортных средств.

На начальном этапе развития транспортного машиностроения состав электрооборудования автомобиля ограничивался световым оборудованием, системами зажигания и зарядки аккумуляторной батареи (АКБ). По мере развития электроники с появлением доступных силовых полупроводниковых компонентов начинается бурный рост, повсеместное внедрение в состав транспортных средств [1].

В современных автомобилях силовые полупроводниковые компоненты находят широкое применение в системах управления впрыском топлива с помощью электрических форсунок, выпрямителях и электронных регуляторах напряжения генераторов [2].

Силовые полупроводниковые ключи и диоды управляют исполнительными устройствами в автомобиле. От того, насколько эффективно они будут работать, напрямую зависит экономичность и энергоэффективность автомобиля. Их производство – одно из направлений постоянного поиска новых перспективных материалов и схемотехнических решений.

Силовые электронные компоненты, выполненные на основе перспективного полупроводника нитрида галлия (GaN), в сравнении с традиционными кремневыми (Si) и карбид-кремневыми (SiC) структурами, имеют большую скорость переключения, более качественные параметры переходных процессов, устойчивее работают в условиях нагрева.

Цель данного исследования – выявление современных тенденций применения различных полупроводниковых структур в составе элементной базы выпрямителей автомобильных генераторов и силовых цепях систем управления топливными форсунками. Устанавливалось, чем обусловлено стремление применять более совершенные материалы, причины смены кремниевых диодов на GaN полупроводники и какие это дает преимущества.

Изобретение в середине XIX века двигателя внутреннего сгорания (ДВС) позволило использовать ДВС в качестве силового агрегата самодвижущихся транспортных средств – автомобилей.

И только век спустя, в 1947 году, с появлением на свет первых полупроводниковых транзисторов начинается эпоха разработки и внедрения в автомобилестроение различных электронных систем на их основе. Это позволило существенно уменьшить размеры устройств управления, перейти от механического способа управления различными узлами и системами автомобиля к электронному.

Выпрямительные диоды находят применение в цепях выпрямления переменного напряжения, вырабатываемого генератором (рис. 1), а также для защиты силовых ключей от пробоя токами самоиндукции при коммутации исполнительных устройств с индуктивным характером нагрузки [3].

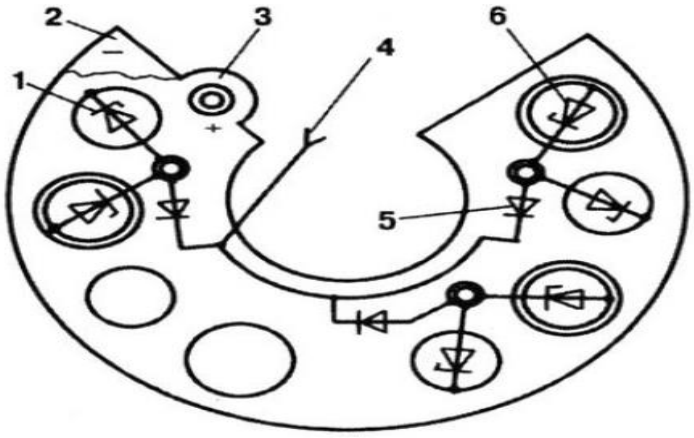


Рис. 1 – Электрическая схема выпрямительного блока автомобильного генератора:
1 – силовой диод положительной полярности; 2 – монтажная пластина (отрицательная);
3 – монтажная пластина (положительная); 4 – вывод диодов обмотки возбуждения;
5 – диод обмотки возбуждения; 6 – силовой диод отрицательной полярности

Рассмотрим основные параметры выпрямительных и импульсных диодов соотносительно используемым в их конструкции полупроводниковым материалам.

Германий (Ge). Широкое применение германия в качестве полупроводника на заре развития автомобильной электроники в 40-60-х годах прошлого столетия было обусловлено отсутствием сколько-нибудь приемлемой альтернативы. Существовавшие в то время селеновые выпрямители значительно уступали практически по всем параметрам, а технологии производства кремниевых (Si) диодов не выходили за рамки лабораторных исследований [4].

Потребление тока электрическими цепями автомобиля было минимальным, нагрузка генератора составляла от 10 до 25А. Итак, первыми полупроводниками, используемыми в конструкции автомобиля, были диоды на основе германия, применяемые в генераторах постоянного тока в качестве выпрямителей. Замена генераторов постоянного тока на электрические машины переменного тока позволили за счет исключения коллекторного узла существенно уменьшить габариты и увеличить надежность работы генератора. На рис. 2а, приведена вольт-амперная характеристика (ВАХ) диода, выполненного на основе германия.

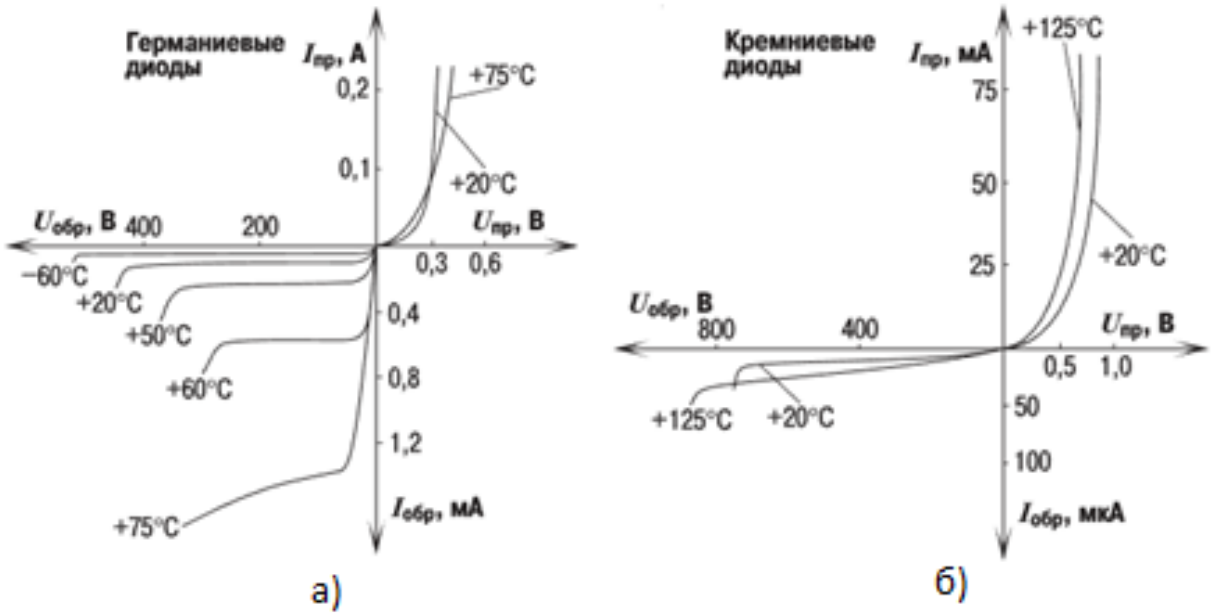


Рис. 2 – Вольт-амперные характеристики: а – германиевого; б – кремниевого диодов

Как видно из графика на рис.2а, чем меньше температура кристалла, тем меньше обратный ток и выше напряжение пробоя, а также прямое падение напряжения.

Положительные стороны применения германиевых полупроводников:

- малое прямое падение напряжения 0,3 .. 0,6В;
- максимальное обратное напряжение может достигать 400В.

Недостатки, свойственные выпрямительным диодам, выполненным на основе германия:

- германий достаточно редкий химический элемент, его запасы в природе ограничены;
- узкий диапазон рабочих температур 20 .. 60^0С, что достаточно сложно обеспечить в моторном отсеке автомобиля;
- большой обратный ток и его увеличение в 2 раза на каждые 10^0С температуры кристалла;
- сложность в производстве.

Примерно с начала 70-х годов прошлого столетия германиевые полупроводниковые компоненты силовой автомобильной электроники активно вытесняются новыми электронными приборами, выполненными на основе кремния (Si). Его запасы в природе

практически не ограничены. Это один из самых распространенных элементов на Земле, содержание его в земной коре составляет 29,5% [8].

Кремний (Si) применяется в интегральных микросхемах, транзисторах, диодах. Верхняя граница рабочего диапазона температур достигает плюс 125^0C. В настоящее время из данного материала изготавливается до 80% всех полупроводниковых компонентов [5].

Вольт-амперная характеристика кремниевого выпрямительного диода приведена на рис. 2б. Замена германия на кремний позволила увеличить обратное напряжение до 1000В (в отличие от 400В для германия), на порядок уменьшить обратный ток (50мкА по сравнению с германиевым 500мкА), предельная температура кремниевого p-n перехода возросла до плюс 135^0C, по сравнению 60^0C для германия. К недостаткам следует отнести увеличение прямого падения напряжения на p-n переходе до 0,8 .. 1,2В (в сравнении с 0,3 .. 0,6В для германия).

Среди положительных сторон применения кремниевых диодов в автомобилестроении следует отметить низкую себестоимость и стабильность параметров при повышенных температурах кристалла. К недостаткам следует отнести повышенное прямое падение напряжения до 1,2В и практически достижение предела возможностей для дальнейшего развития.

Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния (SiC) начали применяться в автомобильной промышленности сравнительно недавно [6]. Обладают более высокой верхней границей рабочих температур (до 200^0C), 2 раза лучшей, чем у кремния, теплопроводностью.

Основное ограничение для применения – это высокая стоимость, неспособность кратковременно выдерживать критические перегрузки, а также деградация кристалла в процессе работы, как следствие – увеличение обратного тока [7].

В конце 90-х годов прошлого столетия силовая электроника достигла предела возможностей использования кремневых полупроводников. Дальнейшее совершенствование конструкции и технологии изготовления уже не приносило существенного улучшения параметров электронных компонентов.

Эксперименты с различными химическими соединениями позволили получить такой перспективный материал, как нитрид галлия (GaN). Основной проблемой реализации схемотехнических решений является то, что в нормальных условиях GaN p-n переход находится в открытом состоянии. В одной из своих работ И.А. Кочетов и Н.В. Омельченко приводят одно из решений данной проблемы.

Перспективы применения GaN полупроводников в автомобилестроении обусловлены высокой верхней границей частотного диапазона, что позволяет существенно снизить тепловыделение в процессе коммутации.

Сравнение основных характеристик применяемых полупроводниковых материалов (см. таблицу) дает основание полагать, что выпрямительные диоды, выполненные на основе GaN кристаллов, обладают рядом преимуществ в сравнении с иными применяемыми полупроводниками.

Таблица «Основные характеристики выпрямительных диодов, выполненных на основе Si, SiC, GaAs, GaN»

Наименование параметра		Si	SiC	GaN	GaAs Hyperfast
Обратное напряжение, U_{rpm}, В		600	600	600	600
Прямой ток $I_F(T_j = +25^0\text{C}), A$		8	8	8	8
Прямое напряжение U_F $(I_F = I_{Fmax})$, В	$T_j = +25^0$C	1,5	1,5	1,6	<1,3
	$T_j = +150^0$C	1,3	1,9	-	
Заряд обратного восстановления $Q_{\text{гг}}$, нК	$T_j = +25^0$C	100	21		10
	$T_j = +150^0$C	200	21		
Время обратного	$T_j = +25^0$C	40	10	30	5

восстановления$\tau_{гг}$, нс	$T_j = +150^0$C	80	10	-	
Емкость перехода C_j, пФ	$T_j = +25^0$C	100	440	>500	8
	$T_j = +150^0$C	14	40	-	6
Максимальная температура перехода T_j ^{0}C		+175	+200	+125	+250

Таким образом, применение перспективных материалов позволяет применять новые технологические решения для совершенствования систем автомобиля, повышения топливной экономичности, увеличения энергоэффективности транспортных средств. Применение все большего количества электронных систем в автомобиле увеличивает нагрузку на генератор и бортовую сеть. Дополнительная нагрузка ложится на систему впрыска топлива, силовые ключи и диоды управления электрическими форсунками. Обеспечивать электроэнергией все системы автомобиля – задача генератора, а за бесперебойную работу двигателя отвечает система впрыска топлива. Для их стабильной и качественно работы в условиях увеличения нагрузок необходимо постоянно совершенствовать применяемые материалы:

– германий – применение в современных автомобилях ограничено, скорее относится к исторической ретроспективе;

– кремний – в настоящее время имеет широкое применение в автомобилестроении, однако резерв для совершенствования электронных компонентов на его основе и улучшения рабочих характеристик на сегодня практически исчерпан;

– карбид кремния – относительно новый материал, имеет перспективу применения в будущем, в настоящее время скорее имеет исследовательский интерес;

– нитрид галлия – перспективный материал, в настоящее время вышел из стадии лабораторных исследований и активно внедряется в автомобилестроении, находит широкое применение в силовой электронике и технике высоких и сверхвысоких частот.

Библиографический список

1. Демидов, А. А. Современные и перспективные полупроводниковые материалы для микроэлектроники следующего десятилетия (2020-2030 гг.) / А. А. Демидов, С. Б. Рыбалка //Прикладная математика & Физика. – 2021. – Т. 53, № 1. – С. 53-72. – EDN VDWWCF.

2. Обзор конструкций тяговых аккумуляторных батарей, применяемых на шахтных электровозах / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Захаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 2. – С. 109-118. – EDN YMLFKJ.

3. Луканин, В. Н., Шатров М. Г. Двигатели внутреннего сгорания. – Москва: Высш. школа, 2007. - 400 с. - EDN QNTPS.

4. Войтович, В. Si, GaAs, SiC, GaN – силовая электроника. Сравнение, новые возможности / В. Войтович, А. Гордеев, А. Думаневич // Силовая электроника. – 2010. – №28. – С. 4-10. – EDN LOVFUO.

5. Анализ характерных неисправностей и количественных показателей по отказам электрического оборудования электровоза ВЛ80т / К. А. Рябко, Е. В. Рябко, В. А. Пьяникин, А. В. Кочев // Наука и технологии: Сборник научных трудов ДОНИЖТ. – 2018. – № 51. – С. 85-91. – EDN YUVGWT.

6. Ryabko, K. A. Explosion protection of batteries for mining suspended monorail locomotives / K. A. Ryabko // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Кемерово, 23–25 ноября 2021 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – Р. 126-61-126-6. – EDN RXQIEY.

7. Обжерин, Е. Силовые модули на карбиде кремния компании Infineon / Е. Обжерин // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2009. – № 7(97). – С. 22-25. – EDN OCANHX.;

УДК 621.313.2

ФОРМИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ВСТРЕЧНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ

Г.М. Мамедов
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Рассматривается вопрос формирования динамики контуров регулирования систем автоматического управления посредством гибких положительных и жестких отрицательных обратных связей с целью обеспечения определенного быстродействия и колебательности переходных процессов.

Ключевые слова: управление, системы, связь, функция, датчик, коррекция, оптимизация, контур.

Abstract. The issue of forming the dynamics of control circuits of automatic control systems by means of flexible positive and rigid negative feedbacks in order to ensure a certain speed and oscillation of transients is considered.

Keywords: management, the system, connection, function, sensor, correction, optimization, contour.

Возрастающий объем внедрения тиристорного автоматизированного электропривода в системах автоматического управления электроподвижного состава влечет за собой повышение требований к статическим и динамическим характеристикам тиристорных выпрямительно-инверторных преобразователей.

Одним из направлений совершенствования систем автоматического управления является оптимизация систем управления преобразователями в рамках заранее заданных жестких структур. Решение задачи сводится к определению параметров изменяемой части системы из условия полного удовлетворения технических требований с приоритетом в отношении динамических показателей системы управления. Цель данной статьи – рассмотреть некоторые аспекты возможности оптимизации динамики системы автоматического управления.

Для анализа и оценки схемы коррекции взят типовой элемент контура автоматизированного электропривода, состоящий из двух последовательно соединенных инерционных звеньев. Одно из этих звеньев (тиристорный преобразователь напряжения) представлено в режиме непрерывного тока инерционным звеном с коэффициентом передачи $K_{\text{п}}$ и постоянной времени $T_{\text{п}}$, а второе – с постоянной времени $T_{\text{обм}}$ обмотки электрического двигателя, например, обмотка якоря, ротора или обмотка возбуждения.

Структура электрического двигателя рассмотрена с известными допущениями [1]. К такой схеме может быть сведена в первом приближении обмотка электродвигателя, получающая питание от тиристорного преобразователя.

Коррекция (формирование) динамики контура регулирования тока осуществляется посредством обратных связей с помощью активно-индуктивного дифференцирующего моста, в состав которого входит обмотка электродвигателя, динамику в цепи которой необходимо скорректировать.

Два плеча мостового датчика составляют резисторный делитель напряжения питания электродвигателя $R_1 - R_2$, а двумя другими служит рабочая обмотка (якоря, ротора, возбуждения) двигателя с последовательно подключенным к ней добавочным резистором $r_{\text{д}}$ [3; 5].

В работах [3; 5] рассмотрены вопросы оптимизации контура тока только с использованием гибкой положительной обратной связью, обеспеченной мостовым датчиком.

Сигнал на выходе мостового датчика определяется выражением:

$$U_{\text{м}}(p) = \left[\frac{R_2}{R_1+R_2} - \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}}+r_{\text{д}}}\right] U_{\text{п}} + \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}}+r_{\text{д}}} \cdot L_{\text{обм}} \cdot I(p), \quad (1)$$

где $L_{\text{обм}}$ – индуктивность обмотки двигателя;

$r_{\text{обм}}$ – активное сопротивление обмотки;

$r_{\text{д}}$ – добавочный резистор или активное сопротивление добавочных полюсов двигателя;

$I(p)$ – операторный ток контура регулирования [2; 3].

Охватим ранее названные два инерционных звена гибкой положительной обратной связью по току, сигнал которого получается с помощью дифференцирующего моста. Передаточная функция этого моста, если в качестве входного сигнала рассматривать ток рабочей обмотки двигателя, имеет вид:

$$W(p) = \frac{u_{\text{м}}(p)}{I_{\text{обм}}(p)} = \beta_{\text{м}} \cdot r_{\text{обм}} \cdot T_{\text{обм}} \cdot p, \quad (2)$$

где $u_{\text{м}}$ – сигнал на выходе моста;

Т - постоянная времени обмотки двигателя;

$\beta_{\text{м}}$ – коэффициент моста.

С учетом выражений (1) и (2) структурная схема контура регулирования тока управления представлена на рис. 1.

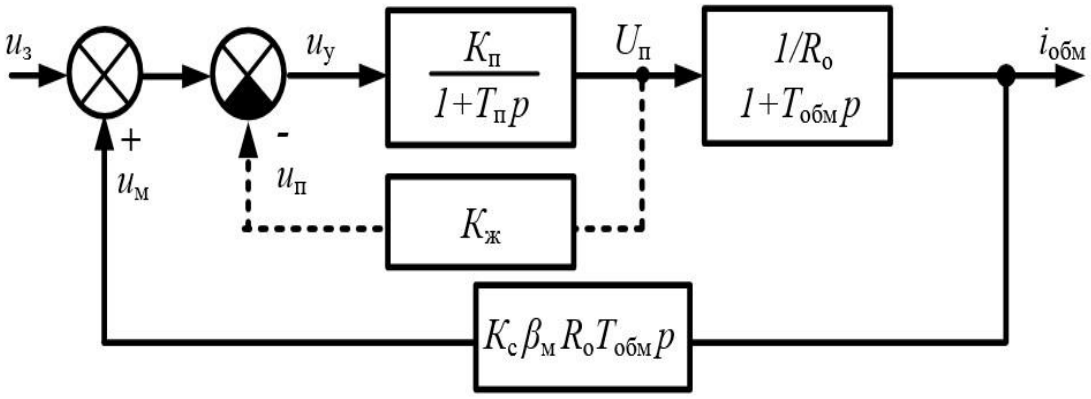


Рис. 1 - Структурная схема скорректированной системы управления контура тока ($K_{\text{с}}$ – коэффициент настройки обратной связи; $R_{\text{о}} = r_{\text{обм}} + r_{\text{д}}$– полное активное сопротивление силовой цепи (суммарное эквивалентное активное сопротивление цепи выпрямленного тока))

Свернув приведенную структурную схему, получим передаточную функцию замкнутого контура с гибкой положительной обратной связью в виде:

$$W(p) = \frac{K_{\text{п}}/R_{\text{о}}}{T_{\text{п}}T_{\text{обм}}p^2+[T_{\text{п}}+T_{\text{обм}}(1-K_{\text{г}})]\cdot p+1}, \quad (3)$$

где $K_{\text{г}} = K_{\text{с}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \beta_{\text{м}}$ – коэффициент настройки (глубины) обратной связи [5].

В быстродействующих системах автоматического регулирования, динамика которых описывается уравнениями второго порядка, переходные характеристики при соразмерных значениях постоянных времени $T_{\text{п}}$ и $T_{\text{обм}}$ и определенных значениях коэффициента $K_{\text{г}}$ в соответствии с выражением (3) могут иметь колебательный характер, характеризуемый

коэффициентом демпфирования ξ и частотой свободных (недемпфированных) колебаний ω_0 [7].

Названные коэффициенты определяются соответственно равенствами:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{п}} \cdot T_{\text{обм}}}} = \frac{1}{T_{\text{обм}}}\sqrt{\frac{1}{\tau}}, \qquad \xi = \frac{T_{\text{п}} + T_{\text{обм}}(1 - K_{\text{г}})}{2\sqrt{T_{\text{п}} \cdot T_{\text{обм}}}} = \frac{\tau + 1 - K_{\text{г}}}{2\sqrt{\tau}}. \qquad (4)$$

где $\tau = \frac{T_{\text{п}}}{T_{\text{обм}}}$, из которых видно, что появляются широкие возможности в формировании динамики регулируемых контуров.

Из выражений (4) определяется значение коэффициента положительной гибкой обратной связи, величина которого ограничивается величиной демпфирования для определения необходимых значений параметров настройки регулируемого контура, но используют различные критерии:

$$K_{\text{г}} = \frac{1}{T_{\text{обм}}}\left(T_{\text{п}} + T_{\text{обм}} - \sqrt{2T_{\text{п}}T_{\text{обм}}}\right) = 1 + \tau - \sqrt{2\tau}\,, \qquad (5)$$

В инженерной практике для обеспечения заданного качества быстродействия или перерегулирования применяется так называемый модульный оптимум.

При модульном критерии оптимизации переходный процесс характеризуется значениями коэффициента демпфирования $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$, величиной перерегулирования $\sigma = 4{,}3\%$, временем достижения максимума величины регулирования $t_m = 4{,}44/\omega_0$ и временем нарастания $t_{1\text{н}} = 3{,}33/\omega_0$ [4].

Поставив значения коэффициента $K_{\text{г}}$ в выражение передаточной функции контура тока (3), получим функцию в виде, присущем модульному оптимуму

$$W(p) = \frac{K_{\text{п}}/R_{\text{о}}}{2T_{\mu}^2 p^2 + 2T_{\mu}\, p + 1}, \qquad (6)$$

где T_{μ} – эквивалентная постоянная времени, определяющая время нарастания регулируемой величины $t_{1\text{н}} = 4{,}7T_{\mu}$, определяемая как:

$$T_{\mu} = T_{\text{п}}\sqrt{\frac{T_{\text{обм}}}{2T_{\text{п}}}} = \frac{\sqrt{2T_{\text{п}}T_{\text{обм}}}}{2} \qquad (7)$$

и характеризующая динамические свойства контура регулирования тока с заданным перерегулированием.

В результате длительность переходного процесса (его динамика) не зависит от постоянных времени контура регулирования $T_{\text{п}}, T_{\text{обм}}$ и определяется только малой постоянной времени T_{μ}.

При необходимости эффективность коррекции и быстродействие системы управления могут быть повышены и доведены до нужных значений введением дополнительной жесткой отрицательной обратной связи по напряжению источника питания (тиристорного преобразователя). Это целесообразно с точки зрения стабилизации его характеристик.

Для получения жесткой отрицательной обратной связи по напряжению питания контура регулирования не обязательно создавать дополнительный контур. Для этого необходимо разбалансировать датчик производной за счет перераспределения сопротивлений R_1 и R_2, вместо условия $\frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}}+r_{\text{д}}} = \beta_{\text{м}}$ [5] обеспечить неравенство $\frac{R_2}{R_1+R_2} < \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}}+r_{\text{д}}}$, чтобы в результате в выходном сигнале мостового датчика появилась составляющая, пропорциональная напряжению питания.

В результате сигнал на выходе мостового датчика определяется выражением:

$$U_{\text{м}}(p) = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}} + r_{\text{д}}}\right] U_{\text{п}} + \frac{r_{\text{д}}}{r_{\text{обм}} + r_{\text{д}}} \cdot L_{\text{обм}} \cdot I(p) =$$

$$= -\beta_{\text{ж}} \cdot U_{\text{п}} + \beta_{\text{м}} \cdot L_{\text{обм}} \cdot I(p), \qquad (8)$$

где $\beta_{\text{ж}} = \beta_{\text{м}} - \beta_{\text{н}}$; $\beta_{\text{н}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Составляющая $\beta_{\text{м}} \cdot U_{\text{п}}$ на структурной схеме (рис. 1) показана в виде обратной связи пунктиром.

Сворачивая схему с учетом указанной связи, получим передаточную функцию замкнутого контура регулирования в виде:

$$W(p) = \frac{K_{\text{п}}/R_0}{T_{\text{п}} T_{\text{обм}} p^2 + [T_{\text{обм}}(1 + K_{\text{ж}} - K_{\text{г}}) + T_{\text{п}}] \cdot p + K_{\text{ж}}}. \qquad (9)$$

Частота свободных колебаний ω_0 и коэффициент демпфирования ξ на основании выражения (9) определяются из формулы:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1 + K_{\text{ж}}}{T_{\text{п}} \cdot T_{\text{обм}}}} = \frac{1}{T_{\text{обм}}} \sqrt{\frac{1 + K_{\text{ж}}}{\tau}}, \qquad (10)$$

где $\tau = \frac{T_{\text{п}}}{T_{\text{обм}}}$;

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{T_{\text{п}} + T_{\text{обм}}(1 + K_{\text{ж}} - K_{\text{г}})}{\sqrt{(1 + K_{\text{ж}}) T_{\text{п}} \cdot T_{\text{обм}}}}. \qquad (11)$$

Приведенные выражения отражают зависимость между коэффициентами жесткости $K_{\text{ж}}$ и гибкой $K_{\text{г}}$ обратной связи, соблюдение которой обеспечит заданные качество и быстродействие переходного процесса.

Сравнивая между собой значения для выражений (4) и (10), видно, что в последнем случае за счет $K_{\text{ж}} \neq 0$ можно поднять частоту свободных колебаний и следовательно повысить ее быстродействие. Соответствующим выбором коэффициентов обратной связи в широких пределах можно регулировать быстродействие контура регулирования, сохраняя при этом перерегулирование процессов в пределах заданных норм.

При настройки контура регулирования по модульному критерию $\left(\xi = \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ коэффициент $K_{\text{г}}$ гибкой обратной связи при заданном значении $K_{\text{ж}}$ определяется, согласно выражению (11), равенством:

$$K_{\text{г}} = \frac{1}{T_{\text{обм}}} \left[T_{\text{п}} + T_{\text{обм}}(1 + K_{\text{ж}}) - \sqrt{2(1 + K_{\text{ж}}) T_{\text{п}} T_{\text{обм}}}\right]. \qquad (12)$$

Подстановкой равенства (12) в выражение (9) получена передаточная функция оптимизированного по модульному критерию контура, выраженная в стандартной (типовой) форме:

$$T_{\mu} = \sqrt{\frac{T_{\text{п}} T_{\text{обм}}}{2(1 + K_{\text{ж}})}} = \frac{\sqrt{T_{\text{обм}}}}{2 T_{\text{п}}(1 + K_{\text{ж}})}. \qquad (13)$$

Значение, эквивалентное постоянной времени T_μ , получается в сравнении с выражением (7) в $\sqrt{1+K_ж}$ раз меньше, чем в системе регулирования с одной гибкой обратной связью.

Выражение (13) является ключевым для определения, исходя из условий нужного быстродействия системы, необходимого значения коэффициента жесткой обратной связи:

$$K_ж = \frac{T_п \cdot T_{обм}}{2T_\mu^2} - 1. \qquad (14)$$

Подставив полученное значение $K_ж$ в формулу (12), определяем необходимое для модульного критерия значение коэффициента гибкой обратной связи $K_г$.

Изложенный материал получил экспериментальную проверку (подтверждение) на натуральной установке автоматизированного электропривода постоянного тока.

На рис. 2 представлены осциллограммы переходных характеристик регулируемого контура тока, иллюстрирующие практическую реализацию рассмотренного метода оптимизации процессов возбуждения электродвигателя с постоянной времени $T_{обм} = 0{,}75\ с$, с тиристорным преобразователем с эквивалентной постоянной времени $T_п = 0{,}025\ с$.

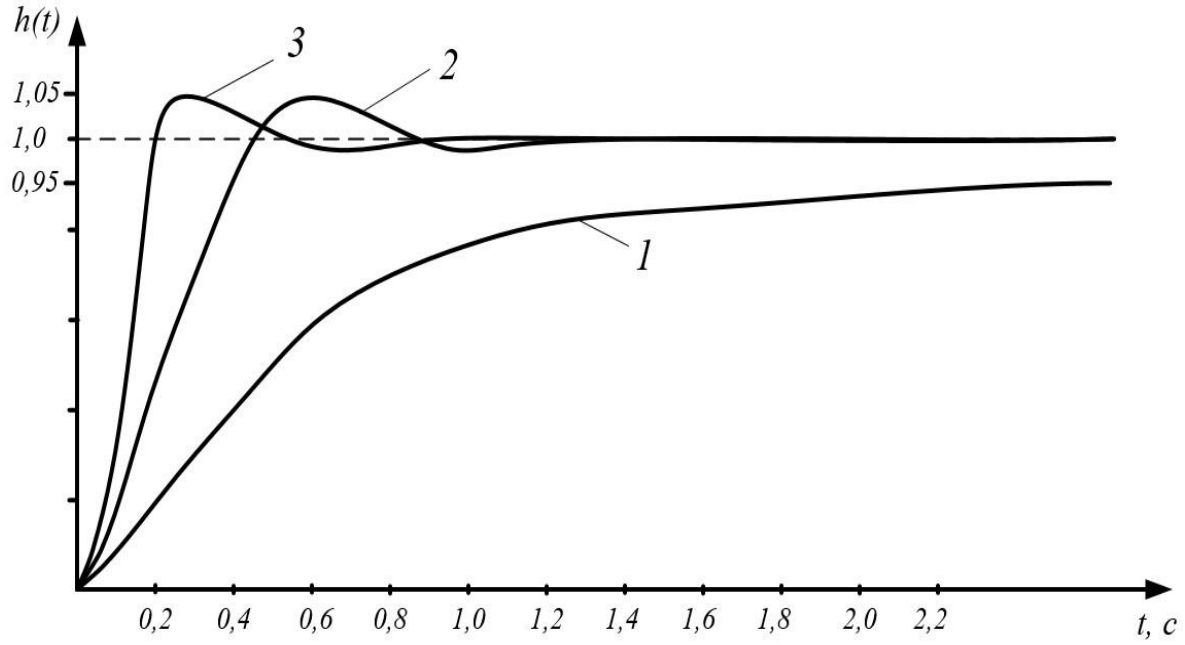


Рис. 2 - Переходные характеристики контура регулирования тока

Кривая 1 показывает переходные процессы в разомкнутом контуре регулирования (без обратных связей), без коррекции контура.

Кривая 2 показывает переходные процессы в контуре регулирования оптимизированного только одной положительной гибкой обратной связью при расчетном значении $K_г = 0{,}775$, а кривая 3 возможна при наличии гибкой положительной обратной связи с коэффициентом $K_г$ и жесткой обратной связью с коэффициентом $K_ж$ при расчетных значениях $K_г = 4{,}5$ и $K_ж = 4$.

Введение дополнительной жесткой обратной связи расширяет диапазон регулирования быстродействия с сохранением заданного перерегулирования, что иллюстрируется кривой 3.

Как видно из переходных характеристик 2 и 3, при одинаковой величине перерегулирования не более 5% время нарастания, характеризующее быстродействие для кривой 2, при наличии только положительной гибкой обратной связи составляет t = 0.45 с. Для кривой 3 при наличии положительной гибкой обратной связи и отрицательной жесткой

обратной связи время нарастания составляет t = 0.2 с., что положительно характеризует введение в систему регулирования отрицательной жесткой обратной связи.

Таким образом, приведенные числовые параметры контура регулирования тока соответствуют настройке, оптимизированной по модульному критерию системы регулирования. Полученные результаты показывают эффективность рассмотренной методики оптимизации системы регулирования и позволяют получать быстродействия процессов с любыми наперед заданными показателями.

Библиографический список

1. Лебедев, Е.Д., Неймарк, В.Е., Пистрак, М.Я. и др. Управление вентильными электроприводами постоянного тока. / Е.Д. Лебедев, В.Е. Неймарк, М.Я. Пистрак и др.– Москва: «Энергия», 1970.

2. Слежановский, О.В. Реверсивный электропривод постоянного тока /О.В.Слежановский. – Москва: «Металлургия», 1977.

3. Мамедов, Г.М. Устройства формирования сигналов коррекции в системах автоматического регулирования / Г.М. Мамедов. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТРАНСПРОМЭК 2020). Труды международной научно-практической конференции. Секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» – Воронеж: Филиал РГУПС в г. Воронеж, 2020 – с.146-150. – EDN TYILXH.

4. Башарин, А.В., Новиков, В.А., Соколовский, Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Ленинград: Энергоиздат, 1982.

5. Мамедов, Г.М. К расчету устройств автоматического регулирования с встречно-параллельным корректирующим устройством / Г.М. Мамедов. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России. Труды научно-практической конференции. – Воронеж: филиал РГУПС в г.Воронеж, 2021. – с.91-95. – EDN IJGTCK.

6. Башарин, А.В., Голубев, Ф.Н., Кепперман, В.Г. Пример расчетов автоматизированного электропривода. / А.В. Башарин, Ф.Н. Голубев, В.Г. Кепперман. – Ленинград: Энергия, 1982.

7. Чиликин, М.Г., Ключев, В.И., Сандлер, А.С. Ч-61. Теория автоматизированного электропривода: Учебное пособие для вузов. / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. – Москва: Энергия, 1979.

УДК 656.21+06

ЛОКОМОТИВЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НАЗВАННЫЕ В ЧЕСТЬ ИЗВЕСТНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКОВ

А.И. Навичонок

Учреждение образования «Минский государственный колледж железнодорожного транспорта имени Е.П. Юшкевича», г.Минск

Аннотация. В статье рассматривается исторически сложившаяся традиция называть локомотивы в честь известных людей, в том числе железнодорожников, внесших вклад в развитие железной дороги.

Ключевые слова: локомотив, Белорусская железная дорога, тяговый подвижной состав.

Abstract. The article discusses the historically established tradition of naming locomotives after famous people, including railway workers who contributed to the development of the railway.

Keywords: locomotive, Belarusian railway, traction rolling stock.

В наше время невозможно представить мир без железной дороги, которая огромной сетью растянулась по всему миру и по которой каждый день по расписанию мчатся поезда. Пассажирские и грузовые, во главе которых почти всегда стоит локомотив. Локомоти́в – это железнодорожный тяговый подвижной состав (паровоз, тепловоз, электровоз), предназначенный для ведения по железнодорожным путям поездов и отдельных вагонов.

Не история делает человека, а человек историю. Имена великих и известных миру или стране людей зачастую становятся нарицательными, в их честь называют стадионы, улицы, площади, проспекты, станции метро и др. объекты. Не стала исключением и железная дорога, на которой стали появляться «именные» локомотивы.

Традиция давать паровозам имена появилась еще в XIX веке. И они уже не воспринимались такими грозными и бездушными машинами. Каждый такой локомотив словно оживал, становился ближе и понятнее пассажирам (рис.1).

Рис. 1 – Паровоз «Иосиф Сталин», СССР

Разнообразие названий поражает. Причем вначале единого принципа присвоения того или иного имени не было. К примеру, нередко паровозам давали названия городов: «Берлин», «Москва», «Париж». А иногда рек: «Двина», «Ока», «Волга», «Дон». Порой учитывали привязку к местности, по которой проходила дорога. Встречались названия, которые никак не связаны с географией. На разных магистралях можно было увидеть локомотивы «Могучий», «Быстрый», «Проворный», «Атаман», «Казак».

Первые паровозы для Царскосельской железной дороги в 1836 году России поставили Англия и Бельгия. Они получили личные служебные «имена»: «Стрела», «Богатырь», «Россия», «Слон», «Орел», «Лев». В 1851 году завод «Шарп-Стюарт» построил три машины для Российской империи. Их назвали «Стрельня», «Александр» и «Константин». Паровозы завода «Кесслер» получили наименование «Алексей» и «Каролина». В 1856 году Лейхтенбергский завод выпустил «Петербург» и «Петергоф».

В 1858 году на российских дорогах появилась «Екатерина». Еще через год завод «Шарп-Стюарт» для Риго-Динабургской дороги поставил паровозы «Лифляндия», «Николай», «Дерпт», «Александр II», «Меркурий», «Витебск», «Курляндия», «Рига», «Динабург».

В 1860 году на участке стальной магистрали, расположенном на территории современной Финляндии, курсировали локомотивы «Алутар», «Суоми», «Вуома», «Туули».

Завод «Борзиг» для Одесско-Балтской дороги построил машины «Мангейм-Эльзас», «Бандеры», «Балта». В 1865-1867 появились «Надежда», «Ораниенбаум», «Александр».

В 1861-1869 завод «Кайль» выпустил паровозы «Россия», «Москва», «Рязань», «Тамбов», «Саратов», «Ока», «Волга», «Проня», «Павел», «Мария», «Кремль», «Быстрый», «Меркурий», «Проворный», «Воля».

В 1865-1867 завод «Зигль» для Варшаво-Тереспольской дороги построил паровозы «Варшава», «Прага» и «Луков»; в 1868 году для Козлово-Воронежской дороги поставил локомотив «Князь Трубецкой» и для Воронежско-Донецкой – «Козлов», а в 1869-м – «Толстой», «О.Поляков».

В 1867-1868 завод «Шнейдер» поставил на Орлово-Витебскую дорогу паровозы «Шереметьев», «Потемкин», «Ока», «Днепр», «Десна», «Двина»; в 1868-м для Грязе-Царицынской дороги – «Барон Дельвиг», «Мельников», «Потапов», «Князь Волконский»; в 1871 году для Борисоглебско-Царицынской магистрали поступили паровозы «Данилов», «Козлянинов», «Барон Штейнгель», «Бернацкий», «Крылов».

В 1866-1868 завод «Кесслер» поставил Одесско-Балтской дороге паровозы «Азов», «Миргород», «Омела», «Вознесенск», «Тула», «Прут».

Сегодня это может показаться удивительным, но в позапрошлом веке было обычной практикой называть паровозы в честь чиновников, влиятельных должностных лиц. К примеру, не обошли вниманием министров путей сообщения. Один из них – Павел Мельников. Еще в 1835 году вышел в свет его академический труд – книга «О железных дорогах», в которой были доказаны экономическая целесообразность и техническая возможность строительства стальных магистралей в России. В 1865 году генерал-лейтенант Павел Мельников возглавил вновь учрежденное Министерство путей сообщения. За время его управления ведомством сеть железных дорог страны увеличилась на 7062 км. Он также стал автором первых в России технических условий проектирования станций. В 2014 году на станции Шумилино Белорусской магистрали открыли памятник этому выдающемуся человеку.

После 1878 года вновь вводимым в эксплуатацию паровозам «имена» уже не присваивали. Выпускаемые российскими и советскими заводами локомотивы имели буквенные серии.

Так, построенный в 1906 году Харьковским заводом паровоз типа 1-4-0 в 1912 году получил серию Щ, позднее появились его модернизации $Щ^{П}$, а также $Щ^{Ч}$. Объективно говоря, серия Щ была присвоена в честь инженера и конструктора Николая Щукина. Такие локомотивы ласково называли «щуками». Всего было выпущено 2028 таких машин, они долгое время работали и на территории современной Беларуси.

Паровоз типа 0-4-0 начали выпускать российские заводы в 1880-х гг., он получил серию $О^{Д}$ (с парораспределительным механизмом Джоя). В последующие годы локомотив модернизировали, в результате появились серии $О^{В}$ (кулиса Вальсхарта), $О^{П}$ (с пароперегревателем), $О^{У}$ (усиленный) и т.д. Всего было выпущено 9129 машин всех разновидностей. С поступлением в депо серии $О^{В}$ машинисты стали ласково называть их «овечками», хотя многие имели другой индекс (не «В»), а паровоз серии $О^{К}$ стал «окунем».

Стоит вспомнить и паровоз серии С. Мощной машине типа 1-3-1 Коломенского завода, спроектированной Константином Сушкиным, присвоена серия $С^{У}$ (Сормовский усиленный). Железнодорожники с теплотой называли их «сушками» – то ли по первым буквам фамилии конструктора, то ли по буквенной серии. С 1912 года стали выпускать грузовые паровозы типа 0-5-0, получившие серию Э. До 1916 года таких построили 1528 единиц. Затем для СССР были выпущены паровозы этого типа в Швеции и Германии, получившие серии $Э^{Ш}$ и $Э^{Г}$. В процессе эксплуатации серию Э реконструировали, на дорогах появились $Э^{Р}$ (реконструированный), $Э^{У}$ (усиленный), $Э^{м}$ (модернизированный) и т.д. В послевоенное время паровозы $Э^{Р}$ строили для СССР на заводах Румынии, Венгрии, Чехословакии, Польши. И несмотря на различные индексы, паровозники называли машину «эмка» или «эмочка», хотя не все имели индекс «М».

Созданным в СССР локомотивам нередко давали буквенные серии по фамилиям вождей. Так, из заводских цехов вышли паровозы СО (Серго Орджоникидзе), ФД (Феликс Дзержинский), ИС (Иосиф Сталин).

А вот послевоенный скоростной паровоз типа 2-4-2 ушел на дороги с заводской серией – П36. Но за особенную окраску и внушительный вид его называли «генералом».

С 1926-го по 1929 год было построено 100 мощных трехцилиндровых пассажирских паровозов, получивших серии М и МР (реконструированный). Эти локомотивы водили пассажирские составы на южном направлении – вплоть до Севастополя. Машинисты депо Саратов дали ему ласковое имя «Маруся», а депо Джанкой – «Маяк» и «Маяк революции».

Серия Л появилась от начальной буквы фамилии главного конструктора Льва Лебедянского. В среде машинистов паровоз ласково называли «лебедянкой» (но никак не «лебедь», как иногда встречается в разных источниках).

Построенные на американских заводах паровозы типа 1-5-0 (серии ЕЛ и ЕФ) паровозники назвали «Еленой» и «Ефимом». А еще один американский локомотив типа 1-4-0 серии $Ш^{А}$ (Ш – американский), имевший вместо свистка колокол, в народе прозвали «Шариком». Трофейный немецкий военный паровоз серии 52, который много лет после войны трудился на дорогах Беларуси (потом его переименовали в ТЭ) машинисты нередко именовали по-немецки – «фрау» (в переводе – «женщина»).

Скоростные трофейные машины типа 2-3-1 серии О3 с тремя цилиндрами, эксплуатировавшиеся в депо Брест и водившие пассажирские поезда от города над Бугом до Берлина в первые послевоенные годы, называли «тройками» – то ли потому, что они были оснащены тремя цилиндрами и таким же количеством ведущих колес, то ли в честь известного выражения Николая Гоголя о птице-тройке [1].

В настоящее время в Республике Беларусь, увековечивая память известных железнодорожников – тружеников «стальной магистрали», внесших значительный вклад в развитие Белорусской железной дороги и не только, локомотивы называют в их честь.

Согласно официальным данным Белорусской железной дороги на данный момент в стране существует 19 «именных» локомотивов:

Тепловоз ТЭП70-384 «Евгений Володько».
Электропоезд ЭР9ТМ-801 «Евгений Володько».
ТЭП70-379 «Константин Заслонов».
Тепловоз 2ТЭ10М-3137 «Василий Князев».
ЧМЭЗ-7112 «Сергей Коваленко».
ТЭП60-631 «Василий Козлов».
ТЭП70-428 «Гавриил Котяш».
ЧС4т-600 «Александр Ладутько».
Тепловоз «Николай Макаров».
ЧМЭЗ-6925 «Николай Новицкий».
ТЭП60-835 «Владимир Окороков».
ТЭП60-630 «Петр Румянцев».
ТЭП70-214 «Владимир Сарнов».
ТЭП70-314 «Сергей Чебриков».
ЭР9Т-700 «Николай Чепик».
ЧМЭЗ-2597 «Аким Чумаков».
Дизель-поезд ДР1Б-505 «Елена Чухнюк».
Электровоз ЧС4Т-592 «Евгений Павлович Юшкевич».
ТЭП70БС-080 «Владимир Яцкевич».

Обо всех этих людях можно подробно узнать в Книге памяти Белорусской железной дороги [2].

Остановимся более подробно на локомотиве ЧС4т-600 «Александр Ладутько», названном в честь учащегося Минского государственного колледжа железнодорожного транспорта имени Е.П.Юшкевича, выпускника 1982 года.

Александр Викторович Ладутько родился 22 апреля 1964 в с.Рованичи Червенского района Минской области. С 1982 по 1983 год учился в СПТУ № 34 г.Минска (так ранее назывался колледж). До призыва в Вооруженные силы Советского Союза работал помощником машиниста в локомотивном депо белорусской столицы.

В апреле 1983 года Александра призвали в армию. Служить его направили в знаменитый 345-й отдельный гвардейский парашютно-десантный полк в Афганистане, г.Баграм, где он с июля 1983 года исполнял интернациональный долг в войсковой части 53701. Неоднократно принимал участие в боевых операциях, действовал смело, инициативно и умело. В ночь на 5 сентября 1984 года во время непрерывного обстрела батареи он вел огонь прямой наводкой и геройски погиб. За мужество и отвагу Александр Ладутько посмертно награжден орденом Красной Звезды, медалью «Воину-интернационалисту от благодарного афганского народа», белорусской медалью «В память 10-летия вывода советских войск из Афганистана».

Постановлением № 25/16 от 15 марта 1988 года электровоз ЧС4^{Т}-600 назван «Александр Ладутько» и приписан к локомотивному депо Минск. Работает в пассажирском движении в направлении Брест-Минск-Орша (рис.2).

Рис. 2 – А.В. Ладутько и электровоз ЧС4^{Т}-600 «Александр Ладутько», названный в его честь

В Минске в средней школе № 139 (проспект Рокоссовского, 63, корпус 1) и учреждении образования «Минский государственный колледж железнодорожного транспорта имени Е.П. Юшкевича» оборудованы уголки памяти воина-интернационалиста [3], который в неимоверно трудных условиях боевой жизни, вдали от дома, ежечасно подвергаясь смертельной опасности, сохранил верность военной присяге, воинскому и человеческому долгу.

Таким образом, Белорусская железная дорога продолжает славную традицию прошлого, называя локомотивы именами и не забывает железнодорожников, которые внесли неоценимый вклад в развитие «стальной магистрали» как своим трудом, так и славными подвигами в жизни. Это еще один способ напомнить современникам о людях, которые оставили в истории отрасли и всей страны добрую память. Хотелось бы, чтобы эта замечательная традиция продолжалась.

Библиографический список

1. Что в имени тебе моем? – URL: http://xpress.by/2021/03/13/chto-v-imeni-tvoem/ (дата доступа: 15.03.2023).

2. Книга Памяти. Их именами названы. – URL: https://history.rw.by/persons /memorybook/#/page/727 (ата доступа: 14.03.2023).

3. Выпускники воины-интернационалисты. Александр Викторович Ладутько. –URL: http://ptk-zht.minsk.edu.by/main.aspx?guid=97861 (дата доступа: 15.03.2023).

УДК 517.956.223

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ С СИНГУЛЯРНОСТЬЮ

Ф.О. Найдюк
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается задача колебания одномерной струны с сингулярностью. Приводится метод сведения рассматриваемой задачи к более простым, хорошо изученным, с особенностями на концах, т.е. краевым задачам.

Ключевые слова: уравнение гиперболического типа, краевые условия первого, второго и третьего родов, формула Даламбера-Эйлера.

Abstract. The article deals with the problem of oscillation of a one-dimensional string with a singularity. A method is given for reducing the problem under consideration to simpler, well-studied, with features at the boundaries, i.e. boundary value problems.

Keywords: hyperbolic equation, boundary conditions of the first, second and third genera, D'alembert-Euler formula.

Известными примерами эволюционных явлений являются процессы в сетях волноводов, деформации и колебания упругих сеток и струнно-стержневых систем, перенос тепла из нагретых частей тела в более холодные, распространение электрического потенциала в нейроне и нейронных сетях, бифуркация вихревых течений в жидкости, колебания сложных молекул. С такими процессами каждый человек постоянно сталкивается в жизни и без труда воспринимает их физическую сторону. При этом моделирование отмеченных процессов с математической точки зрения приводит к задачам, содержащим уравнения гиперболического типа [1; 3-8].

Основная цель, которая преследовалась в данной работе, – исследовать одномерную волновую задачу с сингулярностью и указать метод её разрешения с использованием аналога метода Даламбера-Эйлера.

Рассматриваются две начально-краевые задачи с однотипной сингулярностью

$$\begin{cases} u_{xx}(x,t) = u_{tt}(x,t), \ \ (0 < x < \ell, t > 0) \\ u(x,0) = \varphi(x), \ \ (0 \le x \le \ell) \\ u_t(x,0) = \psi(x), \ \ (0 \le x \le \ell) \\ u(0,t) = u(\ell,t) = 0, \ \ (t > 0) \\ u_x\left(\frac{\ell}{2} + 0, t\right) - u_x\left(\frac{\ell}{2} - 0, t\right) = k \cdot u\left(\frac{\ell}{2}, t\right), \ \ (t > 0) \end{cases} \tag{1}$$

И

$$\begin{cases} u_{xx}(x,t) = u_{tt}(x,t), \ \ (0 < x < \ell, t > 0) \\ u(x,0) = \varphi(x), \ \ (0 \le x \le \ell) \\ u_t(x,0) = \psi(x), \ \ (0 \le x \le \ell) \\ u_x(0,t) = u_x(\ell,t) = 0, \ \ (t > 0) \\ u_x\left(\frac{\ell}{2} + 0, t\right) - u_x\left(\frac{\ell}{2} - 0, t\right) = k \cdot u\left(\frac{\ell}{2}, t\right), \ \ (t > 0) \end{cases} \tag{2}$$

где k и ℓ – фиксированные положительные числа.

Будем также полагать $\varphi(x) \in C^2_{\left[0,\frac{\ell}{2}\right)\cup\left(\frac{\ell}{2},\ell\right]}$ и $\psi(x) \in C^1_{\left[0,\frac{\ell}{2}\right)\cup\left(\frac{\ell}{2},\ell\right]}$, что удовлетворяет следующим условиям [9]:

$$f_x\left(\frac{\ell}{2}+0\right) - f_x\left(\frac{\ell}{2}-0\right) = k \cdot f\left(\frac{\ell}{2}\right),$$
$$f(0) = f(\ell) = 0,\ \ f''(0) = f''(\ell) = 0 \text{ для задачи (1)},$$
$$f'(0) = f'(\ell) = 0 \text{ для задачи (2)}.$$

Исследуемые задачи (1) и (2) могут служить моделями колебаний следующих струнных систем соответственно (см. рис. 1):

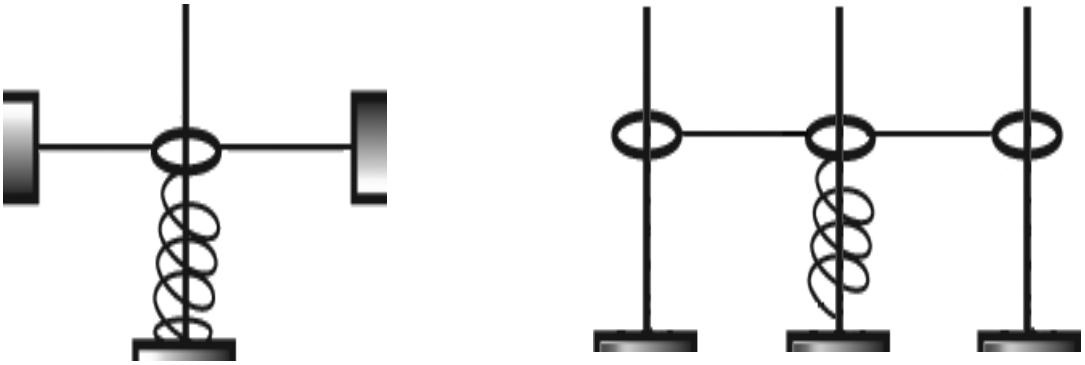


Рис. 1 – Системы из натянутой струны, оба концов которых либо соединены с кольцами, которые свободно (без трения) могут перемещаться в вертикальном направлении по несгибаемой спице (справа), либо закреплены (слева); центр струны припаян к подпружиненному кольцу, которое может перемещаться только в вертикальном направлении по несгибаемой спице (без трения)

Основным методом в реализации исследования задач (1) и (2) будет использован метод Даламбера, позволяющий воплощать численные методы разрешения подобных задач (см., например, [2]) в виду представления решения гиперболического уравнения в виде суммы «бегущих волн»:

$$u(x,t) = f(x+t) - g(x-t).$$

Замечание. Для краткости ниже будут представлены выкладки лишь для задачи (1). Для задачи (2) решение будет отличаться лишь в краевых точках 0 и ℓ. Данный факт легко проверяется с точностью до переобозначения.

Вводятся в рассмотрение две вспомогательные задачи:

$$\begin{cases} u_{xx}(x,t) = u_{tt}(x,t),\ \ (0 < x < \ell, t > 0) \\ u(x,0) = \varphi(x),\ \ (0 \le x \le \ell) \\ u_t(x,0) = 0,\ \ (0 \le x \le \ell) \\ u(0,t) = u(\ell,t) = 0,\ \ (t > 0) \\ u_x\left(\frac{\ell}{2}+0,t\right) - u_x\left(\frac{\ell}{2}-0,t\right) = k \cdot u\left(\frac{\ell}{2},t\right),\ \ (t > 0) \end{cases} \tag{3}$$

и

$$\begin{cases} u_{xx}(x,t) = u_{tt}(x,t),\ \ (0 < x < \ell, t > 0) \\ u(x,0) = 0,\ \ (0 \le x \le \ell) \\ u_t(x,0) = \psi(x),\ \ (0 \le x \le \ell) \\ u(0,t) = u(\ell,t) = 0,\ \ (t > 0) \\ u_x\left(\frac{\ell}{2}+0,t\right) - u_x\left(\frac{\ell}{2}-0,t\right) = k \cdot u\left(\frac{\ell}{2},t\right),\ \ (t > 0) \end{cases} \tag{4}$$

Утверждение 1. Решение задачи (4) может быть представлено в виде:

$$u(x,t)=\left(v(x,t)-\frac{\varphi(x+t)-\varphi(x-t)}{2}\right)+\frac{1}{2}\int\limits_{x-t}^{x+t}\psi(s)\,ds,$$

где $v(x,t)$ – решение задачи (3) (см. [1; 5]).

Опираясь на данное утверждение, задачу (1) можно рассматривать (с точностью до замены переменных) для случая $\psi(x)\equiv 0$.

Осуществляем сдвиг переменной x: $\tilde{x}=x-\frac{\ell}{2}$, тогда задача (1) принимает вид:

$$\begin{cases} u_{\tilde{x}\tilde{x}}(\tilde{x},t)=u_{tt}(\tilde{x},t),\ \left(-\frac{\ell}{2}<\tilde{x}<\frac{\ell}{2},t>0\right)\\ u(\tilde{x},0)=\varphi(\tilde{x}),\ \left(-\frac{\ell}{2}\le\tilde{x}\le\frac{\ell}{2}\right)\\ u_t(\tilde{x},0)=0,\ \left(-\frac{\ell}{2}\le\tilde{x}\le\frac{\ell}{2}\right)\\ u\left(-\frac{\ell}{2},t\right)=u\left(\frac{\ell}{2},t\right)=0,\ (t>0)\\ u_{\tilde{x}}(+0,t)-u_{\tilde{x}}(-0,t)=k\cdot u(0,t),\ (t>0). \end{cases}$$

Утверждение 2. Если

$$v(x,t)=\frac{u(\tilde{x},t)+u(-\tilde{x},t)}{2},\ \ w(x,t)=\frac{u(\tilde{x},t)-u(-\tilde{x},t)}{2},$$

тогда решение модифицированной задачи (1) есть сумма решений задач:

$$\begin{cases} v_{xx}(x,t)=v_{tt}(x,t),\left(-\frac{\ell}{2}<x<\frac{\ell}{2},t>0\right)\\ v(x,0)=\varphi_1(x),\ \left(-\frac{\ell}{2}\le x\le\frac{\ell}{2}\right)\\ v_t(x,0)=0,\ \left(-\frac{\ell}{2}\le x\le\frac{\ell}{2}\right)\\ v\left(-\frac{\ell}{2},t\right)=v\left(\frac{\ell}{2},t\right)=0,\ (t>0)\\ v_x(+0,t)-v_x(-0,t)=\frac{k}{2}\cdot v(0,t),\ (t>0) \end{cases} \tag{5}$$

и

$$\begin{cases} w_{xx}(x,t)=w_{tt}(x,t),\left(-\frac{\ell}{2}<x<\frac{\ell}{2},t>0\right)\\ w(x,0)=\varphi_2(x),\ \left(-\frac{\ell}{2}\le x\le\frac{\ell}{2}\right)\\ w_t(x,0)=0,\ \left(-\frac{\ell}{2}\le x\le\frac{\ell}{2}\right)\\ w\left(-\frac{\ell}{2},t\right)=w\left(\frac{\ell}{2},t\right)=0,\ (t>0)\\ w(+0,t)=w(-0,t)=0,\ (t>0) \end{cases} \tag{6}$$

где

$$\varphi_1(x) = \frac{\varphi(\tilde{x})+\varphi(-\tilde{x})}{2},\ \ \varphi_2(x) = \frac{\varphi(\tilde{x})-\varphi(-\tilde{x})}{2}$$ (см., например, [3; 4; 6])

Утверждение 3. Решение задачи (5) представимо в виде

$$v(x,t) = \begin{cases} v_1(x,t),\ \ 0 \le x \le \dfrac{\ell}{2} \\ v_2(x,t), -\dfrac{\ell}{2} \le x \le 0 \end{cases},$$

где $v_1(x,t)$ есть решение смешанной задачи с краевыми условиями первого и третьего родов

$$\begin{cases} v_{xx}(x,t) = v_{tt}(x,t),\ \ \left(0 < x < \dfrac{\ell}{2}, t > 0\right) \\ v(x,0) = \phi(x),\ \ v_t(x,0) = 0,\ \ \left(0 \le x \le \dfrac{\ell}{2}\right), \\ v\left(\dfrac{\ell}{2}, t\right) = 0,\ \ v_x(0,t) - \dfrac{k}{2}\cdot v(0,t) = 0,\ \ (t > 0) \end{cases}$$

причём $v_2(-x,t) = v_1(x,t)$, а $\phi(x)$ – сужение $\varphi_1(x)$ на $\left[0, \frac{\ell}{2}\right]$ (см, например, [2-3; 7]).

Утверждение 4. Решение задачи (6) представимо в виде

$$w(x,t) = \begin{cases} w_1(x,t),\ \ 0 \le x \le \dfrac{\ell}{2} \\ w_2(x,t), -\dfrac{\ell}{2} \le x \le 0 \end{cases},$$

где $w_1(x,t)$ есть решение смешанной задачи с краевыми условиями первого и третьего родов

$$\begin{cases} w_{xx}(x,t) = w_{tt}(x,t),\ \ \left(0 < x < \dfrac{\ell}{2}, t > 0\right) \\ w(x,0) = \sigma(x),\ w_t(x,0) = 0,\ \ \left(0 \le x \le \dfrac{\ell}{2}\right), \\ v(0,t) = v\left(\dfrac{\ell}{2}, t\right) = 0,\ \ (t > 0) \end{cases}$$

причём $w_2(-x,t) = -w_1(x,t)$, а $\sigma(x)$ – сужение $\varphi_2(x)$ на $\left[0, \frac{\ell}{2}\right]$ (см, например, [2-3; 7]).

Таким образом, в силу теоремы единственности [1; 8], результат последних двух утверждений однозначно определяет решение задачи (1) и может рекурсивным образом описать его в форме аналога формулы Даламбера-Эйлера.

Библиографический список

1. Найдюк, Ф.О. Формула продолжения начальных данных в решении Даламбера для волнового уравнения на отрезке с краевым условием третьего рода / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2004. – № 1. – С. 115-122. – EDN OISUUT.

2. Найдюк, Ф.О. Численное решение задач о колебаниях / Ф.О. Найдюк, Е.Н. Десятирикова, Д.К. Проскурин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2013. – № 1. – С. 55-60. – EDN QZBXXB.

3. Найдюк, Ф.О. Исследование волнового уравнения с сингулярностью на несимметричном графе / Ф.О. Найдюк // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2021. – № 1. – С. 110-116. – EDN QWBZAO.

4. Найдюк, Ф.О. О некоторых начально-краевых задачах для вырождающихся параболических уравнений / А.Д. Баев, Р.А. Ковалевский, Ф.О. Найдюк, А.А. Бабайцев, В.Д. Харченко, И.Ф. Леженина, О.К. Плетнева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2019. – № 1. – С. 59-68. – EDN QTJEUG.

5. Найдюк, Ф.О. Описание профилей прямой и обратной волн для волнового уравнения на отрезке с краевыми условиями первого или второго рода – на одном конце и третьего рода или присоединённой массы – на другом / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев, С.М. Ситник // Черноземный альманах научных исследований. Сер. "Фундаментальная математика". – Воронеж, 2005. – С. 53-68. – EDN WBLLRH.

6. Найдюк, Ф.О. О распределении нулей решений динамических уравнений на временных шкалах / Ж.И. Бахтина, И.В. Колесникова, Ф.О. Найдюк, С.А. Шабров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2018. – № 4. – С. 67-74. – EDN YPGXAD.

7. Найдюк, Ф.О. Описание профилей прямой и обратной волн для волнового уравнения на отрезке с краевыми условиями первого и второго рода – на одном конце и третьего рода или присоединенной массы – на другом / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев, С.М. Ситник // Черноземный альманах научных исследований. – Воронеж: ООО "Альбинос", 2005. – С. 53-68. – EDN WBLLRH.

8. Найдюк, Ф.О. Исследование формулы Даламбера для волнового уравнения на отрезке с краевым условием третьего рода / Найдюк Ф.О. // Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2003. – 23 с. – Деп. в ВИНИТИ 07.07.03 № 1288-В2003. – EDN RLTPGL.

9. Найдюк, Ф.О. Нагруженная струна, краевое условие третьего рода / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев, С.М. Ситник // Современные методы теории краевых задач. Понтрягинские чтения - XVI. материалы Воронежской весенней математической школы "Понтрягинские чтения - XVI". – Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2005. – С.151-152. – EDN WJMLWN.

УДК 656.222.6

ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ УСЛОВИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

В.А. Оленцевич, Е.В. Каимов

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г.Иркутск

Аннотация. В научной статье представлены результаты анализа имеющихся и перспективных вариантов организации движения поездов с целью повышения пропускной способности объектов инфраструктурного комплекса Транссибирской железнодорожной магистрали. Цель представленного научного исследования – оценка вариантов организации движения поездов на инфраструктуре Восточного полигона в условиях обеспечения высокого уровня безопасности перевозочного процесса функционирования транспортного комплекса.

Ключевые слова: пропускная способность, Восточный полигон, интервальное регулирование движения поездов, виртуальная сцепка, безопасность движения.

Abstract. The scientific article presents the results of the analysis of existing and promising options for the organization of train traffic in order to increase the capacity of the facilities of the infrastructure complex of the Trans-Siberian Railway. The purpose of the presented scientific research is to evaluate options for organizing train traffic on the infrastructure of the Eastern Polygon in conditions of ensuring a high level of safety of the transportation process of the functioning of the transport complex.

Keywords: capacity, Eastern polygon, interval regulation of train traffic, virtual coupling, traffic safety.

Ведущая позиция железнодорожного транспорта России на рынке транспортных услуг достигалась десятилетиями, в результате чего определен ряд индивидуальных особенностей и преимуществ. Наиболее важная составляющая в успехе с позиции потребителей – низкая стоимость в отношении реализации перевозки продукции по сравнению с другими видами транспорта. Обширно развитая инфраструктура и сеть железных дорог в целом наряду с логистической составляющей дает возможность осуществлять обслуживание клиентов, заинтересованных в перевозках на большие расстояния по выгодным условиям, а фирменное транспортное обслуживание позволяет оказывать различные услуги, направленные на удовлетворение потребностей всех клиентов. Другие не менее важные достоинства заключаются в возможности осуществления перевозок тяжеловесных и негабаритных грузов, в большой степени сохранности и безопасности, а также в минимальной зависимости от климатических, погодных условий. Стоит отметить факт перевозок массовых грузов региональных и общегосударственных значений – данные грузы перевозятся только железнодорожным транспортом. Нельзя не упомянуть о вовлеченности этого транспорта в международных перевозках в виде основы становления страны во внешнеэкономических связях [1; 2].

Восточно-Сибирская железная дорога (далее – ВСЖД) является крупнейшим транспортным комплексом на Восточном полигоне железных дорог, имеет большее значение в развитии регионов Сибири и Дальнего Востока страны, имеет стратегическое географическое положением. Эксплуатационная длина составляет более 4% от всей сети железнодорожной транспортной системы, в общем 3800 километров. Суммарная протяженность железнодорожных путей – 5312 километров. Основным показателем работы является пропускная способность инфраструктуры транспортного комплекса. Показатель регулярно анализируется, разрабатываются и реализуются мероприятия, направленные на его повышение. Прогноз объема перевозок к 2025 году представлен на рисунках 1 и 2.

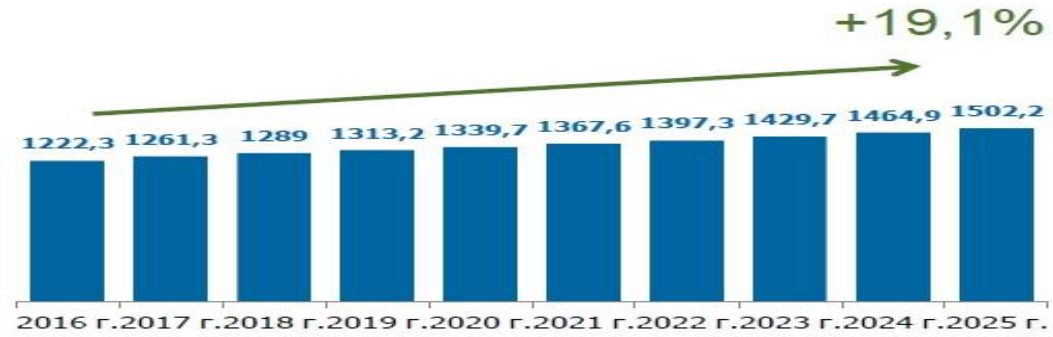


Рис.1 – Плановый прирост объемов погрузки Восточного полигона железных дорог

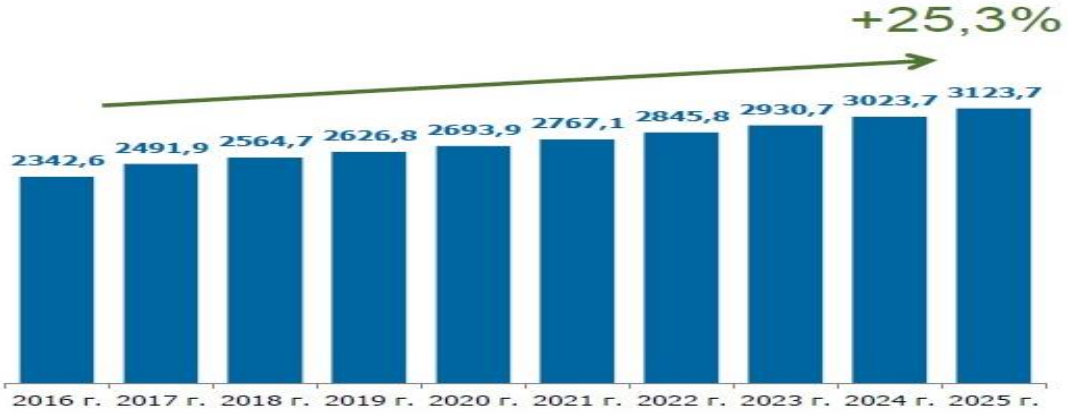


Рис. 2 – Плановый прирост грузооборота Восточного полигона железных дорог

Согласно данным целевых показателей по реализации федерального проекта «Модернизация инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей», прирост суммарной наличной пропускной способности магистралей Восточного полигона предусматривает к 2024 году плюс 28 пар поездов, что составит 129 пар грузовых поездов в сутки, необходимость дальнейшего развития железнодорожной инфраструктуры подкрепляется востребованностью угля и актуальностью экспорта в восточном направлении в ближайшие 20 лет и далее [3-5].

С целью повышения пропускной способности Транссибирской железнодорожной магистрали создан проект строительства обхода горного перевала на юге Байкала стоимостью около 130 млрд рублей. Произведены расчеты нескольких вариантов обхода горно-перевального участка, и он находится в стадии оценки для того, чтобы этот проект был встроен в перспективу развития Восточного полигона. Окончательного решения в части включить в план реализации пока не достигнуто. Рассмотрено три основных варианта строительства обхода горного перевала, наиболее приемлемый из них – от поселка Мегет под Иркутском через пойму реки Иркут и Тункинскую долину с выходом на станцию Слюдянка-II.

Сегодня для реализации прогнозных параметров грузопотока на участке Большой Луг – Слюдянка ВСЖД проведен монтаж современной системы регулирования, которая позволила сократить интервал движения поездов с 8-9 минут до 5-6 минут. Перегонные системы интервального регулирования должны для пропуска потока поездов увязываться с работой станционных систем. Ключевым вопросом здесь является правильное планирование работы железнодорожных станций и ускорение обработки составов, как за счет развития имеющейся инфраструктуры, так и за счет совершенствования технологии осмотра поездов. Цифровизация ставит новые задачи к структуре технических средств на станциях. Это управление из одного центра несколькими станциями с сокращением при этом на малых станциях оборудования и переносом логики управления в центр, что сокращает как капитальные, так и эксплуатационные затраты. Кроме того, использование вместо медных кабельных жил волоконных линий с локализацией центров обработки информации в горловинах может также сократить затраты, включая отказ от строительства технических зданий.

Все перечисленные технические и технологические решения по интервальному регулированию заложены в проект высокоскоростной железнодорожной магистрали. Основным отличием от европейских и китайских аналогов является то, что для обеспечения живучести и кибербезопасности используется принцип многоуровневого построения системы интервального регулирования в сочетании с передачей информации на локомотив по рельсовым цепям и цифровому радиоканалу, а также с применением системы глобальной навигационной спутниковой системы и отказ от внедрения «евробализ». Данные технические решения являются российской разработкой и, как принципиальное стратегическое направление, одобрены международным союзом железных дорог, в том числе в качестве эффективной меры киберзащищенности. Важнейшим вопросом является вопрос о возможности применения интервального регулирования на базе так называемой технологии «виртуальной сцепки». Технология может обеспечить существенную эффективность, поскольку позволит снизить затраты в инфраструктуру по сравнению с тяжеловесным движением и исключить дополнительные затраты времени на формирование тяжеловесных и сдвоенных составов. Кроме того, сокращаются потери времени при обгонах и в случаях неисправностей подвижного состава в пути следования [6-9].

В заключении следует отметить, что актуальность оценки вариантов организации движения поездов при условии обеспечения безопасности перевозочного процесса позволят

принимать эффективные управленческие решения в условиях колебания грузопотока, с учетом природно-климатических условий функционирования ЖДТС.

В создавшихся экономических и политических условиях функционирования ВСЖД в качестве мер, направленных на повышение уровня данного показателя, наиболее эффективным способом также считается принятие оптимальных технологических решений, в качестве которых по мнению авторов наиболее продуктивными являются: оптимизация графика движения поездов и технологии работы локомотивов-толкачей.

Библиографический список

1. URL: https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/minvostokrazvitiya-propusknaya sposobnost-vostochnogo-poligona-v-2030-godu-mozhet-sostavit-poryadka-/.

2. Интервальное регулирование: инновации и перспективы развития: тематическая подборка / сост. Розентальс Е.М. – Красноярск: КрЦНТИБ, 2019. – 232с.

3. Грузы готовы ехать. ОАО «РЖД» прогнозирует рекордные экспортные перевозки в 2022 году // Gudok.ru : сайт. - URL: https://gudok.ru/content/freighttrans/1593862/

4. Olentsevich V.A., Olentsevich A.A., Konyukhov V.Y., Lysenko D.A. Efficiency of implementation of interval traffic regulation by the "virtual coupling" system on the section of the railway line in the framework of the "digital railway" project // Journal of Physics: Conference Series. 2020 International Conference on Information Technology in Business and Industry, ITBI 2020. - BRISTOL, ENGLAND, 2020. - С. 012106.

5. Оленцевич, В.А., Белоголов, Ю.И. Системный подход к управлению и контролю человеческих ресурсов в организации бесперебойной работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2016. - № 2 (50). - С. 90-95.

6. Оленцевич, В.А., Гозбенко, В.Е., Каргапольцев, С.К., Крамынина, Г.Н. Комплекс организационно-технических и реконструктивных мероприятий, направленных на улучшение показателей работы участка на основе исследования системных связей и закономерностей функционирования железнодорожной транспортной системы / В.А. Оленцевич, В.Е. Гозбенко и др. //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2019. - № 3 (63). - С. 171-179.

7. Каимов, Е.В., Оленцевич, В.А., Власова, Н.В. Проблемы формирования, развития и реконструкции элементов инфраструктурного комплекса железных дорог // Образование - Наука - Производство. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах. - Чита, 2022. - С. 288-296.

8. Российские железные дороги: официальный сайт. - URL: http://www.rzd.ru (дата обращения: 15.11.2022).

9. Восточный полигон: новые возможности или старые ограничения? - URL: http://www.morvesti.ru/analitika/1687/86211/ (дата обращения: 02.11.2022).

УДК 669.15.018.2:621.787.011

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ

И.А Пантыкина[1], В.А. Юрьева[1], А.А. Лукин[2]

[1]Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

[2]Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Исследование контроля качества в производственном процессе на примере изготовления железобетонных шпал.

Ключевые слова: технический контроль, входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль, шпала железобетонная.

Abstract. The study of quality control in the production process on the example of the manufacture of reinforced concrete sleepers.

Keywords: technical control, incoming control, operational control, acceptance control, concrete sleeper.

Технический контроль в процессе производства связан с прослеживанием качества непосредственно в ходе производства на определенных стадиях. При этом осуществляется отбор образцов (проб) и контроль их качества. Важно не передавать брак на последующие стадии производства с целью избежать незапланированных и избыточных затрат, связанных с переработкой или утилизацией такой продукции. Рассмотрим специфику основных стадий технического контроля при изготовлении железобетонных шпал.

Технический контроль охватывает все стороны производственного процесса. ОТК осуществляет входной контроль поступающих на предприятие сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента, предназначенных для основного производства, контроль соответствия установленным требованиям при передаче со склада в производство и из цеха в цех, операционный, приемочный контроль готовой продукции и многие другие контрольные операции.

Основная задача системы контроля качества – выявить этапы, на которых возможно возникновение проблем, и таким образом оптимизировать работу персонала, осуществляющего контроль качества: уделять внимание там, где оно нужно, и не выполнять лишней работы, где этого не требуется. Качество выпускаемой продукции – важнейший показатель производственной деятельности.

Шпала железобетонная – это сложная конструкция, которая работает в чрезвычайно сложных условиях со знакопеременными нагрузками, постоянно находится под открытым небом, под влиянием агрессивной среды.

Технический контроль можно разделить на три группы: входной контроль, операционный контроль и приемочный (выходной).

При производстве шпал в России в основном используется агрегатно-поточная технологическая схема. Система «короткая линия» с немедленным снятием формы сочетает движущуюся раму предварительного натяжения с немедленным снятием формы. Достоинством этой системы является её гибкость в отношении разных конструкций шпал.

В качестве материалов используется песок и щебень с максимальной крупностью, цемент и вода. Применяется стандартная стальная арматура (обычно одиночная проволока) и жесткая консистенция бетона. Эти материалы проходят проверку на входном контроле.

В качестве арматуры шпал следует применять стальную проволоку периодического профиля класса Вр диаметром 3 мм. Проволока должна изготовляться из углеродистой стали марок 65, 70, 75, 80, 85.

На стадии операционного контроля идет проверка и контроль размеров шпал, качества бетона, положения арматуры и т.д.

После предварительного расчета состава бетона делают пробный замес бетонной смеси (обычно объемом 10 л) и определяют ее удобоукладываемость (подвижность, жесткость). Если бетонная смесь получилась менее подвижной, чем требуется, то в расчет состава бетона вносят поправки — увеличивают количество цемента и воды без изменения водоцементного отношения. Бетон проверяют по методу Скрамтаева.

Формы для образцов изготовляют, как правило, из металла. Внутренние поверхности новых форм должны быть шлифованными, их шероховатость не должна превышать 2,5 мкм. Плотность прилегания боковых деталей друг к другу и ко дну формы должна исключать возможность вытекания цементного теста при формовании образцов.

Формовать образцы следует не позднее чем через 15 минут после приготовления замеса.

Для предварительного напряжения используется арматурная проволока.

Проволока диаметром 3,0 мм и свыше должна выдерживать испытание на изгиб на 180^0. При этом на ней не должно быть надрывов и трещин, видимых без применения увеличительных средств.

Номинальное число арматурных проволок в шпале 44.

Общая сила начального натяжения всех арматурных проволок в пакете должна быть не менее 358 кН. Среднее значение силы начального натяжения одной проволоки при их номинальном числе должно составлять 8,12 кН. Сила натяжения отдельных проволок не должна отличаться от среднего значения более чем на 10%.

На поверхности проволоки не должно быть раковин, трещин и расслоений.

Допускаются риски и вмятины глубиной не более предельного отклонения диаметра, а также налет ржавчины.

Также при операционном контроле производится: контроль точности размера «а» и подуклонки подрельсовых площадок, контроль пропеллерности шпалы, контроль глубины задела закладных шайб, контроль защитного слоя бетона и т.д.

Приемку шпал осуществляют партиями.

Шпалы принимают:

- по результатам периодических испытаний – по показателям морозостойкости бетона и точности геометрических параметров шпал, за исключением размера «а» шпал типа Ш1 - 2;

- по результатам приемо-сдаточных испытаний – по показателям трещиностойкости шпал, прочности бетона (классу бетона по прочности на сжатие, передаточной и отпускной прочности), состояния каналов для болтов, точности размера «а» шпал типа Ш1 - 2, качества бетонных поверхностей шпал.

Марка шпалы состоит из двух буквенно-цифровых групп, разделенных тире.

Первая группа содержит обозначение типа шпалы. Во второй группе указывают вариант исполнения подрельсовой площадки.

Шпалы следует транспортировать и хранить в штабелях горизонтальными рядами в рабочем положении (подошвой вниз).

Подкладки под шпалы и прокладки между ними в штабеле следует располагать в углублениях подрельсовых площадок шпал.

Все эти параметры проверяют на этапе приемочного контроля.

Таким образом, только соблюдение всех вышеперечисленных требований технического контроля позволит создать качественную продукцию и избежать проблем во время ее эксплуатации.

Библиографический список

1. Салимова, Т.А. Управление качеством. – Москва: Из-во «ОмегаЛ», 2008. – 414 с.

2. ГОСТ 10629-88. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм.

УДК 629.73

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

И.А Пантыкина[1], В.А. Юрьева[1], А.А. Лукин[2]
[1]*Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж*
[2]*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация. Проанализированы вопросы контроля качества сварных стыковых соединений трубопроводов большого диаметра, описаны виды сварки, виды сварных швов, используемые материалы, виды и методы контроля, используемое оборудование. Было предложено более широкое использование ультразвукового контроля качества сварных соединений.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, визуальный контроль, сварной шов, сварное соединение.

Abstract. The issues of quality control of welded butt joints of large diameter pipelines are analyzed, the types of welding, types of welds, materials used, types and methods of control, equipment used are described. A wider use of ultrasonic quality control of welded joints has been proposed.

Keywords: non-destructive testing, ultrasonic testing, visual inspection, weld, welded joint.

Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности. Достаточно не уделить качеству должного внимания на каком-то одном из этапов, как страдает качество всего товара. Качественным товар получается, только если на всех стадиях соблюдаются необходимые требования.

Одним из методов контроля качества является неразрушающий контроль. Он может быть радиографический, ультразвуковой, капиллярный, вихретоковый, визуальный, магнитопорошковый.

Радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных и других включений. Его применяют также для выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва, что можно контролировать только при внутреннем визуальном осмотре.

Отличительной чертой ультразвукового контроля является оперативность при проведении испытаний, применимость к большинству типов сварных соединений и материалов.

Капиллярная дефектоскопия предназначена для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для протяженных дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности.

Вихретоковый метод контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля этим полем.

Визуальный контроль информативен и является наиболее эффективным и оперативным методом контроля. Внешнему осмотру подвергают свариваемые материалы для выявления (определения отсутствия) вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины. Проверяют качество подготовки кромок под сварку и сборку заготовок деталей и заготовок.

Магнитопорошковый метод предназначен для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов типа нарушения сплошности материала изделия: трещины, волосовины, расслоения, не проварка стыковых сварных соединений, закатов.

На рис. 1 показаны основные виды сварных соединений.

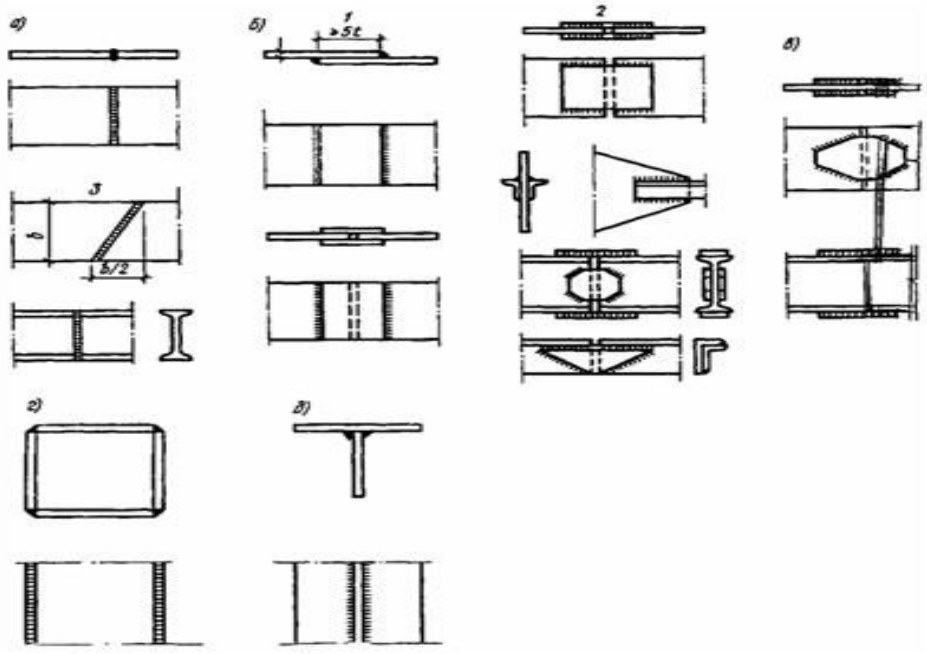


Рис. 1 – Основные виды сварных соединений

Отклонения от установленных норм и технических требований, приводящие к ухудшению работоспособности сварных конструкций, называются дефектами. Наплывы (натеки) образуются при сварке горизонтальными швами вертикальных поверхностей в результате натекания жидкого металла на кромки холодного основного металла.

Подрезы – углубления (канавки), образующиеся в основном металле вдоль края шва при завышенном сварочном токе и длинной дуге, так как в этом случае увеличивается ширина шва и сильнее оплавляются кромки.

Прожоги – это проплавление основного или наплавленного металла с возможным образованием сквозных отверстий.

Незаваренные кратеры образуются в случае резкого обрыва дуги в конце сварки. Они уменьшают сечение шва и могут явиться очагами образования трещин.

Газовые поры образуются в сварных швах вследствие быстрого затвердевания газонасыщенного расплавленного металла, при котором выделяющиеся газы не успевают выйти в атмосферу.

Шлаковые включения являются результатом небрежной очистки кромок деталей и сварочной проволоки от окалины, ржавчины и грязи.

Для рентгенографического контроля используется пленка типа Структурикс AGFA D7 со свинцовыми пластинами.

Длина контролируемого сварного шва около 4,5 метров. При панорамном просвечивании в течение 15 минут трубопровода с толщиной стенки 18,7 мм необходимо 12 пленок на весь шов, для обеспечения контроля. Для интерпретации, расшифровки и оценки результатов рентгенографического контроля используются эталоны канавочные, эксплуатация в любых атмосферных условиях в широком температурном диапазоне, применение в схемах фронтального и панорамного просвечивания.

Ультразвуковая дефектоскопия предназначена для обнаружения несплошных поверхностей и неоднородностей в изделии, определения их координат, размеров и характера путем излучения импульсов ультрозвуковых колебаний, приема и регистрации отраженных от неоднородностей эхо-сигналов. Является эффективным способом выявления дефектов сварных швов и металлических изделий, залегающих на глубинах от 1 миллиметра до 10 метров. Данный метод позволяет выполнять весь комплекс работ по ультразвуковой диагностике сварных соединений.

На рис. 2 показан ультразвуковой дефектоскоп «USN52R Krautkramer».

Рис. 2 – Ультразвуковой дефектоскоп «USN52R Krautkramer»

Можно также применять рентгенографический аппарат «Шмель-250». Однако применение аппарата «Шмель-250» требует соблюдения некоторых условий: его необходимо устанавливать внутри трубопровода, покрывать сварной шов пленкой, после проявления пленки специалисту необходимо большое количество времени (два контролера по 4 часа) для интерпретации результатов, когда результаты ультразвукового контроля выводятся на дисплей дефектоскопа.

Внедрение и использование дефектоскопа «USN52R Krautkramer» позволяет уменьшить время операций контроля, сэкономить материальные, трудовые ресурсы и улучшить условия труда персонала. Усовершенствование методики контроля качества сварных стыковых соединений является эффективным, поскольку новая процедура контроля занимает очень небольшое количество времени (около 40 минут рабочей смены), экономит материальные средства и трудовые ресурсы и повышает уровень условий работы персонала.

Таким образом, контроль качества сварных соединений обусловлен не только спецификой самого сварного соединения, но и правильным выбором метода его проверки.

УДК 621.74

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗНОСОСТОЙКОГО ЧУГУНА

Л.С. Печенкина[1], А.А. Лукин[2]

[1]Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

[2]Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В работе исследовались пути повышения служебных характеристик белых износостойких чугунов. Анализом эксплуатации этих деталей установлено, что сопротивление металла гидроабразивному изнашиванию зависит от состояния металла – его химического состава, структуры, режимов термической обработки, которые придают ему высокую твердость, с одной стороны, и условий эксплуатации деталей, с другой.

Ключевые слова: белый износостойкий чугун, хромистый чугун, структур, свойства, ресурс работы, жидкотекучесть, модифицирование, рафинирование.

Abstract. The paper investigated ways to improve the service characteristics of white wear-resistant cast iron. Analysis of the operation of these parts has established that the metal's resistance to waterjet wear depends on the state of the metal – its chemical composition, structure, heat treatment modes that give it high hardness, on the one hand, and the operating conditions of the parts, on the other.

Keywords: white wear-resistant cast iron, chrome-plated cast iron, structures, properties, service life, fluidity, modification, refining.

Современные белые износостойкие чугуны – сложнолегированные многокомпонентные сплавы, разнообразные по структуре и свойствам, при затвердевании которых формируется карбидная фаза. Именно она определяет специфические свойства белых износостойких чугунов и, в то же время, создает значительные трудности при производстве и эксплуатации этих сплавов [1].

Номенклатура базового предприятия КМП КБХА содержит большое количество наименований отливок из белого износостойкого чугуна: крышки насосов, корпуса насосов, импеллеры, крыльчатки, бронедиски и др.

Литературные источники оставляют открытым вопрос выбора материалов для изготовления литых деталей шнековых классификаторов, крышек и корпусов песковых и шлаковых насосов и др. Следует отметить, что износ в гидроабразивных средах является сложной и неоднозначной функцией условий взаимодействия металла детали с абразивными частицами и средой. Он зависит от многих факторов: продолжительности эксплуатации, концентрации абразива в жидкости, размера, формы и твердости абразивных частиц и др. Поскольку управлять перечисленными факторами в условиях производства практически невозможно, остается только одно – улучшение свойств материала, то есть его эксплуатационных характеристик.

Одним из направлений решения такой задачи может быть использование теоретических и технологических наработок управления процессами формирования структуры и свойств металла в отливках из белых чугунов определением соотношения в них основных химических элементов, комплексным их легированием, модифицированием и режимами их термической обработки.

Высокой эксплуатационной стойкостью обладают детали из хромистых чугунов прочностью $\sigma_B \geq 550 \quad МПа$, твердостью HRC ≥ 55 ед., износостойкость $K_И \geq 7$ ед [2].

На ОАО «МЗММ» для определения взаимосвязи химсостава, структуры, механических свойств и износостойкости хромоникелевых чугунов (ИЧХ28Н2), применяемых для изготовления проточной части насосов с целью стабилизации структуры, свойств и ресурса работы отливки из них, исследовали более 300 составов чугунов.

Методом множественного регрессионного анализа получены адекватные зависимости износостойкости, твердости и прочности от их химсостава, а также зависимость износостойкости от прочности и твердости и от их совместного влияния.

При анализе качественного и количественного влияния легирующих элементов на свойства хромоникелевого чугуна выяснилось, что наиболее сильное и примерно одинаковое положительное влияние на все изученные свойства оказывают углерод и хром. Кремний, марганец, никель оказывают равное положительное влияние на твердость. На прочность сильнее других легирующих элементов положительно влияет кремний, а на износостойкость слабее других влияет никель. Вредные примеси – сера и фосфор – отрицательно действуют на все свойства.

Присадки меди в белых хромистых чугунах способствуют увеличению его сопротивления ударным нагрузкам, улучшению обрабатываемости, повышению твердости и износостойкости. Медь в высокохромистом чугуне стабилизирует аустенит в перлитной области, увеличивая прокаливаемость чугуна. Содержание меди в чугуне ограничивается 1,5%. Повышение такого содержания до 5% приводит к выделению ее на межфазных поверхностях.

В промышленных условиях в качестве материала для изготовления литых деталей, работающих в условиях гидроабразивного износа, используют высоколегированный хромоникелевый чугун ИЧХ28Н2, который в своем составе содержит дорогой и дефицитный никель, и имеет плохую обрабатываемость на металлорежущих станках. Поэтому теоретический и практический интерес представляют исследования свойств

хромомарганцевых белых чугунов. Практический интерес представляют исследования, направленные на определение оптимальных концентраций этих элементов в чугуне с целью получения максимальной износостойкости и сохранения удовлетворительных литейных и механических свойств. Проведенный анализ большинства исследований влияния хрома на износостойкость белого чугуна с содержанием около 4% марганца установил, что наивысшую (на 20-25% выше, чем чугуна ИЧХ28Н2) износостойкость имеет чугун с содержанием 17-22% хрома. Марганец способствует стабилизации аустенита. Таким образом, по результатам исследований предложен хромомарганцевый чугун марки 290Х19Г4.

Повышение износостойкости белых чугунов можно достичь дополнительным микролегированием. Небольшие присадки сурьмы (до 0,15%) способствуют повышению износостойкости чугуна на 15-20%. Сурьма увеличивает количество эвтектики и изменяет ее. Дальнейшее увеличение сурьмы снижает износостойкость вследствие образования структурно-свободного цементита, который легко выкрашивается под действием абразива.

Для рафинирования и модифицирования в последнее время начали применять различные карбонаты, содержащие редко- и щелочноземельные металлы (Ca, Sr). Карбонат при введении его в расплав, диссоциирует на оксиды и CO_2, всплывая, ухватывает за собой неметаллические включения и газы. Твердость чугунов при обработке карбонатом увеличивается, но незначительно. (Ca, Sr)CO_3 изменяет морфологию карбидной фазы: карбиды становятся менее разветвленными [3].

Представляет интерес модифицирование чугунов бором, которое применяют пока относительно ограниченно. Малые его добавки (до 0,004%) способны оказывать карбидостабилизирующее влияние. При повышении содержания бора более 0,15% увеличивается количество боридов, что ведет к охрупчиванию сплава и снижению эксплуатационной стойкости.

Карбонат и бор также оказывает влияние и на другое важное литейное свойство – жидкотекучесть (рис. 1).

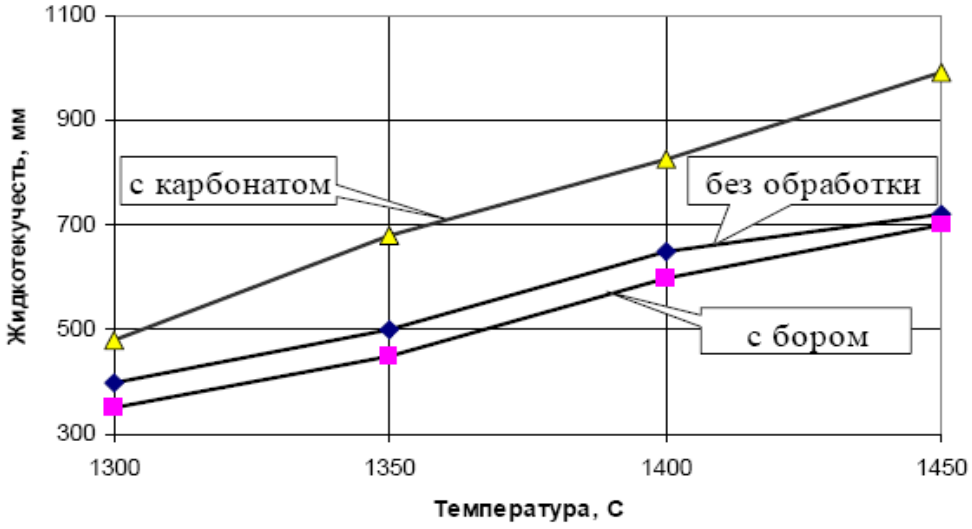


Рис. 1 – Зависимость жидкотекучести чугуна от температуры заливки

Видно, что обработка жидкого чугуна кальций-стронциевым карбонатом повышает жидкотекучесть, это связано с тем, что при модифицировании происходит изменение закономерности кристаллизации, в частности уменьшение величины кристаллов. Сочетание такого фактора с рафинирующим действием карбоната обеспечило прирост жидкотекучести. Бор несколько понижает жидкотекучесть из-за большего переохлаждения сплава.

На Брянском машиностроительном заводе и Сукремльском чугунолитейном заводе были проведены серии экспериментов по отливке деталей пульповых насосов из чугуна ИЧХ28Н2. Анализ полученных данных показал следующее: литая микроструктура отливок

из всех исследованных чугунов состоит из сильно разветвленных в металлической матрице крупных эвтектических карбидов, матрица состоит из аустенита, сорбита в различном их соотношении (рис. 2, а). Наиболее высокие свойства отливок из чугунов достигаются после воздушной закалки с последующим высоким отпуском (нагрев по 1050-1100°С, выдержка 4 часа, отпуск при 600-700°С в течение 6 часов), которые обеспечивают частичное растворение, измельчение и коагуляцию эвтектических карбидов, образование повышенного количества вторичных карбидов (рис.2, б).

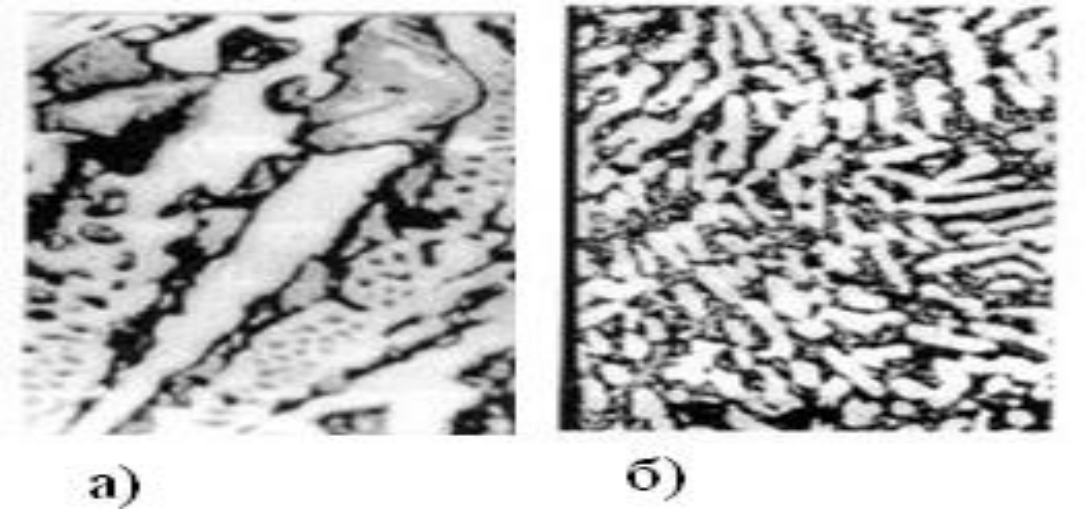


Рис. 2 – Микроструктура отлитых из легированного белого чугуна отливок до (а) и после (б) (×400)

В результате проведенного теоретического, литературного обзора, а также промышленного опыта конкретного предприятия установлено, что:

- положительное влияние на прочность, твердость, износостойкость оказывает углерод, хром и медь;
- высоколегированный хромоникелевый чугун ИЧХ28Н2, который содержит дефицитный и дорогой никель, можно заменить хромомарганцевым чугуном 290Х19Г4;
- небольшие присадки сурьмы способствуют повышению износостойкости;
- модифицирование и рафинирование положительно влияют на технологические и механические свойства чугуна;
- высокие свойства отливок достигаются после воздушной закалки с высоким отпуском.

Результаты исследования будут использованы при технологической разработке производства отливок типа «крышка насоса», а в последующем могут быть внедрены в действующее производство КМП КБХА г. Воронеж.

Библиографический список

1. Чугун: справочник / Шерман А.Д. и др.; под общ. ред. Шермана А.Д. – Москва: Металлургия, 1991. – 576 с.

2. Заматаев, Н.Г. Опыт повышения износостойкости деталей насосов из хромоникелевого чугуна / Н.Г. Заматаев, Г.М. Потапов, М.Г. Потапов // Литейное производство. – 2008. – №10. – С.5-7.

3. Колокольцев, В.М. Повышение свойств жароизносостойкого чугуна рафинированием и модифицированием / В.М. Колокольцев, О.А. Миронов, Е.В. Петроченко, М.Ф. Брялин, Б.В. Воронков // Литейное производство. – 2007. – №3. – С.2-5.

УДК 630*307

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШИРИНЫ ЗАХВАТА ДЛЯ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ УДАЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

А.А. Платонов
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. При исследовании технических средств удаления срезанной или вырубленной нежелательной растительности был получен ряд уравнений регрессий, описывающих взаимозависимость некоторых основных конструктивных параметров указанных средств механизации. В статье рассматриваются вопросы обоснования зональных границ распределения данных параметров, приводятся сведения о возможностях их корректировки.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, механизация, данные, моделирование.

Abstract. In the study of technical means for removing cut or felled unwanted vegetation, a number of regression equations were obtained that describe the interdependence of some of the main design parameters of these mechanization means. The article discusses the issues of substantiating the zonal boundaries of the distribution of these parameters, provides information on the possibilities of their adjustment.

Keywords: unwanted vegetation, removal, mechanization, data, modeling.

При выполнении работ по удалению срезанной или вырубленной растительности с территорий транспортных инфраструктурных объектов [1] нередко применяются соответствующие средства механизации [2; 3], при этом нами в [4] исследовании были выявлены регрессионные уравнения распределения выборочных данных основных конструктивных параметров рассматриваемого оборудования, в качестве которых были приняты ширина рабочего оборудования B_R, ширина элемента рабочего органа B_Z и количество зубьев Z (рис. 1).

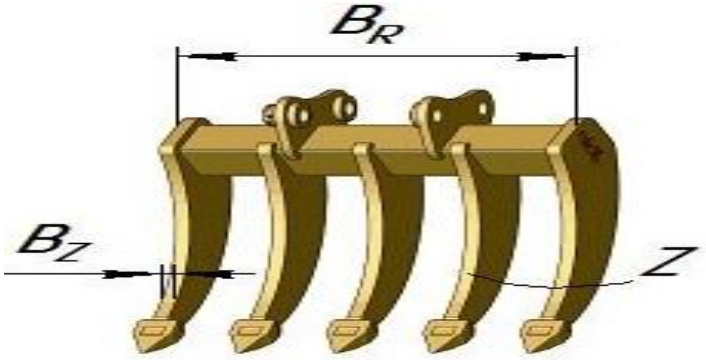


Рис. 1 – Основные конструктивные параметры средств механизации удаления срезанной или вырубленной растительности

В [4] были также подтверждены гипотезы о возможном разделении принятой совокупности выборочных данных на три части и о распределении зависимой величины по закону полинома второй степени (параболы), показана статистическая значимость полученных уравнений регрессии, установлены высокие и весьма высокие связи между исследуемыми признаками (в 82…95% случаев входной параметр влияет на выходной параметр), выявлена статистическая значимость полученных коэффициентов регрессии [5-7]. Однако при этом нерассмотренным остался вопрос определения границ трёх зон зависимостей $B_R = f(B_Z)$ ширины захвата рабочего оборудования B_R от ширины элемента

рабочего органа B_Z (названные нами *Зона I*, *Зона II* и *Зона III*; рис. 2), что и явилось целью настоящей работы.

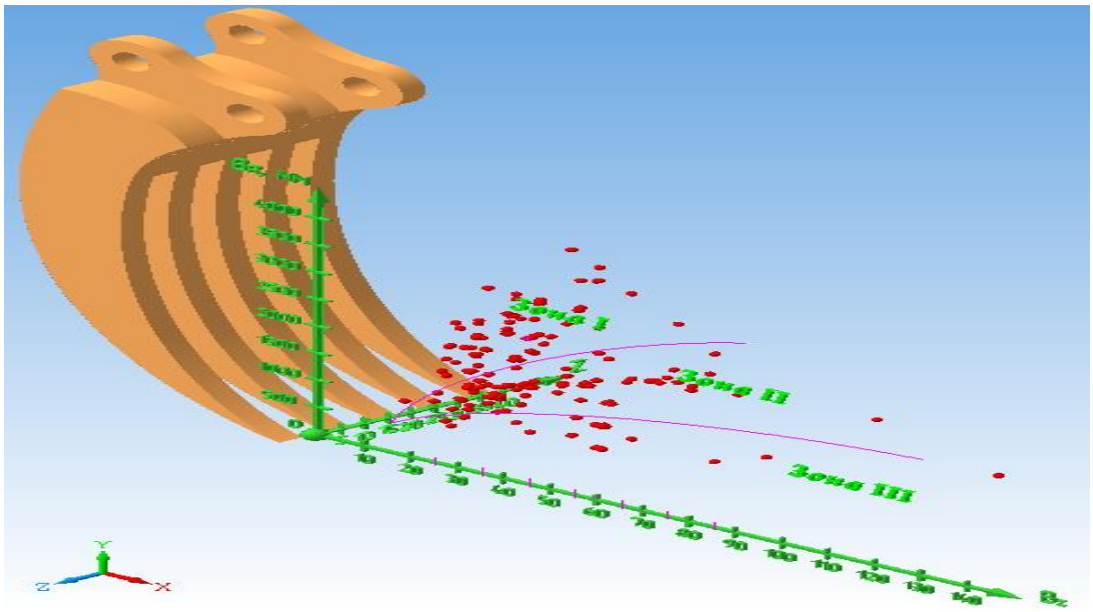


Рис. 2 – Элементы зональных распределений выборочных данных для средств механизации удаления растительности

С учётом полученных в [4] для *Зоны I*, *Зоны II* и *Зоны III* уравнений регрессии (мм):

$$\begin{cases} B_R^{(I)} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 1142{,}364 \\ B_R^{(II)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z - 95{,}668 \\ B_R^{(III)} = -0{,}0112 \cdot B_Z^2 + 6{,}324 \cdot B_Z + 512{,}287 \end{cases} \quad (1)$$

установим границы распределения ширины захвата средств механизации удаления срезанной или вырубленной растительности B_R по принятым зонам.

Рассмотрим систему уравнений, характеризующих собой распределение $B_R = f(B_Z)$ для *Зоны I* и *Зоны II*:

$$\begin{cases} B_R^{(I)} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 1142{,}364 \\ B_R^{(II)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z - 95{,}668 \end{cases} \quad (2)$$

Применим для установления нижней границы распределения случайной величины $B_R^{(I)}$ определённую нами в [4] величину среднего квадратического отклонения $\sigma_R^{(I)}$ = 803.528 мм, характеризующую разброс рассматриваемых вариант относительно средней величины (т.е. колеблемость вариационного ряда). Для установления верхней границы распределения случайной величины $B_R^{(II)}$ применим величину $\sigma_R^{(II)}$ = 464,134 мм. В результате получим систему уравнений, описывающую нижнюю и верхнюю границы соответственно *Зоны I* и *Зоны II* для распределения случайной величины:

$$\begin{cases} B_R^{(I)гн} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 1945{,}892 \\ B_R^{(II)гв} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z + 368{,}466 \end{cases} \quad (3)$$

Решив данную систему методом наименьших квадратов, определим общее уравнение тренда, соответствующее границе распределения случайной величины $B_R^{(I-II)}$ между *Зоной I* и *Зоной II*:

$$B_R^{(I-II)} = -0{,}674 \cdot B_Z^2 + 92{,}853 \cdot B_Z - 678{,}523 \quad (4)$$

Аналогично рассмотрим систему уравнений, характеризующих собой распределение $B_R = f(B_Z)$ для *Зоны II* и *Зоны III*:

$$\begin{cases} B_R^{(II)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z - 95{,}668 \\ B_R^{(III)} = -0{,}0112 \cdot B_Z^2 + 6{,}324 \cdot B_Z + 512{,}287 \end{cases} \quad (5)$$

Применим для установления нижней границы распределения случайной величины $B_R^{(II)}$ величину $\sigma_R^{(II)}$= 464,134 мм. Для установления верхней границы распределения случайной величины $B_R^{(III)}$ применим величину $\sigma_R^{(III)}$= 247,667 мм. В результате получим систему уравнений, описывающую нижнюю и верхнюю границы соответственно *Зоны II* и *Зоны III* для распределения случайной величины:

$$\begin{cases} B_R^{(II)гн} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z - 559{,}882 \\ B_R^{(III)гв} = -0{,}0112 \cdot B_Z^2 + 6{,}324 \cdot B_Z + 759{,}954 \end{cases} \quad (6)$$

Решив данную систему методом наименьших квадратов, определим общее уравнение тренда, соответствующее границе распределения случайной величины $B_R^{(II-III)}$ между *Зоной II* и *Зоной III*:

$$B_R^{(II-III)} = -0{,}0957 \cdot B_Z^2 + 24{,}994 \cdot B_Z + 100{,}076 \quad (7)$$

Для установления верхней условной границы распределения случайной величины $B_R^{(I)}$ также применим величину $\sigma_R^{(I)}$= 803,528 мм, получив при этом уравнение тренда, соответствующее максимальной условной границе распределения случайной величины $B_R^{(O-I)}$ для *Зоны I*:

$$B_R^{(O-I)} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 338{,}836 \quad (8)$$

Аналогично для установления нижней условной границы распределения случайной величины $B_R^{(III)}$ также применим величину $\sigma_R^{(III)}$= 247,667 мм, получив при этом уравнение тренда, соответствующее минимальной условной границе распределения случайной величины $B_R^{(III-O)}$ для *Зоны III*:

$$B_R^{(III-O)} = -0{,}0112 \cdot B_Z^2 + 6{,}324 \cdot B_Z + 264{,}62 \quad (9)$$

Таким образом, нами была установлена основная система уравнений, описывающих положение границ характерных зон распределения ширины захвата средств механизации удаления срезанной или вырубленной растительности от количества их зубьев $B_R = f(Z)$:

$$\begin{cases} B_R^{(O-I)} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 338{,}836 \\ B_R^{(I-II)} = -0{,}674 \cdot B_Z^2 + 92{,}853 \cdot B_Z - 678{,}523 \\ B_R^{(II-III)} = -0{,}0957 \cdot B_Z^2 + 24{,}994 \cdot B_Z + 100{,}076 \\ B_R^{(III-O)} = -0{,}0112 \cdot B_Z^2 + 6{,}324 \cdot B_Z + 264{,}62 \end{cases} \quad (10)$$

Исследование границ распределения ширины B_R по принятым *Зоне I, Зоне II* и *Зоне III* с учётом полученных нами уравнений регрессии выявило следующее. В принятом к исследованию интервале количества зубьев $15 \le B_Z \le 100$ нижняя условная граница *Зоны III* и граница распределения ширины B_R между *Зоной II* и *Зоной III* монотонно возрастают (рис. 3).

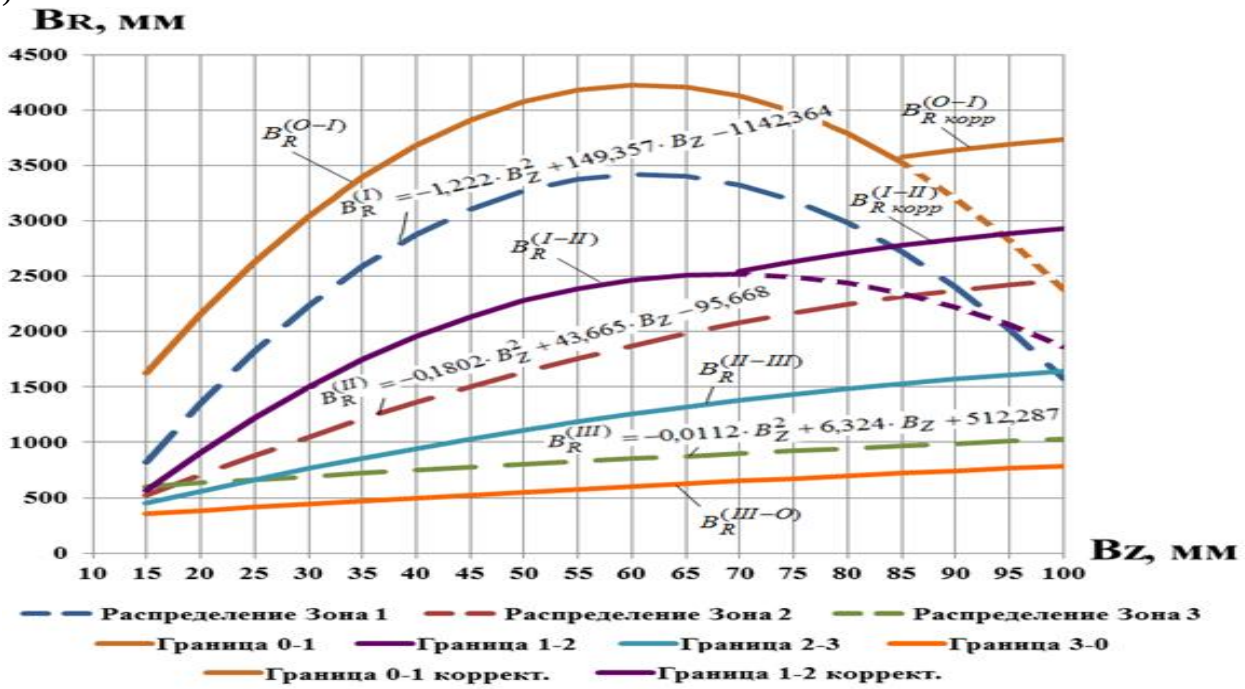


Рис. 3 – Границы зон распределения ширины захвата B_R средств механизации удаления срезанной или вырубленной растительности

В тоже время верхняя условная граница для *Зоны I* и граница распределения ширины B_R между *Зоной I* и *Зоной II* имеют явно выраженные точки экстремума (для верхней условной границы $B_{R\max}^{(O-I)} = 4224{,}892$ мм при $B_Z = 61{,}112$ мм; для границы между *Зоной I* и *Зоной II* $B_{R\max}^{(I-II)} = 2519{,}429$ мм при $B_Z = 68{,}882$ мм). При этом следует отметить резкое снижение значений $B_R^{(O-I)}$ при $B_Z > 70$, оказывающее аналогичное влияние на границу $B_R^{(I-II)}$, которая в свою очередь пересекает исходное регрессионное распределение $B_R^{(II)}$ для *Зоны II* в окрестностях точки $B_Z = 86$ (что, на наш взгляд, недопустимо и не логично).

С учётом вышеизложенного, выполним корректировку границы между *Зоной I* и *Зоной II*, определив точку пересечения верхней границы распределения ширины рассматриваемых средств механизации $B_R^{(II)гв}$ и границы между *Зоной I* и *Зоной II* $B_R^{(I-II)}$ из системы уравнений:

$$\begin{cases} B_R^{(I-II)} = -0{,}674 \cdot B_Z^2 + 92{,}853 \cdot B_Z - 678{,}523 \\ B_R^{(II)гв} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z + 368{,}466 \end{cases} \qquad (11)$$

Пересечение двух вышеприведённых кривых осуществляется в точке $B_Z = 68{,}7878$мм при $B_{R\,x}^{(I-II)} = 2519{,}421$ мм, что фактически совпадает с точкой экстремума для данной границы. С учётом этого, при моделировании объёма распределения параметров рассматриваемых средств механизации граница между *Зоной I* и *Зоной II* будет определяться

системой из двух уравнений: ранее установленным нами трендом $B_R^{(I-II)}$ с граничной точкой его смены $B_Z^{I-II} = 68{,}7878$ мм на тренд $B_{R\,корр}^{(I-II)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z + 368{,}466$

Следует отметить, что скорректированная граница распределения ширины захвата между *Зоной I* и *Зоной II* $B_{R\,корр}^{(I-II)}$ пересекает верхнюю условную границу $B_R^{(O-I)}$ в окрестностях точки $B_Z = 94$, что, на наш взгляд, также недопустимо, так как создаёт теоретическую неопределённость в классификации средств механизации удаления срезанной или вырубленной растительности при их отнесении к *Зоне I* или *Зоне II*.

С учётом вышеизложенного, выполним корректировку верхней условной границы, определив точку пересечения уравнения тренда, соответствующего максимальной условной границе распределения ширины B_R для *Зоны I* $B_R^{(O-I)}$ и скорректированной границей между *Зоной I* и *Зоной II* $B_{R\,корр}^{(I-II)}$ из системы уравнений:

$$\begin{cases} B_R^{(O-I)} = -1{,}222 \cdot B_Z^2 + 149{,}357 \cdot B_Z - 338{,}836 \\ B_{R\,корр}^{(I-II)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z + 368{,}466 \end{cases} \quad (12)$$

Пересечение двух вышеприведённых кривых осуществляется в точке $B_Z = 94{,}2477$мм при $B_{R\,x}^{(O-I)} = 2883{,}145$ мм. С учётом определённой нами в [4] величины $\sigma_R^{(I)} = 803.528$ мм, при моделировании объёма распределения параметров рассматриваемых технических средств верхняя условная граница будет определяться системой из двух уравнений: ранее установленным нами трендом $B_R^{(O-I)}$ с граничной точкой его смены $B_Z^{O-I} = 84{,}2351$ мм на тренд $B_{R\,корр}^{(O-I)} = -0{,}1802 \cdot B_Z^2 + 43{,}665 \cdot B_Z + 1171{,}994$.

Таким образом, рассмотрев систему уравнений, характеризующих собой зависимости ширины захвата рабочего оборудования B_R от ширины элемента рабочего органа B_Z технических средств удаления срезанной или вырубленной растительности, нами была выявлена система уравнений, позволяющих чётко установить границы формирования зон распределения указанных параметров, что, в свою очередь, позволит более обоснованно выполнять классификацию рассмотренных в данной работе средств механизации.

Библиографический список

1. Антипов, Б.В. Мульчерные технологии в полосе отвода железных дорог / Б.В. Антипов, С.Ю. Маркелов, М.Т. Хайдаров. – Москва: Арсенал, 2013. – 115 с.

2. Платонов, А.А. Математическое моделирование и классификация технических средств для сбора порубочных остатков / А.А. Платонов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 240. – С. 149-162. – EDN ETGIKP.

3. Силаев, Г.В. Машины и механизмы в лесном и лесопарковом хозяйстве: в 2 ч. Часть 2: учебник / Г.В. Силаев. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – 229 с. – EDN NSNOKI.

4. Платонов, А.А. Регрессионные уравнения распределения выборочных данных параметров оборудования для очистки линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Современные проблемы в науке и технике. Теория и практика: Материалы международной открытой конференции, Воронеж, 21–23 декабря 2020 года / Отв. редактор В.В. Зенина. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 261-268. – EDN HNTMEN.

5. Глинский, В.В. Статистический анализ / В.В. Глинский, В.Г. Ионин. – Москва: Инфра-М, 2002. – 240 с.

6. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – Москва: Высш. шк., 2003. – 479 с. – EDN QJLKXP.

7. Халафян, А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – Москва: Бином, 2010. – 522 с. – EDN QTNDAX.

УДК 630*531

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА УЧАСТКОВ ЛИНЕЙНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Платонов

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Выявление характеристик нежелательно произрастающей вдоль линейных объектов древесно-кустарниковой растительности должно сопровождаться предварительной работой по обоснованному выбору экспериментальных участков с применением соответствующих критериев. В статье рассматривается практическое использование разработанных автором таких критериев, формулируется вывод об их применимости для подготовки экспериментальных исследований.

Ключевые слова: полоса отвода, нежелательная растительность, удаление, характеристики, выявление, критерии.

Abstract. Identification of the characteristics of tree and shrub vegetation undesirably growing along linear objects should be accompanied by preliminary work on a reasonable choice of experimental plots using appropriate criteria. The article discusses the practical use of such criteria developed by the author, formulates a conclusion about their applicability for the preparation of experimental studies.

Keywords: right of way, unwanted vegetation, removal, characteristics, detection, criteria.

Для выявления характеристик произрастающей вдоль линейных объектов инфраструктуры (ЛИО, например, вдоль балластной призмы железнодорожного пути [1; 2]) нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР, рис. 1) необходимо обоснованно подойти к выбору экспериментальных участков, на территории которых будет осуществляться выявление таких характеристик [3].

а) б)

Рис. 1 – Нежелательная растительность, выявленная автором в ходе натурного обследования:
а) участка Томаровка – Строитель, Белгородская область (1 км 4 пк ... 3 км 9 пк);
б) участка Михайловский рудник – 54 км, Курская область (3 км 5 пк ... 5 км 1 пк).

В целом для линейных инфраструктурных объектов [4; 5] характерно богатство и разнообразие произрастающей на их территории НДКР, при этом видовой состав указанной растительности, её возраст, размеры и густота расположения отдельных экземпляров определяют периодичность и степень сложности организуемых работ по её удалению [6-8]. Принимая во внимание то, что составить ясное и исчерпывающее представление обо всех ЛИО, расположенных на территории Российской Федерации, и произрастающих на них видах НДКР не представляется возможным, в [9] нами были разработаны восемь соответствующих критериев выбора исследовательских участков, описание практического применения которых и составляет цель данной работы.

По критерию «Распространённость линейного инфраструктурного объекта» с учётом месторасположения центра проведения исследований качественных и количественных характеристик нежелательной растительности в ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова (г. Воронеж) нами были исключены из рассмотрения трассы нефте- и газопроводов ввиду фактического отсутствия в разумной близости от вышеуказанного центра проведения исследований первых и относительно небольшого количества вторых. При этом для проведения указанных исследований нами были выбраны следующие линейные инфраструктурные объекты: полосы отвода железных дорог и охранные зоны линий электропередачи.

Достаточно серьёзно рассматривался нами вопрос включения в исследования по данному критерию полос отвода автомобильных дорог. В целом вокруг центра проведения исследований существует достаточно разветвлённая сеть автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального и местного значения с различного рода покрытиями и по критериям «Транспортная доступность» и «Протяжённость» указанные объекты, бесспорно, заслуживали своего включения в Программу исследования. Однако предварительно проведённым мониторингом состояния полос отвода автомобильных дорог Центрально-Черноземного региона нами было выявлено, что в подавляющем большинстве случаев на территориях указанных полос произрастает либо травянистая растительность, изучение условий произрастания и технологии/техники [10] удаления которой не входило в цели и задачи данного исследования, либо древесно-кустарниковая растительность, не относящаяся к кустарнику, мелколесью, подлеску и/или поросли (критерий «Наличие нежелательной растительности»). При этом немногочисленные предварительно намеченные нами к исследованию полосы отвода с приемлемой нежелательной растительностью относились по соответствующей классификации лишь к автомобильным дорогам местного значения (критерий «Дифференцированность»), в то время как нам желательно было учесть виды НДКР, произрастающие также по полосам отвода автодорог регионального и федерального значения. Кроме того, нами было установлено, что полосы отвода автомобильных дорог местного значения редко снабжены указателями километровых отметок, что затруднило бы идентификацию нашего месторасположения (в том числе – месторасположения экземпляров нежелательной растительности) на будущих получаемых фото- и видеоматериалах. Таким образом, даже с учётом того, что по критерию «Безопасность выполнения работ» полосы отвода автомобильных дорог при соблюдении всех требований безопасности проведения исследований также заслуживали своего включения в Программу исследования, нами было принято решение не включать полосы отвода автомобильных дорог в непосредственные исследования по выявлению произрастающих видов НДКР по территориям линейных инфраструктурных объектов. Однако при этом ряд указанных объектов был принят нами для наблюдения за процессом произрастания и удаления нежелательной растительности.

По критерию «Безопасность выполнения работ» принимаемые нами в исследование участки линейных инфраструктурных объектов подразделялись следующим образом. Для уменьшения вероятности поражения электрическим током и повышения психологической устойчивости исполнителей выявления произрастающих по территориям трасс ВЛ видов НДКР в Программу исследования нами в большей степени включались такие участки трасс линий электропередачи, для которых величина передаваемого напряжения $U \to \min$. При

этом, учитывая классификацию линий электропередачи, в Программу исследования нами были приняты участки трасс ВЛ с величиной минимального напряжения $U_{\min}$ = 10 кВ. Для уменьшения вероятности создания помех движению пассажирским и грузовым поездам присутствием в полосе отвода железных дорог (и особенно – на рельсошпальной решётке) исполнителей выявления характеристик произрастающих видов НДКР в Программу исследования нами в большей степени включались такие участки полос отвода железных дорог, по которым в меньшей степени осуществлялось движение поездов. Для этого нами было учтено разделение всех железнодорожный линий на отдельные классы, в том числе – выделение так называемых «малоинтенсивных» железнодорожных линий, к которым относятся участки железной дороги общего пользования грузонапряжённостью в пять миллионов тонно-километров брутто/км в год и менее.

С учётом критерия «Безопасность выполнения работ» по критерию «Дифференцированность» принимаемые нами в исследование участки линейных инфраструктурных объектов подразделялись следующим образом. В Программу исследования нами были приняты участки трасс высоковольтных магистральных воздушных линий электропередачи переменного трёхфазного тока с номинальным напряжением сети 10, 35, 110, 220 и 330 кВ с установленными по территориям данных участков свободностоящими и с одним или двумя подкосами завершёнными (железобетонными, безфундаментными) и собираемыми (металлическими, на поверхностном фундаменте) опорами. Также в Программу исследования нами были приняты участки полос отвода железных дорог общего назначения 1-го, 4-го и 5-го классов с проектным преимущественным пассажирским (или – грузовым) движением (в том числе – малоинтенсивные, с небольшим движением пассажирских и/или грузовых поездов), а также технологические железнодорожные линии, предназначенные для обеспечения предприятий железнодорожной связью, и железнодорожные линии необщего пользования, принадлежащие производственным предприятиям.

По критерию «Естественность» из рассмотрения потенциальных участков ЛИО нами были исключены участки полос отвода железных дорог и охранных зон линий электропередачи, проходящие над водной поверхностью (в том числе – по мостам) и под земной/водной поверхностью (тоннели). Кроме этого, впоследствии, уже при проведении указанных экспериментальных исследований, из рассмотрения потенциальных участков нами были исключены участки полос отвода железных дорог, проходящие под мостами, как не обеспечивающие естественного притока освещённости и природных осадков, а, следовательно, нарушающие «нормальное» произрастание нежелательной растительности.

Для выявления потенциальных участков трасс ВЛ и полос отвода железных дорог, заслуживающих включения в Программу исследования по критерию «Наличие нежелательной растительности», нами были выполнены предварительные исследования на предмет выявления наличия/отсутствия на потенциальной территории нежелательной древесно-кустарниковой растительности. Результаты исследования позволили установить, что на территориях трасс высоковольтных линий электропередачи в подавляющем большинстве случаев НДКР сосредоточена лишь вокруг опор указанных линий, ввиду чего нами было принято решение не включать в Программу исследования полностью заросшие (по состоянию на начало весны 2021 года) линии ПС Подклетная – ПС ДСК и ПС Семилуки – ПС ДСК, находящиеся в непосредственной близости от центра проведения данных исследований, а также иные потенциальные, и при этом полностью заросшие, территории трасс ВЛ.

Одновременно с этим нами было установлено, что произрастающая в полосах отвода железных дорог нежелательная растительность нередко распределена по соответствующим территориям весьма неравномерно, ввиду чего выполненные нами предварительные исследования позволили наметить ряд участков полос отвода железных дорог (в отдельных случаях – несколько участков для одной железнодорожной линии) с произрастающей нежелательной растительностью, исключив при этом те железнодорожные линии (например,

железнодорожная линия с преимущественно пассажирским движением Воронеж-Курский – Благодатенский, рис. 2), где количество экземпляров НДКР было признано нами недостаточным для проведения исследований с последующей статистической обработкой полученных данных.

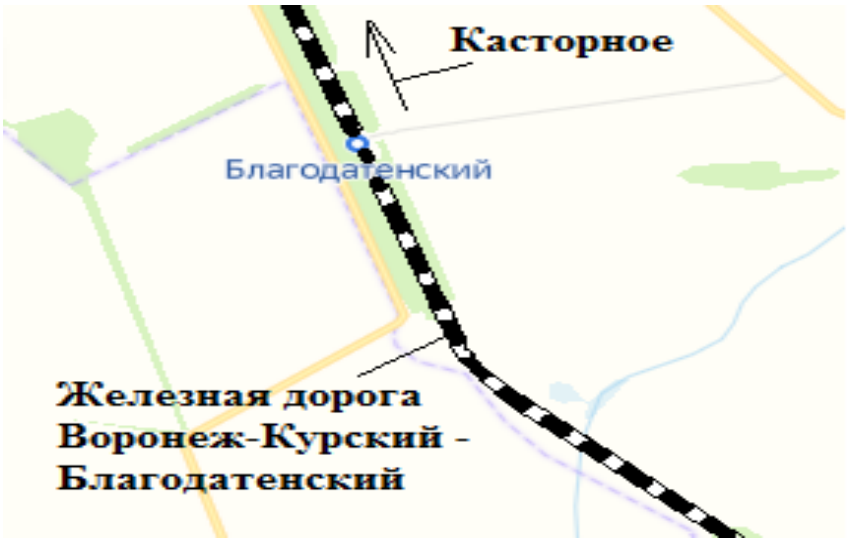


Рис. 2 – Схема железнодорожной линия Воронеж-Курский – Благодатенский

По критерию «Протяжённость» предварительная длина (планируемое расстояние $L^{ндкр}$ натурного обследования) принимаемых нами в исследование участков линейных инфраструктурных объектов должна была быть больше минимального расстояния $L_{\min}^{ндкр}$ натурного обследования ($L^{ндкр} \geq L_{\min}^{ндкр}$, м), определяемого в соответствии с Методикой оценки качества и эффективности выполнения работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий линейных инфраструктурных объектов.

По критерию «Транспортная доступность» принимаемые нами в исследование участки линейных инфраструктурных объектов находились в непосредственной близости от автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального и местного значения, при этом для удобства доступа к указанным участкам нами в рамках предварительных исследований участков ЛИО намечались точки пересечения автомобильных и железных дорог (например, рис. 3, а: автодорога Белгород – Ракитное и железная дорога Готня – Белгород, поворот на Репродуктор; рис. 3, б: автодорога Белгород – Шебекино и железная дорога Белгород – Нежеголь, поворот на Маслову Пристань). Нередко принимаемые участки ЛИО располагались в большей степени параллельно автомобильным дорогам (например, рис. 3, в: трасса линий электропередачи ПС Дмитровская – ПС Гостомль и автодорога Железногорск – Дмитровск, поворот на Морево; рис. 3, г: трасса линий электропередачи ПС Губкин – ПС Касторная и автодорога Горшечное – Нижние Борки, поворот на Богородицкое).

а)

б)
в)

г)

Рис. 3 – Элементы транспортной доступности участков ЛИО

Принимая во внимание вышеизложенное и с учётом требований критерия «Экстерриториальность», для проведения исследований на предмет выявления произрастающих по территориям линейных инфраструктурных объектов видов НДКР нами были приняты участки ЛИО, расположенные в основном на территориях Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Орловской областей. Отдельные участки ЛИО были расположены в Волгоградской, Саратовской и Тамбовской областях.

Таким образом, практическое применение критериев выбора участков для исследования произрастания нежелательной растительности способствовало их обоснованному принятию в Программу соответствующих экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Визиров, Ю.В. О закреплении и мониторинге полосы отвода и охранных зон / Ю.В. Визиров // Путь и путевое хозяйство. – 2022. – № 5. – С. 29-30. – EDN IAJFRC.

2. Подрядчикова, Е.Д. К вопросу проектирования полосы отвода линейного объекта /Е.Д. Подрядчикова, Т.В. Кушина // Современные вопросы землеустройства, кадастра и мониторинга земель: материалы региональной научно-практической конференции, Тюмень, 26 ноября 2016 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 160-163. – EDN XGITFN.

3. Платонов, А.А. Требования к разработке методики измерений характеристик нежелательной растительности / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития: Материалы Всероссийской научно-

практической конференции, Воронеж, 07 октября 2022 года / Отв. редактор А.А. Платонов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 115-122. – EDN HLNRQX.

4. Кочетков, А.В. Проблемы инженерно-технического сопровождения объектов дорожной инфраструктуры в полосах отвода и придорожных полосах автомобильных дорог /А.В. Кочетков // Грузовик. – 2015. – № 12. – С. 26-28. – EDN VECCTL.

5. Костеша, В.А. К вопросу о стандартизации норм полос отвода автомобильных дорог / В.А. Костеша, О.А. Марычева // Регулирование земельно-имущественных отношений в России. – 2021. – № 2. – С. 150-156. – EDN UORWEB.

6. Platonov, A.A. Visualization of volumes of works for removing unwanted vegetation from the territory of infrastructural objects / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // Colloquium-Journal. – 2020. – № 2-2(54). – P. 143-148. – EDN HBKVFC.

7. Платонов, А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская //Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10, № 3(39). – С. 164-174. – EDN CKEDNU.

8. Платонов, А.А. Теоретическое обоснование степени распространённости технологического процесса / А.А. Платонов // Актуальные проблемы современного транспорта. – 2020. – № 1. – С. 23-31. – EDN HAVMFZ.

9. Платонов, А.А. Критерии выбора участков исследования характеристик нежелательной растительности / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 07 октября 2022 года / Отв. редактор А.А. Платонов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 32-38. – EDN QCKLPB.

10. Сидоров, С.Н. Использование современной техники для удаления растительности в полосе отвода / С.Н. Сидоров // Путь и путевое хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 18-21. – EDN VXPUXH.

УДК 630*531

О ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ ПРИ НАТУРНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

М.А. Платонова[1], А.А. Платонов[2]
[1]*Воронежский институт высоких технологий*
[2]*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация. Одной из проблем, возникающей при выявлении в полосе отвода железных дорог характеристик произрастающей нежелательной растительности, является определение пройденного исследователем расстояния вдоль рельсошпальной решётки. В статье рассматриваются некоторые элементы математического моделирования указанного расстояния, приводятся примеры его определения.

Ключевые слова: нежелательная растительность, железная дорога, обследование, расстояние, характеристики, моделирование.

Abstract. One of the problems that arises when identifying the characteristics of growing undesirable vegetation in the right of way of railways is the determination of the distance traveled by the researcher along the rail-sleeper grid. The article discusses some elements of mathematical modeling of the specified distance, provides examples of its definition.

Keywords: unwanted vegetation, railway, survey, distance, characteristics, modeling.

При выполнении работ по натурному обследованию ряда линейных инфраструктурных объектов (в частности – полос отвода железных дорог [1-3] общего и необщего пользования) на предмет наличия или отсутствия на их территории нежелательной растительности (древесно-кустарниковой поросли, рис. 1, [4; 5]) нередко возникает проблема определения Исполнителем работ точек позиционирования начала и окончания указанного обследования и, как следствие, пройденного им расстояния, величина которого оказывает непосредственное влияние на результаты и качество выявления характеристик поросли [6].

а) б)

Рис. 1 – Выявленная авторами поросль, произрастающая в полосе отвода железных дорог
а) Подклетное – Чертовицкое, 2км8пк...5км3пк, июнь 2018 г.;
б) Таловая-Лиски (Хреновая), 237км-235км, июль 2021 г.

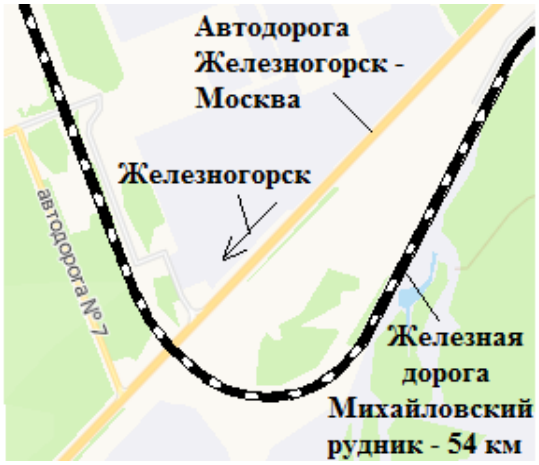
Отмеченная нами проблема позиционирования положения Исполнителя работ к конкретной точке полосы отвода железных дорог решается в настоящее время достаточно просто [7] при условии наличия у Исполнителя какого-либо прибора, позволяющего осуществлять позиционирование человека с приемлемой для натурного обследования точностью (± 10 см). Однако целый ряд систематических и случайных погрешностей, оказывающих воздействие на результат позиционирования, может привести к ошибкам в определении местоположения Исполнителя работ с разницей в десятки метров [8]. Кроме того, в труднодоступных районах нашей страны подобного рода позиционирование может оказаться вообще не возможным. В этом случае одним из вариантов является определение пройденного расстояния путём подсчёта количества пройденных шпал.

Нередко с понижением класса железных дорог наблюдается ухудшение технического обслуживания и ремонта железнодорожного пути, особенно это касается путей необщего пользования. Несвоевременность (или отсутствие возможности, в том числе – из-за отсутствия выделения денежных средств) и нерегулярность работ по ремонту рельсошпальных решёток железных дорог приводит к нарушению стандартного расстояния между шпалами. Однако нашими исследованиями было установлено [9], что для определения пройденного расстояния (в том числе – путём математического моделирования) при натурном обследовании участков железных дорог возможно использовать величину нормативного расстояния между шпалами [10], обеспечивающего фактическую погрешность измерений пройденного расстояния в $\pm 4\%$, что допустимо.

Приведём примеры определения пройденного расстояния при натурном обследовании нами в 2021 году ряда участков железных дорог, заросших нежелательной древесно-кустарниковой растительностью, и характеризуемых отсутствием пикетных столбиков и невозможностью установления границ рельсошпальных решёток (бесстыковой путь).

1. Технологическая линия Михайловский рудник – 54 км, расположенная вблизи г.Железногорск (Курская область), является частью полигона «Михайловский горнообогатительный комбинат им. А.В. Варичева» – филиала ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ» (рис. 2, а).

Обследуемая линия необщего пользования относится к 5-му классу с проектным преимущественным грузовым движением. По данной линии с определённой периодичностью, обусловленной производственной потребностью Михайловского ГОКа, осуществляется перемещение железорудного концентрата и окатышей в составе тягового агрегата переменного тока НП1+ 10…12 думпкаров (вагонов-самосвалов; рис. 2, в). Обследуемый участок данной линии находится на равнинной местности в лесополосе, характеризуемой смешанным древостоем с преимущественным произрастанием лиственных пород (рис. 2, б). Исследуемый участок является прямолинейным с отсутствием криволинейных отрезков железнодорожного пути. Применяемый на участке тип шпал – деревянные, тип применяемых рельс – Р65.



а)

б)

в)

Рис. 2 – Технологическая линия Михайловский рудник – 54 км
а) схема линии; б) состояние полосы отвода и междупутья;
в) тяговый агрегат переменного тока НП1

При натурном обследовании данного участка нами было пройдено общее количество шпал $N_{шп}$ = 2452. С учётом выявленных нами вышеозначенных характеристик пути примем к расчёту расстояние между двумя соседними железнодорожными шпалами $l_{прр}$ = 0.52 м, соответствующее эпюре шпал 1440 шпал/км при количестве шпал в рельсошпальной решётке $n_{шп}$ = 36, нормативное расстояние между двумя стыковыми шпалами $l'_{прр}$ =0.562, ширина шпалы $b_ш$ = 0,140 м.

Тогда пройденное нами при натурном обследовании данного участка железной дороги расстояние определится как:

$$L_{пр\ жд}^{ндкр} = \left\lfloor \frac{2452}{36} \right\rfloor \cdot (0{,}52 \cdot (36-1) + 0{,}14 \cdot 36 + 0{,}562) + \left(2452 - 36 \cdot \left\lfloor \frac{2452}{36} \right\rfloor \right) \cdot 0{,}52 = 1620{,}62 \text{ м}$$

Номер километра начала натурного обследования $N_{км}^{s} = 3$ данного участка железной дороги (а также номер условного пикета $B_{пк}^{s} = 5$ начала натурного обследования) определялся картографическим способом с привлечением соответствующих топографических карт данного участка железной дороги и прилегающей местности с «привязкой» к характерным точкам данной местности (а именно – к развилке дороги местного значения, идущей вдоль железнодорожного полотна).

Условный (расчётный) пикет $B_{пк}^{e}$ окончания натурного обследования данного участка железной дороги определялся с учётом количества $K_{пк}$ пройденных нами пикетных столбиков:

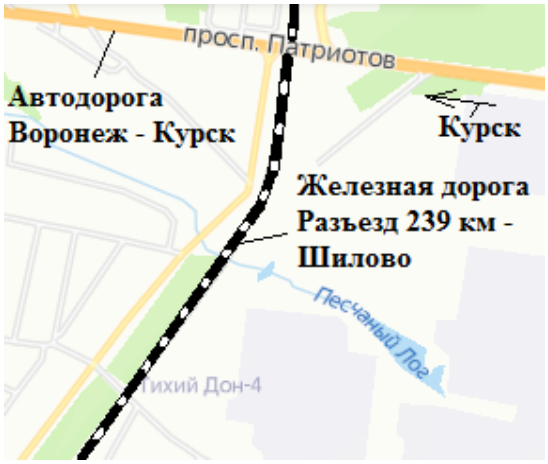
$$K_{пк} = \left\lfloor \frac{L_{пр\ жд}^{ндкр}}{100} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{1620{,}62}{100} \right\rfloor = 16, \qquad B_{пк}^{e} = (5+16) - 10 \cdot \left\lfloor \frac{5+16}{10} \right\rfloor = 1$$

Номер километра окончания натурного обследования данного участка железной дороги определялся по формуле:

$$N_{км}^{e} = N_{км}^{s} + \left\lfloor \frac{B_{пк}^{s} + K_{пк}}{10} \right\rfloor = 3 + \left\lfloor \frac{5+16}{10} \right\rfloor = 5 \text{ км}$$

Таким образом, выполненными расчётами было установлено, что натурное обследование технологической железнодорожной линии Михайловский рудник – 54 км, заросшей нежелательной древесно-кустарниковой растительностью, осуществлялось с 3 км 5 пикета до 5 км 1 пикета на расстоянии 1620,62 м.

2. Технологическая линия Разъезд 239 км – Шилово, расположенная в черте г.Воронежа (рис. 3, а), является частью полигона Юго-Восточной железной дороги (ЮВЖД) – филиала ОАО «Российские железные дороги». Обследуемая линия относится к 4-му классу с проектным преимущественным грузовым движением. По данной линии с определённой периодичностью, обусловленной потребностью Воронежской атомной станции теплоснабжения, планировалось перемещение грузовых поездов в составе тепловоза ЧМЭ-3 + 5…10 вагонов. Обследуемый участок данной линии находится на равнинной местности в лесополосе, характеризуемой смешанным древостоем с преимущественным произрастанием хвойных пород (рис. 3, б).

а) 

б)

Рис. 3 – Технологическая линия Разъезд 239 км – Шилово
а) схема линии; б) состояние полосы отвода

Исследуемый участок является прямолинейным с отдельными криволинейными отрезками железнодорожного пути радиусом $R > 1200$ м. Применяемый на участке тип шпал – железобетонные, тип применяемых рельс – Р65.

При натурном обследовании данного участка нами было пройдено общее количество шпал $N_{шп} = 4570$.

С учётом выявленных нами вышеозначенных характеристик пути примем к расчёту расстояние между двумя соседними железнодорожными шпалами $l_{прр} = 0.364$ м, соответствующее эпюре шпал 1840 шпал/км при количестве шпал в рельсошпальной решётке $n_{шп} = 46$, нормативное расстояние между двумя стыковыми шпалами $l'_{прр} = 0.238$, ширина шпалы $b_ш = 0{,}182$ м.

Тогда пройденное нами при натурном обследовании данного участка железной дороги расстояние определится как:

$$L_{пр\ жд}^{ндкр} = \left\lfloor \frac{4570}{46} \right\rfloor \cdot (0{,}364 \cdot (46-1) + 0{,}182 \cdot 46 + 0{,}238) +$$

$$\left(4570 - 46 \cdot \left\lfloor \frac{4570}{46} \right\rfloor\right) \cdot 0{,}364 = 2479{,}83 \text{ м}$$

Номер километра начала натурного обследования $N_{км}^{s} = 2$ данного участка железной дороги определялся отдельно осуществлённым маршрутным проходом от ближайшего (находящегося в полосе отвода железной дороги) километрового столба ($N_{км} = 238$ км железнодорожной линии Воронеж-Курский – Благодатенский) с выявлением на обследуемом участке железной дороги контрольной точки, соответствующей расчётному (пройденному) расстоянию $L_{пр\ жд1} = 2000$ м.

Условный (расчётный) пикет $B_{пк}^{s}$ начала натурного обследования данного участка железной дороги определялся от указанного виртуального километрового столба (контрольной точки $N_{км}^{s} = 2$ км) в большую сторону с учётом выявленного нами (отдельно осуществлённым маршрутным проходом) расчётным расстоянием $L_{пр\ жд2} = 127$ м:

$$B_{пк}^{s} = \left\lfloor \frac{L_{пр\ жд2}}{100} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{127}{100} \right\rfloor = 1 \text{ пикет}$$

Условный (расчётный) пикет $B_{пк}^{e}$ окончания натурного обследования данного участка железной дороги определялся с учётом количества $K_{пк}$ пройденных нами пикетных столбиков:

$$K_{пк} = \left\lfloor \frac{L_{пр\ жд}^{ндкр}}{100} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{2479{,}83}{100} \right\rfloor = 24, \qquad B_{пк}^{e} = (1+24) - 10 \cdot \left\lfloor \frac{1+24}{10} \right\rfloor = 5$$

Номер километра окончания натурного обследования данного участка железной дороги определялся по формуле:

$$N_{км}^{e} = N_{км}^{s} + \left\lfloor \frac{B_{пк}^{s} + K_{пк}}{10} \right\rfloor = 2 + \left\lfloor \frac{1+24}{10} \right\rfloor = 4 \text{ км}$$

Таким образом, выполненными расчётами было установлено, что натурное обследование технологической железнодорожной линии Разъезд 239 км – Шилово, заросшей нежелательной древесно-кустарниковой растительностью, осуществлялось со 2 км 1 пикета до 4 км 5 пикета на расстоянии 2479,83 м. В целом можно отметить применимость

рассмотренной методики для определения пройденного исследователем расстояния вдоль рельсошпальной решётки.

Библиографический список

1. Бурак, В.Е. Оценка биоразнообразия растительности на верхнем строении пути железной дороги / В.Е. Бурак, С.А. Донцов // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2008. – Т. 16, № 3. – С. 3-4. – EDN OJUVAF.

2. Платонова, М.А. Особенности существующей методики обследования растительности в полосе отвода железных дорог / М.А. Платонова, Н.М. Сафонова //Современные научные исследования и инновации. – 2022. – № 3(131). – EDN AHIGLD.

3. Давыдова, В.В. Антропогенное воздействие железной дороги на растительность /В.В. Давыдова, С.И. Миронова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С.31. – EDN OCRQKZ.

4. Платонов, А. А. Отличительные особенности конкурсных заявок по удалению кустарника и мелколесья с территории инфраструктурных объектов / А.А. Платонов //Воронежский научно-технический Вестник. – 2020. – Т. 1, № 1(31). – С. 87-94. – EDN RMYIGY.

5. Платонов, А.А. О местах воздействия на нежелательную растительность при её удалении с территорий транспортных инфраструктур / А.А. Платонов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Вологда, 03 декабря 2019 года / Ответственный редактор Ю.М. Авдеев. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2019. – С. 216-218. – EDN YKPBZG.

6. Антипов, Б.В. Встречаемость компонентов растительных сообществ в технической полосе отвода железных дорог РФ / Б.В. Антипов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 12. – С. 50-54. – EDN PVNKYB.

7. Платонов, А.А. Позиционирование при проведении исследования территорий линейных инфраструктур / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г.Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. – С. 153-157. – EDN PZMROW.

8. Синякин, А.К. Физические принципы работы GPS/ГЛОНАСС: монография / А.К. Синякин, А.В. Кошелев. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 109 с. – EDN QNWKSP.

9. Платонов, А.А. Конструктивные элементы верхнего строения железнодорожного пути – как факторы произрастания нежелательной поросли / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2022»): Труды международной научно-практической конференции, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. – С. 133-140. – EDN CYSMCO.

10. Крейнис, З.Л. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: учебник / З.Л. Крейнис, Н.Е. Селезнёва. – М: УМЦ ЖДТ, 2019. – 453 с. – EDN XUSZIN.

УДК 656.21

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕЗОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Е.А. Попова
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Рост поступающего импорта привел к дефициту специального подвижного состава – фитинговых платформ. Для решения этой проблемы в статье рассмотрены технологии перевозки крупнотоннажных контейнеров в полувагонах. Новые условия перевозки предполагают различные изменения в технических условиях погрузки и креплениях контейнеров в полувагонах.

Ключевые слова: полувагон, контейнер, технические условия, грузы, перевозка, крепление, фитинговая платформа.

Abstract. The growth of incoming imports has led to a shortage of special rolling stock – fitting platforms. To solve this problem, the article discusses technologies for transporting large-capacity containers in gondola cars. The new conditions of transportation imply various changes in the technical conditions of loading and securing containers in gondola cars.

Keywords: gondola car, container, technical conditions, cargo, transportation, fastening, fitting platform.

Из-за большого объёма импортных грузов, которые поступают на Дальний Восток, порты загружены и ресурсов для перевозки не хватает. Рост поступающего импорта привел к чрезвычайной загрузке Дальнего Востока: объём пребывающих контейнеров с импортной продукцией стал превышать возможность их перевозки по железной дороге на фитинговых платформах. Такая ситуация связана с тем, что количество экспортируемых контейнеров с грузом меньше, чем количество поступающих с импортом. Соответственно, на Дальний Восток отправляется меньшее количество фитинговых платформ, на которых перевозятся контейнеры, чем нужно для удовлетворения спроса на перевозку контейнеров с импортной продукцией. Компании-операторы вынуждены столкнуться с неблагоприятной ситуацией, когда клиенты желают получить транспортную услугу быстро и комфортно, а не простаивать в ожидании погрузки контейнера и его транспортировки [1-3].

Выходом из этой ситуации стало возобновление перевозки контейнеров в полувагонах, хорошей альтернативой фитинговым платформам. Такой способ перевозки предоставляется к тому же со скидкой 20%, что конечно же является привлекательным фактором для клиентов. Цель данной статьи – рассмотреть подробнее возможности и риски перевозок крупнотоннажных грузов в полувагонах.

Полувагоны в классическом варианте применяются для перевозки угля, руды и концентратов, лесозаготовок, труб и металлов. Для этих грузов технология транспортно-логистических процессов является простой и при организации перевозки не вызывает затруднений, а вот использование полувагонов для перевозки контейнеров имеет ряд своих технологических особенностей [4].

Из-за отсутствия оптимальных технических условий контейнерный поезд из полувагонов формируется в 5 раз дольше, чем из фитинговых платформ, что тормозит контейнеризацию грузов для операторов и стивидоров. На оборудование одного полувагона средствами крепления для перевозки одного 40-футового контейнера требуются дополнительные расходы, которые составляют порядка 35 тыс. рублей.

Решением такого рода проблемы стало бы изменение технологии крепления контейнера в полувагоне, которая была дорогой и трудоёмкой. Технологические условия крепления предусматривали следующие манипуляции: с торца вагона ставились листы фанеры, между которыми проставлялись пневмоподушки или пневмооболочки, при этом их необходимо было надувать и двигать внутри вагона. Мало того, что подушки долго крепились, так ещё и сдувались в пути следования. Клиент терял скидку на тарифе и драгоценное время, так как вагоны приходилось отцеплять и устранять неполадки.

После анализа этой ситуации технологию упростили и теперь погрузка маршрута — поезда из 57 вагонов — длится в среднем 2,5 дня вместо десяти, а клиент существенно экономит на оплате ожидания отправки груза.

По новым техническим условиям вагон полностью раскрепляется деревянными брусками или рамками, что позволяет: исключить дополнительную работу по установке фанеры и подушек, минимизировать затраты на материалы.

Сохранность перевезенных грузов показала, что такой способ транспортировки является эффективным не только с точки зрения безопасности перевозки, но и с экономической точки зрения [5; 6]. Стоимость перевозки контейнеров по новой технологии снизилась в 10 раз.

Фитинговые платформы остаются приоритетным транспортом для перевозки крупнотоннажных контейнеров, так как срок погрузки не превышает 1,5 суток и по-прежнему выигрывают в скорости. При этом надо отметить, что серьёзный дефицит платформ возможно восполнить только альтернативным способом погрузки в полувагоны. Контейнеры в полувагонах следуют маршрутными отправками. Это поезд, который движется без переработки в пути следования, что позволяет существенно сократить срок доставки. На Дальний Восток регулярно следуют вагоны с продукцией клиентов, которая выгружается на станциях погрузки контейнеров, после чего порожние вагоны направляются под погрузку контейнеров. В результате клиенту не нужно долго ждать полувагоны: они поступают на припортовые станции и подаются под погрузку контейнеров по графику в порядке сдвоенных операций [7].

Возможность перевозить контейнеры в полувагонах даёт больше гибкости клиентам, для отправки груза появляются дополнительные опции, которые влияют на удобство сервиса и конечную экономию затрат:

- на маршрутную отправку клиенту полагается скидка и, как следствие, экономия на тарифе;
- если контейнер грузится в полувагон, то клиент получает за это скидку 20% от государства;
- клиент не платит за хранение груза в порту или на станции в ожидании вагонов, а это крайне важно, потому что сутки простоя судна обходятся дороже, чем вся перевозка маршрута по железной дороге.

Проблему обеспечения контейнерных перевозок возможно решить также путем расширения функциональных возможностей универсальных глуходонных полувагонов. При установке на полу глуходонного полувагона откидных фитинговых упоров появляется возможность установки одного сорокафутового или двух двадцатифутовых контейнеров (рис.1).

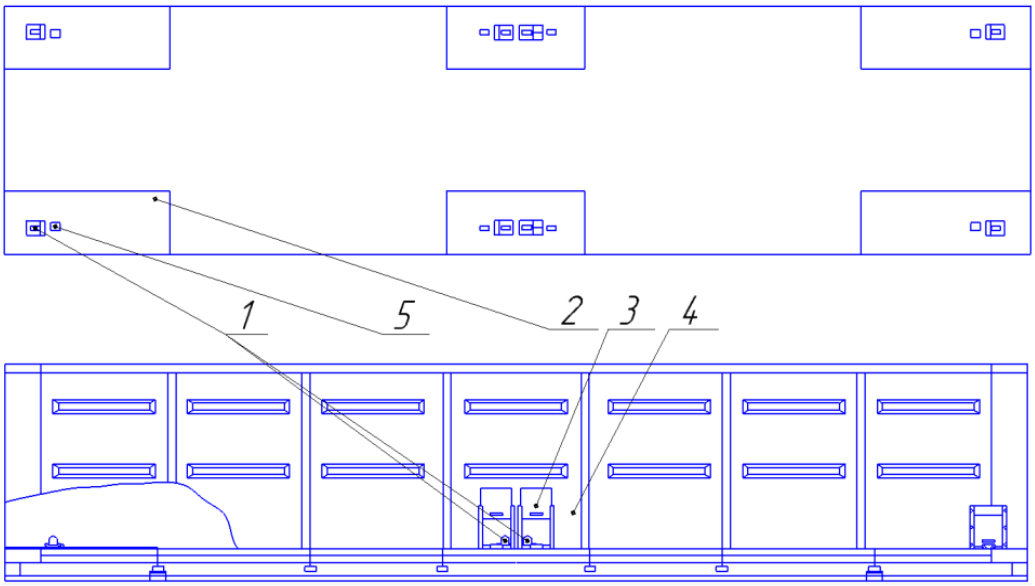


Рис. 1 - Кузов глуходонного полувагона модель 12-1505, оборудованный для перевозки крупнотоннажных контейнеров, где 1 – откидной фитинговый упор, 2 – опорная плита, 3 – смотровая заслонка, 4 – борт кузова вагона, 5 – паз

На пол вагона привариваются опорные плиты 2: четыре угловые и две средние. На плитах приварены откидные фитинговые упоры 1. Так же на плитах предусмотрены пазы 5 для помещения зуба откидного упора. Для приведения откидного упора в рабочее состояние и контроля правильности установки контейнера на борту 4 кузова вагона смонтированы сдвижные смотровые заслонки 3.

В результате внесения несложных конструктивных изменений существенно расширяются эксплуатационные возможности глуходонного вагона. При откинутых фитинговых упорах полувагон может использоваться для перевозки двух двадцатифутовых контейнеров.

Для перевозки одного сорокафутового контейнера средние упоры необходимо повернуть на 180º, при этом откидной зуб 1 входит в паз 5 и не мешает установке контейнера. При перевозке насыпных грузов все упоры переводятся в закрытое состояние, смотровые заслонки опускаются, и вагон может использоваться по своему прямому назначению.

На выполнение всех работ по расширению функциональных возможностей глуходонного вагона разработан полный комплект конструкторской документации, а также проведены расчеты на прочность соединений, расчет на устойчивость, которые показали, что прочность сварных соединений и устойчивость груза обеспечиваются.

Подготовка вагона, оснащенного откидными фитинговыми упорами к перевозке контейнеров, составляет не более 15 минут. Предварительная оценка пробегов вагонов в груженом и порожнем состоянии, исходя из среднесуточной потребности вагонов до и после модернизации, позволила сделать вывод о том, что порожний пробега может сократиться в два раза.

ОАО «РЖД» на платформе «Единое окно инноваций» объявило открытый запрос по привлечению инновационных решений и технологий, предназначенных для размещения и крепления 20- и 40-футовых крупнотоннажных контейнеров в универсальных полувагонах.

Существующие способы размещения и крепления контейнеров в полувагонах содержат ограничения по применению рассматриваемого принципа погрузки и могут быть усовершенствованны с учётом современных требований организации движения и концепции развития полигонных технологий [8; 9].

При изменившихся грузопотоках технология перевозки контейнеров в полувагонах позволяет сгладить дисбалансы и повысить эффективность использования вагонов и инфраструктуры.

Ряд операторских компаний разрабатывают варианты технических решений для таких перевозок. Чтобы обеспечивать надёжное крепление контейнера в полувагоне, рассматриваются не только надувные подушки и деревянные распорки, но и стационарные устройства.

Таким образом, новые решения и предложения по конструкции креплений универсальных крупнотоннажных контейнеров должны обеспечивать снижение затрат по отношению к существующим способам по размещению и креплению контейнеров в универсальных полувагонах (рис. 2), в том числе за счёт экономии на стоимости материалов, используемых для крепления.

Рис. 2 - Установка контейнера в полувагон

Также разработчикам необходимо добиться снижения продолжительности погрузочно-разгрузочных работ с универсальными крупнотоннажными контейнерами и сокращения времени нахождения контейнера на терминале за счёт оптимальной технологии погрузочно-разгрузочных работ с использованием предлагаемых креплений инновационной конструкции.

Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Факторы, влияющие на рынок перевозок скоропортящихся грузов /И. В. Журавлева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 65-69. – EDN CKGJNC.

2. Елисеев, С. Ю. Анализ наличия резервов повышения производительности использования полувагонов / С. Ю. Елисеев, А. А. Шатохин // Вестник транспорта. – 2017. – № 11. – С. 29-32. – EDN ZVMHJP.

3. Шатохин, А. А. Как сократить ожидание погрузки грузовыми вагонами? / А. А. Шатохин, С. Ю. Елисеев // Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 10–11 февраля 2016 года. – Москва: Московский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 113-115. – EDN WGIRQZ.

4. Шатохин, А. А. Повышение эффективности организации порожних вагонопотоков при управлении назначениями порожних вагонов / А. А. Шатохин, Е. А. Попова, А. В.

Буракова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 173-180. – EDN TUIQAL.

5. Журавлева, И. В. Повышение уровня безопасности производственных и эксплуатационных процессов на железнодорожном транспорте // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 24-29. – EDN PNMGSK.

6. Журавлева, И. В. Надежность технических устройств, основная составляющая уровня безопасности на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 32-35. – EDN NJBSEM.

7. Журавлева, И. В. Предложение по увеличению количественных показателей работы станции / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта: Сборник статей научной конференции, Воронеж, 01 октября 2018 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2018. – С. 8-10. – EDN YLYHSH.

8. Попова Е.А., Журавлева И.В. Повышение уровня контейнеризации за счет использования контейнеров OPEN-TOP. / Е.А. Попова, И.В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): Труды международной научно-практической конференции, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 207-210. – EDN HBTWGV.

9. Попова, Е. А. Технология перевозки контейнеров - «холодный экспресс» / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 172-178. – EDN YWFLYJ.

УДК 656.21

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Е.А. Попова
Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассмотрена тенденция развития контейнерных перевозок за прошедший 2022 год и сложившаяся вокруг железнодорожной логистики ситуация. Изменение технологии погрузки-выгрузки, взвешивания, крепления контейнерных грузов позволят сократить время на обработку контейнеропотоков в пунктах отправления и прибытия, а значит, предоставить высокий сервис транспортной услуги.

Ключевые слова: железнодорожные перевозки, контейнеры, взвешивание контейнеров, крановые весы, грузы.

Abstract. The article examines the development trend of container transportation over the past 2022 and the situation around railway logistics. Changing the technology of loading and unloading, weighing, securing container cargo will reduce the time for processing container flows at departure and arrival points, which means providing a high level of transport service.

Keywords: railway transportation, containers, container weighing, crane scales, cargo.

Политическая ситуация в 2022 году развернула российский рынок в большей степени на восток. Многие российские экспортеры вышли на азиатские рынки, прежде всего Китай. В сложившейся современной реалии железнодорожные контейнерные перевозки стали наиболее оптимальным способом доставки грузов. Грузоотправители были вынуждены глобально поменять транспортно-логистические цепочки, проложить новые морские линии с китайскими партнерами, произвести тестирование сервисного обслуживания клиентов [1].

Стали развиваться транзитные перевозки из стран Юго-Восточной Азии морем до Китая с дальнейшей отправкой железнодорожным транспортом в Россию и Беларусь. Возросший грузопоток позволил сформировать ускоренные контейнерные поезда даже на менее популярных пограничных переходах – Благовещенск, Краскино. Цель данной статьи – рассмотреть основные аспекты контейнерных перевозок в 2022 году.

Рост объемов перевозок во втором полугодии 2022 года выявил систематическое перераспределение грузопотоков между сервисами Дальнего Востока и прямым железнодорожным сообщением. Такая ситуация вызвала нестабильность транзитных перевозок и периодическую нехватку мощностей для обработки поступающего грузопотока, что стало вызывать сбой доставки грузов [2].

Основной причиной задержек железнодорожных перевозок и, соответственно, увеличения транзитного времени стал дисбаланс импортных и экспортных грузопотоков. Ужесточение требований РЖД к креплению грузов негативно сказалось на показателях скорости, сроков доставки и ритмичности работы дальневосточных терминалов [3].

Росту железнодорожных перевозок способствовала также политика Китайских железных дорог по распределению ниток графика движения для ускоренных контейнерных поездов. В связи с резким сокращением грузопотока из Китая в Европу по железной дороге через Казахстан квота на поезда в направлении Белоруссии и субъектов РФ увеличилась в разы [4].

Фактором, определившим такой резкий разворот на рынке, стал Китай – глобальный лидер по емкости контейнерного рынка, который был вызван открытием крупных китайских портов после карантинов для товаропотока. Объем китайского рынка кратно превосходит российский, малейшие изменения спроса и предложения могут вызывать резкие колебания на рынке [5].

Перевозка железнодорожным транспортом по сравнению с другими видами транспортировки заметно выигрывает по времени и занимает около 15 суток, когда как для доставки контейнера водным транспортом при взаимодействии с железнодорожным потребуется от 35 до 50 суток.

Важными аспектами качества предоставляемых услуг являются безопасность перевозимого груза, его сохранность при перевозке и правильность составления перевозочных документов [6].

Сектор контейнерных перевозок имеет огромный потенциал. Реализация стратегии контейнеризации может помочь увеличить объѐм транзитных железнодорожных контейнерных перевозок в четыре раза к 2024 году. Перевозки контейнеров за последние три года по сети ОАО «РЖД» превышают 5 млн ДФЭ. На конец 2022 года показатели превысили значение в 6 млн ДФЭ.

Для достижения таких целей в международных перевозках новой компании следует выполнять все требования таможенных органов, в первую очередь при перевеске

контейнеров. Проверка показателей в транспортной железнодорожной накладной с фактическими происходит с помощью весов различного типа [7].

Взвешивание массы контейнеров – операция, которая определяет ответственность перевозчика за сохранность перевозимого груза, правильность использования допустимой массы платформы, а также для контроля погружаемого груза. Процесс взвешивания грузов можно производить параллельно с погрузочно-разгрузочными операциями, при этом существенно сократив время грузопереработки. На железнодорожном транспорте применяют различные виды устройств взвешивания. На рис. 1 представлено изображение весов на траверсе крана.

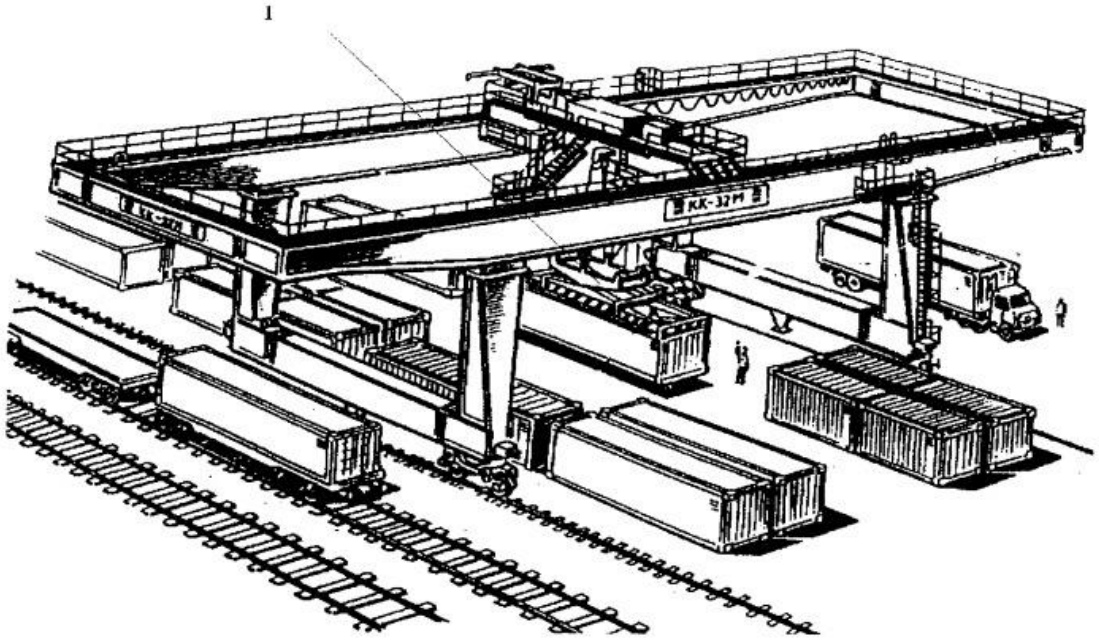


Рис. 1 – Весы на траверсе крана

Крановые весы являются весоизмерительным прибором, принцип которого заключается в том, что механизм взвешивания вмонтирован в корпус захватывающим устройством (крюком). На корпусе установлен дисплей, показывающий вес груза. Работа с устройством происходит следующим образом: после спуска траверсы происходит застроповка контейнера и его подъем. Через некоторое время происходит взвешивание контейнера. Время от начала подъема до взвешивания можно принять за 3 секунды, на это время программируемый таймер отключает устройство подъема. После чего происходит перестановка контейнера в указанное место.

Эта конструкция весов позволяет производить совмещенные операции погрузка-взвешивание или выгрузка-взвешивание. Такая технология позволяет сократить время на погрузочно-разгрузочные операции, а значит, сократить время доставки груза до грузополучателя [8-10].

Конструкция таких весов предполагает установку троса, на котором прикреплены весы именно в вертикальном положении, иначе в противном случае увеличиваются погрешность при взвешивании груза.

При отсутствии у козловых кранов устройства для взвешивания контейнеров во время перегрузки можно рассмотреть альтернативный вариант – платформенные контейнерные весы, которые могут располагаться на площадке между путями. Основным условием их эксплуатации является наличие площадки шириной не менее 3,63 метра при расположении контейнеров в один технологический ряд, учитывая технологические проходы приемосдатчиков.

На рис. 2 представлен вариант платформенных контейнерных весов. Контейнерные весы предназначены для взвешивания грузовых контейнеров 20Ф и 40Ф. Такая модель весов может применяться для определения оптимальной загрузки контейнеров (для недопуска перегрузки), для поэтапного взвешивания во время загрузки контейнера или для проверки и фиксации веса контейнеров при их приемке (для контроля недостачи груза).

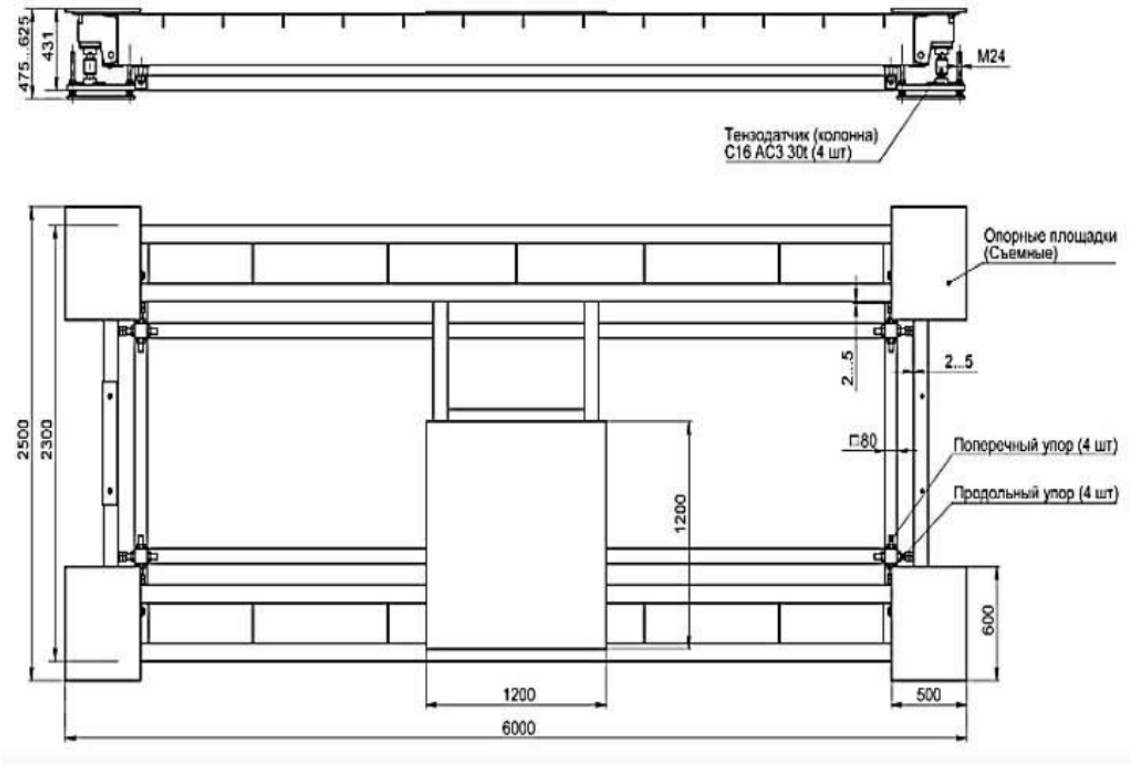


Рис. 2 – Платформенные весы для взвешивания контейнеров
20-40Ф М8101-40-2500Х6000-М06-С-К-001

Грузоприѐмное устройство представляет собой сборную конструкцию и имеет жесткую раму, которая адаптирована для установки контейнера. Температурный диапазон работы комфортен для эксплуатации в регионах с экстремально низкими температурами от -50 до +50 °С.

Тензодатчики платформенных весов типа «Column» имеют класс защиты IP 68 и могут производить выборку массы тары, устанавливать индикацию на нуль, производить автоподстройку нуля, диагностировать состояние сигналов и индицировать возникающие неисправности, выводить данные о взвешиваниях на компьютер по интерфейсам RS232 или RS 485, производить распечатку результатов взвешивания на непосредственно матричном принтере при эксплуатации весов без компьютера.

Таким образом, рассмотрение различных технологий взвешивания позволяет сделать вывод о том, что переработка контейнеров кранами, оборудованными специализированными весами, будет проходить быстрее, так как исключается операция по установке контейнера на весы, как это происходит в случае платформенных весов, а взвешивание происходит во время погрузки (выгрузки) контейнера.

Анализ изменений, произошедших только за 2022 год, дает право утверждать, что продолжающееся развитие контейнерных перевозок, изменение технологии погрузки-выгрузки, взвешивания и крепления контейнерных грузов позволит в достаточной мере сократить время на обработку контейнеропотоков в пунктах отправления и прибытия. Сокращение срока доставки позволит дать клиентам более высокий сервис транспортной услуги, а изменение маршрутов и расширение географии отправок станут ключевыми факторами в контейнерной логистике в ближайшей перспективе.

Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Основа деятельности транспорта во внешнеэкономических связях РФ ее нормативно-законодательная база / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 53-55. – EDN IMKKVK.

2. Шатохин, А. А. Повышение эффективности организации порожних вагонопотоков при управлении назначениями порожних вагонов / А. А. Шатохин, Е. А. Попова, А. В. Буракова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 173-180. – EDN TUIQAL.

3. Журавлева, И. В. Предложение по увеличению количественных показателей работы станции / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта: Сборник статей научной конференции, Воронеж, 01 октября 2018 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2018. – С. 8-10. – EDN YLYHSH.

4. Журавлева, И. В. Факторы, влияющие на рынок перевозок скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 65-69. – EDN CKGJNC.

5. Елисеев, С. Ю. Анализ наличия резервов повышения производительности использования полувагонов / С. Ю. Елисеев, А. А. Шатохин // Вестник транспорта. – 2017. – № 11. – С. 29-32. – EDN ZVMHJP.

6. Журавлева, И. В. Повышение уровня безопасности производственных и эксплуатационных процессов на железнодорожном транспорте. / И. В. Журавлева //Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 24-29. – EDN PNMGSK.

7. Журавлева, И. В. Надежность технических устройств, основная составляющая уровня безопасности на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 32-35. – EDN NJBSEM.

8. Попова, Е.А., Журавлева, И.В. Повышение уровня контейнеризации за счет использования контейнеров OPEN-TOP. / Е.А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022»): Труды международной научно-практической конференции, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 207-210. – EDN HBTWGV.

9. Шатохин, А. А. Как сократить ожидание погрузки грузовыми вагонами? / А. А. Шатохин, С. Ю. Елисеев // Современные подходы к управлению на транспорте и в

логистике: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 10–11 февраля 2016 года. – Москва: Московский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 113-115. – EDN WGIRQZ.

10. Попова, Е. А. Технология перевозки контейнеров - «холодный экспресс» / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 172-178. – EDN YWFLYJ.

УДК 656.21

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИИ

Е.А. Попова, И.В. Журавлева
Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассмотрены возможности повышения перерабатывающей способности станции и снижения простоя грузового вагона путем применения робототехнического комплекса, предназначенного для отпуска тормозов и роспуска состава на сортировочной горке. Применение такого робота позволяет сократить простой грузового вагона на станции, а значит, сократить срок доставки грузов.

Ключевые слова: роботизация, автоматизация, расформирование составов, роспуск состава с горки, показатели работы станции.

Abstract. The article considers the possibilities of increasing the processing capacity of the station and reducing the downtime of the freight car by using a robotic complex designed for releasing brakes and disbanding the train on the sorting hill. The use of such a robot makes it possible to reduce the downtime of a freight car at the station, which means to shorten the delivery time of goods.

Keywords: robotization, automation, disbandment of trains, disbandment of trains from the hill, station performance indicators.

Быстро меняющиеся экономические условия и спрос на транспортные услуги вызывают необходимость внедрения современных организационно-управленческих технологий, которыми является применение роботизированной техники [1]. От готовности инвестировать и развивать логистические процессы зависят перспективы развития робототехники на железной дороге в России.

Роботизация и автоматизация железнодорожной отрасли напрямую влияет на производительность, качество предоставляемых услуг в транспортной логистике и на доходность перевозчиков. Автоматизация технологических процессов снижает себестоимость товара (услуги или процесса), а также риски человеческого фактора [2].

На современных российских производственных предприятиях роботы в основном используются для транспортировки, сварки и обработки деталей и там, где человек может совершать ошибки или снижать производительность труда из-за монотонной или тяжелой работы. Роботами пытаются заменить людей в местах, где существует потенциальная опасность для жизни и здоровья рабочих.

Роботизацию производственных процессов можно назвать одной из основных составляющих их автоматизации, под которой понимается исключение человеческого труда и замена его на процессы, выполняемые в автоматическом порядке с помощью вычислительной техники, в том числе и с использованием роботизированных систем [3].

Универсальные роботы и различные автоматизированные системы все больше находят свое применение на крупных предприятиях с целью экономии времени, средств на оплату человеческого труда, повышения эффективности и производительности труда.

Универсальность роботизированных систем является неоспоримым достоинством, так как робота можно настроить на выполнение различных операций, в том числе на изготовление различных деталей и изделий, путѐм изменения только программного кода и установки дополнительного оборудования. Кроме этого, одним из достоинств применения роботизированной техники на предприятии является экономия сырья и времени на изготовление конечного продукта предприятия.

Однако применение роботизированной техники имеет ряд своих недостатков, отражающихся в высокой стоимости ее изготовления и постоянном обслуживании. Автоматизация технологических процессов главным образом ещё и негативно сказывается на занятости населения, то есть приводит к повышению уровня безработицы.

На рис. 1 представлены основные достоинства и недостатки применения роботизированных систем.

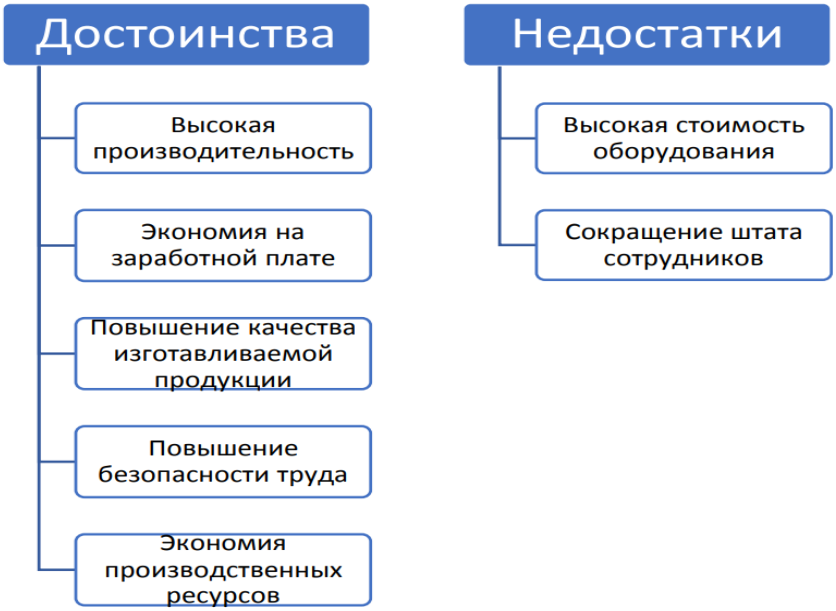


Рис. 1- Достоинства и недостатки применения роботизированных систем

Таким образом, на основе рассмотренных достоинств и недостатков применения роботизированных систем можно сделать вывод о том, что в настоящее время их использование могут позволить себе только крупные производственные предприятия, хотя в тоже время, отсутствие роботов на малых предприятиях позволяет сохранить рабочие места для населения [4; 5].

В ходе исследования было рассмотрено применение робототехнического комплекса, разработанного инженерами НПО «Андроидная техника» из Магнитогорска. Данный комплекс, состоящий из мобильной платформы в виде монорельса для перемещения манипулятора, самого робота манипулятора, модулей технического зрения, связи и безопасности, предназначен для отпуска тормозов и роспуска составов на горке.

Благодаря этой технологии человек может не находиться на опасных участках инфраструктуры [6-8]. Уровень интенсивности обслуживания подвижного состава повышается на порядок, тем более что комплекс выдерживает низкие температуры. Он может работать при сильных снегопадах и резкой оттепели.

Робототехнический комплекс настраивается на следующую последовательность:

1. В начале роспуска состава в память компьютера роботизированного комплекса заносятся данные сортировочного листа. В листе должны быть указаны типы вагонов, число осей и общее число вагонов в отцепе.

2. На основании данных сортировочного листа до начала надвига компьютером формируется программа роспуска состава, которая определяет последовательность отцепов и число вагонов в отцепах. Эта же программа вырабатывает стратегию расцепки, учитывающую скорости надвига, максимальную скорость каретки, максимальное ускорение и замедление каретки, а также минимальное расстояние от расцепляемой автосцепки до горба горки для надежного расцепления.

3. При приближении распускаемого состава к позиции, где расположен роботизированный комплекс, находящийся рядом на пути счетчик осей подсчитывает оси и передает эту информацию в компьютер комплекса. В компьютере производится вычисление координаты нужной автосцепки и величины и направления требуемой скорости передвижения каретки с тем, чтобы встреча каретки и автосцепки произошла в расчетной точке пути. После этого бортовой компьютер выдает сигнал на начало движения каретки.

4. Каретка начинает движение в сторону расчетной точки встречи с требуемой автосцепкой.

5. Система, состоящая из цифровой телекамеры и компьютера, установленная на каретке, получает непрерывное изображение движущегося вагона и распознает изображение автосцепки. Затем подсчитывает количество автосцепок (вагонов), мимо которых каретка должна последовать без остановки, а при приближении к заданной автосцепке выдает сигнал на выравнивание скорости каретки и состава. Каретка начинает движение со скоростью надвига. Цифровая телекамера, остановленная на каретке, захватывает изображение нужной автосцепки и выдает сигналы для наведения каретки точно напротив нужной автосцепки, а затем для наведения вилки манипулятора на цепочку автосцепки. Вилка манипулятора выдвигается, захватывает цепочку, поворачивается и задвигается в исходное положение. Расцепка произведена. Бортовой компьютер выдает блоку управления кареткой команду на торможение каретки и движение ее назад в исходное положение для следующей отцепки.

6. Бортовой компьютер получает сигнал от скоростемера, установленного за горбом горки, сравнивая скорости отцепа и надвига, выдает сигнал о состоявшемся или несостоявшемся расцеплении. В последнем случае подает сигнал машинисту горочного локомотива.

Сам робототехнический комплекс представлен на рис. 2.

Рис. 2 - Робототехнический комплекс для роспуска составов с горки

Применение данного комплекса позволяет освободить от работы составителей поездов, задействованных в процессе расформирования поездов, и увеличить скорость

движения вагонов в процессе роспуска состава за счет исключения времени на восприятие ситуации и времени, затрачиваемого на реакцию работника [9; 10].

Время, затрачиваемое на роспуск состава с применением робототехнического комплекса, рассчитывается по формуле (1):

$$t_{рос}=\frac{0,06 \cdot m_c \cdot l_в}{V_{рос}} \left(1-\frac{1}{2q}\right) + \beta_{ЗСГ} + \Delta t_р , \quad (1)$$

где $l_в$ – длина вагона (в среднем принять 15м);

$V_{рос}$ – средняя скорость роспуска, 6 км/ч;

m_c – средняя длина состава, вагоны, м;

q – число отцепов в составе, отц.;

$\beta_{ЗСГ}$ – доля составов с вагонами, запрещенными к роспуску с горки без локомотива, $\beta_{ЗГС} = 0,2$;

$\Delta t_р$ – увеличение времени роспуска состава из-за наличия вагонов ЗСГ, мин.

$$t_{рос}=\frac{0,06 \cdot 57 \cdot 15}{6} \left(1-\frac{1}{2 \cdot 12}\right) + 0,2 \cdot 4,4 = 10 \text{ мин.}$$

На основании приведенных расчетов видно, что время, затрачиваемое на роспуск состава, сократилось с 13 до 10 минут.

Таким образом, применение данного комплекса позволяет увеличить скорость роспуска, сократить простой грузового вагона на станции.

Внедрение цифровых технологий в структуру российских железных дорог позволяет применить новые технические решения в техническом обслуживании подвижного состава. Цифровизация, автоматизация и роботизация становятся незаменимыми инструментами необходимой трансформации железных дорог, которые позволяют повысить производительность и улучшить качество транспортных услуг.

Библиографический список

1. Журавлева, И. В. Основа деятельности транспорта во внешнеэкономических связях РФ ее нормативно-законодательная база / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 53-55. – EDN IMKKVK.

2. Журавлева, И. В. Надежность технических устройств, основная составляющая уровня безопасности на железнодорожном транспорте / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство ("Транспорт-2019") : труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта», Воронеж, 23 января – 23 2019 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2019. – С. 32-35. – EDN NJBSEM.

3. Журавлева, И. В. Предложение по увеличению количественных показателей работы станции / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта: Сборник статей научной конференции, Воронеж, 01 октября 2018 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2018. – С. 8-10. – EDN YLYHSH.

4. Журавлева, И. В. Факторы, влияющие на рынок перевозок скоропортящихся грузов / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022): Труды научно-практической конференции, Воронеж, 25 ноября 2022 года. – г. Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 65-69. – EDN CKGJNC.

5. Журавлева, И. В. Повышение уровня безопасности производственных и эксплуатационных процессов на железнодорожном транспорте// Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 24-29. – EDN PNMGSK.

6. Гостева, С. Р. Экологическое образование / С. Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 6-6(64). – С. 433-434. – EDN ZGDTOU.

7. Журавлева, И. В. Применение технологий спутниковой навигации в интересах железнодорожного транспорта / И. В. Журавлева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года /Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 160-162. – EDN GVIIFQ.

8. Попова, Е. А. Информационные и технологические аспекты планирования перевозки грузов / Е. А. Попова // Современные аспекты моделирования систем и процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 08 февраля 2021 года / Отв. редактор В.К. Зольников. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С.132-136. – DOI 10.34220/MAMSP_132-137. – EDN YKTELX.

9. Попова, Е. А. Совершенствование автоматизированных интеллектуальных систем в управлении работой станции / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 178-182. – EDN NXYSRI.

10. Попова, Е. А. Анализ непроизводственных потерь на сортировочной станции / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 182-186. – EDN FUQSDT.

УДК 331:45

ТЕХНОЛОГИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

С.А. Прицепова
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье охарактеризованы системы спутниковой навигации. Система навигации представляет собой незаменимый инструмент изучения и постоянного мониторинга нашей планеты, помогающий эффективно использовать и управлять ее ресурсами. В настоящее время запущены спутники, которые оснащены спектральными камерами, которые позволяют решать различные задачи мониторинга.

Ключевые слова: технические новшества, спутниковые системы, вектор, радиотехнические средства.

Abstract. The article describes satellite navigation systems. The navigation system is an indispensable tool for studying and constantly monitoring our planet, helping to effectively use and manage its resources. Currently, satellites have been launched that are equipped with spectral cameras that allow solving various monitoring tasks.

Keywords: technical innovations, satellite systems, vector, radio equipment.

Регулярно появляющиеся технические нововведения расширели методы, с помощью которых мы можем получать информацию и решать актуальные задачи современного мониторинга.

Наиболее объективный способ нахождения координат базируется на использовании искусственных спутников Земли. Суть его заключается в следующем: выведенные с Земли на определенные орбиты спутники посылают радиосигналы, фиксируемые особыми приемниками на Земле. Это позволяет с помощью радиотехнических средств определять расстояние (дальность) от приемника до спутника, а по положению приемника (его координатам) рассчитывать расстояние между двумя приемниками (приращения координат).

На инженерно-техническое осуществление этого ушли десятки лет интенсивной работы. Только к концу XX века в мире были построены две рабочие спутниковые системы, позволившие осуществлять геодезические измерения. Это американская Global Positioning System (GPS) — Глобальная конструкция позиционирования (ГСП), и российская Глобальная навигационная спутниковая конструкция (ГЛОНАСС). Рассмотрим специфику их работы более подробно.

Глобальная конструкция позиционирования (ГСП) предназначена для нахождения расположения объектов на земной поверхности. Ее изобретение позволило модифицировать всю систему тригонометрических замеров и предоставило совершенно новые способы картографирования.

Система спутниковой навигации включает:

1. Конструкцию наземного контроля и управления, состоящую из наземных геодезических /тригонометрических пунктов, имеющих станции слежения за космическими аппаратами, основной станции с вычислительным центром и станций отправки спутников. Собираемая дважды в день от спутников информация обрабатывается, на ее основании определяется местаположение спутников.
2. Конструкцию специальных блоков.
3. Спутниковые приемники.

Основной вычислительный центр ГСП функционирует на базе ВВС США Колорадо-Спринг, а станции спутниковой навигации размещены на островах Вознесения, Диего-Гарсия, атолле Кваджалейн и Гавайских островах.

В Систему наземного контроля и управления ГЛОНАСС входит Центр управления, находящийся в Москве, и сеть станций слежения, расположенных вблизи городов Санкт-Петербург, Воркута, Петропавловск-Камчатский, Уссурийск, Якутск, Улан-Удэ, Енисейск.

Системы ГСП и ГЛОНАСС включают по 24 функционирующих и по несколько дополнительных спутников, одинаково распределенных в околоземном пространстве на огромных (около 20 тыс.) высотах и оснащенных соответствующим оборудованием.

Спутники размещены так, что часть их всегда слышна в другой части Земного шара в любое время суток. Приемник с маленькой антенной способен улавливать расположение спутника в трехмерном пространстве с промежутком от 1 часа до менее 1 сек.

Точность информации зависит от числа спутников, размера информации, модификации полевого устройства и технологии измерения. На данный момент гарантированная достоверность нахождения месторасположения в диапазоне от 100 метров до 10 см.

Для выполнения замеров используются так называемые дышащие радиоволны. Передатчики на всех спутниках излучают их на двух частотах, достаточных для того, чтобы вывести из измерений кратковременные задержки, появляющиеся при прохождении радиоволн сквозь ионосферу. В ГСП частоте L1 подходит протяженность волны 19,0 см, а частоте L2 – протяженность волны 24,4 см. В ГЛОНАСС значения несущих частот L1 и L2 у каждого своя, но приближенная к 19 и 24 см.

Генерируются коды типового типа (они предназначены для гражданских пользователей) и высочайшей точности (для военных целей). В ГСП используют кодовое разъединение сигналов, все спутники функционируют на одних и тех же частотах, но каждый имеет свой код. В ГЛОНАСС частотное разъединение сигналов, каждый спутник имеет свою частоту, но у всех равные коды.

Спутниковые приемники ориентированы на использование спутников исключительно одной системы или на синхронное применение спутников ГСП и ГЛОНАСС. Все современные спутниковые приемники – многоканальные, с шестью и более каналами. Каждый канал следит за своим спутником. Хотя при измерении могут появиться помехи из-за рельефа местностности, деревьев, строений и прочих сооружений. Чем больше каналов, тем легче избежать эти трудности и найти нужное количество видных спутников.

По конструктивным особенностям приемники делятся на:

- односистемные, ориентированные на прием сигналов только одной системы;
- двухсистемные, принимающие сигналы как с ГЛОНАСС, так и с ГСП;
- кодовые, функционирующими только с дальномерными кодами;
- кодово-фазовые одночастотные, использующие дальномерные коды и фазовые измерения исключительно на частоте L1;
- кодово-фазовые двухчастотные, использующие дальномерные коды и фазовые измерения на частотах L1 и L2.

Кодовые приемники легки, компактны, умещаются на ладони. В одном корпусе соединены антенна, приемник, матрица питания. Эти приемники могут выдать местоположение в различных формах: широта, долгота, высота, прямое положение в разных проекциях и т.д. Они могут накапливать и хранить итоги измерения. На экранах можно наблюдать карту маршрута и свое расположение на ней. Кодовые приемники рассматриваются как ключевые приборы для местоопределения в географических, геологических и иных работах.

Кодово-фазовые приемники значительно объемнее, имеют раздельную антенну, порты для интеграции с другой аппаратурой, насыщаются от аккумуляторов, а клавиатура с дисплеем обычно расположена на добавочном устройстве – контроллере.

По специализации приемники могут разделяться: на те, что для сбора информации для географических информативных систем (ГИС); для создания геодезических сеток и

исполнения топографических съмок; для обеспечения пожарных служб, полиции, скорой медицинской помощи, перевозки грузов, мобильной связи, навигации [1; 2].

Система ГСП создавалась исключительно для Вооруженных сил США, однако по соглашению сторон железнодорожные компании использовали ГСП для первой в истории четкой съемки железных дорог США, для слежения за движением поездов [3], для уточнения высоты многих высоких горных вершин, включая Монблан.

Сейчас спутниковая навигация используется не только в геодезии и картографии, но и в землепользовании, экологии, наземной навигации, архитектуре и строительстве, геологии, областном управлении, железнодорожном транспорте, дистанционном зондировании, образовании, метеорологии, демографии и здравоохранении. Основные плюсы спутниковых систем – их глобальность, оперативность, всепогодность, подходящая надежность и эффективность.

Расстояние до спутника измеряют двумя способами – кодовым и фазовым. Дальномерный шифр обязан иметь полноценную длительность и случайную дислокацию 0 и 1. В этом случае два тождественных кода коррелируют исключительно тогда, когда они совмещены друг с другом.

Фазовым способом осуществляют преимущественно четкие измерения, используя для этого несущие волны. Данный способ базируется на том, что момент синусоидального раскачивания меняется согласно времени.

Координаты при спутниковом позиционировании поступают в двух режимах: замкнутом и дифференциальном. Замкнутый режим предполагает, что наблюдающий действует с одним приемником и описывает свое местоприбывание самостоятельно от каких-либо других измерений. Местоположение обусловливается пластической прямолинейной засечкой. Дальности измеряются кодовым методом. Геометрическая основа засечки содержится в следующем. Если с определенного характеризуемого пункта определить дальности до трех спутников и из них, как из центров, выстроить данными радиусами три сферы, то они пересекутся в искомой точке. Таким образом, для определения трех координат (X, Y, Z) надо обладать тремя сферами. Это трехмерный случай местоопределения (3D). Однако в пластической прямолинейной засечке одна из сфер может быть земная. Тогда будут назначены исключительно две координаты – широта и долгота из земной сферы, проходящей через пункт наблюдения. Это двумерный инцидент местоопределения (2D).

В абсолютном способе замеров координат применяется только один приемник, в отличительном – два: один стационарный, а другой – подвижный. Стационарный датчик ставится бездвижно на точке с известными координатами, вырабатывает измерения дальности до всех испытываемых спутников, а также назначает бесконечно меняющиеся характеристики тропосферы и ионосферы как сфер распространения навигацких радиосигналов. По результатам обрабатывания замеров неподвижным приемником рассчитываются отличительные поправки к дальностям и скоростям любого спутника.

Подвижный датчик поочередно ставится на точки с неизвестными координатами. Координаты точек местности могут быть предопределены как в реальном времени, так и в системе дальнейшей обработки. Определение координат в реальном времени требует передачи поправок по радиоканалу от стационарного приемника на подвижный. Для этого издаются специфические приемники, которые называются базисными станциями.

Способ самостоятельного замера прост, но чувствителен ко всем ключам погрешностей. На точность воздействуют непостоянность частот и сдвиги шкал периода на спутниках и в приемниках, погрешности в координатах спутников, аппаратурные погрешности приемников, опоздания сигналов в ионосфере и тропосфере. Точность замеров снижается из-за того, что в приемник приходят волны не только конкретно от спутника, но и переотраженные от земной плоскости и вблизи размещенных строений. Если точность нахождения координат обычно расценивается типичной квадратичной ошибкой в 7 м., то ограничивающая ошибка в 2-3 раза больше – около ±15 – 20 м. Кроме

того, точность самостоятельного замера увеличивается длительными (до 10-15 мин.) наблюдениями и общей обработкой всех итогов измерений.

Дифференциальный режим, в отличие от автономного, требует, чтобы измерения проделывались кодовым способом сразу двумя приемниками. Один датчик устанавливается на станции (в пукте со знаковыми координатами), обозначаемый как базовый, референц-станция или контрольно-корректирующая станция. Другой датчик – динамический – располагается на определенной точке. Так как положение референц-станции известно, то его можно использовать для сопоставления со вторично характеризуемыми координатами и замечать на этой базе поправки для маневренной станции. Задержки исключаются по наблюдениям четырех и более спутников, а точность зависит от типа приемника, программного обеспечения и колеблется от нескольких дециметров до многих метров.

Важным признаком местоопределения представляется микрогеометрический фактор. Он характеризует утечки точности, предопределенные геометрией обоюдного месторасположения спутников и приемника. Координаты увычисляются с наибольшей точностью, когда спутники правильно распределены на орбитах, и точность ухудшается в десятки и сотни раз, если спутники подходят к одной плоскости.

Таким образом, можно сделать вывод, что измерения ведутся постоянно, безусловно по одним и тем же спутникам, хотя и разными методами. В целях контроля необходимо применять несколько методов, перепроверяя и корректируя полученные результаты.

Библиографический список

1. Калачева, О. А. Организация безопасности и охраны труда в ОАО "РЖД". / О. А. Калачева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2013. № 2.- С. 146-151. - EDN QZYUEZ.

2. Калачева, О. А. Охрана природных систем на железнодорожном транспорте. /О.А. Калачева // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022). Труды научно-практической конференции. г. Воронеж, 2022 - С. 94-99. - EDN WEQXTL.

3. Калачева, О. А. Концепция безопасности человека в техносфере. / О. А. Калачева. // ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО («ТРАНСПОРТ-2022»). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Сер. "Теоретические и практические вопросы транспорта" Воронеж, 2022. - С. 98-100. - EDN IBWZCJ.

УДК 622.625.6

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ОБОДЬЕВ ПРИВОДНЫХ КОЛЕС ШАХТНЫХ МОНОРЕЛЬСОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ

К.А. Рябко[1], Е.М. Арефьев[2]

[1] *Филиал РГУПС в г. Воронеж*

[2] *Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), г. Санкт-Петербург*

Аннотация. Разработана математическая модель для определения долговечности полимерных ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов с учетом условий эксплуатации и динамических контактных усилий. В результате проведенной оценки долговечности полимерных ободьев приводных колес с использованием разработанной модели установлено, что при увеличении веса приводной тележки с 20 до 47 кН, долговечность ободьев снижается на 32%.

Ключевые слова: монорельсовый локомотив, шахтная монорельсовая дорога, срок службы, долговечность, динамические нагрузки, полимерный обод, подвесной монорельс, ходовая тележка.

Abstract. A mathematical model has been developed to determine the durability of polymer rims for driving wheels of mine monorail locomotives, taking into account operating conditions and dynamic contact forces. As a result of the assessment of the durability of polymer rims of drive wheels using the developed model, it was found that with an increase in the weight of the drive bogie from 20 to 47 kN, the durability of the rims decreases from 8700 to 5900 hours.

Keywords: monorail locomotive, mine monorail, service life, durability, dynamic loads, polymer rim, overhead monorail, undercarriage.

Параметры работы приводных колес шахтного подвесного монорельсового локомотива зависят от множества переменных: касательной силы тяги на ободе приводного колеса, прижимающего усилия, необходимого для достижения требуемых значений коэффициента сцепления колеса с монорельсом, знакопеременных динамических воздействий, возникающих от неровностей пути, тормозных сил, сил сопротивления движению от уклонов монорельса и состояния контактных поверхностей монорельса и полимерных ободьев приводных колес. Все эти параметры в полной мере исследованы для автомобильного и железнодорожного транспорта, но не отображают в достаточной степени влияния условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес.

Цель данного исследования. При движении шахтного монорельсового локомотива полимерные ободья приводных колес испытывают значительные контактные напряжения, обусловленные в первую очередь усилием прижатия приводных колес к боковой поверхности монорельса. Определение долговечности обода в зависимости от условий эксплуатации позволит определить его рациональные геометрические параметры и расширить область поиска износостойких конструкционных материалов. Соответственно, оценка долговечности полимерных ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов представляет научный и практический интерес.

При условии допущения о необратимости процесса разрушения долговечность полимерных контактирующих поверхностей приводных колес шахтных подвесных монорельсовых локомотивов при динамических контактных воздействиях может быть оценена по критерию Бейли [1; 2]:

$$N\int_0^{\Theta}\frac{dt}{L(\sigma,T)}=1,$$

где N – число импульсов до разрушения;

$L = L(\sigma,T)$ – долговечность полимерных изделий при статическом режиме нагружения;

σ – закон изменения напряжения;

T – абсолютная температура материала обода (температура рудничной атмосферы);

$\Theta = \frac{l_к}{v}$ – длительность импульса (время контакта фрагмента обода с монорельсом);

v – скорость движения шахтного подвесного монорельсового локомотива;

$l_к$ – длина пятна контакта обода с монорельсом (рис. 1).

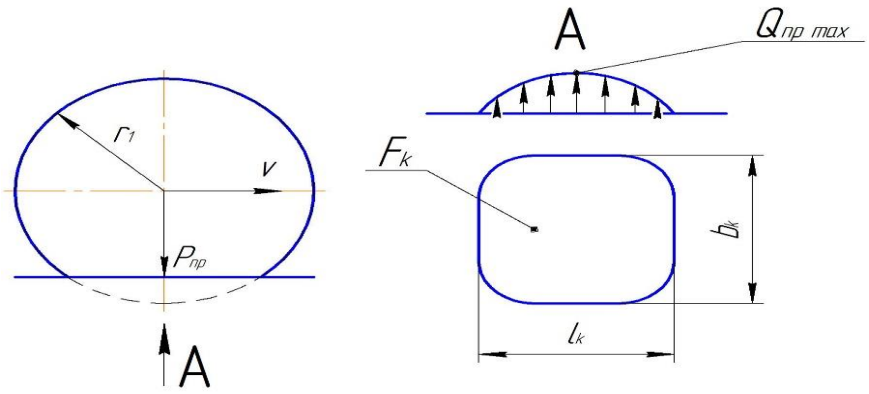


Рис. 1 – Схема образования пятна контакта обода приводного колеса ходовой тележки шахтного подвесного локомотива с монорельсом

Рассмотрим пятно контакта приводного колеса с монорельсом как опорную поверхность обода к монорельсу, которая в данном случае будет представлять прямоугольник с радиальными углами. Коэффициент сцепления ободьев со стенкой монорельса является переменной величиной, зависящей от многих факторов.

Как было сказано ранее, в статическом состоянии пятно контакта имеет форму прямоугольника с радиальными углами (при условии, что нагрузка по пятну контакта распределена равномерно и кривизна поверхности равна нулю) [3]. При движении монорельсового локомотива статический характер нагружения переходит в динамический. В данном случае на форму пятна контакта будет оказывать влияние прижимающее усилие.

На основании результатов исследований [4; 5] максимальные динамические усилия, возникающие при контакте полимерной поверхности обода приводного колеса с монорельсом, лежат в пределах 20…47 кН, а продольный изгиб монорельса составляет 7…15 мм (табл. 1), пределы данных параметров зависят от массы тележки.

Таблица 1 – Параметры взаимодействия приводных колес с монорельсом в соответствии с массой приводной тележки

Масса тележки m, т	Максимальные динамические усилия $F_{д_{max}}$, кН	Максимальный продольный изгиб монорельса z_{max}, мм
2	20	6,3
2,5	25	7,5
4	42	13
4,5	47	15

Долговечность полимерного бандажа обода приводного колеса шахтного подвесного монорельсового локомотива при статическом режиме нагружения может быть представлена в виде:

$$L(\sigma) = \tau_0 \ln\left(\frac{\Delta p_\infty}{\Delta p_\infty - \Delta p_{кр}}\right)\exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{k'T}\right),$$

где τ_0 – период колебаний атомов в молекулах;

Δp_∞ – приращение накопления перенапряжений связей, обусловленных тепловыми флуктуациями;

$\Delta p_{кр}$ – критическая концентрация накоплений перенапряжений связей;

U_0 – энергия активации разрыва химических связей материала обода;

k' – постоянная Больцмана;

γ – структурно-чувствительный параметр.

На основании данных наблюдений, температура рудничной атмосферы практически постоянна, с учетом этого, влиянием изменения температуры на долговечность полимерного бандажа обода приводного колеса можно пренебречь.

Напряжение в пятне контакта приводного колеса с монорельсом предложено определять по формуле Герца [6]. С учетом максимальных динамических усилий, возникающих при контакте монорельса с приводным колесом, в полимерном бандаже обода возникает напряжение, среднее значение которого по пятну контакта определяется уравнением:

$$\sigma_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{E_{\text{пр}} F_{\text{д}_{\max}}}{\pi\left(1-\mu^2\right) r_{\text{пр}} B}},$$

где μ – коэффициент Пуассона материала обода;

B – ширина бандажа обода приводного колеса.

Если представить монорельс в виде горизонтальной балки нагруженной по центру массой приводной тележки, то радиус ее прогиба можно определить по формуле:

$$r_2 = \frac{L^2}{8 z_{\max}} + \frac{z_{\max}}{2}.$$

Полученные результаты расчетов свидетельствуют, что количество циклов до разрушения при нахождении тележки в местах подвески монорельса ($r_2 \to \infty$) и в середине пролета отличается не более чем на 1 %. Данный аспект указывает на то, что при расчетах на долговечность полимерных бандажей ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов влияние прогиба монорельса можно не учитывать.

Для определения долговечности полимерного бандажа обода приводных колес предложено уравнение [7]:

$$T_{\text{о}} = \frac{1{,}74 \cdot 10^{-3}}{V \int_0^{\Theta} \frac{dt}{\tau_0 \ln\left(\frac{\Delta p_{\infty}}{\Delta p_{\infty} - \Delta p_{\text{кр}}}\right) \exp\left(\frac{U_0 - \gamma\sigma(t)}{k'T}\right)}}.$$

На основании исследований взаимодействия тележки с подвесным монорельсом [4; 8] получен диапазон значений максимальных динамических усилий, возникающих при контакте монорельса с полимерным бандажом обода приводного колеса, который лежит в пределах 20…47 кН на тележку. При этом расчетная нагрузка, приходящаяся на одно колесо, составляет $F_{\text{д}_{\max}} = 10 \cdot 10^3 .. 2{,}35 \cdot 10^3$ Н. Для таких нагрузок полимерный бандаж обода может воспринять $6{,}7 \cdot 10^6 \ldots 1{,}1 \cdot 10^7$ взаимодействий.

Для определения зависимости долговечности полимерных ободьев приводных колес монорельсового локомотива от силы, приходящейся на одно колесо в данном исследовании были приняты следующие начальные условия: $F_{\text{д}_{\max}}$ = 10…23 кН; T=305,15 К; V =3 м/с; r_1 = 0,08 м; B = 0,04 м.

На основании вышеизложенного получена гиперболическая зависимость долговечности обода колеса от нагрузки (рис. 2).

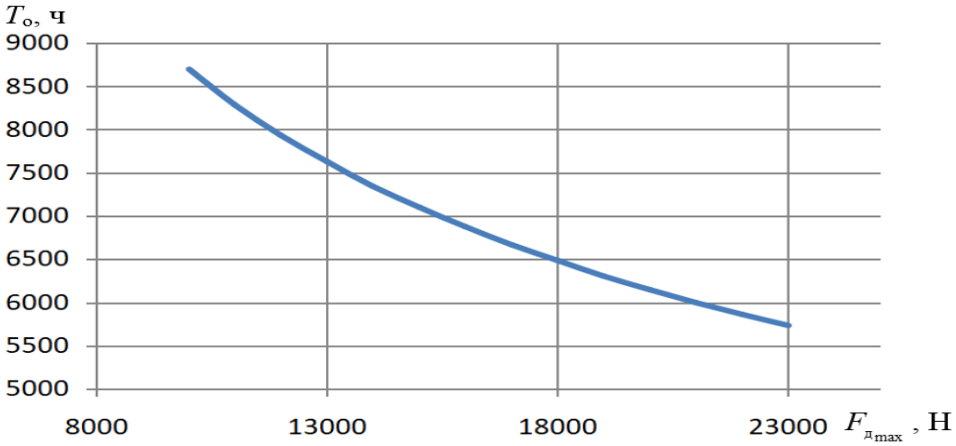


Рис. 2 – Зависимость долговечности ободьев приводных колес монорельсового локомотива от силы, приходящейся на одно колесо

Анализ полученных результатов свидетельствует, что при увеличении массы тележки с 20 до 47 кН долговечность полимерных ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов снижается на 32 % (с 8700 до 5900 ч).

Разработанный математический аппарат для определения долговечности ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов в зависимости от их условий эксплуатации позволит определить рациональные геометрические параметры полимерных бандажей ободьев и расширить область поиска износостойких конструкционных материалов.

Результаты, полученные в рамках данной работы, рекомендуется использовать как в дальнейших научных исследованиях, направленных на совершенствование конструкции приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов, так и инженерно-техническими работниками горных предприятий для повышения эксплуатационных характеристик шахтных монорельсовых локомотивов, потому что:

1. Разработана математическая модель, позволяющая определить долговечность полимерных ободьев приводных колес шахтных монорельсовых локомотивов с учетом условий эксплуатации и динамических контактных усилий.

2. Произведен расчет долговечности полимерных ободьев колес шахтных монорельсовых локомотивов с учетом динамических нагрузок, возникающих при движении монорельсового состава.

3. Установлено, что при увеличении веса приводной тележки монорельсового локомотива с 20 до 47 кН, долговечность ободьев приводных колес снижается на 32% (с 8700 до 5900 часов).

4. Полученная модель может быть использована при создании комплексной математической модели долговечности привода шахтных монорельсовых локомотивов.

Библиографический список

1. Кондрахин, В.П., Арефьев, Е.М., Хиценко, Н.В. Оценка влияния виброочистки на срок службы конвейерной ленты / В.П. Кондрахин, Е.М. Арефьев, Н.В. Хиценко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2012. – № 57. – С.292 – 295. – EDN PDCEWN.

2. Арефьев, Е. М. Допускаемое контактное усилие при вибрационной очистке конвейерных лент / Е. М. Арефьев, Е. А. Манакин // Энергосберегающие агротехнологии и техника для северного земледелия и животноводства, Киров, 12–14 декабря 2018 года. – Киров: ООО "Кировская областная типография", 2018. – С. 339-343. – EDN YWYCYH.

3. Малахов, О. В. Экспериментальная оценка возможности динамического определения контурной площади контакта колеса и рельса по изменению магнитных параметров материала головки рельса в области их силового взаимодействия / О. В.

Малахов, В. В. Сильянов // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. – 2022. – № 7(61). – С. 106-110. – EDN JDFTYP.

4. Гутаревич, В. О. Динамическая нагруженность монорельсовых тележек и подвесного пути / В. О. Гутаревич // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 4(185). – С. 85-88. – EDN VAYJEL.

5. Рябко, К. А. Обоснование технико-экономических показателей шахтных монорельсовых локомотивов / К. А. Рябко, В. О. Гутаревич // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 2. – С. 136-143. – EDN SIQVNJ.

6. Водолазская, Н. В. Моделирование технических систем для повышения надежности выпускаемой продукции / Н. В. Водолазская // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28–29 мая 2018 года. Том 1. – Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. – С. 196-198. – EDN UTTOXB.

7. Арефьев, Е.М., Рябко, К.А. Влияние условий эксплуатации шахтных монорельсовых локомотивов на долговечность полимерных ободьев приводных колес. / Е.М. Арефьев, К.А. Рябко // Горные науки и технологии. 2023. №8(1). https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-11-34.

8. Гутаревич, В. О. Гашение боковых колебаний подвижного состава шахтной подвесной монорельсовой дороги / В. О. Гутаревич, К. А. Рябко, Е. В. Рябко // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования промышленного производства : сборник тезисов докладов VI международной научно-технической конференции, Алчевск, 14–15 октября 2021 года. – Алчевск: Донбасский государственный технический институт, 2021. – С. 172-174. – EDN SCZBSR.

УДК 629.45

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ТОРМОЗОВ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

Е.В. Рязанцев
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Рассматривается автоматизация опробования тормозов подвижного состава современных грузовых железнодорожных перевозок с целью уменьшения потери времени на их опробование.

Ключевые слова: подвижной состав, тормоза, тормозная система, оборудование вагона.

Abstract. Automation of testing of brakes of rolling stock of modern freight rail transportation is considered in order to reduce the loss of time for their testing.

Keywords: rolling stock, brakes, braking system, equipment of the car.

Опробование тормозов необходимо для каждого вновь сформированного состава и в случаях, если время стоянки грузового поезда превышает 24 ч. Полное опробование тормозов поезда длиной 400 м из 20 вагонов занимает примерно 40 мин. Только оператор ежесуточно проводит сотни операций опробования тормозов, причем для эксплуатационного персонала это весьма утомительная и отчасти опасная работа, которую приходится выполнять при любых погодных условиях. Во многих европейских странах профессия осмотрщика вагонов потеряла привлекательность, а железнодорожные операторы сталкиваются с недостатком соответствующего персонала. Это стало одной из главных причин поиска технических решений для автоматизации опробования тормозов для европейских железных дорог. Кроме того, потери времени на опробование тормозов

негативно влияют на конкурентоспособность железных дорог по сравнению с автомобильным транспортом.

Разработка и внедрение системы автоматического опробования тормозов предполагает выполнение большого числа требований, которые можно разделить на три категории.

Требования общего характера предполагают реализацию всех условий безопасности в отношении как подвижного состава, так и эксплуатационного процесса. При этом эксплуатационный персонал взаимодействует с системой опробования тормозов, а грузовой вагон становится интерактивным объектом. Возникает необходимость определить новые интерфейсы взаимодействия, причем как с административных позиций, так и в отношении технологических процессов, сопряжения устройств и их технического обслуживания. Важно, что процедура автоматического опробования тормозов должна быть интегрирована в систему, охватывающую эксплуатируемый подвижной состав. При этом контроль за состоянием тормозов не должен оказывать влияния на тормозную систему и процесс торможения. При разработке системы необходимо учитывать все соответствующие нормативные и эксплуатационные регламентирующие факторы. Результаты опробования тормозов должны отображаться на экране планшета и автоматически передаваться на сервер оператора грузовых перевозок с включением данных по каждому вагону. Еще одним условием является возможность проведения традиционного опробования тормозов в любое время на случай, если в работе автоматизированной системы произошел сбой или отказ.

Требования второй категории касаются жестких условий работы оборудования на железнодорожном транспорте. Естественно, оборудование для автоматического опробования тормозов должно быть рассчитано на надежную работу в условиях больших перепадов температуры, давления и влажности воздуха, при дожде, снеге, вибрациях и ускорениях, удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости, в том числе на устройства контроля свободности пути.

Базовым элементом бортового оборудования вагона для автоматического опробования тормозов в данном проекте является телематическая система, в состав которой входит электрогенератор (рис. 1), встраиваемый в концевую крышку вагонной буксы. Ротор и статор этого генератора имеют бесподшипниковое исполнение, диапазон рабочих температур — от –25 °С до +60 °С.

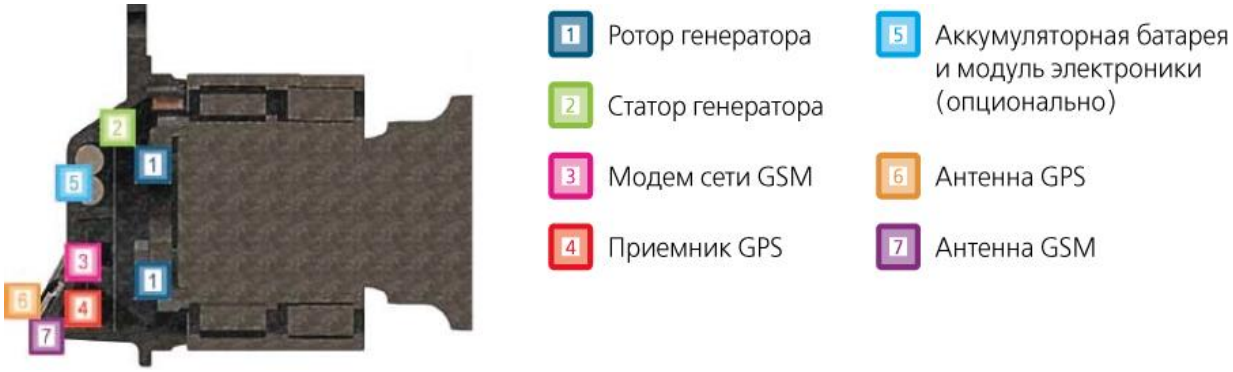


Рис. 1 – Встроенные в концевые крышки букс электрогенераторы системы

Бортовая система имеет два исполнения — стандартное, в котором приемник GPS, GSM-модем, аккумуляторная батарея и электронный модуль встраиваются в крышку буксы, и исполнение ADV с расширенными функциями, при котором модуль электроники и аккумуляторную батарею размещают в отдельном устройстве и дополняют разнообразными датчиками.

Собираемые датчиками данные могут быть разделены на две категории: базовые и расширенные. К базовым относятся: данные о пробеге вагона, его текущем местоположении, последнем извещении, последнем перемещении, стране нахождения, ближайшем городе,

ретроспективная информация, сведения о нахождении в пределах виртуальных географических зон (geofencing), направлении движения, данные о пробеге конкретной тележки.

Расширенные данные включают: сведения о динамике движения, состояние загрузки, температуру буксовых подшипников, визуальное отображение равномерности загрузки вагона (включая контроль допустимой загрузки) при помощи размещенных на его раме световых сигнализаторов, фиксацию схода с рельсов, состояние тормозов последнего вагона поезда, диагностику неисправных тормозов вагонов, контроль полносоставности поезда и др.

При помощи датчиков контролируются данные состояния каждого вагона:

- измеряется давление в тормозных цилиндрах с целью инспектирования функциональной пригодности служебного тормоза;
- измеряются силы на тормозной тяге для проверки ручного и служебного тормоза;
- определяется положение переключателей груженого и порожнего состояния вагона, а также режима грузовой/пассажирский для проверки состояния тормозов после завершения подготовки поезда к рейсу;
- определяется местоположение каждого вагона (с привязкой к конкретному пути) для верификации корректного формирования поезда.

Обмен информацией между всеми вагонами (в том числе разных собственников) и локомотивом поезда осуществляется по локальной системе радиосвязи. Эта внутрипоездная коммуникационная система с высокой эксплуатационной готовностью обеспечивает установку соединений с криптографической защитой, использует открытые интерфейсы и соответствует стандартам эксплуатационной совместимости, позволяя интегрировать бортовые телекоммуникационные устройства в единую среду.

В качестве центрального устройства используется стандартный планшетный компьютер (рис. 2), дополненный модулем радиосвязи для обмена информацией с вагонами. Он подключен к серверу криптографических ключей и к ИТ-системе оператора грузовых перевозок. Сервер криптографических ключей обеспечивает информационную безопасность и эксплуатационную совместимость, ИТ-система оператора перевозок отвечает за составление вагонных листов и протоколов.

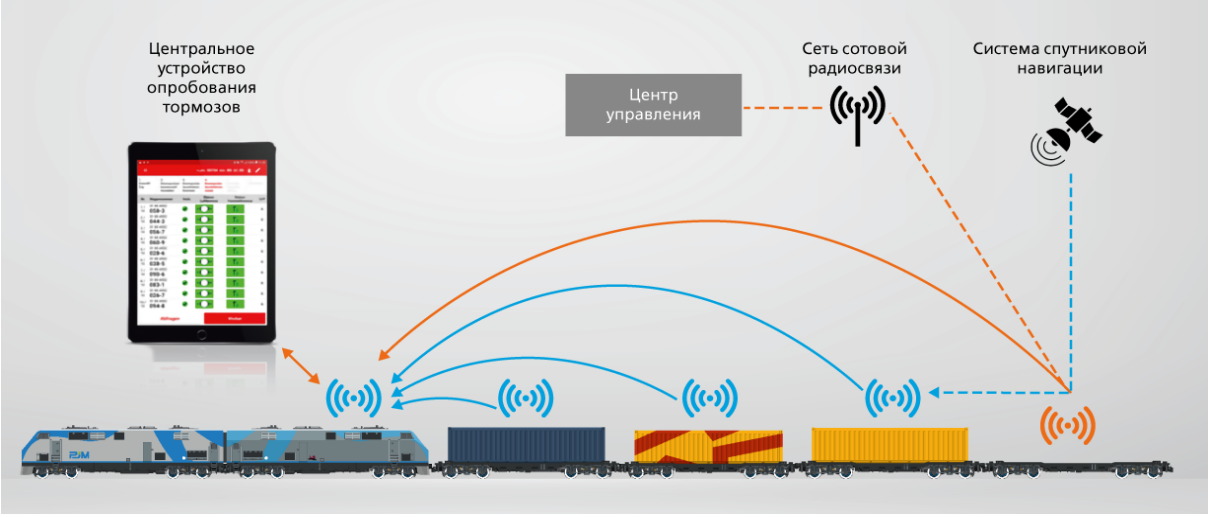


Рис. 2 – Концепция системы автоматического опробования тормозов

Автоматизация опробования тормозов является одним из ключевых направлений развития современных грузовых железнодорожных перевозок и способствует повышению эффективности работы всех участников перевозочной деятельности:

- железнодорожные операторы экономят время и ресурсы, повышают безопасность движения, получают возможность более гибко организовывать эксплуатационный процесс и решить нарастающую проблему недостатка персонала. У них появляется возможность более

эффективно использовать рабочее время машинистов, вагонных мастеров и маневрового персонала, а также сократить длительность простоя вагонов и повысить перерабатывающую способность станций;

- внедряя автоматическое опробование тормозов, железные дороги получают немедленные позитивные эффекты даже с учетом затрат на развертывание системы, пересмотр технологических операций и переобучение персонала;

- для персонала, отвечающего за опробование тормозов, автоматизация позволяет улучшить условия труда;

- повышается конкурентоспособность грузовых железнодорожных перевозок, что отвечает целям современной европейской транспортной политики.

Все процессы, связанные с автоматическим опробованием и проверкой тормозов, документируются в системе, что позволяет непрерывно анализировать полученные данные и использовать их для дальнейшего совершенствования технологии.

Таким образом, можно рассчитывать, что в ближайшее десятилетие системы автоматического опробования тормозов станут неотъемлемым элементом грузовых перевозок наряду с другими средствами автоматизации технологических процессов в грузовых перевозках.

Библиографический список

1. 732-ЦВ-ЦЛ. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов. Утверждено Советом по ж.д. транспорту государств-участников Содружества (протокол от 18-19 мая 2011г.) ПКБЦВ ОАО «РЖД».

2. Стоянова, Н. В. Управление грузовым вагонным хозяйством / Н. В. Стоянова //Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) : Труды научно-практической конференции, Воронеж, 15 ноября 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 125-129. – EDN PKFQCY.

3. Стоянова, Н. В. Совершенствование производства по ремонту нетягового подвижного состава / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство (транспорт-2021) : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 19–21 апреля 2021 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2021. – С. 223-226. – EDN IGUBHN.

4. Стоянова, Н. В. Инновационное производство по ремонту грузовых вагонов / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 265-268. – EDN EGCIYT.

5. Стоянова, Н. В. Основные этапы стратегического развития железнодорожного транспорта / Н. В. Стоянова // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 268-272. – EDN IBXGSQ.

УДК 656.2

ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Н.М. Сафонова
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. Для обеспечения безопасности дорожного движения немаловажным является совершенствование концептуальных основ развития деятельности транспортных организаций. Такая работа ведётся для самых различных видов транспорта, в том числе – железнодорожного. В статье рассматриваются вопросы анализа деятельности транспортных организаций, позволяющих достичь им нового уровня развития, формулируется вывод о целесообразности создания концепций развития для различных транспортных организаций.

Ключевые слова: движение, безопасность, организация, деятельность, развитие, концепция.

Abstract. To ensure road safety, it is important to improve the conceptual foundations for the development of the activities of transport organizations. Such work is being carried out for a variety of modes of transport, including rail transport. The article deals with the analysis of the activities of transport organizations, allowing them to reach a new level of development, the conclusion is formulated about the feasibility of creating development concepts for various transport organizations.

Keywords: movement, safety, organization, activity, development, concept.

В настоящее время продолжает оставаться актуальной проблема обеспечения безопасности дорожного движения [1; 2]. При этом данная проблема касается не только железнодорожного [3], но и автомобильного [4; 5], воздушного и иных видов транспорта, где время от времени происходят аварии и катастрофы с различного рода последствиями. По данным Национального союза страховщиков, за 2013-2017 гг. наименее опасным видом транспорта продолжал оставаться железнодорожный транспорт (рис. 1).

Рис. 1 – Сравнительная характеристика безопасных видов транспорта

Одним из методов предупреждения всякого рода последствий (или сведения их к минимуму) является совершенствование концептуальных основ развития деятельности транспортных организаций, при этом такое совершенствование несомненно должно опираться на современный опыт создания указанных основ.

Целью данной работы является рассмотрение и систематизация результатов анализа деятельности транспортных организаций, позволяющих достичь им нового уровня развития.

В настоящее время научные коллективы, а также отдельные энтузиасты продолжают совершенствовать и развивать основы деятельности транспортных организаций. Такая работа ведётся для самых различных видов транспорта (например, железнодорожного [6] или речного [7]), при этом учитываются факторы формирования транспортной инфраструктуры соответствующего региона [8]. Совершенствование деятельности транспортных организаций, осуществляющих работу не только на междугородних, но и внутригородских направлениях [9; 10] ведётся с учётом нормативных рекомендаций, предусмотренных национальным стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества».

Указанный стандарт задаёт требования, связанные со стратегическим развитием организации и системы качества её работы. Разработка и реализация стратегии развития транспортной организации позволяет гарантировать стабильную работу компании в течение длительного периода времени. Это, в свою очередь, приводит к стабильности качества транспортной работы, которую организация предоставляет своим потребителям (пассажирам).

В целом, для успешного развития транспортной организации её структурам целесообразно разрабатывать так называемую «Концепцию развития» – это документ, который представляет общее направление действий организации для достижения желаемого состояния в будущем. Она является результатом процесса стратегического планирования (рис. 2).

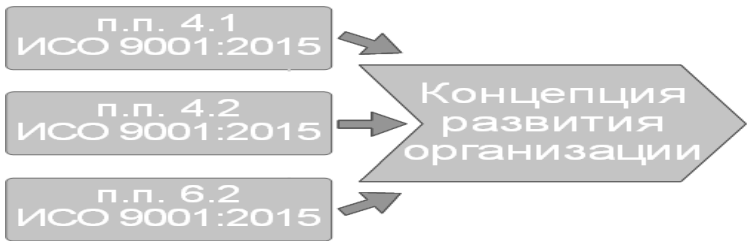


Рис. 2 – Определяющие нормативные документы при создании Концепции развития

Концепция развития организации основывается на трёх ключевых элементах: бизнес-среда, стратегические цели и потребности рынка. Определение этих элементов является составной частью требований системы качества, предусмотренной вышеуказанным стандартом.

Бизнес-среда устанавливает внешние и внутренние условия работы. За счёт введения требований по пониманию среды транспортной организации (раздел 4.1 ГОСТ Р ИСО 9001:2015) предполагается, что система качества будет более гибко реагировать на внешние и внутренние условия как в текущий момент, так и в будущем.

Стратегические цели являются основой для постановки целей в области качества (раздел 6.2 ГОСТ Р ИСО 9001:2015). Они задают направление работы транспортной организации, её систем и процессов. На основе целей в области качества разрабатываются конкретные планы и задачи для работы подразделений транспортной организации, системы качества, сотрудников, процессов.

Потребности рынка задают приоритеты в работе транспортной организации. Эти приоритеты зависят от потребностей и ожиданий потребителей и участников рынка. Задача транспортной организации заключается в том, чтобы выявить все заинтересованные стороны (раздел 4.2 ГОСТ Р ИСО 9001:2015) и оценить их влияние на свою деятельность в текущий момент и в перспективе.

Как уже отмечалось выше, наиболее удобным способом представления информации по стратегическим вопросам деятельности транспортной организации является создание удачной Концепции её развития, при этом такая Концепция может быть полезна как малым транспортным компаниям, так и крупным организациям, являющимся фактически монополистом в области перевозочного процесса.

В рамках системы качества, Концепция развития транспортной организации позволяет систематизировать результаты стратегического анализа и планирования. Она собирает воедино данные о выполнении всех требований системы качества, связанные со стратегией развития конкретной транспортной компании и может быть представлена в виде циклической формы (рис. 3).

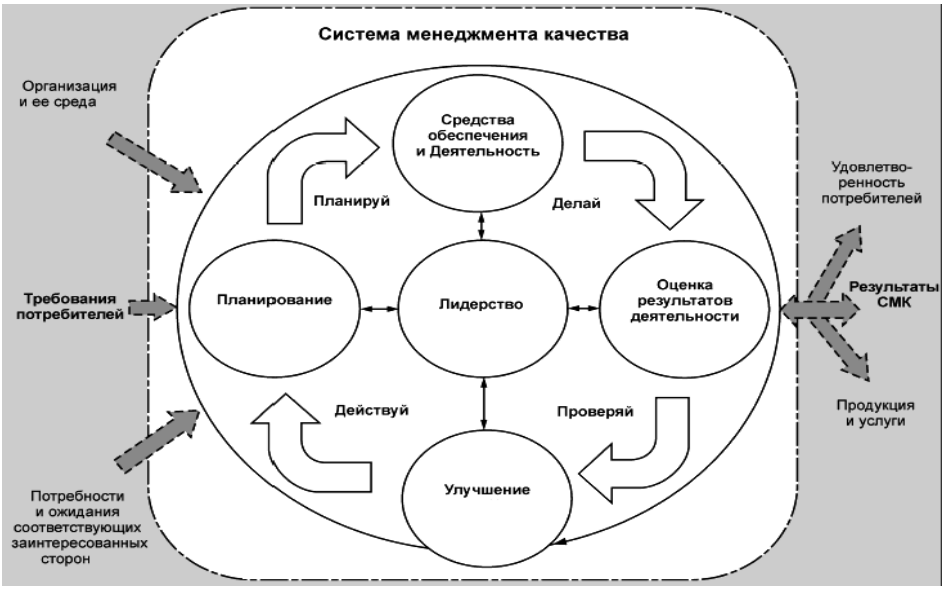


Рис. 3 – Циклическая система менеджмента качества транспортной организации

Разработка подобной Концепции развития способна помочь транспортной организации:

– упростить управление системой качества (в долгосрочной перспективе невозможно предвидеть все ситуации, однако наличие строго формализованной Концепции даёт возможность принимать решения и реагировать на изменяющиеся условия рынка с учетом возможностей системы качества);

– установить направления для улучшения системы качества (Концепция развития организации предоставляет базу, с помощью которой можно оценить состояние системы качества по отношению к стратегическим целям);

– принимать обоснованные решения по вопросам системы качества (Концепция развития транспортной организации предполагает видение будущего, устанавливает цели и ценности компании, ставит задачи, разъясняет угрозы и возможности, определяет методы, чтобы использовать сильные стороны и минимизировать слабые);

– улучшить межуровневое взаимодействие (установление согласованных стратегических целей и целей системы качества позволяет координировать работу всех уровней управления организации на основе оптимальной стратегии для всей организации, а не только отдельных уровней, процессов или систем);

– повысить степень удовлетворённости сотрудников своей работой.

Принимая во внимание вышесказанное, можно сделать следующий вывод: несмотря на то, что концепция развития транспортной организации не является обязательным документом, она помогает решить много задач, связанных с процессом стратегического планирования деятельности по осуществлению перевозочного процесса и в целом помогает повысить его качество.

Библиографический список

1. Шуряков, З. Г. Проблемы, связанные с расследованием аварий и крушений на железнодорожном транспорте / З.Г. Шуряков // NOVAUM.RU. – 2019. – № 19. – С. 173-175. – EDN ZQLFYU.

2. Ганичев, А. И. Оценка и предотвращение аварий в системе «оператор – транспорт – дорога – среда» / А. И. Ганичев, О. М. Батищева // Вестник транспорта Поволжья. – 2019. – №6(78). – С. 73-80. – EDN EWZKME.

3. Минаков, Д. Е. Вопросы обеспечения безопасности движения подвижного состава в зимний период / Д. Е. Минаков, А. А. Платонов, М. А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 3-1(8-1). – С. 291-296. – EDN SHAVOJ.

4. Платонов, А.А. Особенности организации безопасного движения специального самоходного подвижного состава / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Воронежский научно-технический Вестник. – 2014. – Т. 3, № 2(8). – С. 80-86. – EDN SEENHN.

5. Платонов, А. А. Особенности обеспечения безопасности движения в Европейском союзе / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. – 2013. – Т. 2, № 4(6). – С. 50-57. – EDN RRWSYB.

6. Токмурзина-Коберняк, Н. А. Концепция развития системы управления безопасностью на железнодорожном транспорте / Н.А. Токмурзина-Коберняк, О.Г. Киселева, Л.В. Вахитова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2020. – № 4(115). – С. 144-153. – EDN SCWVRT.

7. Красова, Е. Б. Речной транспорт в концепции развития транспортной системы мегаполиса / Е. Б. Красова // Государство, власть, управление и право: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 350-летию со дня рождения Петра Великого, Москва, 10 октября 2022 года. – Москва: Государственный университет управления, 2022. – С. 141-143. – EDN NFZGYD.

8. Платонов, А.А. Факторы формирования транспортной инфраструктуры региона /А.А. Платонов // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов II Национальной научно-практической конференции, Омск, 18–19 апреля 2019 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2019. – С.236-241. – EDN TRYKXM.

9. Пикалев, О.Н. Основные тезисы концепции развития транспорта г. Вологда / О.Н. Пикалев, А.В. Востров, О.Р. Рылеев // Вузовская наука - региону: Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции, Вологда, 26 февраля 2013 года. – Вологда: Вологодский государственный технический университет, 2013. – С. 77-79. – EDN YFTOEX.

10. Черненко-Фролова, Е.В. Концепция развития городского пассажирского транспорта г. Хабаровска / Е.В. Черненко-Фролова // Ученые заметки ТОГУ. – 2012. – Т. 3, № 1. – С. 136-141. – EDN TBXVYB.

УДК 662.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПЕРЕЭТЕРИФИКАЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОТОПЛИВА

А.О. Сафонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. В статье представлены результаты исследования ферментных катализаторов при производстве биодизельного топлива. Определено, что ферментные

катализаторы достаточно перспективны, но для их промышленного применения требуется проведение полномасштабных исследований, направлены на сокращение времени переэтерификации.
Ключевые слова: биодизельный, катализатор, топливо, транспорт, фермент.

Abstract. The article presents the results of the study of enzyme catalysts in the production of biodiesel fuel. It has been determined that enzyme catalysts are quite promising, but their industrial application requires full-scale research aimed at reducing the transesterification time.
Keywords: biodiesel, catalyst, fuel, transport, enzyme.

Объемы потребления дизельного топлива железнодорожной техникой достаточно велики. Это обусловлено тем, что оно применяется в большинстве путевых машин и установок, использующих жидкое топливо в качестве энергоносителя. Например, выправочно-подбивочно-отделочная машина «Унимат» оснащена дизельным двигателем с мощностью 360 кВт, что составляет около 490 л.с. Несомненно, такого рода машины потребляют в процессе работы значительное количество топлива. В связи с планомерным переходом на биодизельное топливо проблема эффективности его производства весьма актуальна [1]. При этом, по данным ОАО «РЖД», локомотивы в настоящее время потребляют около 2,5 млн.т. дизельного топлива [2].

В настоящее время в железнодорожной отрасли и других секторах экономики Российской Федерации остро стоит вопрос перевода техники на альтернативные возобновляемые источники энергии. Выходом из создавшейся ситуации является перевод транспортных средств и силовых установок на биодизельное топливо. Однако для этого требуется повышение эффективности его производства, например, путем создания эффективных катализаторов для переэтерификации растительного сырья [3; 4].

Целью данного исследования было изучение возможности повышения эффективности производства биодизельного топлива путем применения катализаторов на основе ферментов.

Как известно, в процессе переэтерификации растительных масел, содержащих триглицериды жирных кислот, с целью получения биодизельного топлива имеются проблемы омыления. Для их решения были проведены исследования ферментативно катализируемой переэтерификации с применением продуктов ферментации. Это дает возможность избежать образования мыла. Реакция осуществляется при pH, близком к 7. При этом возможно установление температур реакции на более низких уровнях, что ведет к снижению затрат энергии. Перспектива многократного повторного применения ферментов методом их иммобилизации на твердых подложках позволила выявить новые возможности переэтерификации.

Имеется несколько способов ферментативной иммобилизации: ковалентное связывание, перемешивание и капсулирование. Фермент липаза наиболее оптимальный фермент для переэтерификации. Он дешевле остальных ферментов, обладает способностью ускорять гидролиз и переэтерификацию в мягких режимах. Это обстоятельство делает его привлекательным для производства биодизельного топлива [5].

Для получения биодизеля в присутствии метанола из соевого масла, содержащего олеиновую кислоту, была исследована каталитическая активность *Rhizomucor lipase miehei* (RML), иммобилизованного на цеолитных подложках. Результат показывает, что рассматриваемый фермент имеет высокую каталитическую активность для переэтерификации триглицеридов жирных кислот в течение 5-7 циклов с достижением более высокой конверсии биодизельного топлива в сравнении с использования фермента без цеолитной подложки. Исследования показали, что цеолитные подложки обладают большим числом групп Si–OH. Они могут адсорбировать липазу в ее открытой конформации. Подложки для липазного фермента были произведены из силиката, полученного методами синтеза в щелочной и фторсодержащей средах, а также путем расслоения цеолита.

Полученные результаты сопоставляли со свободным ферментом, а также липазой, присоединенной к функционализированному компоненту $AlPO_4$.

Для процесса иммобилизации фермента RML на прокаленную подложку (соотношение: свободный фермент/носитель, равное 2,5 мас.%) смешивали при частоте 200 мин$^{-1}$ в течение 2 ч. при температуре 0°C. Далее подложку с иммобилизованной липазой отделяли путем фильтрования с последующим промыванием дистиллированной водой. Обезвоживание осуществляли сушкой при температуре 20°C в течение 8 ч. Содержание общего белка определяли по поглощению УФ-излучения при длине волн 280 нм. Переэтерификация соевого масла проходила при температуре 50°C в соотношении метанол:масло – 5:1. Оказалось, что конверсия метиловых эфиров жирных кислот составляла приблизительно 91%. Принимая это во внимание, можно говорить о возможности использования липазы на цеолитной подложке для промышленного производства биодизельного топлива. Также была определена производительность реакции переэтерификации для свободного катализатора и катализатора, нанесенного на подложку. Оказалось, что катализаторы, полученные адсорбционным способом на подложке, дают максимальную производительность относительно свободной липазы. В целом повышение производительности было в 2,1 раза в среднем по серии из 5 экспериментов. Катализатор свободной липазы имел более низкую производительность, чем липаза на носителе по причине ковалентного связывания, уменьшающего ее каталитическую активность. Липазу, иммобилизованную на цеолитной подложке, использовали несколько раз. При этом наблюдалось ее постепенное выщелачивание из цеолита. Концентрация метилолеата в липазном катализаторе существенно уменьшалась от первого цикла к пятому циклу, в среднем с 78% до 56%. Для восстановления активности катализатор промывали гексаном, сушили при температуре 20°C и хранили до следующего применения при температуре 0°C.

Также при проведении следующих исследований проведено капсулирование свободного фермента липазы RML в упорядоченной пористой матрице золь-гель методом гидролиза кремнезема при нейтральном значении pH и температуре 20°C. Липаза капсулирована в мицеллярную среду поверхностно-активного вещества, которое взаимодействует с кремнеземом. Капсулированный биокатализатор применяли также для реакции переэтерификации соевого масла при сравнительно мягких режимах. Максимальная конверсия метиловых эфиров жирных кислот или биодизеля в объеме 78% наблюдалась через 82 ч. при температуре 45°C. При проведении реакции переэтерификации мольное соотношение метанол:масло составляло 6:1 в присутствии 5 мас.% фермента липазы. Для подготовки фермента липазы исследованы два разных способа иммобилизации, а именно капсулирование и адсорбция. В способе капсулирования раствор фермента перемешивали с жидким бромидом цетилтриметиламмония в течение 1 ч. при температуре 20°C. В полученную смесь добавляли диоксида кремния. Гелеобразование осуществлялось с небольшой скоростью. При этом золь-гель перемешивали в течение 20 ч. при температуре 20°C с дальнейшим фильтрованием в условиях среды близкой к нейтральной pH 7,2. Полученную субстанцию анализировали способом УФ-адсорбции при длине волны 280 нм с целью определения уровня капсулирования липазы и полученного соотношения липаза/кремнезем в произведенном твердом катализаторе. В адсорбционно-иммобилизационном способе к порошковому кремнезему добавляли 75 мл фосфатного буферного раствора, имеющего нейтральное значение pH и липазу. Полученную жидкость перемешивали в течение 20 ч. при температуре 20°C и частоте вращения лопастей 200 мин$^{-1}$. Затем полученную подложку с нанесенным ферментом промывали дистиллированной водой и сушили при температуре 30°C в течение 6 ч.

Таким способом были приготовлены различные подложки с нанесенным ферментом. Оказалось, что выход иммобилизации липазы был выше 90% для всех полученных подложек. Также замечено, что порядок пористой структуры несколько снижается с повышением концентрации липазы, а ее молярное соотношение к подложке колеблется от 0,01 до 0,015. В результате размер пор и площадь поверхности, измеренные методом

Брунауэра-Эммета-Теллера, увеличены по причине повышения количества фермента, приводящего к набуханию и увеличению мицеллы поверхностно-активного вещества. Установлено, что конверсия биодизеля и активность ферментного катализатора повышаются с увеличением объема липазы. Также следует отметить, что конверсия биодизеля свободной липазы после 20 ч. реакции оказалась меньше, чем конверсия с использованием капсулированной липазы. Через 74 ч. конверсия биодизеля достигла 82% для капсулированной и только 52% для свободной липазы. В результате по причине взаимодействия цепей поверхностно-активных веществ с участками фермента повышается раскрытие структуры липазы и увеличивается для реагентов контакт каталитического центра фермента. По этой причине даже при наличии поверхностно-активного вещества каталитическая активность липазы не снижается. Оказалось, что общая эффективность иммобилизованной липазы более чем в 5 раз выше свободной липазы.

Также проведены исследования свободного и нанесенного на цеолит фермента *Pig pancreatic lipase (*PPL*)* для переэтерификации соевого масла в присутствии метанола. Режимами реакции свободной и иммобилизованной липазы PPL были следующие: температура реакции 35°C, соотношение масло:метанол – 3:1, pH 11, концентрация катализатора 0,2 мас.% от общего объема. Установлено, что активность фермента PPL повышалась при росте значения pH до 11. Наивысшая конверсия биодизельного топлива наблюдалась через 12 ч. реакции. Она составляла для свободного и иммобилизованного фермента PPL около 60% и около 27% соответственно. Исследованный фермент PPL был иммобилизован на цеолите. Силикат цеолит является природным компонентом, имеющим волокнистую структуру после обработки. Цеолит обрабатывали ферментом PPL в метаноле при температуре 10°C в течение 20 ч. Затем его помещали в центрифугу для удаления неиммобилизованной липазы. Иммобилизованная липаза PPL оказалась менее эффективна по сравнению со свободной липазой. При этом простота повторного применения и сохранение исходной каталитической активности липазы были основными характеристиками в пользу его применения в производстве биодизельного топлива.

Значительный практический интерес представляют исследования иммобилизованной липазы *Thermomyces Lanuginosus* (TL) на пористой полимерной матрице. Она применена в качестве недорогого ферментного катализатора в реакции переэтерификации соевого масла в присутствии метанола. При этом был использован стирол для синтеза пористой матрицы, содержащей альдегидную функциональную группу. TL была ковалентно присоединена к полимерной матрице с эффективностью иммобилизации 82%, 86% и 90% с применением различных размерных фракций в виде порошка, гранул и монолитных больших фрагментов соответственно. Биокатализатор липазы на полимерной пористой матрице получен путем ее иммобилизации. Матрицу получали в результате реакции полимеризации эмульсии, состоящей из органического и водного компонентов. Следует отметить, что органическая фаза состояла преимущественно из стирола и дивинилбензола. В водной фазе присутствовали персульфат калия и раствор альдегида. Иммобилизацию фермента осуществляли путем реакции с полимерным порошком при температуре 20°C в течение 24 ч. при перемешивании с частотой 200 мин$^{-1}$. Далее для удаления неиммобилизированной липазы смесь промывали дистиллированной водой. Полимерная матрица была получена в виде ячеистой структуры, содержащей альдегидные группы. Полученная эффективность иммобилизации при использовании матрицы в виде гранул и порошка, оказалась 82% и 84% соответственно. Переэтерификацию проводили при температуре 60°C, соотношении метанол:масло – 5:1 при перемешивании с частотой 200 мин$^{-1}$ и 0,015 мас.% иммобилизованной липазы в течение 20 ч. с последующим перемещением на 4 ч. в реактор периодического действия. Из-за сильного ингибирования метанолом его приливали к полученной смеси в три этапа. За 6 ч. реакции переэтерификации достигнута конверсия биодизеля для соевого масла при использовании монолитного, гранулированного и порошкообразного вида пористой полимерной матрицы 64,6%, 80,2% и 85,4% соответственно. Наиболее эффективным катализатором для производства биодизеля

является порошкообразный. Он хорошо смешивается с реагентами во время реакции. Важно отметить, что иммобилизованный фермент липазы имел стабильную каталитическую активность в течение 10 повторных периодических реакций переэтерификации.

Таким образом, результаты исследований ферментных катализаторов очень перспективны, но для их промышленного применения требуется проведение полномасштабных исследований. Эти исследования должны быть направлены на сокращение времени реакции переэтерификации. Также для эффективного промышленного катализатора определяющими являются срок его службы или количество циклов повторного эффективного использования, а также более низкая конечная стоимость. Эти факторы оказывают наибольшее влияние на общую стоимость процесса.

Библиографический список

1. Назначение, работа и устройство машины ВПО-3-3000. – URL: https://artmilitaire.ru/v-brone/vpo-2018.html (дата обращения: 03.03.2023).

2. Открытое акционерное общество «РЖД». – URL: https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=157430 (дата обращения: 03.03.2023).

3. Сафонов, А.О. Экологические предпосылки создания мобильных биотопливных установок / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования: материалы X Международной научно–практической конференции (11 ноября 2021 г.). Пермский государственный национальный исследовательский университет – Пермь, 2021. – с. 453. – EDN ZYDKCU.

4. Сафонов, А.О. Изучение особенностей производства и применения биоэтанола и биодизеля за рубежом / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 246 – 250. – EDN QHNIVE.

5. Сафонов, А.О. Технологические аспекты производства жидкого биотоплива / А.О. Сафонов, А.Е. Бондарев, С.В. Манохин // Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт–2022»): Труды международной научно-практической конференции, 25-27 апреля 2022 г. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), филиал РГУПС в г. Воронеж, – 2022. С. 234 – 237. – EDN QEBRJJ.

УДК 621.791.715

ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

В.С. Семеноженков[1], М.В. Семеноженков[2], В.Г. Строганов[2]

[1]*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

[2]*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж*

Аннотация. В работе представлены известные технические решения, предназначенные для снижения энергопотребления различными транспортными средствами. Показаны их недостатки и приведены причины низкой эффективности. Приведено описание нового устройства, в котором кинетическая энергия движения железнодорожного транспорта не уничтожается тормозами, а накапливается в пружинном рекуператоре и затем используется для очередного разгона подвижного состава.

Ключевые слова: рекуперация энергии, тормоза железнодорожного подвижного состава.

Abstract. Article dwells on transports' vehicles energy consumption decrease technical solutions. Their disadvantages and low efficiency reasons are shown. A new spring recuperator device description provided, which accumulate kinetic energy to former vehicle acceleration instead of its simple loss in wagons' brakes.

Keywords: energy recuperation, wagons' brakes.

Проблема, рассмотрение которой предлагается в данной статье, состоит в нахождении решения задачи торможения транспортных средств и их разгона при минимальном энергопотреблении.

Ясно, что современные решения, основанные на уничтожении кинетической энергии транспортных средств с помощью тормозов, не отвечают требованиям безопасности в самом широком смысле этого понятия. К настоящему времени предложено много направлений решения затронутой проблемы. Очень важно разобраться: какое из них наиболее перспективное.

В работе рассмотрены наиболее известные технические решения, способствующие снижению вредных выбросов и повышению экономичности, и предложено обоснование наиболее перспективного направления поиска рациональных схем систем торможения и разгона транспортных машин. Так, в последнее время появились на рынке так называемые гибридные двигатели, в которых предусмотрено использование электрических аккумуляторов в наиболее критичных местах городов. Но надо помнить, что к.п.д. процесса перевода механической энергии в электрическую и наоборот весьма невысок и, кроме того, подсчитано, что на изготовление батареи расходуется в 2000 раз больше энергии, чем она способна отдать в процессе своей работы [1].

При строгании с места двигателю необходимо преодолеть так называемый статический момент сопротивлению движения. В теории механизмов и машин известен так называемый коэффициент трения качения, величина которого зависит от длины площадки контакта колеса с рельсом (рис.1).

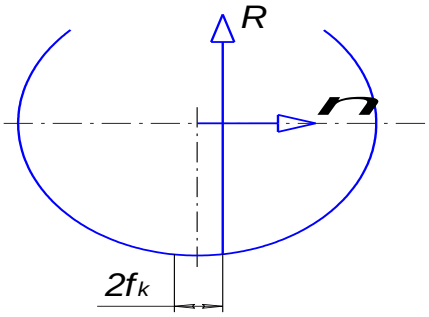


Рис. 1 – Коэффициент трения качения при контакте колеса с рельсом

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента f_K трения качения от давления (р = 0,15; 0,25; 0,35 Мпа) воздуха в шинах и скорости движения автомобиля.

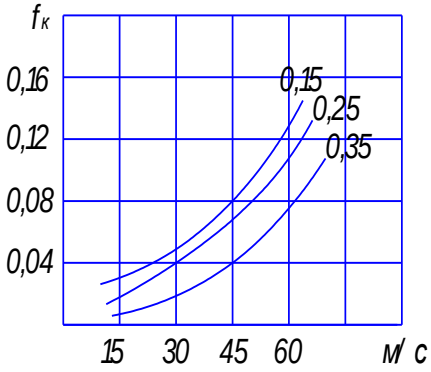


Рис. 2 – Графики показателей коэффициента f_K трения качения

По данным работы [2] при скорости движения до 25 км/час коэффициент f_K трения качения можно принять постоянным и равным 0,015 м. Если принять путь s разгона до скорости 25 км/час (7 м/с) равным 20 м, то работа сил сопротивления качению колес автомобиля массой 1000 кг будет:

$$A = R \cdot f_K \cdot 2\pi \cdot n = 10000 \cdot 0{,}015 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 12 = 11300 \text{ Дж},$$

где R – суммарная радиальная реакция дорожного покрытия, проходящая через ось колеса (R = 10 кН);

f_K – коэффициент трения качения (f_K = 0,015 м);

n – число оборотов колеса на пути s = 20 м (n ≈ 12 оборотов).

Помимо затрат на преодоление сил сопротивления дороги необходим определенный объем энергии на разгон транспортного средства и придания ему кинетической энергии. При минимально необходимой скорости разгона, равной 25 км/час (7 м/с), кинетическая энергия автомобиля (без учета энергии вращательного движения колес и т.д.) массой m = 1000 кг составит:

$$E = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2 = 0{,}5 \cdot 1000 \cdot 7^2 = 24500 \text{ Дж}$$

Кинетическая энергия вращательного движения колес составляет ≈ 1% E.

К определенным потерям необходимо добавить расходы энергии на преодоление сил R_B сопротивления воздуха. Аэродинамическое сопротивление в значительной степени зависит от скорости v движения (квадратичная зависимость) и формы кузова, влияние которой учитывается обычно с помощью коэффициента C_X аэродинамического сопротивления. Максимальное значение силы аэродинамического сопротивления составит:

$$R_B = C_X \cdot S_m \cdot \rho \cdot v^2 = 0{,}35 \cdot 2 \cdot 1{,}2 \cdot 7^2 \approx 40 \text{ Н},$$

где $S_m = 2$ м^2 – площадь сопротивления;

ρ – плотность воздуха;

C_X – для большинства современных легковых автомобилей составляет ≈0,35.

Работа, необходимая для преодоления сил сопротивления воздуха на пути разгона s = 20 м, составит:

$$A_B \approx 200 \text{ Дж}.$$

Таким образом, для разгона автомобиля массой 1000 кг до скорости v = 25 км/ч рекуператор должен иметь запас энергии, составляющий:

$$E_P = A + E + A_B = 11300 + 24500 + 200 \approx 36000 \text{ Дж}$$

Из приведенных зависимостей видно, что работа сил сопротивления дороги пропорциональна расстоянию, которое преодолел автомобиль, а приобретенная при разгоне автомобилем кинетическая энергия находится в квадратичной зависимости от скорости движения.

На рис. 3 приведены графики изменения работы сил сопротивления движению автомобиля в зависимости от изменения его скорости.

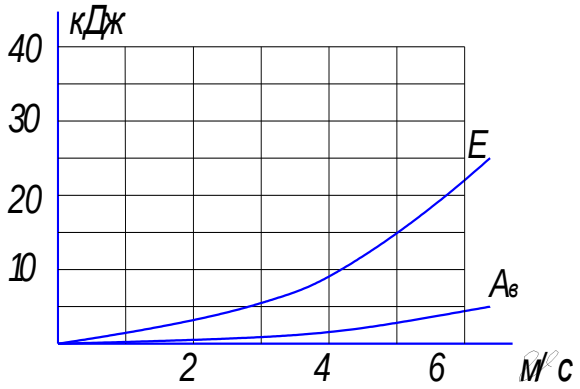


Рис. 3 – Графики изменения работы сил сопротивления

Из перечисленных затрат энергии неизбежными являются работа сил сопротивления дороги А и работа сил сопротивления воздуха $A_В$.

Отметим, что в рассмотренном случае работа, необходимая для придания автомобилю кинетической энергии, составляет ≈ 70% от всех затрат. В условиях езды по городу эти 70% раз за разом перед каждым светофором, перекрестком, пешеходным переходом и т.д. просто-напросто уничтожаются с помощью тормозов.

Какие же решения рассматриваемой задачи известны?

На практике опытные водители (они составляют незначительную часть от общего количества) используют кинетическую энергию автомобиля при движении с выключенным двигателем (выбеге), когда она расходуется на преодоление сил сопротивления дороги (на горизонтальном участке) или на преодоление подъема. В последнем случае кинетическая энергия движения автомобиля переходит в потенциальную энергию, которую в последствии можно использовать для разгона. Однако такие режимы не всегда могут быть реализованы.

Известны и другие варианты использования кинетической энергии транспортных средств, когда применяется рекуперативное торможение – перевод кинетической энергии в электрическую.

В статье «Пионеры зеленой лихорадки» автор приводит свои впечатления, полученные при сравнительных испытаниях так называемых автомобилей-гибридов, у которых колеса приводятся во вращательное движение как с помощью двигателя внутреннего сгорания, так и с помощью электромотора [3]. Двигатели внутреннего сгорания таких автомобилей не работают на холостом ходу и малой скорости (это самые неэкономичные и самые шумные режимы). Рекуперация энергии при торможении осуществляется путем подключения генератора и зарядки батарей. Процесс рекуперации кинетической энергии автомобиля в электрическую, как известно, осуществляется с большими потерями. Аккумуляторы используют как дополнительный источник энергии при разгоне, а иногда и как основной. Необходимо подчеркнуть отмеченный автором статьи восторг журналистов, вызванный бесшумностью старта автомобилей-гибридов с помощью электродвигателей. На рис. 4 показана трансмиссия гибридного варианта автомобиля Lexus, в которой используется планетарная передача, известным недостатком которой по сравнению с обычной зубчатой передачей является низкий коэффициент полезного действия.

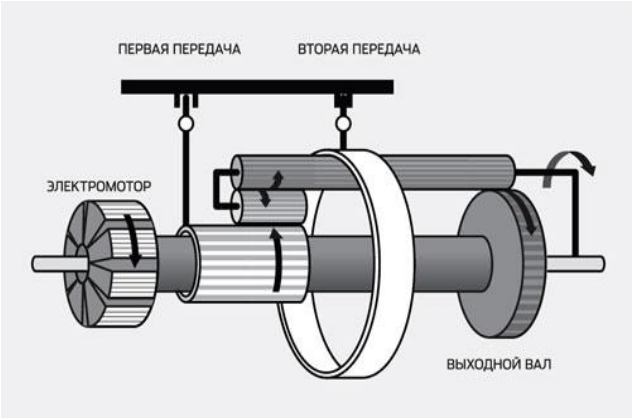


Рис. 4 – Трансмиссия гибридного автомобиля модели Lexus

Более низкий к.п.д. (на 25%) планетарного редуктора по сравнению с обычной механической трансмиссией отмечен и в работе [2], посвященной гибридам фирм Toyota, Honda, General Motors. Снижение токсичности в условиях езды такого автомобиля по городу, несомненно, а вот повышение экономичности является сомнительным. Видимо такое же мнение имеют и разработчики конструкции гибрида, в связи с чем основные надежды они связывают с другими техническими решениями, в частности, водородными двигателями, автомобилями, работающими на сжатом воздухе, и т.д.

Решение проблемы снижения потребной мощности и уровня токсичности автомобиля в условиях езды по городу В.П. Хортов предлагается осуществить с помощью емкостного аккумулятора [2]. На рис. 5 представлена блок-схема предлагаемого им варианта конструкции городского автомобиля. Автор утверждает, что конденсаторы заряжаются за сколь угодно малое время и тут же поясняет - за несколько часов.

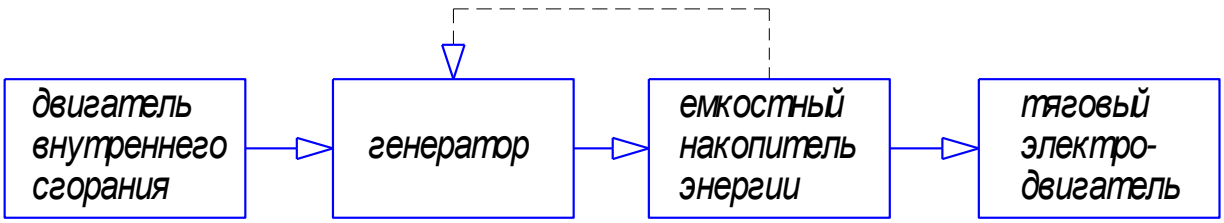


Рис. 5 – Блок-схема городского автомобиля нового типа

Однако вернемся к железнодорожному транспорту. Значительный парк вагонов занят перевозкой железной руды, кокса, компонентов формовочных смесей и пр. для выплавки чугунных тормозных колодок и установки их на вагоны, используемые для перевозки железной руды, кокса, компонентов формовочных смесей и т.д. по кругу. Помимо того, что чугунная пыль оседает на железнодорожное полотно, надо учитывать и огромные экологические проблемы при производстве всего набора необходимых компонентов.

В начале своего размышления нами было сказано о проблемах старта и остановки железнодорожного транспорта. Следует добавить, что железнодорожники среди основных чаще всего встречающихся дефектов подвижного транспорта называют так называемые ползуны – результат износа колес при торможении, когда во время скольжения зажатых тормозными колодками колес по рельсам с них снимается слой металла и появляется лыска. Поэтому разработка принципиально нового устройства торможения подвижного состава железнодорожного транспорта является актуальной задачей.

В тележках железнодорожных вагонов (они в подавляющем числе двухосные) оси вращаются всегда в одинаковом направлении и, поэтому, в соответствии с предлагаемым техническим решением (рис. 6), на каждой оси укреплено по одной обгонной муфте с взаимно-противоположным направлением свободного хода. Звёздочки обгонных муфт

укреплены на валах с возможностью вращения и взаимодействия с управляемыми муфтами. Опоры упругого элемента размещены на обоймах обгонных муфт. На обоймах этих муфт закреплены узлы конических передач с возможностью сообщения между собой через карданную передачу.

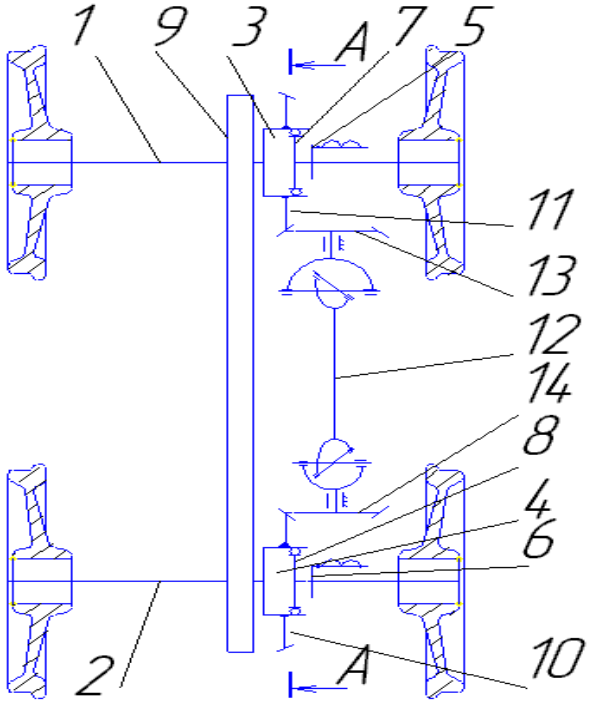


Рис. 6 – Внедрение гибкой карданной передачи между обгонными муфтами рекуператора

Повышение надёжности рекуператора осуществляется за счёт исключения промежуточной связи между осями и внедрением гибкой карданной передачи между обгонными муфтами.

Необходимость наличия гибкой связи обусловлена явлением возможного перекоса осей относительно друг друга, вызванного различными дефектами или конструктивными особенностями железнодорожного пути. К тому же необходимо компенсировать не фиксированное положение осей колесных пар относительно друг друга во время движения, обусловленное явлением самоустановки колесных пар в колее при движении.

Рекуператор вагона содержит оси 1 и 2 тележки, на которых установлены обгонные муфты 3, 4, звёздочки которых присоединяются к осям с помощью управляемых муфт 5, 6. На обоймах муфт 3 и 4 укреплены барабаны 7, 8 с упругим элементом 9 и узлы конических передач 10-14, 11-13, соединяющихся карданной передачей 12.

При движении вагона за счёт тяги локомотива рекуператор не препятствует этому движению, так как он не включен, и рекуператор совершает холостой ход.

Для остановки вагона включаются управляемые муфты 5 и 6. Вместе с осями 1 и 2 в одном направлении вращаются звёздочки обгонных муфт 7 и 8, а их обоймы с барабанами 3 и 4 с помощью карданной передачи 12 и конических узлов 10, 11, благодаря взаимно противоположному направлению свободного хода, вращаются во взаимно противоположных направлениях, закручивая при этом упругий элемент 9. Кинетическая энергия вагона переходит при торможении в потенциальную энергию упругого элемента 9. Направление движения вагона перед торможением не имеет значения, т. к. вращение осей 1, 2 в любом направлении приведет к закручиванию упругого элемента, что обеспечивается за счет взаимно противоположного направления свободного хода обгонных муфт. Торможение может быть прекращено отключением управляющей муфты-тормоза.

Для выполнения следующего движения в зависимости от его направления путем включения одной из управляемых муфт 5 или 6 от оси 1 или 2 отсоединяется звездочка

одной из обгонных муфт 7, 8. При включении управляемой муфты 6 звездочка обгонной муфты 8 отсоединится от вала 2 и упругий элемент 9 начнет поворачивать барабан 4 по часовой стрелке.

Разгон можно продолжать до окончательного раскручивания пружины, после которого барабаны 3 и 4 будут неподвижными, а дальнейшее движение вагона будет осуществляться за счет тяги локомотива.

Конструкция рекуператора позволяет частичное использование энергии пружины при разгоне. Для прекращения разгона необходимо выключить муфту-тормоз.

Если необходимо прервать разгон вагона или состава в целом и затормозить его, то управляемая муфта включается и начинается торможение (закручивание элемента 9).

Энергию упругого элемента можно использовать для ускорения вагона при подъёме в гору или для замедленного спуска с горки.

Величины нагрузок, воспринимаемых буксами, в значительной степени зависят от конструкции тележек, в которых размещена система упругих элементов, гасители колебаний, тормозное оборудование и другие элементы, обеспечивающие плавность хода и устойчивость подвижного состава.

Таким образом, предлагаемая новая конструкция тележки обеспечивает организацию принципиально нового вида торможения подвижного состава и последующего разгона. Использование данного устройства позволит снизить повреждаемость колес из-за отсутствия взаимодействия с тормозными накладками и, благодаря этому, позволит снизить эксплуатационные расходы.

Библиографический список

1. Наука и жизнь. - 2003. - №12. - с.28.

2. Хортов, В. Мощность ДВС на порядок ниже, а разгон автомобиля прежний. / В. Хортов // Изобретатель и рационализатор. - 1991. - № 4. - С. 6 – 7.

3. Гулиа, Н., Серх, А. Третий вариант нелишний. / Н.Гулиа, А. Серх // Изобретатель и рационализатор. - 1991. - № 4. - С. 27.

УДК 621.791.715

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗДЕФЕКТНОЙ СВАРКИ СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНА

В.С. Семеноженков[1], М.В. Семеноженков[2], В.Г. Строганов[2]

[1]*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

[2]*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж*

Аннотация. Исследовано напряженно-деформированное состояние соединяемых заготовок при различных условиях технологического процесса. Представлены рекомендации для проектирования изделий с минимальной вероятностью появления дефектов в процессе их сварки.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, дефекты при сварке.

Abstract. The stress-strain state of the connected workpieces under various conditions of the technological process is investigated. Recommendations for the design of products with a minimum probability of defects during their welding are presented.

Keywords: stress-strain state, welding defects.

В соответствии с известными технологиями сварка заготовок из титановых сплавов происходит при пластическом состоянии слоев металла в зоне контактных поверхностей.

От величины пластических деформаций в значительной степени зависит искажение геометрической формы соединяемых деталей и, таким образом, появление дефектов.

В соответствии с условием пластичности Мизеса при пределе текучести материала σ_T пластическое состояние в условиях совместного действия нормальных σ_N и касательных τ напряжений наступает при соблюдении неравенства $\sigma_N{}^2 + 3 \cdot \tau^2 \geq \sigma_T{}^2$ и, таким образом, наличие сдвигающих сил позволяет достигать пластических деформаций в зоне сварки при значительно меньших значениях нормальных сил, в основном определяющих появление остаточных деформаций.

Таким образом, целью работы является исследование условий создания пластического состояния в зоне сварки и определение наиболее рациональной схемы технологического силового воздействия на свариваемые детали, обеспечивающей получение изделий без нежелательных дефектов.

Рассмотрено решение контактной задачи сжатия полосового элемента заполнителя толщиной δ_3 конструкции упругими листами обшивки толщины δ_O (рис.1).

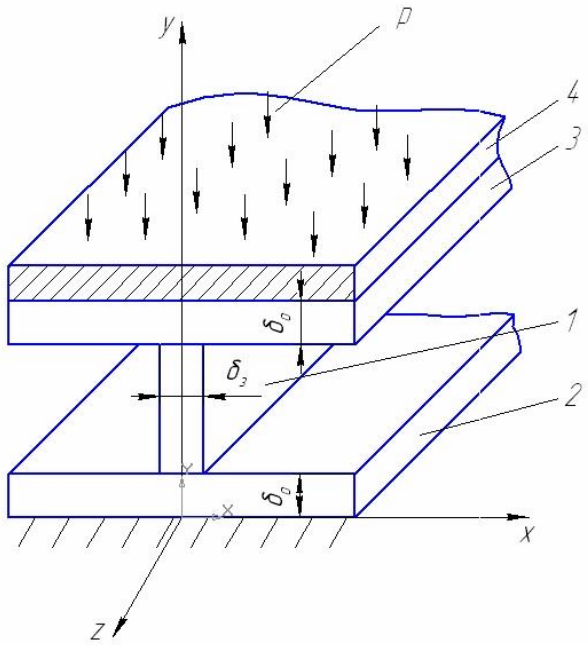


Рис. 1. – Расчетная схема

Известно [1], что силы контактного взаимодействия деталей распределены неравномерно и эпюра нормальных сил зависит от геометрии сжимаемых заготовок. Равномерное распределение обеспечить практически невозможно, но, тем не менее, необходимо стремиться к обеспечению максимальной равномерности, т.к. это приведет к уменьшению вероятности появления зон, в которых не произойдет диффузионного соединения заготовок и появятся дефекты.

Исследование направлено на получение информации о распределении контактных сил и напряженного состояния в зоне контакта заготовок с учетом контактной податливости сотового заполнителя и несущей обшивки, а также деформаций заготовок под действием технологических нагрузок.

Технологическое давление сварки примем равным p = 1 МПа. Толщина δ_O листов 2, 3 обшивки принята равной 1 мм, толщина δ_3 листа 1 заполнителя изменялась в пределах от 0,2 до 1 мм (рис.1), высота заполнителя h рассматривалась в интервале от 2 до 10 мм. Конструкция нагружалась непосредственно технологическим давлением на листы обшивки, а также через технологический лист. Исследование выполнено методом конечных элементов (МКЭ) с использованием модуля Pro/MECHANICA программного комплекса Pro/

ENGINEER. При разбиении на конечные элементы проводилось сгущение сетки в контактных зонах.

Картины напряженного состояния для различных вариантов конструкций приведены на рис. 2, 3.

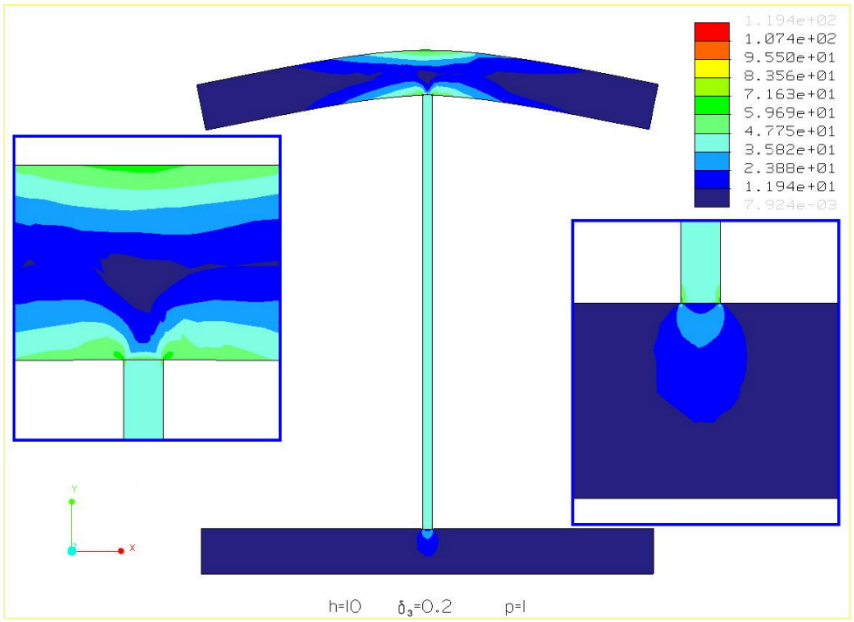


Рис. 2 – Напряженное состояние конструкции

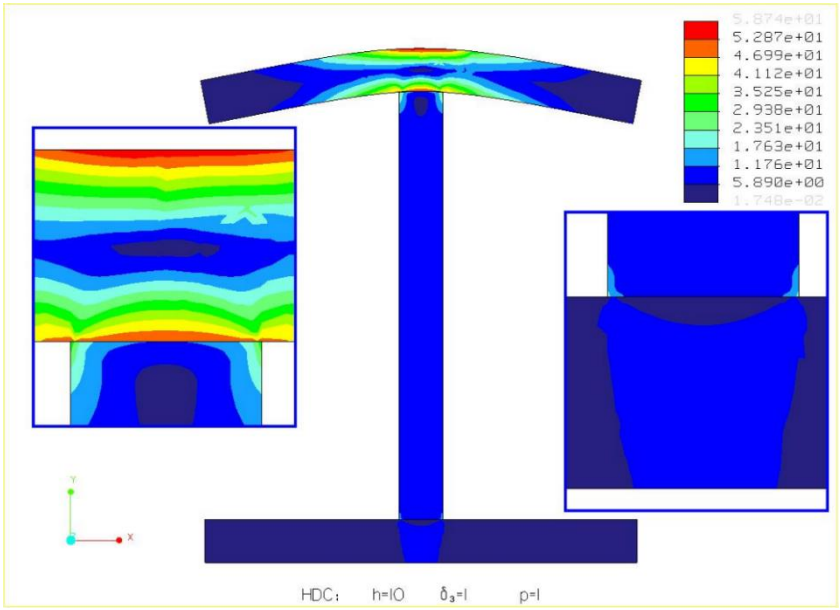


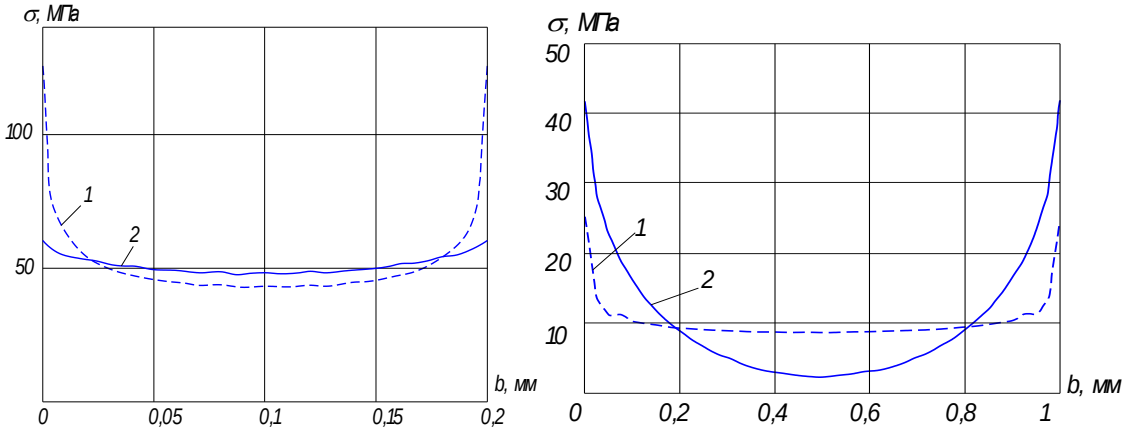
Рис. 3 – Напряженное состояние конструкции при высоте заполнителя h = 10 мм, толщине δ_3 = 1 мм

Рядом с изображением общего напряженного состояния конструкции приводятся фрагменты изображения напряженного состояния в зонах, прилегающих к контакту – свариваемым поверхностям. Видны значительные повышения напряжений в краевых зонах контактов, и картина распределения напряжений вглубь элементов. При толщине δ_3 = 0,2 мм (рис. 2) поле напряжений в зоне опоры заполнителя на нижний лист не выходит на нижнюю опорную поверхность, а при толщине заполнителя δ_3 = 1 мм (рис.3) зона повышенных напряжений охватывает сечение нижнего листа по всей толщине. В верхнем листе напряженное состояние соответствует деформации изгиба, при которой верхние слои растягиваются, а нижние сжимаются. Напряжения сжатия (σ_x) нижних волокон верхнего

листа имеют максимальное значение в средней части контактной зоны. Поперечные деформации ε_y в направлении оси *y* распределены вдоль контактной поверхности в направлении оси *x* также неравномерно, достигая максимальных значений в средней части. Таким образом, имеет место вспучивание листа обшивки в направлении вертикальной оси к заполнителю. Поперечные деформации ε_y оказывают существенное влияние на характер распределения исследуемых контактных давлений.

Распределение напряжений в конструкции с высотой заполнителя h = 2 мм и шириной δ_3 = 0,2 мм аналогично рассмотренному варианту.

На рис. 4 приведены эпюры распределения контактных сил по ширине заполнителя при его ширине δ_3 = 0,2…1 мм и высоте h = 10 мм для верхнего (эпюра 1) и для нижнего (эпюра 2) листов. Видно существенное влияние условий нагружения на неравномерность распределения контактных сил. Выявлена также зависимость концентрации контактных сил от соотношения размеров свариваемых элементов.



а *б*

Рис. 4 – Распределение контактных сил по ширине заполнителя толщиной δ_3 = 0.2 мм (*а*) и δ_3 = 1 мм (*б*)

Значения коэффициента концентрации k составят соответственно 1,2 и 4,2. Видно, что в этом случае предельным соотношением толщины заполнителя δ_3 и его высоты h, превышение которого может привести к раскрытию стыка, является величина 0,1.

Применение схемы комбинированного нагружения при соединении давлением с целью получения качественных конструкций при действии нормальных и касательных сил требует обоснования условий и параметров такого нагружения. Определение оптимального направления действия сдвигающих сил выполнено на основе рассмотрения решения задачи [2] давления полосового элемента 1 (заполнителя) шириной δ_3 конструкции на упругий лист2 толщиной δ_O (рис.1). Верхний лист3 свариваемой конструкциии нагружен технологическим давлением *p* сварки через технологический лист 4.

Граничные условия рассматриваемой задачи:

$\upsilon_2(x0z) = 0$; $\tau_{xy}(x0z) = 0$; $\tau_{yz}(x0z) = 0$; $\tau_{xy}(x\,\delta_O\,z) = 0$; $\tau_{yz}(x\,\delta_O\,z) = 0$; $\sigma_y(x\,\delta_O\,z) = 0$ – на недеформированной поверхности листа;

υ_1 и υ_2 – перемещения точек заполнителя и листа в направлении оси 0y.

$\upsilon_1 + \upsilon_2 = \alpha$ – для точек контакта (здесь $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ – сближение элемента заполнителя α_1 и листа α_2 при сжатии);

Поперечная сила P_x действует в направлении оси x.

Предполагается, что нормальная P и сдвигающая P_x силы связаны соотношением $P_x = f \cdot P$ (f – коэффициент трения). Сжимающая сила P, отнесенная к длине заполнителя вдоль оси z, зависит от давления *p*.

Распределение давления по ширине заполнителя определялось по зависимости ($-0{,}5\,\delta_з \le x \le 0{,}5\,\delta_з$)

$$q(x) = \frac{P \cdot \cos\pi\lambda}{2\pi\sqrt{\delta_з^{\,2} - x^2}}\left[\left(\frac{\delta_з - x}{\delta_з + x}\right)^{\lambda} + \left(\frac{\delta_з + x}{\delta_з - x}\right)^{\lambda}\right],$$

где $\lambda = 1/\pi$ arc tg $[f\ E/2\ (1 - \mu^2)\ G]$; E - модуль упругости, G – модуль сдвига, μ - коэффициент Пуассона материалов соединяемых заготовок [3].

Расчеты выполнены по приведенной зависимости при значениях механических характеристик $E = 1{,}1\ 10^5$ МПа, $G = 0{,}5\ 10^5$ МПа, $\mu = 0{,}4$ и при P = 1 МН/м, $\delta_з = 1$ мм.

Распределение давления q(x) между заполнителем и нижним листом при различных значениях коэффициента трения $f = 0;\ldots 0{,}4$.

На рис. 5 показан график изменения величины максимальных контактных сил в зависимости от коэффициента трения между свариваемыми элементами.

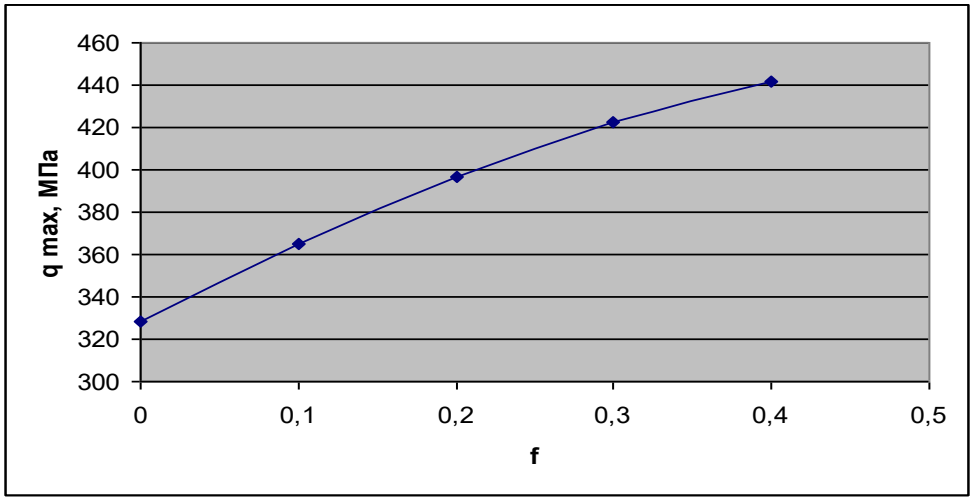


Рис. 5 – Зависимость максимальных контактных сил от коэффициента трения f

Видно, что с повышением коэффициента трения ***f*** неравномерность усиливается, и такое решение нельзя признать эффективным.

Снижение коэффициента трения путем применения смазки нельзя считать рациональным решением, т.к. при наличии между свариваемыми элементами промежуточной среды ухудшаются условия для возникновения адгезионных связей.

Поэтому необходим поиск решения, исключающего влияние сил трения на неравномерность распределения контактных сил. Как известно, силы трения всегда направлены против скорости скольжения. Таким образом, если к сжимаемым элементам приложить силу, действующую вдоль оси z, то силы трения (касательные контактные напряжения) развернутся в направлении оси z, и их влияние на возникновение зон затрудненной деформации в направлении оси x значительно снизится. Это утверждение основывается также на принципе независимости действия сил. При такой схеме нагружения распределение нормальных сил не зависит от сил трения. Использование приведенных рекомендаций при изготовлении деталей из титановых сплавов не требует применения дополнительных технологических приспособлений.

Все вышеперечисленное позволяет сделть следующие выводы:

1. Распределение контактных сил взаимодействия свариваемых элементов зависит от соотношения их размеров и при определенных вариантах размеров воздействие технологического давления может привести к раскрытию стыков соединяемых заготовок и появлению дефектов соединения,

2. Использование технологического листа при воздействии давления на элементы свариваемой конструкции приводит к значительному снижению влияния соотношения

конструктивных параметров свариваемых элементов на характер распределения контактных сил и, таким образом, для повышения качества сварки рекомендуется использовать технологический лист.

3. Рассмотрение контактных задач с учетом действия сил трения позволило предложить и обосновать схему комбинированного силового технологического воздействия, обеспечивающую наиболее равномерное распределение сил контактного давления и минимизацию вероятности возникновения зон затрудненной деформации свариваемых деталей и дефектов. Реализация предлагаемой схемы не требует использования дополнительных технологических приспособлений, что значительно облегчает ее практическое использование.

Библиографический список

1. Сторожев, М.В., Попов, Е.А. Теория обработки металлов давлением. / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – Москва: «Машиностроение», 1971. – 424 с.

2. Штаерман, И.Я. Контактная задача теории упругости. / И.Я. Штаерман. – Москва: Гостехиздат, 1949. – 270 с.

3. Семеноженков, В.С., Семеноженков, М.В., Пешков, В.В. Обоснование технологических режимов соединения заготовок давлением. / В.С. Семеноженков, М.В. Семеноженков, В.В. Пешков. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – №4. – С.134 – 136. – EDN OYHIRT.

УДК 004.896

РОБОТИЗИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С ДОКУМЕНТАМИ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

А.А. Сироткин, А.Ш. Абдуллина
Филиал СамГУПС в Нижнем Новгороде

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества применения программных роботов, представлены примеры роботизированной автоматизации процессов, связанных с документами в сфере грузовых перевозок. Статью завершает вывод о целесообразности и комплексности автоматизации с помощью программных роботов.

Ключевые слова: инструкция, программный робот, процесс, работа, система.

Abstract. The article discusses the advantages of using software robots, provides examples of robotic automation of processes related to documents in the field of freight transportation. The article concludes with a conclusion about the feasibility and complexity of automation using software robots.

Keywords: instruction, software robot, process, work, system.

Выполнение трудоемкой, повторяющейся работы может сопровождаться ростом количества ошибок и уменьшением скорости выполнения бизнес-процессов компании, и соответственно, способно привести к увеличению затрат. Поэтому компании во всем мире внедряют роботизированную автоматизацию процессов или автоматизацию с помощью программных роботов (Robotic Process Automation – RPA).

Цель данной работы – рассмотреть комплекс аспектов автоматизации с помощью программных роботов применительно к процессам, связанным с документами в сфере грузовых перевозок.

Robotic Process Automation (RPA) – технология, позволяющая автоматизировать рутинные операции и процессы за счет внедрения программных роботов.

Программный робот – это программа, которая выполняет рутинную работу вместо сотрудника. При этом обеспечивается достижение ряда преимуществ (табл. 1).

Таблица 1 – Преимущества использования программного робота (составлено авторами статьи на основании [1-3])

Преимущество	Характеристика преимущества
Непрерывная работа	Программный робот работает 24 часа в сутки, 7 дней в неделю (то есть 168 часов против 40), не прогуливает, не болеет
Низкие затраты	1 лицензия программного робота при стоимости в несколько тысяч долларов в год может заменить от 3 до 10 штатных работников
Безопасность	Программный робот обеспечивает конфиденциальность и контроль доступа к данным
Простота	Программный робот не требует мотивации; при его внедрении не требуется изменения существующей в компании ИТ-архитектуры
Гибкость	Программный робот работает с любыми интерфейсами, информационными системами, сервисами, электронными документами, сайтами; один и тот же программный робот может менять задачи, выполнять различные задачи; настройка и перенастройка программного робота выполняется быстрее, чем изменение информационных систем компании
Контроль	Программный робот может формировать подробный отчет о своей работе, все действия логируются
Надежность	Программный робот выполняет 100% запланированной работы
Качество работ	Программный робот уменьшает количество (или не делает) ошибок
Производительность	Программный робот выполняет операции быстрее человека (скорость работы измеряется секундами и минутами в процессах, где человек тратит часы)

Особенности RPA:

– возможность использования пользовательского интерфейса для выполнения действий по описанному алгоритму;

– быстрое реагирование на рост бизнеса;

– отсутствие необходимости осуществлять долгую и дорогостоящую интеграцию между информационными системами.

Для применения программных роботов подходят процессы [4-5]:

– в которых задействовано много персонала;

– где низкая доля аномалий;

– являющиеся простыми;

– с большим временем цикла;

– только со структурированными данными.

Существует множество примеров успешного использования RPA для автоматизации процессов. Например, в работе железнодорожных операторов можно эффективно роботизировать оформление железнодорожных накладных и инструкций, формирование регулярной отчетности, подготовку заявок и уведомлений, распределение вагонного парка.

Так, в АО «НефтеТрансСервис» внедрена система PrimoRPA.

Для выбора инструментария для разработки программного робота были использованы следующие критерии оценки:

– эргономика студии (разработчика);

– роботизация web-приложений;

– базовые функции;

– интеграция с API;

– удобная, надежная платформа;
– роботизация desktop-приложений.

При этом в RPA-систему вошли оркестратор, робот и разработчик (рис. 1).

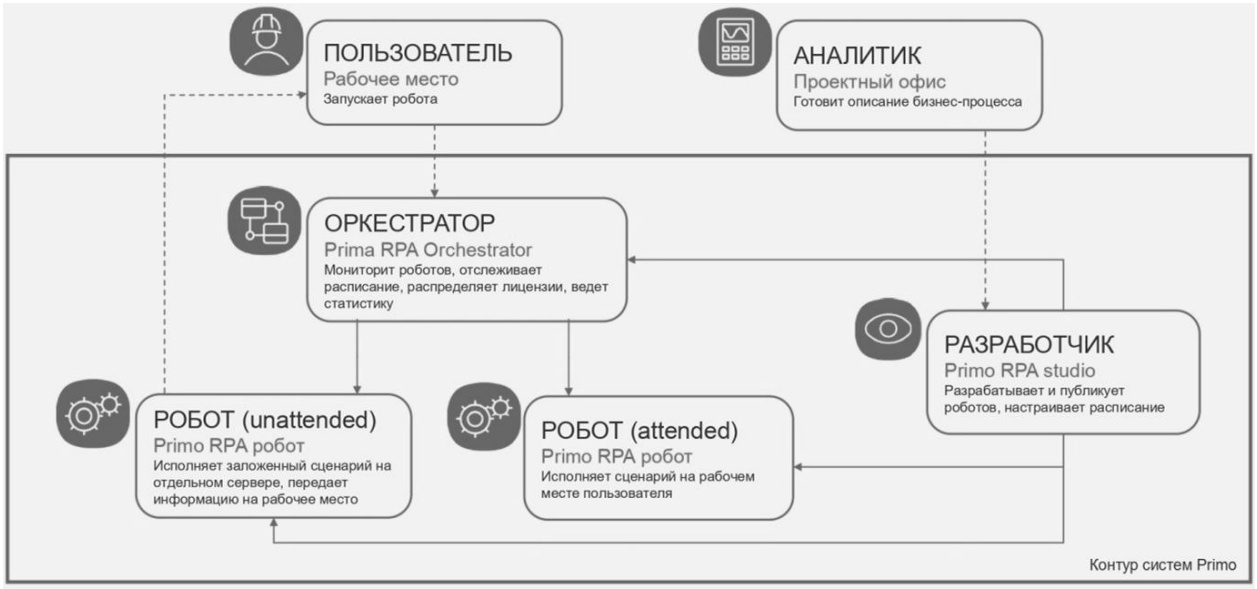


Рис. 1 – Состав RPA-системы Primo, взаимодействие внутри и во вне контура этой системы

Рассмотрим работу программного робота при формирования инструкции по оформлению железнодорожной накладной в АО «НефтеТрансСервис» (рис. 2).

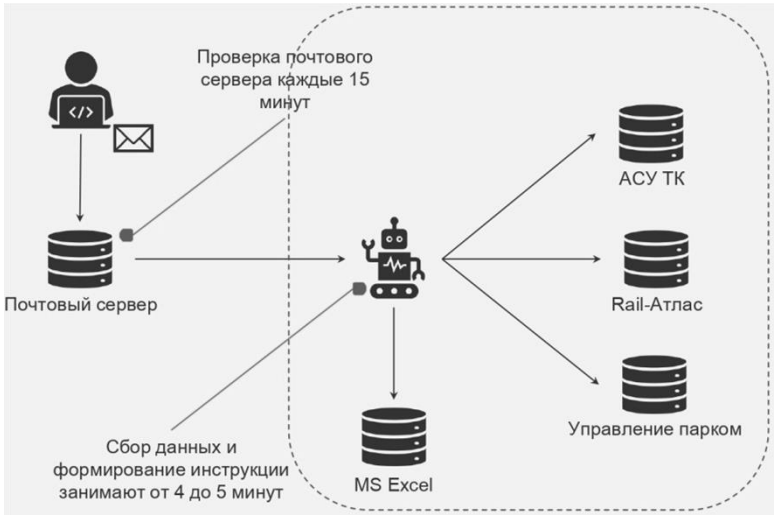


Рис. 2 – Процесс работы программного робота при формировании инструкции по оформлению железнодорожной накладной

Программный робот размещен на сервере, и он не стоит на одном компьютере. Способ взаимодействия с программным роботом – через почтовый сервер, т.е. сотрудник в момент, когда понимает, что ему необходима инструкция по оформлению железнодорожной накладной, направляет запрос с номером вагона на почтовый сервер. Каждые 15 минут программный робот проверяет электронную почту, и если пришло письмо с указанным номером вагона, он запускает процесс формирования инструкции по оформлению железнодорожной накладной.

Как видно на рис. 2, при работе программного робота используются такие системы, как АСУ ТК, Rail-Атлас, Управление парком. Они являются внутренними промышленными

информационными системами. Например, программный робот через пользовательский интерфейс запускает АСУ ТК, заходит в дислокацию вагонов, запускает фильтр, настраивает его, вводит номер вагона, на основании этого номера видит текущий рейс и текущий статус соответствующего вагона, заходит в историю рейса, понимает какие рейсы были, сколько километров и куда вагону ехать и т.д. Имеется отдельное поле, по которому программный робот определяет станцию назначения в следующем рейсе, т.е. в рейсе порожнего вагона.

После того, как происходит сбор данных, вся информация заносится в Excel-файл, который затем направляется сотруднику в ответном письме. При этом сотрудник передает минимум информации, а программный робот весь пакет информации собирает сам.

Преимущества при внедрении программного робота: быстрая оценка и быстрый старт проекта; не потребовалось полноценное техническое задание, достаточно было схемы процесса и сценария действия человека/программного робота; быстрая доработка и изменение программного робота в процессе тестирования и опытно-промышленной эксплуатации. В результате внедрения программного робота обеспечено качество работы, повышена скорость обработки запроса, достигнут целевой уровень функциональности.

Еще один пример – применение программного робота Sherpa RPA для оформления грузовой таможенной декларации. В данном случае проблема характеризовалась следующим образом: при оформлении грузовой таможенной декларации в бухгалтерии необходимо знать, из каких разделов и из каких граф брать нужные данные, при этом даже у опытных бухгалтеров часто возникают вопросы по учету импортных операций, поэтому создана подробная инструкция как оформить грузовую таможенную декларацию по импорту в 1С (33 пункта). Была поставлена задача уменьшить затраты времени и количество ошибок при оформлении грузовой таможенной декларации. Решение: реализована поддержка процесса по шагам, описанным в инструкции, а также роботизация проверки расчетов таможенной пошлины и НДС в грузовой таможенной декларации. Программный робот делает таблицу в Microsoft Excel и проверяет контрактную цену (она должна совпадать с той, которая зафиксирована в инвойсе), выполняет расчет ввозной пошлины и НДС.

Также имеется опыт применения программного робота для контроля документооборота с морскими грузоперевозчиками (табл. 2): в компании «Свеза» (мировой лидер в производстве березовой фанеры, поставляющий свою продукцию более, чем в 90 стран по всему миру) было решено роботизировать процесс согласования драфта (черновой вариант коносамента, составляемый грузоперевозчиком) и инструкции (документ, который составляется грузоотправителем и содержит всю информацию об отправленном товаре) между отправителем и перевозчиком. Для этого была выбрана платформа Lexema-RPA [6].

Таблица 2 – Этапы работы программного робота (составлено авторами статьи на основе [6])

Этап	Содержание этапа
1	Программный робот получает реестр грузов, проверяет достаточность данных для составления инструкции, при необходимости отправляет по электронной почте шаблон для заполнения менеджеру компании «Свеза» для внесения недостающей информации. Этап повторяется до тех пор, пока все необходимые для составления инструкции данные не будут корректно внесены.
2	На основании итогового реестра грузов программный робот составляет инструкцию и отправляет ее на электронный адрес грузоперевозчику.
3	Программный робот получает от грузоперевозчика драфт, который составлен грузоперевозчиком.
4	Сверка драфта и инструкции. Программный робот четко и быстро выявляет все несостыковки и оперативно сообщает о них грузоперевозчику. Данный этап повторяется необходимое количество раз.
5	Программный робот подтверждает корректность драфта и ожидает от грузоперевозчика коносамент в течение 5 дней после погрузки на судно. В случае необходимости, программный робот отправляет перевозчику электронные письма с

	напоминанием.
6	Программный робот высылает полученный от грузоперевозчика коносамент ответственному за процесс менеджеру компании «Свеза» по электронной почте.

Результат применения программного робота: ускорение согласования драфта и инструкции, экономия рабочего времени менеджеров, исключение ошибок в составлении ключевых документов для грузовой перевозки, влекущих за собой финансовые потери.

Таким образом, роботизация бизнес-процессов объективно целесообразна. Внедрение RPA не только экономит ресурсы, но и расширяет аналитические возможности, а также возможности планирования и контроля. RPA не единственная технология для автоматизации рутинных процессов, но именно такой подход позволяет использовать преимущества уже существующих в компании ИТ-решений.

Библиографический список

1. Булатов, Р. Б., Кораблев, А. Ю. Роботизация бизнес-процессов как инструмент для оптимизации бизнес-процессов / Р.Б. Булатов, А.Ю. Кораблев // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 7 (144). – С. 854-857.

2. Дюдюк, М. В., Гайдук, Н. В. Автоматизация бизнес-процессов предприятия при помощи внедрения RPA-систем / М.В. Дюдюк, Н.В. Гайдук // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов XIV международного форума, Краснодар, 12-17 июля 2021 года. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 118-121.

3. Чупахина, Н. И. Возможности и перспективы технологии RPA / Н.И. Чупахина //Аудит. – 2020. – № 6. – С. 4-6.

4. Азизова, А. Р., Норкина, А. Н. Роботизация бизнес-процессов предприятия, как инструмент информационной логистики / А.Р. Азизова, А.Н. Норкина // Угрозы и риски финансовой безопасности в контексте цифровой трансформации: материалы VII Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ, Москва, 24-26 ноября 2021. – М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – С. 634-641.

5. Исцелимов, А. Ю., Гришин, В. В. Пилотный проект RPA в логистике лесопромышленной компании / А.Ю. Исцелимов, В.В. Гришин // Автоматизация в промышленности. – 2021. – № 7. – С. 41-43.

6. Робот согласования [Электронный ресурс]. – URL: https://lexema.ru/experience/robot-sveza/ (дата обращения: 10.03.2023).

УДК 625.12

ПОРОВОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИ ОТТАИВАНИИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Л.А. Смоляницкий

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассмотрены особенности накопления влаги в грунте при его промерзании, а также нарушение устойчивости склонов и откосов при оттаивании мерзлого грунта. При этом существенную роль играет резкое увеличение порового давления.

Ключевые слова: склоны и откосы, поровое давление, солифлюкция.

Abstract. The article discusses the features of the accumulation of moisture in the soil during its freezing, as well as the violation of the stability of slopes and batters during thawing of frozen soil. At the same time, a sharp increase in pore pressure plays a significant role.

Keywords: slopes and batters, pore pressure, solifluction.

Из фундаментальных источников по механике грунтов [3] известно, что прочность грунта уменьшается, если возникает поровое давление, когда часть внешней нагрузки передается на поровую воду. В работе автора [2] предложено следующее теоретическое обоснование расчета порового давления. В изотропном грунте все три фазы минеральная (скелет), вода и воздух распределены по объему равномерно. В любом сечении образца грунта, расположенном при нормально действующей равномерно распределенной нагрузке $б$, при общей площади образца, равной 1, доли загруженных фаз составят соответственно: минеральной части грунта m, воды nS_r, воздуха $1\text{-}S_r$, где n – пористость грунта, S_r - степень заполнения пор водой. Характеристики грунтов [3] связаны между собой следующими зависимостями: $n=e/(1+e)$, $S_r=w\gamma_s/e\gamma_w$. Здесь w - влажность грунта (*д. ед.*), коэффициент пористости $e=\gamma_s/\gamma_d - 1$, где γ_s – удельный вес частиц грунта, γ_d – удельный вес сухого грунта, γ_w - удельный вес воды. Удельный вес сухого грунта $\gamma_d = \gamma/(1+w)$, где γ - удельный вес грунта при его влажности w.

Обозначим загруженную площадь воды (в долях единицы) до приложения нагрузки (до консолидации грунта) $f_н = n^н S^н_r$ и, подставив вместо пористости и степени водонасыщения поры их значения из формул, приведенных выше, получим: $f_н = w_н/(1+w_н)\ \gamma^н/\gamma_w$ (1).

Аналогично, загруженная площадь воды после уплотнения грунта (при достижении консолидации) составит: $f_к = w_к/(1+w_к)\ \gamma^к/\gamma_w$ (2).

В формулу (1) подставляются начальные (до загрузки) значения удельного веса и влажности грунта, в формулу (2) подставляются значения удельного веса и влажности грунта после его уплотнения (после достижения консолидации). Разность между значениями $\Delta f = f_н - f_к$ (3), умноженная на приложенную нагрузку $б$, и является поровым давлением u. $u = б\Delta f$ (4), а $\Delta f = u/б$ (5) - приращение нагрузки $(б\text{-}u) = б(1\text{-}\Delta f)$ (6).

Обозначим $1\text{-}\Delta f = j$ (7). Значение j названо *коэффициентом влияния порового давления на нагрузку.*

Таким образом, сопротивление грунта сдвигу $\tau = (б\text{-}u)tg\varphi + c$ принимает вид:

$\tau = jбtg\varphi + c$ (8).

Если j равно 1, то поровое давление отсутствует. Чем меньше единицы значение коэффициента влияния j, тем больше поровое давление в образце грунта при данной нагрузке.

По известным значениям начальных и конечных плотностей и влажностей грунта до и после его уплотнения, например, при компрессионных испытаниях грунта можно рассчитать по формулам автора (4 и 7) величину и коэффициент порового давления.

Результаты испытаний глинистых грунтов разной консистенции и песчаных грунтов разной влажности показали, что поровое давление существенно в глинистых грунтах мягкопластичных и текучепластичных и отсутствует или незначительно в глинистых грунтах твердой, полутвердой и тугопластичной консистенций, а также в песках средней плотности и плотных.

При этом следует отметить два существенных фактора.

Первый фактор. В исходных положениях при выводе формул нами предполагалось, что вся вода участвует в реализации порового давления. В действительности прочно связанная вода (гигроскопическая и пленочная) сопротивляется нагрузке вместе с минеральной частью грунта, поэтому в глинистом грунте реальное поровое давление *еще ниже,* чем рассчитанное по приведенным формулам (4 и 7).

Второй фактор заключается в следующем. В процессе разрушения грунтового массива, например, при быстром оползне, консолидация грунта может не происходить, влажность будет оставаться постоянной и поровое давление не будет уменьшаться.

Совершенно иная ситуация имеет место в мерзлых грунтах при их оттаивании.

Рассмотрим, как происходит процесс промерзания грунтов. При замерзании грунт увеличивается в объеме. Этот процесс называется *пучением* грунта. Изучением процесса промерзания грунтов в связи с отрицательным воздействием пучин на состояние земляного полотна железных и автомобильных дорог, основания сооружений, слонов и откосов

занимались очень многие ученые в России и за рубежом. Было установлено еще в XIX веке В.И. Штукенбергом и С.Г. Войславом, что при замерзании грунта происходит образование пучин с подтягиванием влаги из незамерзшего, расположенного ниже, грунта (перечень многочисленных литературных источников приведен в работе автора [1]). При периодическом замерзании и оттаивании грунта изменяются его прочностные и деформационные свойства. Исследованиями Тебера, Н.А. Пузакова, А.Ф. Лебедева, М.Н. Гольдштейна и др. ученых было установлено, что миграция влаги происходит под действием капиллярных, молекулярно-адсорбционных сил; возможно пленочное перемещение влаги к границе замерзшего грунта.

К дополнительным внутренним силам, влияющим на миграцию влаги, некоторые исследователи относят и осмотические силы, а Бесков (1947 г.) указывает на роль дефицита давления, возникающего при перемещении внешней пленки воды. По Рюкли (1948 г.) миграция влаги происходит за счет силы всасывания; он определял степень морозоопасности в зависимости от расстояния границы замерзания грунта до грунтовых вод. А.П. Боженова (1957) утверждает, что перемещение влаги происходит под действием разных факторов, среди которых главную роль играют адсорбционные силы. И.А. Тютюнов и З.А. Нерсесова (1963) считают, что движущей силой миграции влаги является градиент химического потенциала, который в криогенной системе зависит от температуры охлаждения.

Глинистые грунты с большим содержанием коллоидов имеют более прочную структуру, чем пылеватые грунты, поэтому они более морозоустойчивы. Было установлено, что в процессе образования морозной структуры происходит выжимание воды из грунтовых частиц между линзами льда, которые образуются в порах грунта между минеральными частицами, то есть их обезвоживание. Это приводит к образованию внутренних неравномерных напряжений и разному увеличению объема грунта при замерзании. Гидрофильный кристалл льда адсорбирует на своей поверхности тонкую пленку связанной воды. Создается расклинивающее давление, которое передается на окружающие слои грунта. Рост кристалла льда в сторону теплового потока переводит молекулы воды в кристаллическую решетку льда и к утоньшению адсорбированной пленки воды, что нарушает равновесие адсорбционных сил твердой фазы грунта – его минеральных частиц и льда. Это вызывает перемещение воды к зоне промерзания для сохранения равновесного состояния связанной воды. Силы кристаллообразования, стремящиеся достроить решетку, приводят в движение весь механизм миграции влаги.

Подвержены пучению водонасыщенные глины, суглинки, супеси, пески с содержанием частиц менее 0,1 мм более 30%. Пучение возрастает по мере увеличения количества пылеватых частиц в грунте. После временного замедления или прекращения пучинообразования и последующего снижения температуры интенсивность пучения резко увеличивается. Целью исследований разных авторов являлось изучение процесса промерзания грунта во времени, то есть интенсивности промерзания грунта, конечной глубины замерзшего слоя для расчета теплоизолирующих покрытий.

Глубина проникновения нулевой изотермы при одинаковой сумме отрицательных среднесуточных температур (635 градусодней) для суглинков 135 см, мелких и пылеватых песков – 139 см, крупнообломочных грунтов – 177 см. Следовательно, на ход промерзания влияет состав грунта. По Н.А. Цытовичу, глинистые грунты текучей и пластичной консистенции замерзают при температуре от 0°С до - 0,4°С, а твердой консистенции от -0,6°С до -1,2°С. При этом распределение температуры в мерзлом грунте до зоны основных фазовых превращений близко к линейному. На оголенной территории грунт промерзает на глубину в 3-4 раза большую, чем при снежном покрове.

По данным П.Д. Россовского и др., после промерзания дорожной одежды скорость опускания фронта промерзания в грунт составляет 2-3 см/сут. Максимальная глубина для района Архангельска зимой 1962-1963 г.г. составила по оси дороги 265 см и 190-195 см на обочинах.

Оттаивание грунта начинается в Центрально-Европейской части России в марте-апреле и происходит равномерно с постоянной скоростью, аппроксимируемой уравнением $h = \beta T$, где: β – коэффициент, характеризующий скорость оттаивания см/сут, T – продолжительность, сут. Скорость оттаивания близка к скорости промерзания.

Для определения глубины промерзания грунта железнодорожного земляного полотна и грунта откосов выемок и склонов при отсутствии наблюдений можно использовать известные положения из СП 22.13330… «Основания и фундаменты»: $Z, м = d_{fn} = d_o \sqrt{M_t}$, где d_{fn} – нормативное значение глубины промерзания, d_o – экспериментальный параметр, зависящий от вида грунта (принимаемый для суглинков и глин равным 0,23; для песков мелких и пылеватых – 0,28; для песков гравелистых, крупных и средней крупности – 0,30; для крупнообломочных грунтов 0,34). $\sqrt{M_t}$ – безразмерный коэффициент численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур воздуха в данном районе по результатам наблюдений местной гидрометеорологической станции, а при их отсутствии по Приложению «Строительная климатология и геофизика» к указанному выше СП.

При промерзании грунта, содержащего только связанную воду (грунт твердой консистенции), перемещается пленочная вода и морозное пучение практически не происходит. При действии пленочно-капиллярного механизма (грунт полутвердый - тугопластичный) толщина пленок воды быстро восстанавливается и ледяные прослойки растут быстро. Еще большей толщины они могут достигнуть, если грунт имеет мягкопластичную или текупластичную консистенцию. Может происходить и парообразное перемещение влаги (диффузия). Таким образом, механизм подтягивания влаги к зоне отрицательной температуры достаточно сложный.

На величину пучения влияет и скорость промерзания грунта. Увеличение скорости промерзания уменьшает величину промерзания, так как вода не успевает поступать к фронту промерзания грунта. Такое влияние может увеличивать глубину промерзания в 2-2,5 раза. По наблюдениям в натурных условиях максимальная величина промерзания (максимальные пучины) образуются при скорости промерзания 1-2,5 см/сут. Фронт промерзания быстро опускается, достигая в начале весны максимальной глубины.

Возникновение трещин на прочных автодорожных покрытиях многие авторы объясняют неравномерностью морозного пучения грунта земляного полотна. При этом продольные трещины могут достигать по ширине 20-25 см и простираться на сотни метров вдоль дороги. Располагаются они часто по оси дорожной одежды на всю ее толщину, но не перемещаются в грунт земляного полотна. В тех случаях, когда устраивалось утолщение каменной подушки по оси дороги, трещины перемещаются к обочинам. На железнодорожном пути образование пучин приводит к неравномерным просадкам рельсошпальной решетки.

Пучинистые грунты характеризуются образованием льдистости и при оттаивании имеют взрыхленную структуру и микропустоты.

Оттаивание происходит снизу и сверху. При оттаивании грунта его влажность может возрастать до границы текучести, в результате чего несущая способность резко падает. Имеются случаи выдавливания грунта из-под одежды на автодорогах, а на железных дорогах - выплесков. Влажность грунта может возрасти в 1,5-2 раза, пористость на 60-70%. Влияют минералогический, гранулометрический составы, влажность, плотность, уровень грунтовых вод, скорость оттаивания.

На склонах и откосах выемок железных и автомобильных дорог пучение грунта и его последующее оттаивание приводит к образованию солифлюкции (solux – это почва, fluxus – это течение), представляющей собой оползневые смещения почвы или слоя грунта на разную глубину. Примеры таких оползней показаны на приведенных фотографиях (Интернет-рис. 1-4).

Рис. 1. - Солифлюкция на склоне

Рис. 2. - Солифлюкция на откосах

Рис. 3. - Глубокое оползневое разрушение склона как результат солифлюкции

Рис. 4. - Оползни при оттаивании грунта в зоне распространения вечной мерзлоты

При оттаивании в насыщенном водой слое грунта под действие собственного веса возникает высокое поровое давление, сопротивление минерального грунта сдвигу резко падает и происходит оползень. При этом оползневое смещение может происходить по поверхности незамерзшего грунта или по мерзлому, еще не оттаившему грунту. Сложность изучения уменьшения прочности грунта в связи с резким увеличением порового давления заключается в том, что невозможно предсказать конечную влажность грунта при его оттаивании. Но если влажность грунта при оттаивании достигла границы текучести грунта, то можно утверждать, что его прочность (сопротивление сдвигу) снизилась практически до нуля, в результате чего и происходят описанные выше процессы: разрушение склонов и откосов, просадки рельсошпальной решетки на железнодорожном пути и разрушения жестких дорожных покрытий на автодорогах.

Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. В процессе промерзания грунта происходит увеличение количества воды в порах в результате ее подтягивания снизу из незамерзшего грунта.

2. Подтягивание воды к границе отрицательной температуры происходит под действием многочисленных факторов; скорость перемещения воды зависит от минералогического состава, плотности грунта, величины и продолжительности отрицательных температур, и трудно предсказуема.

3. При оттаивании мерзлого грунта в нем возникает высокое поровое давление, в результате чего резко снижается его прочность и увеличивается сжимаемость.

4. Процесс промерзания грунта и его последующее оттаивание приводит к разрушению дорожной одежды, неравномерным просадкам пути, разрушению склонов и откосов.

Библиографический список

1. Смоляницкий, Л.А. Прогноз состояния земляного полотна. / Л.А. Смоляницкий. //Труды ВГУ, НИИ Геологии. – Воронеж, 2006. – выпуск 40. – 145 с.

2. Смоляницкий, Л.А. Определение порового давления в грунтах и его учет при проектировании дорожных насыпей. / Л.А. Смоляницкий. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2021) Труды научно-практической конференции 15 ноября 2021г. г. Воронеж, Россия, с. 97-104. – EDN HSKZZP.

3. Цытович, Н.А. Механика грунтов. – Москва: Госстройиздат, 1963. – 636 с.

УДК 625.12

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА ОПОЛЗНЕ

Л.А. Смоляницкий

Филиал РГУПС в г. Воронеже

Аннотация. В статье предлагается в качестве удерживающей подпорной конструкции для отдельных зданий, представляющих архитектурную или историческую значимость, построенных на оползнях консеквентного типа, использовать специально построенные здания ниже по склону на усиленных свайных фундаментах из армированных буронабивных свай, защемленных остриями в стабильном грунте.

Ключевые слова: оползни, сдвигающие и удерживающие силы, сваи, ростверк, фундамент.

Abstract. The article suggests using specially constructed buildings lower down the slope on reinforced pile foundations made of reinforced bored piles, pinched by spikes in stable soil, as a retaining retaining structure for individual buildings of architectural or historical significance built on sequential landslides.

Keywords: landslides, shifting and retaining forces, piles, grillage, foundation.

Данная статья является продолжением работы автора [1]. Рассматриваются оползни консеквентного типа. Напомним, что консеквентные оползни образуются в косослоистых и трещиноватых грунтах, когда поверхность скольжения оползня приурочена к слою более слабого грунта, залегающем на прочном, стабильном грунте; смещение происходит в виде блока или блоков, форма поверхности скольжения плоская, волнистая, наклонно-ступенчатая.

Разрушение склона происходит в виде прогрессирующего сдвига или сдвига с постоянной скоростью с падением сопротивления по мере деформирования, снижением прочности от пикового значения до остаточного и постепенным формированием поверхности (плоскости) скольжения. По механизму сдвига выделяются: сдвиг-срезание; сдвиг по напластованию; сдвиг-скольжение покровных масс; сдвиг (сплыв) почвенного (почвенно-растительного) слоя.

На крутых склонах при консеквентных типах оползней, когда поверхность скольжения может быть приурочена к наклонным геологическим границам между слоями, могут сдвигаться значительные пачки горных пород. Медленная ползучесть приповерхностного слоя в виде сдвига может наблюдаться на относительно устойчивых склонах с крутым падением пластов прочных пород.

Нарушение равновесия склоновых массивов в виде разжижения происходит вследствие преобладающего силового воздействия подземных (грунтовых) вод. Основной механизм разжижения, рассматриваемый в механике грунтов как фильтрационное деформирование грунта, — это увеличение порового давления (давления воды в порах грунта) и, как следствие, уменьшение эффективных напряжений.

В водонасыщенном грунтовом массиве поровая вода в той или иной степени может оказывать на минеральный скелет грунта гидростатическое взвешивание и фильтрационное давление разной направленности, вызываемые фильтрационными объёмными силами. Интенсивность и направленность этих сил зависят от внешних воздействий: статической и динамической нагрузок на склон, скорости фильтрационных потоков и колебания уровня подземных вод, уровенного режима в водоемах и поверхностных водотоках, интенсивности атмосферных осадков и т.д. Данный механизм формирования оползней особенно характерен для дисперсных грунтов, обладающих слабым структурным скелетом и малой фильтрационной способностью. По классификации «Института геоэкологии РАН», к ним относятся современные илы, водонасыщенные молодые глины и суглинки, плывуны, почвы, торфы, а также глинистые грунты различного возраста, потерявшие прочность в результате разуплотнения, выветривания и гидратации.

Монолитные скальные породы могут воспринимать значительные растягивающие напряжения (до 30 МПа), свидетельством чему являются высокие отвесные откосы бортов многих горных долин. При превышении растягивающими напряжениями предела прочности грунта неуравновешенные блоки пород отделяются от остального массива, сползают, обрушаются. Отделение массива может происходить по разрывным сейсмотектоническим трещинам с последующим перемещением по поверхности сдвига или проседанием отделившегося массива с деформированием подстилающей толщи глинистых пород. Наличие крутой подготовленной поверхности сдвига также способствует образованию трещин разрыва в зоне концентрации растягивающих напряжений.

Как нами было сформулировано ранее [2; 3], оползневое разрушения грунтового массива происходит, когда сумма сдвигающих сил превышает сумму сил удерживающих, что может быть реализовано в случаях, когда:

— создается дополнительная нагрузка на бровке откоса или в его верхней части;

— утяжеляется грунт верхней части откоса в результате его дополнительного увлажнения, например, атмосферными осадками или сброса техногенной и бытовой воды;

— возникает горизонтальная дополнительная сила при землетрясении;

— уменьшаются прочностные характеристики грунта при его увлажнении или длительной виброударной нагрузки от движущегося транспорта;

— осуществлена подрезка грунта в нижней части откоса и его удаление с образованием более крутого заложения;

— размывается водным потоком грунт у подошвы насыпи (обычно при паводках);

— возникает водоносный поток в дренирующих грунтах откоса в периоды интенсивных ливней и бурного снеготаяния;

— выветривается скальный грунт в откосе (осыпи);

— быстро оттаивает весной замерзший слой грунта в откосах с южной экспозицией (солифлюкция).

Таким образом в общем можно утверждать, что *нарушение устойчивости возникает под влиянием двух основных факторов – изменяется напряженное состояние в грунтовом массиве или уменьшаются прочностные характеристики грунта, а также в случае, когда проявляются оба фактора одновременно.*

Пример оползня консеквентного типа, когда оползневое тело из малопрочного глинистого грунта смещается по известной поверхности – кровле прочного неподвижного грунта, который может быть представлен скальным или полускальным грунтом (известняк, доломит и др.) даже трещиноватым и выветрелым, схематично показан на рис. 1.

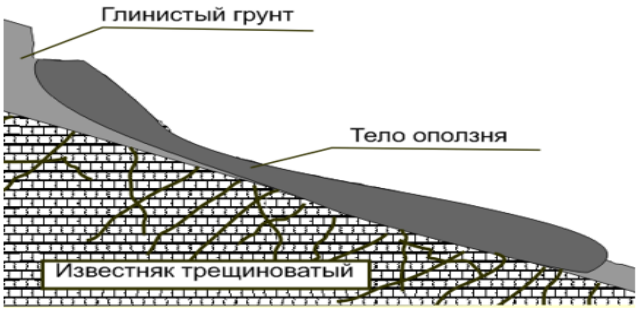


Рис. 1 Консеквентный оползень

Обычно такие оползни, если мощность сползающей толщи грунта невелика (порядка 10 метров и менее), стабилизируются подпорными стенками в языке оползня с планировкой поверхности, отводом атмосферных вод и дренажом подземных, если они есть.

Рассмотрим случай, когда на оползневом склоне ранее были построены здания или сооружения, представляющие архитектурную или историческую ценность и их сохранение необходимо даже ценой больших материальных затрат. Более того, предположим, что ранее были выполнены стабилизирующие мероприятия в виде отдельных свай или стандартной подпорной стенки, не приведшие к полной стабилизации участка склона (рис. 2).

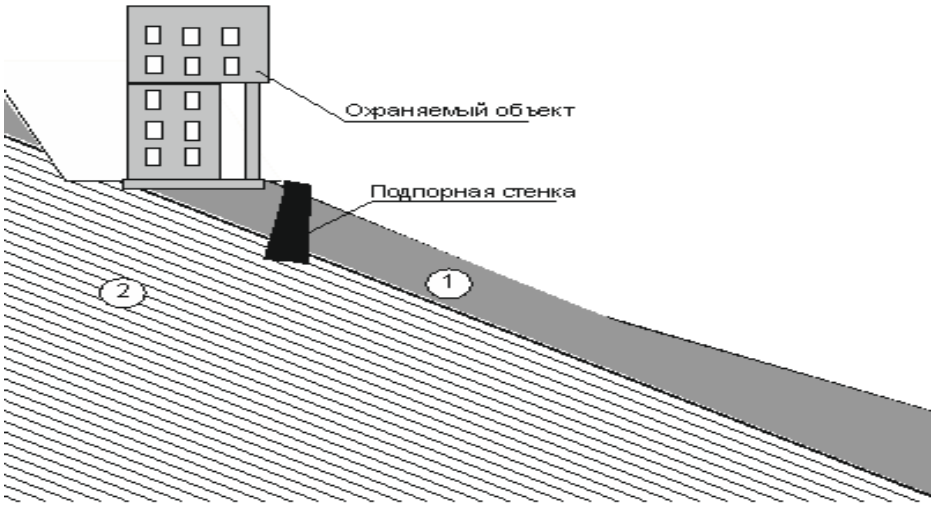


Рис. 2. Стабилизация склона подпорной стенкой

Представим, что крутой склон имеет следующее инженерно-геологическое строение. Делювиальный суглинок мягкопластичной консистенции (ИГЭ-1) мощностью 5-8 метров залегает на мощной толще коренных глин твердой-полутвердой консистенции (ИГЭ-2) и медленно оползает без визуально выраженных трещин разрыва и бровок смещения. Такая ситуация имеет место, когда скорость оползания на разных участках вдоль склона сверху вниз примерно одинакова. Некоторое возрастание скорости смещения может происходить в периоды интенсивных ливней или снеготаяния, когда увеличивается влажность грунта, или при сейсмических воздействиях.

Допусти, что при строительстве этого архитектурно значимого объекта много лет назад возможному оползневому смещению грунтов основания на склоне не было придано значение и объект был построен на обычном ленточном фундаменте. В процессе эксплуатации объекта выяснилось, что он медленно смещается вместе с грунтом основания; на стенах здания появляются трещины разрыва, расширяющиеся во времени. Для стабилизации объекта была возведена подпорная стенка или забиты сваи вокруг фундамента и устроены водоотводящие сооружения. В процессе дальнейшей эксплуатации объекта было

установлено, что оползневое смещение замедлилось, а подпорная стенка или сваи наклонились. Следовательно, полная стабилизация склона не была достигнута.

Таким образом можно утверждать, что отдельные стабилизирующие мероприятия – подпорная стенка, многочисленные сваи около фундамента защищаемого объекта не были достаточно эффективными. Представляется, что необходима стабилизация значительной части склона *ниже* защищаемого объекта.

Стабилизация может быть достигнута устройством жестких объемных конструкций ниже по склону от защищаемого объекта, заглубленных на достаточную глубину.

Тело оползня рассекается объемными подпорными стенами в грунте, которые создаются из армированных буронабивных скважин с заглублением острия в прочный грунт на 1,5-2,0 метра. В продольном и поперечном направлениях сваи располагаются ниже защищаемого объекта по склону по контуру стен новых зданий, которые будут на них возведены как на свайных фундаментах. Итак, уточним: здесь свайные фундаменты работают как объемные подпорные стенки (рис. 3).

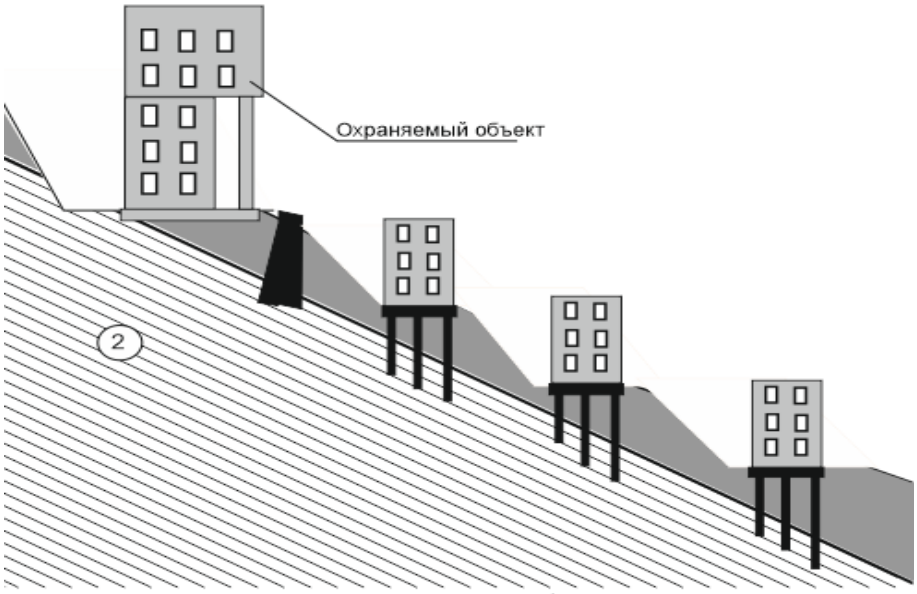


Рис. 3. Дополнительная стабилизация склона

Сваи обязательно буронабивные, хорошо армированные, располагаются под стенами в два ряда на расстоянии между осями порядка 1,5-2 метра; острие свай погружается в неподвижный прочный грунт на глубину 1,5-2,0 метра; ростверк толщиной не менее метра, шириной до 2,5 метра низкий - расположен в грунте, армирован; арматура ростверка соединяется с арматурой свай сваркой. Созданная таким образом конструкция из свай и ростверков представляет собой мощную, устойчивую пространственную конструкцию подпорных стен в грунте, устойчивую против выдергивания, опрокидывания, сдвига и сейсмических воздействий. На таких фундаментах строятся здания любой этажности. Несущая способность основания заведомо достаточная. При этом, чем выше этажность, тем тяжелее здание, тем больше момент сопротивления опрокидыванию, тем выше сопротивление выдергиванию свай из грунта, тем устойчивее конструкция.

На бывшем оползневом массиве здания следует размещать как можно ближе друг к другу, чтобы обеспечивалось равномерное закрепление оползневого тела по его объему. Строительство начинается от языка оползня вверх по склону.

В тех случаях, когда устойчивый грунт (например, известняк) сильно трещиноватый следует перед проходкой свай выполнить малонапорное (1-2 *атм*.) нагнетание аэрированного цементного или цементно-бентонитового раствора в трещины этого грунта.

Технология бетонирования трещин известна и достаточно хорошо отработана в строительстве. Недостаток конструкции – большое количество свай, их хорошее

армирование, то есть дороговизна. Но стабилизированная территория используется под строительство новых зданий, и реализация квартир многократно превысит затраты на строительство.

Стабилизация оползней других типов (асеквентных, инсеквентных) по предложенному методу объемных свайных стен в грунте в каждом конкретном случае требует специальных дополнительных исследований, но в принципе не исключена.

Таким образом, можно сделать следующие обобщающие выводы:

1. В некоторых случаях стабилизация отдельных зданий на оползневом склоне путем устройства подпорной стенки или ряда свай около них не достигается.

2. Стабилизация может быть достигнута при закреплении части склона ниже здания устройством объемных жестких конструкций, заглубленных в неподвижный прочный грунт.

3. Такими конструкциями могут служить свайные фундаменты с построенными на них зданиями.

Библиографический список

1. Смоляницкий, Л.А. Строительство на оползнях / Л.А. Смоляницкий // Труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021») Секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» Ростовский государственный университет путей сообщения филиал РГУПС в г. Воронеж (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.). С. 195-199.

2. Смоляницкий, Л.А. Инженерно-геологические и геотехнические изыскания для строительства. / Л.А. Смоляницкий. – Москва, 2016. – 267 с.

3. Смоляницкий Л.А. Земляное полотно железных и автомобильных дорог. / Л.А. Смоляницкий. – Ростов-на-Дону: ВФ РГУПС, 2020. - 168 с.

УДК 629.42

ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЗАЗОРА МЕЖДУ ОСТРЯКОМ И РАМНЫМ РЕЛЬСОМ ПРИ ПРОХОДЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО СТРЕЛКЕ

Н.В. Стоянова[1], Д.Е. Минаков[1], Е.Ю. Минаков[1]
[1]*Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация. Исследуется стрелочный перевод с непрерывной поверхностью катания с существующей кинематической схемой стрелочного перевода.

Ключевые слова: рельс, колесо, подвижной состав, колесная пара, стрелочный перевод.

Annotation. An arrow translation with a continuous skating surface with an existing kinematic scheme of the arrow translation is investigated.

Keywords: rail, wheel, rolling stock, wheelset, switch.

Рассмотрим схему частного (экстремального) случая контактирования колеса подвижного состава с рамным рельсом при набегании колеса на рельс, которая приведена на рис. 1.

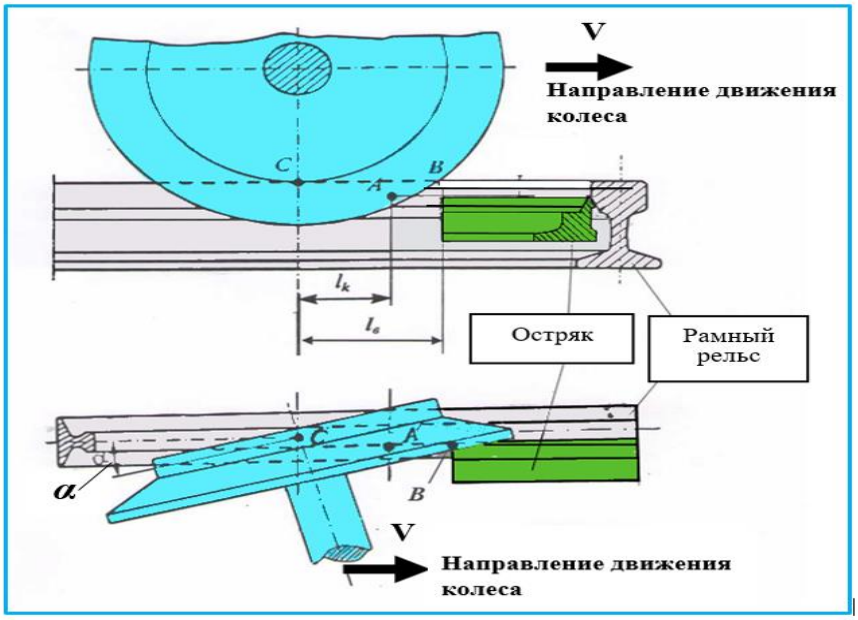


Рис. 1 – Схема контакта колеса подвижного состава с рамным рельсом

Такое состояние характеризуется тем, что в какой-то момент мгновенная точка касания гребня с боковой гранью головки рельса *A* будет находиться на расстоянии $l_к$ от точки контакта колеса с головкой рельса *C* и, при этом гребень колеса будет плотно прижат к головке рельса.

Это означает, что в зоне приближения колеса к острию остряка стрелочного перевода (точка *B*) при противошерстном движении первого колеса тележки подвижного состава в момент, когда колесная пара на остряк ещё не вкатилась, т.е. когда остряк ещё не воспринимает боковое воздействие колеса (силовое), а смещение рамного рельса максимальное, зазор между остряком и рамным рельсом также является максимальным.

При эксплуатации могут возникать ситуации [1; 3], когда на стрелку при зазоре между остряком и рамным рельсом более 7 мм вкатывается колесо с максимальным износом (подрезом) гребня (схема представлена на рис. 2).

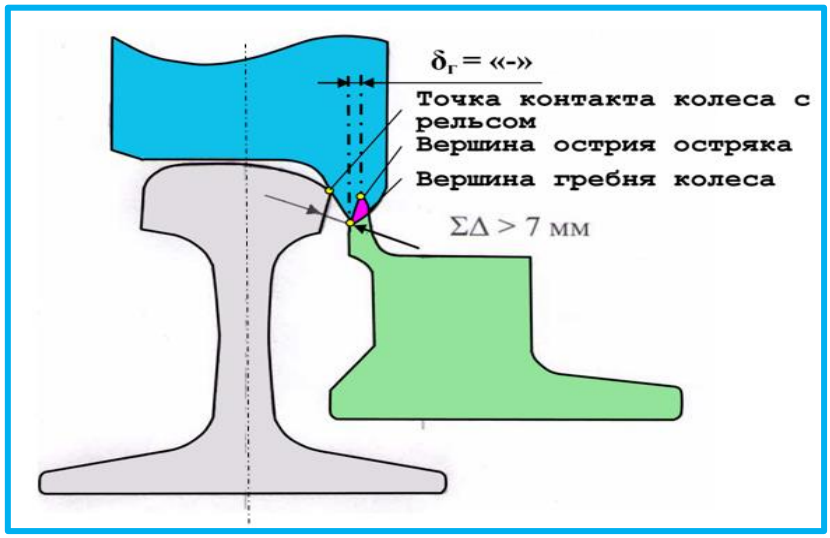


Рис. 2 – Схема расположения колеса подвижного состава с максимальным подрезом гребня относительно рамного рельса в зоне их контактирования с зазором между остряком и рамным рельсом более 7 мм

Если величина суммарного зазора ΣΔ между остряком и рамным рельсом имеет отрицательное значение ($\delta_г$ = «-»), т.е. расстояние от вершины острия остряка до рамного рельса меньше, чем до вершины остряка, то сход колеса неизбежен.

На схеме видно, что при противошерстном движении для обеспечения безопасности движения во время вкатывания колеса на стрелку должно выполняться условие:

$$\Sigma\Delta = \Delta_{рр} + \Delta_{ор} - \Delta_{у} \qquad (1)$$

где ΣΔ – величина суммарного зазора между остряком и рамным рельсом при вкатывании колеса на стрелку при противошерстном движении;

$\Delta_{рр}$ = 6 мм – величина отклонения рамного рельса от исходного положения при боковом давлении колеса на рамный рельс;

$\Delta_{ор} \leq 4$ мм – величина зазора между остряком и рамным рельсом в исходном положении в статическом режиме [1];

$\Delta_{у}$ = 3 мм – величина укрытия остряка рамным рельсом.

Согласно формуле (1) получим:

ΣΔ=6+4-3=7 мм

Этот результат подтверждает проведенные расчеты, согласно которым величина суммарного зазора (ΣΔ) должна быть меньше максимально допустимого [9,2 мм]

9,2>7 мм

Рассмотрим еще одну причину образования зазора между остряком и рамным рельсом. При прохождении подвижного состава по стрелке в противошерстном направлении возникают усилия, направленные на отжим (отвод) прижатого остряка от рамного рельса. Выясним природу происхождения и причины этого процесса.

Для определения необходимого для замыкания остряка усилия $F_{зам}$. обеспечивающего надежное удержание прижатого остряка к рамному рельсу, рассмотрим математическую модель прохода колеса подвижного состава по стрелке в противошерстном направлении.

На стрелочных переводах остряк в крайнем, прижатом к рамному рельсу положении, находится под так называемым углом удара $\beta_н$. Этот угол образуется при условном пересечении рабочих граней рамного рельса и остряка. Его величина зависит от положения колеса при входе на стрелку. Под воздействием силы бокового удара гребня колеса об остряк Q создается момент $M_о$, направленный на его вращение вокруг точки N против часовой стрелки, т.е. на отжим (отвод) остряка от рамного рельса. Величина момента определяется по формуле:

$$M_o = F_2 \cdot NД + F_1 \cdot \Delta_{ор} \qquad (2)$$

Чтобы компенсировать этот момент и не допустить отвод острия остряка в точке *A*, необходимо приложить усилие F_3, которое с учетом плеча *NA* создается моментом:

$$M_y = F_3 \cdot NA. \qquad (3)$$

Этот момент направлен на вращение остряка по часовой стрелке и компенсирует M_o, направленный на его отжатие (отвод) от рамного рельса.

Уравнение для определения усилия замыкания (удержания) остряка имеет вид:

$$F_1 \cdot \Delta_{ор} \cdot + F_2 \cdot NД = F_3 \cdot NA, \qquad (4)$$

Следовательно, усилие замыкания остряка определяется выражением:

$$F_3 = \frac{F_1 \cdot \Delta_{ор} + F_2 \cdot NД'}{NA}. \qquad (5)$$

Усилие, обеспечивающее замыкание и надежное удержание прижатого остряка должно удовлетворять условию:

$$\boldsymbol{F_{уд} \geq F_3}. \qquad (6)$$

Величина $F_{уд}$ – это предельно допустимое рабочее усилие, которое способно длительное время выдерживать стрелочный электропривод без разрушений и сверх нормативных деформаций и составляет менее 4 мм.

Учитывая условие надёжного запирания и наличие угла удара β_y, выражение усилия гарантированного прижатия остряка к рамному рельсу имеет следующий вид:

$$F_{зам} \geq F_З = \frac{G \cdot k_y \cdot tg\beta_y \cdot n \cdot k_d}{m}, \qquad (7)$$

где n/m= 1/5 - тангенс угла нормали контакта колеса с остряком [2];

k_y = 3,5÷5,0 - коэффициент устойчивости колесной пары на рельсе [2];

$k_д$ = 4 - коэффициент динамики, увеличивающий фактическую нагрузку колес по сравнению с ее статическим значением [2].

Подставляя в уравнение (7) значения G = 27,5Тс, k_y = 5, β_y = 0°56', $k_д$= 4,

получим: $F_З$ = 10750 Н.

Усилия, возникающие при прохождении подвижного состава по стрелке и направленные на отжим от рамного рельса прижатого остряка, воспринимаются гарнитурой (рабочей тягой) и электроприводом (механизмом замыкания).

Для различных марок стрелочных переводов его величина $F_З$ составляет 8500 - 12500 Н. Для обеспечения безопасности прохождения подвижного состава по стрелке усилие замыкания прижатого остряка должно быть гарантированной величиной с определенным запасом прочности $К_з$ = 4÷5.

В отечественных и в большинстве зарубежных электроприводах при движении поезда в противошерстном направлении усилие замыкания и надёжного удержания прижатого к рамному рельсу остряка $F_{Зном}$ составляет 50000 ÷100000 Н.

Таким образом, существуют две основные причины образования зазора между остряком и рамным рельсом при проходе подвижного состава по стрелке. Следует отметить, что процесс образования и изменения величины этого зазора происходит постоянно при проходе любого поезда. Однако благодаря имеющимся в конструкции замыкателям этот процесс ограничивается.

В целях повышения надёжности и функциональной безопасности стрелочных переводов пологих марок крестовин было проведено заседание конструктората ОАО «РЖД» о совершенствование конструкции стрелочного перевода. То есть принято решение об изменении кинематической схемы перевода, замыкания и контроля положения стрелочных переводов пологих марок крестовин с НПК с построением двухконтурного замыкания и удержания остряков.

Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – Москва: ООО «ТРАНСИНФО ЛТД», 2011. – 255 с.

2. Басилов, В.В. Справочник инженера–путейца / В.В. Басилов, М.А. Чернышов. – Москва: Транспорт, 1972. Т.1. – 768 с.

3. Стоянова, Н.В., Минаков, Д.Е., Минаков, Е.Ю. Методы предотвращения схода колесной пары подвижного состава при въезде на стрелку в противошерстном направлении. /Н.В. Стоянова, Д.Е. Минаков, Е.Ю. Минаков // Труды международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («Транспромэк-2019»): Секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» - Воронеж, 2019. - С.32-35. – EDN RYCYSP.

УДК 378. 146

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SMART СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

О.В. Терновская [1, 2], Е.Ю. Терновская [1], А.С. Павлов [2]
[1] Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж
[2] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация. В статье поднимается вопрос о необходимости использования SMART системы в образовательном процессе высших технических университетов при изучении графических дисциплин. SMART система позволяет автоматизировать процесс обучения, структурировать учебные материалы и тестировать знания, умения и навыки, приобретенные студентами по графическим дисциплинам. SMART система позволяет проводить мониторинг знаний, умений и навыков как в режиме контроля, так и в режиме обучения при самостоятельном изучении учебного материала.

Ключевые слова: автоматизированная SMART система, графические дисциплины, тестирование, самоконтроль, эффективность обучения.

Abstract. The article raises the question of the need to use a SMART system in the educational process of higher technical universities in the study of graphic disciplines. The SMART system allows you to automate the learning process, structure educational materials and test the knowledge and skills acquired by students in graphic disciplines. The SMART system allows you to monitor knowledge and skills both in the control mode and in the training mode when studying educational material independently.

Keywords: automated SMART system, graphic disciplines, testing, self-control, learning efficiency.

Интенсификация учебного процесса ставит перед преподавателями сложные, иногда противоречивые, но вполне конкретные задачи, а именно: преодоление противоречий между большим объемом знаний и уменьшением количества аудиторных учебных часов отводимых в учебных планах на освоение дисциплин графического цикла. Эти задачи на кафедре инженерной и компьютерной графики Воронежского государственного технического университета решаются при помощи автоматизированной SMART системы [1-3].

SMART система – это комплексная система, осуществляющая анализ содержания учебной программы применительно к профилю университета, разработку методик чтения лекций, проведения практических и лабораторных занятий. Сюда также следует отнести технические средства обучения, обеспеченность учебной, справочной и учебно-методической литературой. SMART система осуществляет обучающие функции в точном соответствии с заранее поставленными диагностическими целями, обеспечивает гарантированное решение вышеуказанных задач. Одним из важнейших результатов применения SMART системы в учебном процессе является формирование модели специалиста, которое не может проходить без диагностирования качества обучения и успехов студентов. В неявном виде эти цели всегда содержатся в учебных планах и программах, но степень их достижения не всегда оценивается достаточно точно. Типичная постановка целей по системе SMART может быть представлена следующим образом:

Цель должна быть		
Конкретной	S	Specific
Измеримой	M	Measurable
Достижимой	A	Achievable
Целесообразной	R	Result-oriented
Определённой во времени	T	Timed

Современные педагогические исследования [4; 5] направлены на разработку системы оценивания уровня знаний и деятельности студентов. Оценка может проводиться в режиме самоконтроля, что способствует активизированию студентов для получения знаний и приобретения навыков. Такой контроль должен быть предусмотрен в любой современной обучающей системе.

Опираясь на четыре уровня усвоения, приведенных в работе В.П. Беспалько [6], были разработаны тесты как обучающие, так и контролирующие знания студентов, база данных которых входит в состав SMART системы по инженерной графике [7]. В тестах каждый уровень представляет собой количественную меру усвоенной студентом информации, когда совершается качественный скачок в его знаниях.

Тесты строятся по принципу нарастания уровней. Сначала обучение ведется на первом уровне усвоения – узнавание, воспроизведение знаний. После контроля усвоения студентами первого уровня теоретической и практической подготовки осуществляется переход ко второму уровню – применение знаний и умений в знакомой ситуации. Для большинства разделов курса «Инженерная графика» характерен второй уровень усвоения и лишь для некоторых, например, «Проекционное черчение», третий уровень усвоения – применение знаний и умений в новой ситуации. К сожалению, наиболее сложным для оценивания является четвертый уровень усвоения – творческое применение знаний. Тестовые задания по четвертому уровню в настоящее время нами не проработаны. Контроль усвоения на каждом уровне является необходимым, так как выявляет возможность перехода к усвоению материала на более высоком уровне. Разработка каждого из уровней связана с экспериментальной проверкой комплекта вопросов.

Текущая неуспеваемость студентов часто возникает в связи с тем, что ими не усвоен какой-то предыдущий материал, и они, естественно, не могут им оперировать при дальнейшей работе. Разработанная SMART система обучения и контроля позволяет свести до минимума число таких студентов. Комплектация тестов позволяет студентам проработать материал и проконтролировать свои знания самостоятельно во внеаудиторное время. Естественно, что успех проведения практических и лабораторных занятий зависит от качества обучающего и контролирующего материала. Обучающие и контролирующие тесты составляются таким образом, что тестирование может быть проведено преподавателями сразу же как на практических, так и на лабораторных занятиях.

На занятии проводится два вида контрольного опроса. Первый контроль (5 мин) является не только контролирующим, но и дисциплинирующим студентов. Если на первые одно-два занятия студенты могут прийти без достаточной подготовки, то на последующих занятиях неподготовленность является уже исключением. Второй контроль (5-10 мин) в конце занятий необходим как студентам, т.к. позволяет оценить уровень усвоения материала

на определенном уровне, так и преподавателю, являясь корректировкой для его последующего занятия (в том случае, если усвоение произошло на незапланированном уровне). Обучающий материал строится таким образом, чтобы студент, получив разъяснения преподавателей и имея лекции, построенные как пособие к автоматизированному обучающему материалу, мог самостоятельно выполнить задания. Каждый студент имеет свой собственный вариант тестов. Это, конечно, не является обязательным условием, повышающим качество усвоения, однако в психологическом плане для студентов весьма желательным.

Однако, используя в учебном процессе автоматизированную SMART систему, не следует исключать процесс обучения преподавателем, т.к. только преподаватель может помочь студенту сформироваться как личность, как специалист, и определиться с его жизненными приоритетами и ценностями.

Таким образом, только использование различных методик, комплексов и обучающих систем при преподавании графических дисциплин позволяет повысить эффективность обучения и сформировать у студентов потребность к познавательной деятельности.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 177622 U1 Российская Федерация, МПК G06F 15/00. Устройство, реализующее функции экспертной системы оценки эффективности методики преподавания: № 2017115102: заявл. 27.04.2017: опубл. 02.03.2018 / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская. – EDN EFHBFD.

2. Патент на полезную модель № 188923 U1 Российская Федерация, МПК G06F 15/00. Устройство, реализующее функции системы оценки активности обучаемых в учебном процессе: № 2018138416 : заявл. 30.10.2018: опубл. 29.04.2019 / А.Н. Ивлев, В.Н. Ивлева, О.В. Терновская [и др.]. – EDN ZRVBHF.

3. Патент на полезную модель № 202671 U1 Российская Федерация, МПК G06F 15/00, G06Q 90/00. Устройство реализующее функции системы оценки активности обучаемых в учебном процессе: № 2020135442: заявл. 27.10.2020: опубл. 02.03.2021 / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская, В.Н. Ивлева [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет». – EDN RBWMVM.

4. Бакулина, А.А. Особенности научной подготовки студентов технического вуза /А.А. Бакулина, А.А. Платонов // Новые технологии науки, техники, педагогики высшей школы: материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 29–31 мая 2017 года. – М: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», 2017. – С. 319-321. – EDN ZEDYCL.

5. Особенности обеспечения заданиями студентов при реализации образовательных технологий с использованием SMART системы графического образования / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская, Е.Ю. Терновская, А.В. Павлов // Информатика: проблемы, методы, технологии : Материалы XXII Международной научно-практической конференции им. Э.К. Алгазинова, Воронеж, 10–12 февраля 2022 года / Под редакцией Д.Н. Борисова. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью «Вэлборн», 2022. – С. 1446-1450. – EDN FCYTAP.

6. Основы теории педагогических систем: Проблемы и методы психолого-педагогического обеспечения технических обучающих систем / В.П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 304 с.

7. Нилова, В.И. Инженерная графика. Задачник-тренажер: Учебное пособие / В.И. Нилова, О.В. Терновская, Т.Г. Сидорова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2010. – 225 с. – EDN YXIZHN.

УДК 531.44

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СИЛ ТРЕНИЯ В ТОЧКАХ КОНТАКТА ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПОВЕРХНОСТЬЮ

Н.И. Федоринин
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Предложена методика формирования расчетной схемы, описывающей нагрузку на опоры твердого тела, изначально покоящегося на некоторой поверхности и испытывающего воздействие плавно увеличивающейся сосредоточенной силы. Между опорами тела и поверхностью действуют силы сухого трения. Рассмотрены все промежуточные фазы состояния опор вплоть до проскальзывания всех опор по поверхности.
Ключевые слова: сухое трение, несущая способность, закон Кулона-Амонтона.

Abstract. A method of forming a computational scheme describing the supports load of a solid body initially resting on a surface and experiencing the effect of a smoothly increasing concentrated force is proposed in the paper. Dry friction forces act between the body supports and the surface. All intermediate phases of the state of the supports including the slippage of all the supports on the surface are considered.
Keywords: dry friction, bearing capacity, Amonton-Coulomb law.

Для решения задач о движении твердого тела по шероховатой поверхности при учете возможного проскальзывания контактирующих поверхностей (как это происходит, например, при движении колесной пары по рельсу) необходимо знать распределение сил трения в местах контакта, а также момент начала проскальзывания контактирующих поверхностей. Даже в простой постановке (два твердых тела контактируют только в трех точках), задача статически неопределима. Для ее решения требуются какие-либо дополнительные гипотезы, позволяющие создать непротиворечивую модель распределения сил трения в точках контакта твердых тел.

Постановка задачи. Абсолютно твердое плоское тело (далее просто тело) находится на некоторой поверхности (столе) и контактирует с ним в трех точках (опорах) *A, B* и *C*, удаленных на известные расстояния от центра масс (точка *O* на рис. 1, вид сверху, стол не показан). Опоры располагаются так, что центр масс тела не выходит за границы треугольника *ABC*.

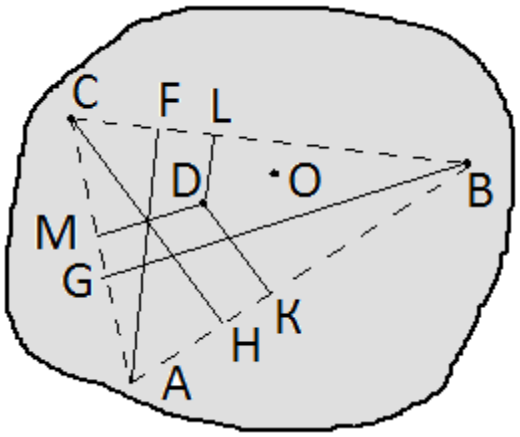


Рис. 1 – Точки контакта твердого тела со столом

В точке *D* (также находящейся внутри треугольника *ABC*) на тело действует некая сила $P=(P_\tau,P_\eta)$, где P_τ – составляющая, действующая в плоскости тела, а P_η –

перпендикулярно ему. Между опорами и столом действует сила сухого трения. Коэффициенты трения скольжения опор по столу имеют значения μ_A, μ_B, и μ_C.

Вертикальные нагрузки на опоры могут быть определены из условий равновесия

$$P_{A\eta} = \frac{DL}{AF} P_\eta,$$

$$P_{B\eta} = \frac{DM}{BG} P_\eta,$$

$$P_{C\eta} = \frac{DK}{CH} P_\eta.$$

Предельные силы трения на каждой опоре будут иметь вид

$$[P_{A\tau}] = \mu_A \cdot P_{A\eta};$$

$$[P_{B\tau}] = \mu_B \cdot P_{B\eta};$$

$$[P_{C\tau}] = \mu_C \cdot P_{C\eta}.$$

Определить силы трения из уравнений равновесия не представляется возможным, так как неизвестны направления этих сил.

В [1] показано, что под воздействием пары сил, лежащей в плоскости тела, возникшие реакции в опорах (в состоянии покоя) будут обязательно перпендикулярны линиям, соединяющим опоры с центром масс тела и величины этих реакций прямо пропорциональны расстоянию до центра масс.

Предполагаем, что под воздействием сдвигающей силы, действующей в плоскости тела и приложенной к его центру масс, возникшие реакции (в состоянии покоя) будут обязательно прямо противоположны направлению действия этой силы.

На основании леммы Пуансо [2], будем считать, что любая возможная нагрузка P_τ может быть представлена как одновременное воздействие пары сил и сосредоточенной сдвигающей силы, приложенной к центру масс тела.

Если сдвигающая сила, действующая на некоторую опору, превосходит предельную силу трения для данной опоры, то это значит, что опора потеряла несущую способность. Это не обязательно означает, что тело придет в движение – просто на оставшиеся опоры ложится дополнительная нагрузка.

При постепенном возрастании величины нагрузки P_τ от нуля расчетная схема взаимодействия тела с поверхностью в состоянии покоя претерпевает несколько этапов.

Расчетная схема I. *Все три опоры имеют нормальное сцепление с поверхностью.* Начнем увеличивать произвольную нагрузку P, начиная с нулевого значения. Вначале все опоры еще способны выдерживать свои сдвигающие нагрузки и, следовательно, они изменяются прямо пропорционально P. Тогда, основываясь на законе Кулона-Амонтона [2], можно определить такое значение сдвигающей составляющей силы P_I, при которой *j*-я опора (первая из трех) потеряет сцепление с поверхностью. Это произойдет, когда $P_{j\tau} = [P_{j\tau}]$.

Расчетная схема II. *Одна опора потеряла сцепление.* При дальнейшем увеличении сдвигающей силы $P > P_I$, избыточная нагрузка на *j*-й опоре будет перераспределена между *k*-й и *i*-й опорами по линиям, соединяющим эти опоры с *j*-й до тех пор, пока не потеряет сцепление следующая опора - *k*-я ($P = P_{II}$). Это произойдет, когда $P_{k\tau} = [P_{k\tau}]$.

Расчетная схема III. *Две опоры потеряли сцепление.* При дальнейшем увеличении силы $P > P_{II}$ сдвигающие нагрузки в *k*-й и *j*-й опорах сохранят свои предельные значения, но будут менять свои направления. В результате следующим этапом видоизменения нагруженного состояния опор (при $P = P_{III}$) станет вращение тела вокруг *i*-й опоры (эта опора еще не потеряла сцепления).

Расчетная схема IV. *Все опоры потеряли сцепление.* При дальнейшем увеличении нагрузки $P > P_{III}$ возможно наступления следующего этапа – скольжения всех трех опор (при $P = P_{IV}$). Это произойдет, когда $P_{i\tau} = [P_{i\tau}]$.

При переменной силе P на каждом этапе следует проверять отсутствие заклинивания на каждой опоре

$$P_{A\tau} > \mu_A \cdot P_{A\eta};$$
$$P_{B\tau} > \mu_B \cdot P_{B\eta};$$
$$P_{C\tau} > \mu_C \cdot P_{C\eta}.$$

В противном случае, заклиненная опора останется в любом случае неподвижной.

Основываясь на теореме Вариньона [2], можно считать, что в случае воздействия на тело произвольной системы сил, эту систему всегда можно заменить главным вектором сил и главным моментом этих сил. Поэтому предложенную методику можно распространить на любую механическую систему.

Например, для случая, когда опоры симметрично расположены относительно центра масс симметричного тела ($AB = AC = BC$ и $AO = BO = CO$ на рис. 2), коэффициенты трения во всех опорах одинаковы и равны μ, а сдвигающая нагрузка $P_\tau = const$ приложена как показано на рис. 2, следует, что $P_I = 0.518\mu P_\eta$, $P_{II} = 0.594\mu P_\eta$, $P_{III} = 0.619\mu P_\eta$ и $P_{IV} = \mu P_\eta$. При этом первой потеряет несущую способность опора С, второй – опора В и последней опора А.

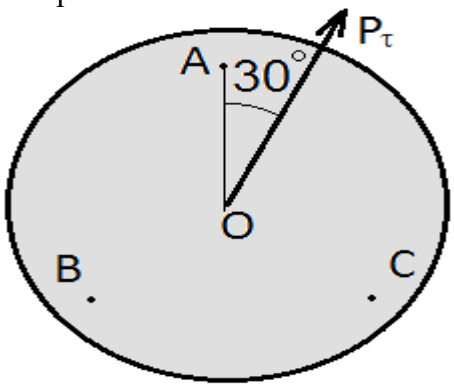


Рис. 2 – Расположение при симметричном распределении опор

Таким образом показано, что по мере нарастания сдвигающей нагрузки от нулевого значения расчетная схема претерпевает ряд последовательных превращений вплоть до того момента, как начнется скольжение всех опор. Пока сдвигающая нагрузка не превысит значение P_I, все опоры выдерживают свои сдвигающие нагрузки. Установлено, что в интервале нагрузок от P_I до P_{II} одна из опор уже потеряла несущую способность и «сбрасывает» избыточную нагрузку на две оставшиеся опоры (тело неподвижно). При нагрузке, превосходящей P_{II}, теряет несущую способность вторая опора, но движение тела не начинается, потому что дополнительные нагрузки на последнюю опору частично взаимно погашаются вплоть до момента, когда сдвигающая нагрузка достигнет значения либо P_{III}

(тогда начнется вращение вокруг последней опоры, не потерявшей несущей способности), либо P_{IV} (тогда начнется скольжение всего тела по столу).

Библиографический список

1. Капранов, И.В. Статика связанных сил и ее приложения. / И.В. Капранов. – Москва: РГОТУПС, 2003. – 169с.

2. Невзглядов, В.Г. Теоретическая механика. / В.Г. Невзглядов. – Москва, Физматгиз, 1959. –584 с.

УДК 629.4.027.23

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО СТЕНДА МПЦ И АБ

Н.И. Федоринин Н.И., А.А. Кожевников

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. Для предотвращения небезопасных ситуаций при работе с тележкой на горке учебного стенда осуществляется математическое исследование различных ситуаций. Описана методика расчета механических состояний тележки в различных позициях. Изучаются режимы движения в зависимости от начальных условий.

Ключевые слова: учебный стенд, метод расчета.

Abstract. In order to prevent unsafe situations when working with a trolley on the slide of the training stand, a mathematical study of various situations is carried out. The method of calculating the mechanical states of the trolley in various positions is described. The modes of movement are studied depending on the initial conditions.

Keywords: training stand, method of calculating.

Согласно требованиям, предъявляемым к оборудованию дисциплин, преподаваемым по профилю «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», в филиале РГУПС в г. Воронеж осуществляются последовательные шаги по внедрению интерактивного макета ж/д путей с аналогом подвижного состава. В качестве основы для систем позиционирования на перегонах нами было предложено использовать практически полноразмерное полотно в виде горки. Такой подход позволяет в рамках небольшого помещения разместить реальные устройства автоблокировки или близкие к ним по электрическим схемам и составу аналоги.

В процессе обсуждения механической части учебного стенда предлагались разные варианты наклона участков: как всех под одним углом, так и с разносторонними отклонениями от некоторого среднего. Для расчета последнего был разработан соответствующий математический аппарат, с целью проведения в дальнейшем моделирования и предотвращения нештатных ситуаций в рамках учебного процесса.

Подвижная часть механической системы (тележка) включает: кузов, имеющий массу m_p и собственный момент инерции J_p, и четыре колеса, имеющие массу m_k, радиус R_k и собственный момент инерции J_k каждое. Тележка движется по наклонной непрерывной кусочно-линейной поверхности. Движение происходит под действием сил тяжести. Пробуксовки колес нет. Тележка имеет одну степень свободы. В процессе движения, в зависимости от положения колес тележки и самой опорной поверхности, возможны различные режимы движения.

Режим 1. Все колеса тележки находятся на одной поверхности (рис. 1), образующей с горизонтом угол α ($\frac{\pi}{2} \le \alpha < \pi$).

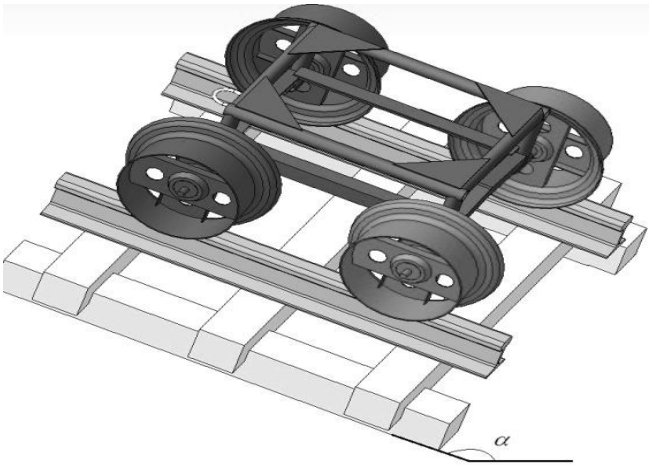


Рис. 1 – Состояние системы в режиме № 1

Начальная скорость центра масс кузова V_0. Рассматриваемый участок заканчивается на расстоянии L_0 от начала координат.

Постоянное ускорение на этом участке

$$a_0 = \frac{(m_p + 4m_k)g\sin\alpha + \mu m_p g\cos\alpha \frac{r_s}{R_k}}{m_p + 4m_k + \frac{4J_k}{R_k{}^2}}.$$

где $g -$ ускорение свободного падения;

$\mu -$ коэффициент трения скольжения ступицы колеса по оси;

$r_s -$ радиус оси колеса.

Рассматриваемый режим движения закончится, когда центр масс кузова сместится на величину $x_n = \begin{cases} L_0 - R_k tg\frac{\alpha_n - \alpha}{2} - b_f, & \text{если} \alpha_n > \alpha \\ L_0 - b_f, & \text{если} \alpha_n < \alpha \end{cases}$,

где $b_f -$ смещение центра масс кузова относительно оси передних колес, измеренное вдоль линии центров колес;

$\alpha_n -$ угол, образованный следующим участком движения и горизонтом.

Скорость центра масс тележки в конце этого участка

$$V_n = \sqrt{V_0{}^2 + 2a_0(x_n - b_z)}.$$

где $b_z -$ смещение центра масс кузова относительно оси задних колес, измеренное вдоль линии центров колес.

Режим 2. Изначально передние колеса находятся на поверхности (рис. 2), образующей с горизонтом угол α_2 ($\frac{\pi}{2} \le \alpha_2 < \pi$), а задние - на поверхности, образующей угол α_1 ($\frac{\pi}{2} \le \alpha_1 < \pi$).

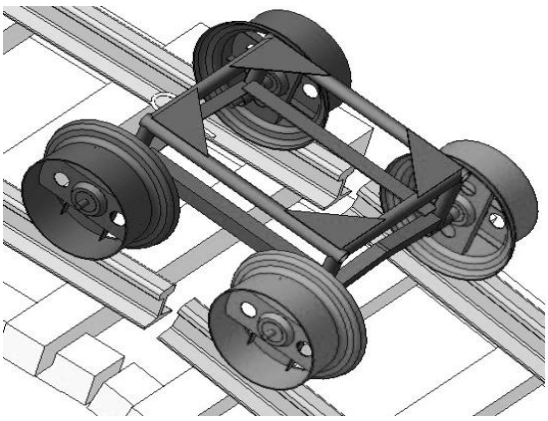


Рис. 2 – Состояние системы в режиме № 2

Начальная скорость центра масс кузова V_0. В качестве обобщенной координаты принимаем $\beta-$ угол положения линии центров колес относительно поверхности с углом наклона α_1.

Уравнение движения в режиме 2

$$(m_4\cos^2\beta + m_5\sin 2\beta + m_6\sin^2\beta + m_7\cos^2(\alpha_1-\alpha_2-\beta))\ddot{\beta} =$$
$$= m_p g\Big(\big((b_f+b_z)ctg(\alpha_1-\alpha_2)\cos\beta + b_f\sin\beta - h\cos\beta\big)\sin\alpha_1 +$$
$$+ (b_z\cos\beta - h\sin\beta)\cos\alpha_1\Big) + \big(2m_k g\sin\alpha_2 - \mu P_f\big)\sqrt{k_k}\cos\beta +$$
$$+ 2\big(m_k g\sin\alpha_1 - \mu P_z\big)\sqrt{k_k}\cos(\alpha_1-\alpha_2+\beta)$$

где $m_4 = m_p\Big(\big((b_f+b_z)ctg(\alpha_1-\alpha_2)-h\big)^2 + {b_z}^2\Big) + m_7$;

$m_5 = m_p\big((b_f+b_z)\big(b_f ctg(\alpha_1-\alpha_2)-h\big)\big)$;

$m_6 = m_p\big({b_f}^2 + h^2\big)$;

$$m_7 = \frac{(m_k {R_k}^2 + J_k)k_k}{{R_k}^2};$$

$$k_k = \frac{(b_f+b_z)^2}{\sin^2(\alpha_1-\alpha_2)};$$

$$P_f = \frac{m_p g(-b_z\cos(\alpha_1+\beta) + h\sin(\alpha_1+\beta))}{(b_f+b_z)\cos(\alpha_1-\alpha_2+\beta)};$$

$$P_z = \frac{m_p g(-b_f\cos(\alpha_1+\beta) - h\sin(\alpha_1+\beta))}{b_f+b_z};$$

$h-$ превышение центра масс кузова над линией, соединяющей центры передних и задних колес.

В начальный момент времени

$$t=0; \qquad \beta=0; \qquad \dot{\beta} = \frac{V_0 g(\alpha_2-\alpha_1)}{b_f+b_z}.$$

Движение на рассматриваемом участке продолжается, пока выполняется условие $|\beta| < |\alpha_2-\alpha_1|$. Скорость оси передних колес в заключительный момент движения в рассматриваемом режиме

$$V_{zn} = \sqrt{k_k}\dot{\beta}_n,$$

где $\dot{\beta}_n$ – угловая скорость кузова в заключительный момент движения в рассматриваемом режиме.

Режим 3. Неподвижная тележка находится на изначально горизонтальной поверхности, которая затем начинает изменять угол своего положения (рис. 3) относительно горизонта по линейному закону $\alpha = \pi - \omega_0 t$ (ω_0 – постоянная величина) до некоторого значения α_0 ($\frac{\pi}{2} \le \alpha_0 < \pi$).

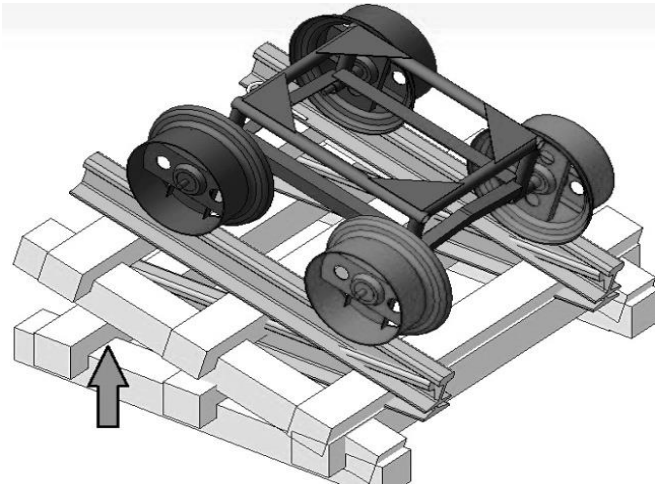


Рис. 3 – Состояние системы в режиме № 3

Ось вращения поверхности располагается на одном уровне с началом координат на расстоянии L_0 от него. Движение поверхности заканчивается не раньше, чем тележка начнет движение, и не позже, чем передние колеса тележки достигнут оси вращения поверхности.

В качестве обобщенной координаты принимаем s – смещение центра масс кузова относительно поворотной поверхности.

Уравнение движения в режиме 3 имеет вид

$$m_8 \ddot{s} + m_{10}(L_0 - s) + \frac{m_{11}}{2} = (m_p + 4m_k) g \sin\alpha + \mu m_p g \cos\alpha \frac{r_s}{R_k}.$$

где $m_8 = m_P + 4m_k + \frac{4J_k}{R_k^2}$;

$m_{10} = (m_p + 4m_k)\omega_0^2$;

$m_{11} = -2m_p b_z \omega_0^2 - 4m_k (b_f + b_z)\omega_0^2$

Пока правая часть полученного уравнения остается отрицательной, тележка будет неподвижна относительно поворотной плоскости ($s = 0$). Фактически движение тележки начнется, когда плоскость повернется на угол $\alpha = \pi - arctg \frac{\mu m_p r_s}{(m_p + 4m_k) R_k}$. Поэтому в качестве начальных условий движения тележки следует принять

$$t = \frac{1}{\omega_0} arctg \frac{\mu m_p r_s}{(m_p + 4m_k) R_k}; \qquad s = 0; \qquad \dot{s} = 0.$$

Движение в рассматриваемом режиме продолжается, пока выполняется $t < \frac{\alpha_0}{\omega_0}$.

Организация движения. В зависимости от условий начала движения и формы пути возможны различные вариации последовательности рассмотренных выше режимов движения.

Если изначально тележка заторможена на наклонной поверхности, то, после снятия тормоза, движение пойдет в режиме 1 при начальной скорости $V_0 = 0$.

Если изначально задние колеса тележки располагаются на горизонтальной поверхности, а передние – на наклонной, то движение начнется в режиме 2 без начальной скорости при $\alpha_1 = \pi$ и некотором начальном β_0. При достижении задними колесами конца горизонтального участка следует перейти к режиму 1 при начальной скорости, соответствующей достигнутой центрами масс передних колес.

Если изначально тележка располагается на горизонтальной поверхности в состоянии покоя, а затем опорная поверхность начинает равномерно поворачиваться вокруг точки сопряжения со следующим участком, то движение начнется в режиме 3. После достижения опорной поверхности положения с углом наклона α_0 поверхность фиксируется и движение продолжается в режиме 1 при начальной скорости, соответствующей достигнутой центром масс кузова.

При любом варианте начала движения передние колеса подходят к границе участка в режиме 1.

При достижении передними колесами границы участка переходим к режиму 2, а при достижении задними колесами границы участка переходим к режиму 1, но уже на новом участке и далее режимы 1 и 2 чередуются.

Таким образом, предложенная методика расчета механических состояний тележки в различных позициях позволяет изучать несколько режимов движения в зависимости от начальных условий и избегать внештатных ситуаций в учебном процессе.

УДК 656.21

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А.А. Шатохин
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. От качества транспортных услуг зависит конкурентоспособность грузовладельцев и, в конечном счёте, конкурентоспособность экономики государства в целом. В настоящее время из-за дефицита пропускных и перерабатывающих мощностей железнодорожной инфраструктуры снижается качество транспортных услуг, наблюдается отказ от согласования заявок на перевозку грузов из-за отсутствия технологических возможностей. Это приводит к увеличению издержек как внутри системы железнодорожного транспорта, так и у смежных звеньев логистической цепочки. Совокупный объём издержек сопоставим со стоимостью приведения мощности железнодорожной инфраструктуры к бездефицитному уровню.

Учитывая масштаб требуемых вложений и значимость железнодорожной отрасли для отечественной экономики решение проблемы возможно только при непосредственном участии государства.

Ключевые слова: оптимизация логистических цепочек, качество транспортных услуг, дефицит пропускной способности, логистические издержки, развитие железнодорожного транспорта.

Abstract. The competitiveness of cargo owners and, ultimately, the competitiveness of the state economy as a whole depends on the quality of transport services. Currently, due to the shortage of throughput and processing capacities of the railway infrastructure, the quality of transport services is declining, there is a refusal to approve applications for cargo transportation due to the lack of technological capabilities. This leads to an increase in costs both within the railway

transport system and at adjacent links of the logistics chain. The total amount of costs is comparable to the cost of bringing the capacity of the railway infrastructure to a deficit-free level.

Given the scale of the required investments and the importance of the railway industry for the domestic economy, the solution of the problem is possible only with the direct participation of the state.

Keywords: optimization of logistics chains, quality of transport services, capacity deficit, logistics costs, development of railway transport.

Для характеристики грузовых перевозок основными показателями качества транспортного обслуживания грузовладельцев являются:

- стоимость доставки;
- скорость и сроки доставки грузов, а также прогнозируемость этих параметров;
- сохранность перевозимых грузов;
- регулярность, своевременность, ритмичность перевозок;
- комплексность и полнота транспортного обслуживания;
- безопасность движения транспорта;
- экологичность перевозок [1; 2].

Уровень обслуживания можно оценивать, сопоставляя время на выполнение фактически оказываемых в процессе доставки логистических услуг со временем, которое необходимо было бы затратить в случае оказания всего комплекса возможных услуг в процессе той же поставки [3]. Расчет выполняют по следующей формуле:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{\frac{i=1}{N}}, \quad \sum_{i=1} t_i$$

где N – количество услуг, которое теоретически может быть оказано;

n – фактическое количество оказываемых услуг;

t_i – время на выполнение i-й услуги.

Таким образом, числитель – суммарное время, фактически затрачиваемое на оказание услуг, а знаменатель – время, которое теоретически может быть затрачено на выполнение всего комплекса возможных услуг.

На рис. 1 показана зависимость расходов на сервис от величины уровня обслуживания.

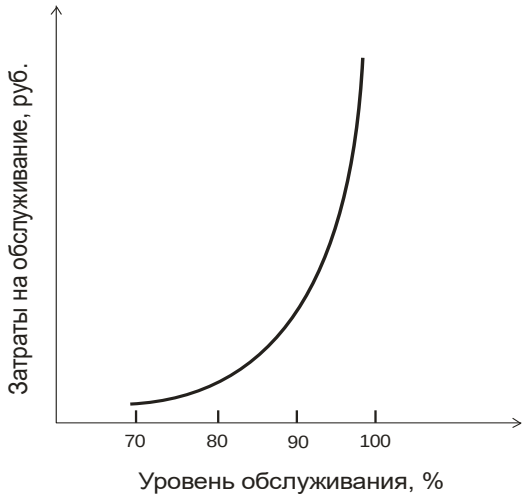


Рис. 1 – График зависимости затрат на обслуживание от величины уровня обслуживания

Начиная от 70% и выше затраты сервиса растут экспоненциально в зависимости от уровня обслуживания, а при уровне обслуживания 90% и выше сервис становится

невыгодным. Специалисты подсчитали, что при повышении уровня обслуживания от 95 до 97% экономический эффект повышается на 2%, а расходы возрастают на 14%. С другой стороны, снижение уровня обслуживания ведет к увеличению потерь, вызванных ухудшением качества сервиса. Эта зависимость также может быть представлена графически (рис. 2).

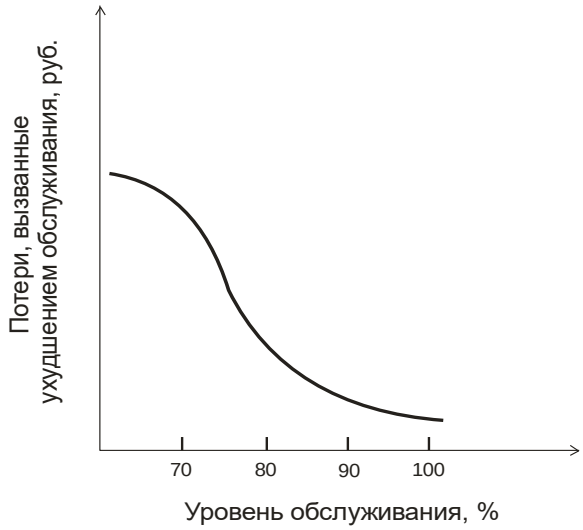


Рис. 2 – График зависимости потерь, вызванных ухудшением обслуживания, от величины уровня обслуживания

Таким образом, рост конкурентоспособности компании, вызванный ростом уровня обслуживания, сопровождается, с одной стороны, снижением потерь на рынке, а с другой – повышением расходов на сервис. Проблема заключается в поиске оптимальной величины уровня обслуживания [4].

Графически оптимальный размер уровня сервиса можно определить, построив суммарную кривую, отражающую поведение затрат и потерь в зависимости от изменения уровня обслуживания (рис. 3).

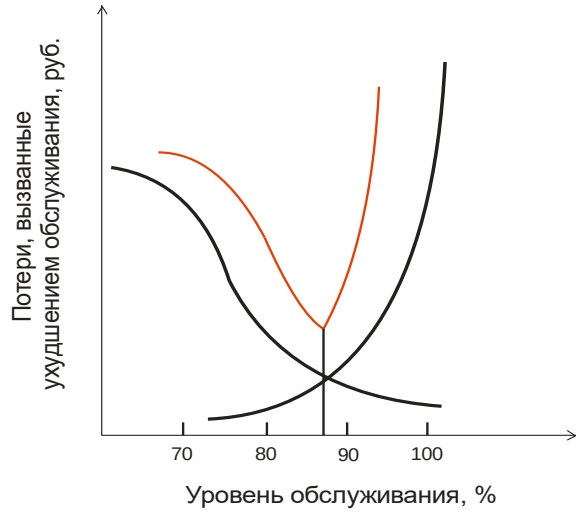


Рис. 3 – График зависимости затрат и потерь от величины уровня обслуживания

Анализ научных работ зарубежных авторов показал, что для них основная задача транспортной компании – обеспечение условий для создания товаров и услуг с наименьшей конечной себестоимостью, а не получение максимальной прибыли. В такой формулировке ставится глобальная задача снижения общих расходов логистической цепочки от производства до потребителя за счёт сокращения издержек на всех этапах товародвижения.

При этом стоимость самой перевозки может включать в себя дополнительные расходы, связанные с дополнительными услугами, такими как «Доставка точно в срок», «Склад на колёсах» и др. [5].

При таком подходе соблюдается свойство целостности, при котором оптимизируется совокупность всех звеньев логистической цепочки, а не каждое по отдельности.

В условиях ограниченного доступа к информации о бизнес-процессах в различных звеньях логистических цепочек между собой возникает дефицит исходных данных, необходимых для целостной оптимизации логистической цепочки в целом.

Решение задачи целостности логистической цепочки в таких условиях может быть достигнуто за счёт формирования исчерпывающего перечня услуг и гибкости их предоставления в каждом звене [6].

Данный тезис относится и к железнодорожному транспорту. Существующие проблемы дефицита пропускной и перерабатывающей мощности железнодорожной инфраструктуры вынуждают оптимизировать систему для выполнения максимального объёма перевозок, что приводит к существенному увеличению издержек как внутри железнодорожной системы, так и на смежных звеньях [7]. Точка зависимости затрат и потерь от уровня обслуживания находится в начальном уровне (см. рис. 3).

Внутри железнодорожной системы увеличиваются издержки, связанные с эксплуатационной работой, использованием подвижного состава и содержанием инфраструктуры.

Во взаимодействии со смежными логистическими цепочками сокращен перечень предоставляемых услуг (например, отсутствует услуга доставки «точно в срок» для немаршрутных отправок) и ограниченному диапазону условий предоставления доступных услуг (например, возможен отказ в согласовании отправительского маршрута по экономическим соображениям ОАО «РЖД» без учёта экономических интересов отправителя). Это приводит к увеличению логистических издержек пользователей услуг железнодорожным транспортом [8; 9].

Совокупный объём неэффективных логистических расходов и упущенной выгоды не поддаётся даже приблизительной оценке, но вероятнее всего в годовом выражении он сопоставим со стоимостью увеличения мощности железнодорожной инфраструктуры до бездефицитного уровня.

Учеными экономистами проведён анализ влияния развития транспортной системы на экономический рост государства, в результате которого сделан вывод, что одним из условий экономического процветания является опережающее развитие железнодорожного транспорта [10].

Следовательно, учитывая объём требуемых инвестиций и значимость железнодорожного транспорта для отечественной экономики, решение данной проблемы невозможно без непосредственного государственного участия.

Библиографический список

1. Соколов, Ю.И., Иванова, Е.А., Шлеин, В.А. Управление качеством транспортного обслуживания. Учебное пособие для студентов магистратуры по направлениям «Менеджмент» и «Экономика». / Ю.И. Соколов, Е.А. Иванова, В.А. Шлеин. – Москва: РУТ (МИИТ), 2019. – 136 с.

2. Балалаев, А.С. Технико-технологическое обеспечение мультимодальных перевозок: учебное пособие / А. С. Балалаев. – Хабаровск : ДВГУПС, 2019. – 131 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/179411 (дата обращения: 25.09.2021).

3. Технико-экономическая оценка создания и эксплуатации транспортной инфраструктуры: Учебное пособие / Под ред. Д. А. Мачерета. – Москва: РУТ (МИИТ), 2019. – 326 с.

4. Мачерет, Д.А. Экономические проблемы грузовых железнодорожных перевозок //Д.А. Мачерет, И.А. Чернигина. – Москва: МЦФЭР, 2004. – С. 234.

5. Обзор рынка транспортно-логистических услуг в России // Исследования рынков "RBC Research". – URL: http://wap.rbc.ru/reviews/transport2014/chapter_2_1.shtml.

6. Журавлева, И. В. Основа деятельности транспорта во внешнеэкономических связях РФ ее нормативно-законодательная база / И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 53-55. – EDN IMKKVK.

7. Попова, Е. А. Способы привлечения клиентов к услугам транспортно - логистического процесса / Е. А. Попова, И. В. Журавлева // Транспорт: наука, образование, производство («транспорт-2022») : ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Воронеж, 25–27 апреля 2022 года. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2022. – С. 166-169. – EDN NEZNIC.

8. Попова, Е. А. Информационные и технологические аспекты планирования перевозки грузов / Е. А. Попова // Современные аспекты моделирования систем и процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 08 февраля 2021 года / Отв. редактор В.К. Зольников. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 132-136. – EDN YKTELX.

9. Попова, Е. А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс» / Е. А. Попова // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020) : труды Международной научно-практической конференции, Воронеж, 09–11 ноября 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 170-172. – EDN WWODXP.

10. Попова, Е. А. Анализ провозных платежей на перевозку груза в привлеченных вагонах / Е. А. Попова // Транспорт: наука, образование, производство, Воронеж, 20 апреля 2020 года / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Воронеж: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ростовский государственный университет путей сообщения" в г. Воронеж, 2020. – С. 60-62. – EDN NXCRXZ.

УДК 656.075

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОГО СЕТЕВОГО ЦЕНТРА РАСШИФРОВКИ

В.В. Швец, С.А. Никитин
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье приведены особенности создания экспертного сетевого центра расшифровки.

Ключевые слова: расшифровка данных дефектоскопа, дефектоскопия, неразрушающий контроль.

Abstract. The article presents the peculiarities of creating an expert network decoding center.

Keywords: flaw detector data decoding, flaw detection, nondestructive testing.

В сфере неразрушающего контроля рельсов достаточно давно намечена тенденция к преимущественному контролю рельсов главных путей мобильными средствами контроля. Действующая методика определения периодичности контроля рельсов лишнее тому подтверждение. Как следствие, увеличивается потребность во всестороннем контроле качества настройки дефектоскопного оборудования, качества записи, выявляемости остродефектных рельсов, объёма не проконтролированных участков пути, проверки работоспособности мобильных средств дефектоскопии на испытательных участках пути.

В этой связи, с учетом всей ответственности и необходимости приведенных выше организационных мероприятий, безусловно направленных на усиление контроля и повышения уровня «культуры безопасности» во всем диагностическом комплексе, предлагается сделать своевременный шаг к обеспечению большей безопасности движения поездов, и создать на базе Воронежского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры «Экспертный сетевой центр расшифровки».

Выбор в пользу Воронежского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры обоснован рядом причин. Прежде всего – это наличие производственных помещений на этапе реконструкции здания, инициативный и высокопрофессиональный коллектив руководителей и специалистов блока неразрушающего контроля центра, а также высокие стабильные показатели Воронежского центра диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры в целом.

Центр диагностики осуществляет свою деятельность на основании Положения о Воронежском центре диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры – структурном подразделении Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», утвержденного 15 марта 2019 года № ЦДМ-10/р [1]. Таким образом, создание экспертного центра расшифровки для оперативного и эффективного управления парком мобильных диагностических средств, иными средствами диагностики и обследовательскими станциями для функционирования инфраструктуры железнодорожного транспорта и безопасности движения поездов в пределах границ обслуживания, является актуальной задачей.

Основными целями создания Экспертного сетевого центра расшифровки являются:

– допуск на инфраструктуру мобильных средств диагностики;

– объективный контроль качества записи и настройки мобильных и съемных средств дефектоскопии;

– приведение к единому подходу расшифровки мобильных и съемных средств диагностики, организации работы региональных центров расшифровки;

– мониторинг вторичного контроля, непроконтролированных участков пути в информационной системе ЕК АСУИ ДМ НК;

– оценка и разработка мероприятий по выводу из зоны риска структурных подразделений, а также выдача экспертного заключения по допущенным изломам рельсов для руководства ОАО «РЖД».

Таким образом, основная цель Экспертного сетевого центра расшифровки – снижение риска нарушения технологий при неразрушающем контроле и снижение количества изломов рельсов.

Поставленные цели будут достигаться решением следующих задач:

1. Экспертный центр будет осуществлять допуск на инфраструктуру всех мобильных средств дефектоскопии – допуск будет после расшифровки дефектограмм и оценки качества записи испытательных участков и получения положительного заключения о прописывании всех дефектов.

2. Объективный контроль качества записи и настройки мобильных и съемных средств дефектоскопии.

3. Организация и контроль работы региональных центров расшифровки, приведение к единому подходу расшифровки мобильных и съемных средств диагностики.

4. Мониторинг проведения вторичного контроля, мониторинг внесения непроконтролированных участков пути через информационную систему ЕК АСУИ ДМ НК.

Таким образом, имея всестороннюю оценку неразрушающего контроля, будут составляться рейтинги дистанций пути, единых центров расшифровки, мобильных средств диагностики, а особое внимание будет уделяться анализу работы этих подразделений, входящих в зону повышенного риска, с составлением корректирующих мероприятий по исправлению ситуации.

Структура Единого центра расшифровки представлена на рис. 1.

Рис. 1 – Структура Единого центра расшифровки

Штатная потребность Экспертного сетевого центра расшифровки будет составлять:

– ведущий инженер – 2 ед.;

– техник I категории – 9 ед.

Для общего руководства Экспертного центра, подготовки отчетов, презентационного материала по выявленным нарушениям, разработки корректирующих мероприятий, ведения рейтинга требуется один заместитель начальника ЭСЦР и два ведущих инженера.

Потребность штата Экспертного центра расшифровки представлена на рис. 2.

	Функционал	Количество ед.	Штат
1	Допуск на инфраструктуру мобильных средств диагностики	125	– Техник I категории – 9 ед
2	Участие в аттестации испытательных участков пути	355	
3	Анализ записи испытательных участков съемных средств диагностики	2113	
4	Контроль технологии расшифровки съемных средств диагностики подразделений находящихся в зоне риска	15	
5	Подготовка отчетов, анализа , рейтинга в ЦДИ, ЦДМ, материала по выявленным нарушениям, подготовка мероприятий.	1 заместитель начальника ЭСЦР; 2 ведущих инженера	
Итого	Штат Экспертного сетевого центра расшифровки	+12	

Рис. 2 – Потребность штата Экспертного центра расшифровки

Таким образом, согласно поставленных задач и модели Экспертного центра, производен предварительный расчет численности Экспертного центра, который составит 12 единиц. Но, естественно, что в процессе становления функционал данного Экспертного сетевого центра будет только расширяться и безусловно станет надежным продолжением фундамента, заложенного ЦДМ в части обеспечения безопасной инфраструктуры для эксплуатации подвижного состава.

Библиографический список

1. Положение о Воронежском центре диагностики и мониторинга устройств инфраструктуры – структурном подразделении Дирекции диагностики и мониторинга инфраструктуры – структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», утвержденного 15 марта 2019 года № ЦДМ-10/р.

УДК 656.075

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УЧЁТА И АНАЛИЗА ОТКАЗОВ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

О.С. Шерстюков, Н.И. Климентов
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются цели применения автоматизированных комплексов задач КЗ УО-ЖАТС и КЗ АЛСН для хозяйства автоматики и телемеханики железных дорог. Приведены принципы работы, определены цели создания систем, рассмотрена схема получения и обработки данных КЗ УО-ЖАТС. Осуществляемый КЗ УО-ЖАТС учёт и оценка отказов позволяет производить оперативный анализ причин нарушений эксплуатации устройств, выполнять планирование мероприятий по предотвращению инцидентов. КЗ АЛСН направлена на учёт и анализ нарушений работы устройств

автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и систем автоматического управления торможением поездов (САУТ). Приведена схема сбора и обработки данных о нарушениях работы устройств АЛС в КЗ АЛСН.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, КЗ УО-ЖАТС, КЗ АЛСН, АЛСН, САУТ, нарушения работы, учёт отказов, анализ отказов, надёжность, технологические нарушения.

Abstract. The article discusses the objectives of the application of automated task complexes KZ UO-ZHATS and KZ ALSN for the economy of automation and telemechanics of railways. The principles of operation are given, the goals of creating systems are defined, the scheme of obtaining and processing data of the KZ UO-ZHATS is considered. The accounting and evaluation of failures carried out by KZ UO-ZHATS allows for an operational analysis of the causes of violations of the operation of devices, to plan measures to prevent incidents. KZ ALSN is aimed at accounting and analyzing violations of the operation of automatic locomotive signaling devices (ALS) and automatic train braking control systems (SAUT). The scheme of collecting and processing data on violations of the operation of ALS devices in the KZ ALSN is given.

Keywords: automated information system, KZ UO-ZHATS, KZ ALSN, ALSN, SAUT, work violations, failure accounting, failure analysis, reliability, technological violations.

В настоящее время в хозяйствах автоматики и телемеханики для повышения эффективности управления инфраструктурой используются автоматизированные комплексы для анализа и учёта различного рода отказов и предотказов технических средств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи (ЖАТС) [1]. К таким комплексам относятся КЗ УО-ЖАТС и КЗ АЛСН, которые входят в состав комплексной автоматизированной системы управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) АСУ-Ш-2.

Комплекс задач «Учёт и анализ отказов, повреждений и неисправностей устройств ЖАТС» (КЗ УО-ЖАТС) автоматизирует выполнение следующих задач на всех уровнях управления хозяйством СЦБ:

– сбор информации о нарушениях работы технических средств ЖАТС;

– анализ в оперативном порядке причин нарушений работы технических средств;

– планирование различных мероприятий по предотвращению повторения инцидентов;

– формирование отчётных форм по работе устройств;

– качественное представление необходимой информации для реализации функций управления смежных комплексов задач [2].

Основными пользователями КЗ УО-ЖАТС являются:

– диспетчеры дистанций, служб, департаментов хозяйства автоматики и телемеханики;

– оперативные работники других служб железных дорог, которые напрямую связаны с инцидентами в устройствах ЖАТС (дежурные по станции, поездные диспетчера и др.).

Оперативная информация КЗ УО-ЖАТС предназначена непосредственно для:

– работников дистанций СЦБ (ШЧ) – старших электромехаников, начальников производственных участков;

– руководителей ШЧ, работников службы организации движения на станциях, дистанций пути, локомотивного депо и дистанций электроснабжения;

– персонала отделов СЦБ службы автоматики и телемеханики;

– эксплуатационного штата технологического отдела Центральной станции связи;

– специалистов проектных институтов, а также заводов-изготовителей продукции ЖАТС.

Данные о работе технических средств заносятся в программную часть КЗ УО-ЖАТС на дистанционном уровне диспетчером (вручную) или автоматически, на основе оповещений КАС АНТ. Далее информация направляется до уровня дороги, где она по мере

необходимости подвергается корректировке, и далее до департамента, где происходит конечная аналитическая обработка с целью определения эффективных управленческих решений. Передача информации на сервер вышестоящего уровня производится в автоматическом режиме через определённый момент времени, соответственно в департаменте существует возможность отслеживания оперативных данных практически в реальном масштабе времени. На рис. 1 показана схема получения и обработки информации КЗ УО-ЖАТС.

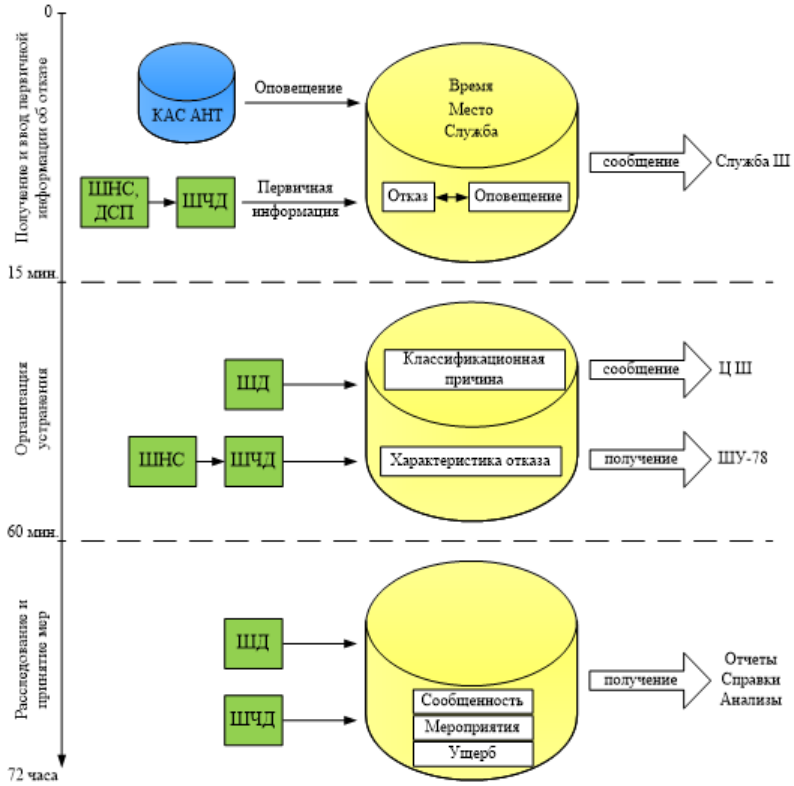


Рис. 1 – Схема получения и обработки данных КЗ УО-ЖАТС

В дистанции СЦБ сбор и фиксацию данных о нарушениях осуществляет диспетчер дистанции, обработка этой информации производится старшим диспетчером или группой надёжности дистанции. Передача данных на другие уровни управления хозяйства автоматики и телемеханики осуществляется старшим диспетчером или специалистом, назначаемым начальником дистанции.

При появлении пометки на графике исполненного движения о неисправности устройств, на основе оповещения КАС АНТ создаётся карточка отказа, со следующим набором данных (рис. 2): дата и время начала отказа, место возникновения отказа (станция/перегон, сигнальная точка, сигнал, стрелка и т.д.), первичная причина остановки поезда, ответственная служба.

Время отказа	Место отказа	Система и характер	Устройство и отказ	Виновные за отказ	Задержанные поезда
Время начала 02-Октябрь-2018 18:21 **Время конца** 02-Октябрь-2018 18:33 **Длительность** 00:12	**Дистанция** ШЧ-13 **Основной объект** КИВЕР : СВЕТИК (Класс: 3) **Комментарий к объекту** 1173км 5пк - 1173км 5пк	**Система** Пассажирский вагон **Марка системы** А 25 **Проявление** неисправность ходовой части пассажирского вагона **Комментарий к проявлению системы** Пассажирский вагон № 0 Тревога-2		**Категория:** 2 **Вина** Ш **Виновное предприятие** ШЧ-13 СЕВ **Комментарий к причине** Вины ФПК нет.	**№ поезда** 42 Задержка задержка по проследованию 10 мин.

Рис.2 – Карточка отказа на основе оповещения КАС АНТ

При поступлении данных об отказе от поездного диспетчера или дежурного по станции, диспетчер СЦБ вручную вводит первичную информацию об отказе, которая включает в себя (рис. 3): дату и время начала отказа, место возникновения отказа (станция/перегон, сигнальная точка, сигнал, стрелка и т. д.), отказавшую систему (устройство системы), характер проявления отказа, к каким последствиям привёл данный факт отказа.

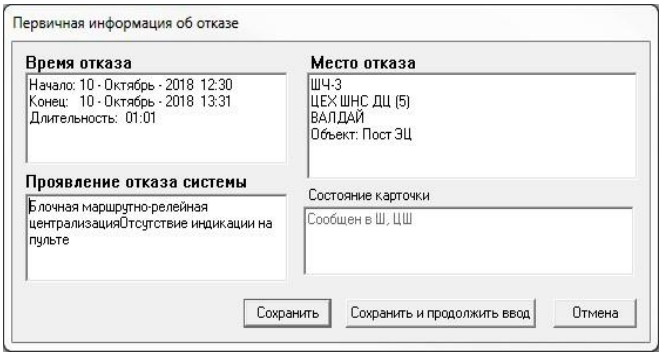


Рис. 3 – Ручной ввод первичной информации об отказе в КЗ УО-ЖАТС

После устранения инцидента, восстановления работоспособного состояния устройств ЖАТС, специалист дистанции сообщает диспетчеру напрямую, либо через дежурного по станции следующую информацию:

– отказавшее устройство;

– причину отказа;

– подробные данные об отказавшем устройстве (тип, схемное решение, заводской номер, дата проверки и др.);

– предварительная информация о виновном хозяйстве и организации.

В случаях, требующих расследования инцидента как внутри дистанции, так и с привлечением других хозяйств и предприятий, по окончании отказа диспетчер вводит следующую информацию: виновное хозяйство, перечень эксплуатационных последствий, перечень задержанных поездов, акт служебного расследования, акт технического заключения.

После расследований и проведения оперативного анализа случая отказа руководство дистанции принимает меры по неповторению подобных отказов на дистанции, а диспетчер вносит следующую информацию по каждому мероприятию:

– описание планируемого мероприятия;

– ответственное предприятие (службу);

– ответственного работника (ФИО, должность);

– планируемая дата выполнения;

– фактическая дата выполнения (по исполнению данного мероприятия).

Введённые и откорректированные отказы организуются в список. При поступлении новых данных об отказе список обновляется.

Список отказов позволяет осуществлять фильтрацию любого объёма данных за любой необходимый пользователю период. В полученном списке существует возможность группировки данных по основным наиболее важным параметрам.

Диспетчером хозяйства автоматики и телемеханики используются оперативные справки и формы, различные акты, листы журнала ШУ-78, формируемые задачей «Учёт и оперативный анализ отказов, повреждений и неисправностей устройств ЖАТС».

КЗ УО-ЖАТС имеет в своём составе модуль «Формирователь документов отказов», который позволяет получать утверждённый комплект отчётных форм, печатать, сохранять в базе данных и на носитель информации, а также производить экспорт данных в Web-формат.

Комплекс задач «Учёт и анализ нарушений работы устройств АЛСН и САУТ» (КЗ АЛСН) предназначен для штата, выполняющего работы по учёту, расследованию и

устранению нарушений в работе устройств автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и систем автоматического управления торможением поездов (САУТ).

КЗ АЛСН выполняет следующие задачи:

– учёт нарушений нормальной работы устройств АЛС и САУТ;

– выявление проблемных участков, для которых имеют место сбои кодов;

– автоматизация документооборота по сбоям АЛС и САУТ между локомотивным депо (ТЧ) и ШЧ с помощью взаимодействия с автоматизированными системами в локомотивном хозяйстве;

– контроль за расследованием и принимаемыми мерами по устранению нарушений в работе устройств;

– мониторинг сбоев на карте сети железных дорог, дороге, дистанции;

– многовариантный анализ сбоев;

– формирование сетевой и дорожной отчётности.

На рис. 4 показана схема сбора и обработки данных о нарушениях работы устройств АЛС в КЗ АЛСН, реализуемая между ШЧ и ТЧ.

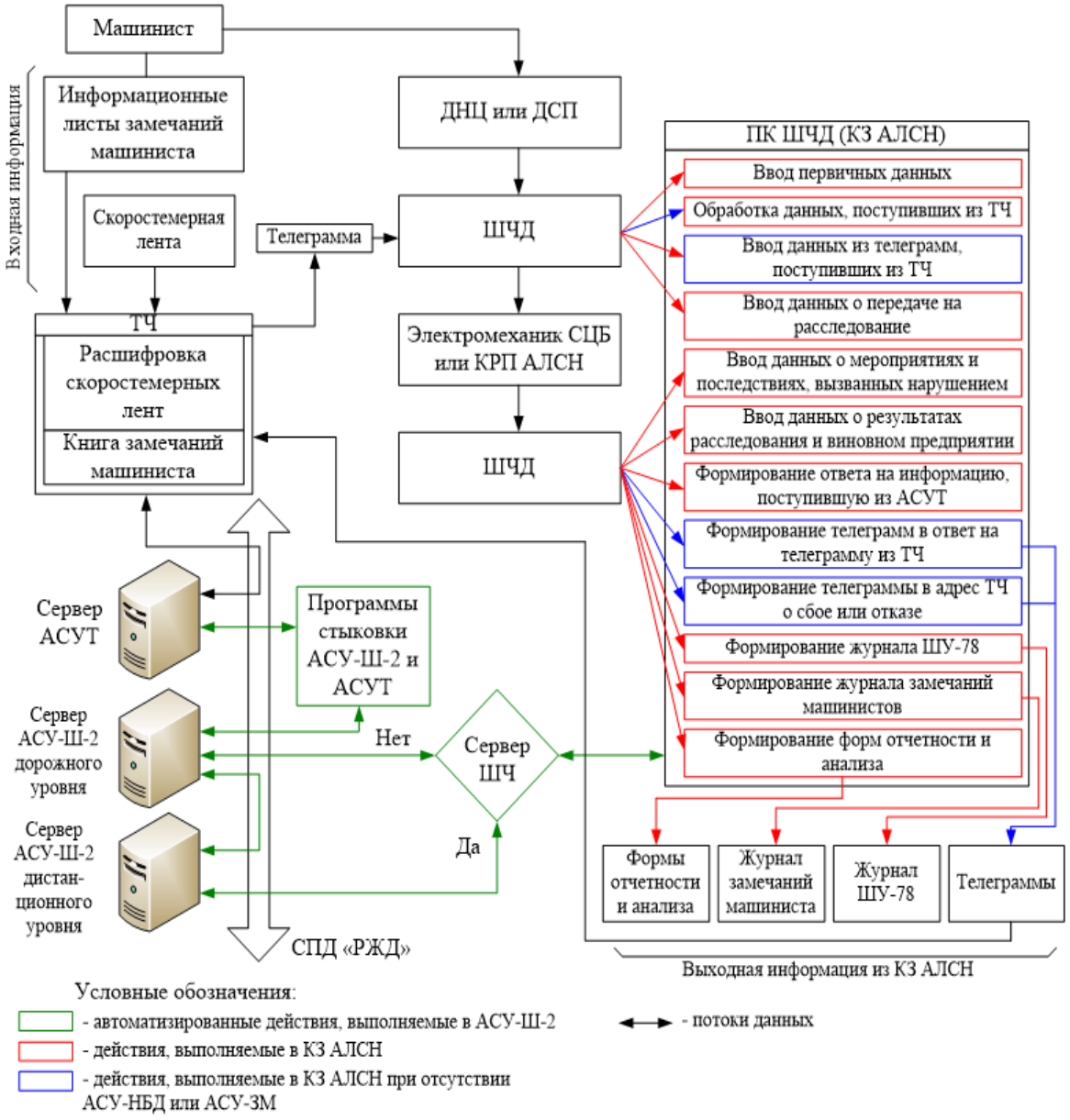


Рис. 4 – Схема сбора и обработки данных о нарушениях работы устройств АЛС в КЗ АЛСН

Несмотря на автоматизацию технологических процессов по учёту и анализу отказов, в комплексах задач КЗ УО-ЖАТС и КЗ АЛСН присутствует ручной ввод данных эксплуатационным штатом, что приводит к ошибкам и сказывается на достоверности предоставляемой информации в автоматизированных системах хозяйства автоматики и телемеханики.

В связи с чем, становится актуальной задача по устранению этих ошибок и разработке методов и алгоритмов их выявления [3].

Библиографический список

1. Горелик, А. В. Методика автоматизированного сбора и обработки информации о предотказных состояниях отдельных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / А. В. Горелик, А. В. Орлов, О. С. Шерстюков // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 10. – С. 28-34. – EDN FWZDKE.

2. КЗ УО-ЖАТС // Сайт Отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Автоматизация технического обслуживания, диагностика и мониторинг систем ЖАТ» [Электронный ресурс] URL: https://www.onil-ato.ru/uchet.html (дата обращения 27.02.2023).

3. Особенности применения информационных систем для управления инфраструктурным комплексом железнодорожного транспорта / А. В. Горелик, В. С. Дорохов, А. В. Орлов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 6-2. – С.228-233. – EDN QNWWSY.

УДК 656.075

ПРОБЛЕМЫ ПРОЦЕССА ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ДИСТАНЦИЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ

О.С. Шерстюков
Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация. В статье обозначены проблемные вопросы процесса перепрофилирования дистанций сигнализации, централизации и блокировки, влияющие на поиск эффективных решений и интеллектуальных алгоритмов управления объектами транспортной инфраструктуры, с помощью автоматизированных информационных систем. Предложены пути решения имеющихся проблем в целях улучшения взаимодействия между структурными подразделениями, а также повышения эффективности управленческих решений.

Ключевые слова: эксплуатационная дистанция СЦБ, ремонтная дистанция СЦБ, график технологического процесса, автоматизированные информационные системы, ЕК АСУИ.

Abstract. The article identifies problematic issues of the process of reprofiling signaling distances, centralization and blocking, affecting the search for effective solutions and intelligent algorithms for managing transport infrastructure facilities using automated information systems. The ways of solving the existing problems are proposed in order to improve the interaction between structural units, as well as to increase the effectiveness of management decisions.

Keywords: operational distance of the SCB, repair distance of the SCB, schedule of the technological process, automated information systems, EK ASUI.

Согласно [1], существует проблема взаимодействия при реализации процессов планирования и производства работ между эксплуатационной и ремонтной дистанциями сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Процесс перепрофилирования дистанций СЦБ железных дорог в эксплуатационные и ремонтные должен предусматривать формирование подразделений с четко обозначенной

основной деятельностью (техническое обслуживание или ремонт устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ)). Перепрофилирование приводит к изменению структуры дистанций СЦБ и их специализаций, перераспределению численности эксплуатационного штата, объема выполняемых работ и финансовых ресурсов [2-4].

В соответствии с Типовым регламентом взаимодействия при реализации процессов планирования и производства работ между дистанциями СЦБ, специализирующимися на эксплуатации устройств ЖАТ и дистанциями, специализирующимися на ремонте устройств ЖАТ № ЦДИ-1236 от 30 марта 2021 года (далее – Типовой регламент) имеется установленный перечень работ, которые выполняет определенная дистанция (как по графику технологического процесса (ГТП), так и по выполнению организационно-технических мероприятий (ОТМ)). По проведенному анализу, на одной из железных дорог ОАО «РЖД» на данный момент существует утвержденный перечень работ, выполняемых ремонтной дистанцией СЦБ в границах эксплуатационной дистанции СЦБ (далее – Перечень), который противоречит регламентам взаимодействия дистанций СЦБ, разработанных специалистами железной дороги, и, тем более, Типовому регламенту. Необходимо отметить, что данный Перечень работ был утвержден на основе договоренности между руководителями эксплуатационных и ремонтных дистанций, а не на основе технико-экономического обоснования.

В результате анализа выявлены противоречия следующего характера. Например, в пункте 6.4 Перечня замену аппаратуры и оборудования выполняет эксплуатационная дистанция, а ремонтная – при комплексной замене аппаратуры свыше 100 приборов на перегонах. Согласно регламенту взаимодействия работников эксплуатационных и ремонтных дистанций СЦБ в вопросах учета, технического обслуживания, ремонта и расследования случаев отказов и предотказов приборов, аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики, утвержденного распоряжением начальника Октябрьской дирекции инфраструктуры Осташко С.Э. от 23 августа 2022 года № ОКТ ДИ-477/р, эксплуатационная дистанция отвечает за транспортировку, замену приборов, аппаратуры, возврата аппаратуры ЖАТ в ремонтно-технологический участок и заполнение обменных ведомостей, кроме участков, где эту работу выполняют работники ремонтной дистанции. На текущий момент нет утвержденного перечня участков, на которых выполняют работы ремонтные и эксплуатационные дистанции; необоснованно определено количество замены приборов, что создает трудности при передачи данного вида работ по системе ЕК АСУИ.

На основании пункта 12.1 Перечня установлено, что проверку состояния надземной части железобетонной конструкции мачтового светофора выполняет ремонтная дистанция, а также осмотр и оценку состояния подземной части железобетонной конструкции мачтового светофора, находящейся в катодных зонах при электротяге постоянного тока, на участках с электротягой переменного тока и на электрифицированных линиях на основании пункта 12.4 Перечня. В то же время в протоколе № ОКТ ДИ-462/пр от 15 апреля 2022 года обязывают выполнить данные проверки в границах железнодорожной станции представителями эксплуатационных дистанций, на железнодорожном перегоне – представителями ремонтных дистанций несмотря на то, что штат эксплуатационной дистанции не предназначен для выполнения данного вида работ.

Присутствуют также несоответствия по большинству других видов работ и взаимодействию эксплуатационной дистанции с ремонтной.

Кроме того, согласно Типовому регламенту работники эксплуатационной дистанции СЦБ производят переключение/ввод в эксплуатацию устройств ЖАТ с заполнением необходимой эксплуатационной документации (акты, таблицы проверки зависимостей и др.), выключение/включение устройств ЖАТ, оформление соответствующих записей в Журнале формы ДУ-46, заполнение форм внутреннего первичного учета. На данный момент в системе ЕК АСУИ присутствует возможность передачи работ из эксплуатационной дистанции в ремонтную полностью (по всем объектам эксплуатационной дистанции) либо по определенным железнодорожным станциям, перегонам. В связи с этим возникает проблема

учета рабочего времени штата эксплуатационной дистанции по сопровождению работ, выполняемых ремонтными дистанциями. В результате это приводит к внесению трудоемких дополнительных изменений в систему ЕК АСУИ в части перерасчета норм времени на работы для эксплуатационной и ремонтной дистанций, а также в совершении перераспределения операций в действующих картах технологического процесса и технико-нормировочных картах на основе их выполнения работниками эксплуатационной и ремонтной дистанций, которые по состоянию дел на сегодня не выполнены и не планируются в дальнейшие годы. Данный вопрос актуален, поскольку указанные виды работ выполняются согласно ГТП. При передаче работ в ремонтную дистанцию эксплуатационная теряет свои технические единицы, когда по факту должна отдавать их не в полном объеме, так как ее работники являются участниками данных работ.

На текущий момент установлено, что одиночную замену приборов выполняет эксплуатационная дистанции, а комплексную – ремонтная. В системе ЕК АСУИ не предусмотрена возможность отметить, сколько приборов будет менять эксплуатационная дистанция, а сколько ремонтная, и на основе этих данных передавать работы. Данная проблема также является актуальной для системы ЕК АСУИ. Функционал по передаче подобного рода работ в системе ЕК АСУИ на данный момент не предусмотрен.

Выявленные несоответствия в дальнейшем могут привести к искажению информации в ЕК АСУИ. Необходимо в оперативном порядке решать вопрос осуществления передачи технических единиц согласно переданным работам в ремонтную дистанцию в системе ЕК АСУИ, причем чтобы данные совпадали и по факту, и по системе ЕК АСУИ. Проблема носит первостепенный характер, поскольку работа исчезает из нормативного плана, который играет особую роль при формировании бюджета производства и эксплуатационных затрат.

По состоянию дел на 26 сентября 2022 года регламенты взаимодействия дистанций СЦБ с дистанциями инфраструктуры по проверке и ремонту аппаратуры ЖАТ, разработанные рассмотренной железной дорогой не устанавливают для ремонтных и эксплуатационных дистанций перечень работ технического обслуживания и ремонта, установленный Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки № 3168р в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 13 декабря 2021 года № 2803/р [5], а также работы по ОТМ.

Как следствие, все работы по ГТП не распределены должным образом, не соответствуют Типовому регламенту, что вносит службой автоматики и телемеханики заведомо невозможность ведения должным образом планирование и учет выполненных работ, составления нормативного плана и, как следствие, бюджета производства и эксплуатационных затрат с помощью системы ЕК АСУИ.

Для решения выявленных проблемных вопросов в работе эксплуатационной и ремонтной дистанций СЦБ, которые влияют в том числе и на достоверность информации в ЕК АСУИ, необходимо в первую очередь:

– устранить причины создания нескольких нормативных документов по распределению работ между дистанциями по ГТП и ОТМ, что вводит в заблуждение ответственных специалистов. Сгруппировать разрозненный материал в регламенте взаимодействия между эксплуатационной и ремонтной дистанциями в едином документе по железной дороге;

– сформировать утвержденный перечень работ, выполняемых эксплуатационными и ремонтными дистанциями по ГТП согласно Инструкции [5] в соответствии с расчетом нормативного штата, переданным в ремонтную дистанцию;

– пересмотреть методику определения коэффициентов, используемых при формировании местных нормативов численности и их расчет;

– пересмотреть технико-экономическое обоснование целесообразности перепрофилирования действующих дистанций СЦБ в дистанции, специализирующиеся на ремонте и эксплуатации по железной дороге со всеми уже утвержденными приложениями;

– пересмотреть причины не передачи в ремонтную дистанцию работ по ГТП, установленных Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки № 3168р в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 13 декабря 2021 года № 2803/р и их корреляцию с рассчитанным нормативом численности, переданным в ремонтную дистанцию.

Кроме того, по рассмотренной железной дороге определены следующие несоответствия.

Работа 2.1.9. Таблицы № 1 Инструкции выполняется ремонтной дистанцией согласно Перечню не в полном объеме (не менее объема в 10 штук) несмотря на то, что в Приложении № 3 Инструкции установлена периодичность по замене электродвигателей и не зависит от объема работ.

Работа 2.1.10. Таблицы № 1 Инструкции выполняется ремонтной дистанцией согласно Перечню не в полном объеме (только при замене электродвигателя, что подразумевает под собой только работы на станциях 3, 4 и 5 классов).

Работы 2.2. (2.2.1. и 2.2.2.), 4.3.1, 11.5.5., 11.5.7, 12.2., 12.3. Таблицы № 1 Инструкции не выполняются ремонтной дистанцией согласно Перечню в границах дистанции СЦБ, поскольку так было установлено на основе договоренности, а не на основе технико-экономического обоснования.

Работы 6.1., 6.2., 6.3., 6.6. Таблицы № 1 Инструкции не выполняются ремонтной дистанцией согласно Перечню, работы 11.5.3., 11.5.4. Таблицы № 1 Инструкции выполняются ремонтной дистанцией только при плане работ по пункту 6.4 Таблицы № 1 Инструкции (несмотря на то, что в Приложении № 3 Инструкции установлена периодичность по замене). Однако в полном объеме в соответствии со штатным расписанием и нормативами численности переданы бригада по проверке, регулировке и ремонту реле и релейных блоков СЦБ, бригада по проверке, регулировке и ремонту электронной аппаратуры и приборов защиты.

Работа 6.4. Таблицы № 1 Инструкции выполняется ремонтной дистанцией в границах дистанции СЦБ только в объеме свыше 100 приборов.

Работа 6.5. Таблицы № 1 Инструкции должна выполняться ремонтной дистанцией согласно Перечню, однако согласно распоряжению № ОКТ ДИ АТ-21/р от 1 марта 2022 года начальники эксплуатационных дистанций организовывают доставку и замену аппаратуры в соответствии с приложением № 1 к данному распоряжению и, в добавлении, начальник производственного участка эксплуатационной дистанции ежедневно обязан контролировать ход замены аппаратуры, по суточными выполненными производственными заданиями линейных цехов.

Работы 10.1. (10.1.1 – 10.1.9.), 10.2. (10.2.1. – 10.2.3.), 10.3. (10.3.1. – 10.3.2.) Таблицы № 1 Инструкции не выполняются ремонтной дистанцией согласно Перечню несмотря на то, что в полном объеме в соответствии со штатным расписанием и нормативами численности переданы бригада по измерению параметров и ремонту кабельных (воздушных) линий, испытания защитных средств и устройств заземления.

Из списка работ с установленной периодичностью пункта 11 Таблицы № 1 Инструкции выполняется ремонтной дистанцией согласно Перечню из 29 работ только работа 11.1.5. и работы 11.4.1., 11.4.2., 11.4.3., которые выполняются на объектах за исключением дизель-генераторных агрегатов типа WILSON и других, которые обслуживаются по централизованному договору сервисного обслуживания.

Работа 12.6. Таблицы № 1 Инструкции выполняется ремонтной дистанцией согласно Перечню только при производстве ремонтных работ на объекте, наружная покраска модуля один раз в три года при обнаружении следов коррозии несмотря на то, что на линиях 1 и 2 класса для всех устройств предусмотрена периодичность Инструкцией один раз в два года и при обнаружении следов коррозии.

Выявленные несоответствия при перепрофилировании дистанций СЦБ влияют на достоверность информации в ЕК АСУИ, что в дальнейшем может негативно сказаться на

моделировании транспортных технологических процессов с целью автоматизированного поиска эффективных решений и интеллектуальных алгоритмов управления объектами транспортной инфраструктуры [6].

Библиографический список

1. Тришин, Н. А. Перепрофилирование дистанций Октябрьской железной дороги и возникшие трудности по итогам 2022 года / Н. А. Тришин // Научные инновации как фактор развития : сборник статей международной научной конференции, Архангельск, 03 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова», 2022. – С. 48-52. – EDN BMUPGP.

2. Специализация дистанции СЦБ // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – №7. – С. 13. – EDN VUUDZP.

3. Аношкин, В. В. Настало время для преобразований и перемен / В. В. Аношкин //Автоматика, связь, информатика. – 2018. – №10. – С. 2-4. – EDN YLEOMH.

4. Ошомкова, О. В. Перепрофилирование дистанций СЦБ / О. В. Ошомкова //Автоматика, связь, информатика. – 2017. – №11. – С. 21-22. – EDN ZTMUKD.

5. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» № 3168р от 30.12.2015 г. – Режим доступа: www.consultant.ru – (дата обращения: 10.03.2023).

6. Горелик, А. В. Анализ уровня достоверности информации в автоматизированных информационных системах хозяйства автоматики и телемеханики на основе метода экспертных оценок / А. В. Горелик, О. С. Шерстюков // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 5-2. – С. 179-183. – EDN WOTVNV.

УДК 658:331

РАЗВИТИЕ ПЕРСОНАЛА ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАДРАМИ

Н.В. Яшкова
Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде

Аннотация. В статье рассматривается вопрос развития персонала. В качестве одного из направлений развития персонала предлагается формирование у него корпоративных компетенций. В связи с чем, в статье представлено авторское определение данного понятия. Предложены направления развития персонала, которые позволят сформировать у сотрудников корпоративные компетенции и повысить их уровень профессионального мастерства. Предложена модель развития персонала, которая включает в себя несколько блоков.

Ключевые слова: развитие персонала, корпоративные компетенции, обучение персонала.

Abstract. The article deals with the issue of personnel development. As one of the directions of personnel development, it is proposed to form corporate competencies in it. In this connection, the article presents the author's definition of this concept. Directions for the development of personnel are proposed, which will allow the formation of corporate competencies among employees and increase their level of professional skills. A staff development model is proposed, which includes several blocks.

Keywords: personnel development, corporate competencies, personnel training.

Для повышения заинтересованности персонала в работе на конкретном предприятии необходимо не только совершенствовать методы управления персоналом, но и постоянно заниматься его развитием.

Развитие персонала является беспрерывным процессом и осуществляется по обособленной схеме, которая содержит в себя несколько периодов. Чтобы выдержать соперничество на мировом рынке труда, одной из главных задач организации является повышение адаптации сотрудников к новым условиям. Одним из важных моментов в управлении профессиональным развитием персонала является выявление нужд организации в этой сфере.

Результативность развития персонала оценивается, прежде всего, на основе следующих показателей: опыт, знания, навыки, компетенции, круг выполняемых обязанностей, список успешно решенных задач, карьерные передвижения, производительность и новаторская активность.

В научной литературе встречаются следующие подходы к обучению квалифицированных кадров:

- система специализированного обучения (направлена на ближайшие перспективы и результативна в краткосрочный период);
- система многопрофильного обучения.

Л.А. Пыжова выделяет три вида обучения кадров:

– обучение и выпуск квалифицированных кадров, которые владеют комплексом нужных знаний, умений и способов коммуникации (повышение квалификации кадров);

– обучение персонала, которое направлена на усовершенствование знаний, умений и способов коммуникации работников (переподготовка кадров);

– овладение новыми знаниями, умениями и способами общения по причине поменявшихся запросов к труду (приобретение новой профессии) [1].

Как отмечает Е.В. Доценко, обучение полезно и требуется, если:

– человек принят на новое место работы;

– работника назначают на новую должность или меняется специфика работы;

– в ходе аттестации установлено, что у человека не хватает определенных навыков для эффективного выполнения своей работы [2].

Одним из направлений развития персонала является формирование у него корпоративных компетенций. Понятие «корпоративные компетенции» в контексте деятельности ОАО «РЖД», по мнению В.П. Смирнова, применяется в двух значениях. Одно из таких значений представляет собой «совокупность профессиональных и специальных знаний и навыков, а также личных и деловых качеств сотрудника, которые позволили бы ему грамотно формулировать задачи и вырабатывать эффективные управленческие решения по их реализации» [3].

О.А. Ткаченко приводит следующее определение корпоративной компетенции: «это компетенции, которые поддерживают провозглашенную миссию и ценности компании, и, как правило, применимы к любой должности в организации» [4]. Как отмечает О.А. Ткаченко, при оценке персонала используются три типа компетенции: корпоративные (или ключевые), управленческие и специальные.

Проведенные исследования понятия корпоративная компетенция позволили сделать вывод, что они недостаточно полно раскрывают связь с брендом корпорации. Н.В. Яшкова предлагает авторское определение понятия «корпоративная компетенция». По ее мнению, корпоративная компетенция – «это требования к профессиональным знаниям, умениям и навыкам, позволяющим выполнять поставленные задачи на высоком уровне и способствующие продвижению бренда организации» [5].

На предприятиях железнодорожного транспорта была разработана [6] и внедрена модель корпоративных компетенций «5 К + Л» (рис.1).

Рис.1 - Модель корпоративных компетенций

Внедрение эффективной системы развития на предприятиях железнодорожного транспорта будут являться одним из направлений реализации социального метода управления [7].

В настоящее время во всех отраслях экономики, в том числе и на транспорте, широко применяются профессиональные стандарты. Они регламентируют перечень трудовых функций, которые должен выполнять сотрудник, а также знания, умения и практический опыт, которыми он должен владеть в рамках определенной производственной функции. В связи с этим, мы считаем, что развитие персонала необходимо проводить с учетом специальных компетенций и с учетом требований профессиональных стандартов.

Развитие персонала – это сложная задача, которая включает в себя комплекс мероприятий. Мы предлагаем использовать авторское определение понятия «развитие персонала». Мы считаем, что это комплекс организационных мероприятий, направленных на формирование профессиональных компетенций, поддержание высокого профессионального уровня сотрудников, развитие творческого и научного потенциала и формирование активной гражданской позиции.

По-нашему мнению, развитие персонала будет включать несколько блоков. Они представлены на рис. 2.

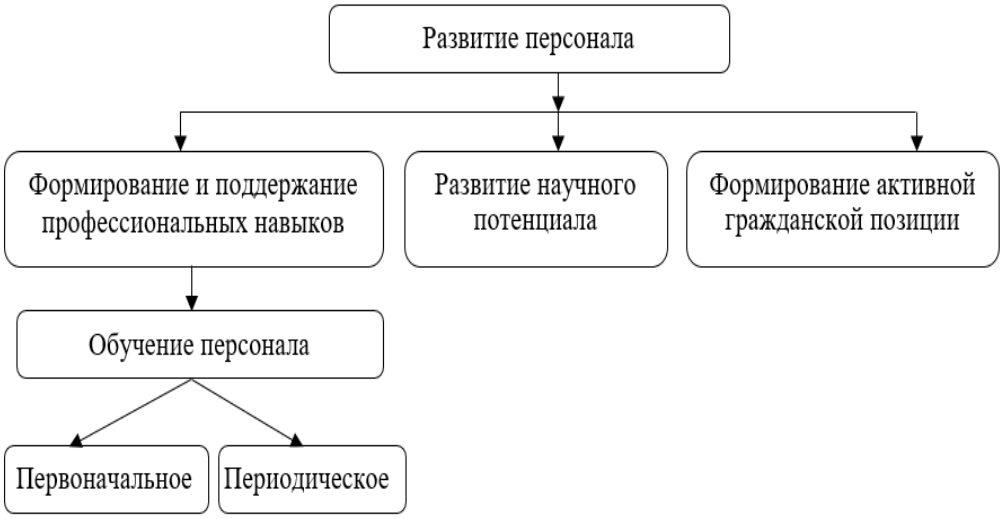


Рис.2 - Модель развития персонала

Формирование и поддержание профессиональных навыков осуществляется путем обучения персонала. Мы считаем, что эффективно проводить обучение первоначальное (сразу после приема нового сотрудника), которое можно совместить с процессом первичной адаптации, и периодическое. Периодическое обучение – это обучение в течение всей трудовой деятельности сотрудника. Его необходимость обусловлена изменениями в законодательстве, в технологии производства и т.п.

Первоначальное обучение имеет своей целью сформировать профессиональные компетенции, необходимые для выполнения определенной трудовой функции с учетом особенностей конкретного предприятия.

Периодическое обучение имеет своей целью поддержание профессиональных компетенций на высоком уровне и их развитие.

Обучение персонала может вестись как с отрывом от производства, так и без отрыва от производства. Первоначальное обучение целесообразнее вести без отрыва от производства. Это позволит вновь принятому сотруднику ознакомиться с особенностями производственного (технологического) процесса на конкретном предприятии и сократить период адаптации. Периодическое обучение необходимо проводить как с отрывом от производства, так и без отрыва от производства.

Для сотрудника наиболее эффективным направлением периодического обучения является обучение с отрывом от производства. По-нашему мнению, преимуществами данного направления являются:

- возможность обмена опытом с сотрудниками других предприятий отрасли;
- знакомство с технологиями других предприятий.

Развитие научного потенциала необходимо практиковать для молодых сотрудников. Это может быть достигнуто путем участия наиболее перспективных сотрудников в конкурсах проектов. Целью этого направления является развитие инженерно-технической мысли у молодых сотрудников предприятия, повышение инициативности в работе. Кроме того, результаты, полученные в ходе реализации проектов конкурса, могут быть использованы как основа для выполнения комплексных работ, направленных на повышение эффективности производственного блока предприятия. Одним из примеров такого направления развития сотрудников является проект «Новое звено», который ежегодно проводится холдингом ОАО «РЖД».

Формирование активной гражданской позиции может осуществляться через:

- развитие волонтерского движения на предприятии и вовлечение в него наиболее активной части сотрудников;
- проведение или участие в различных акциях, направленных на формирование гражданской и патриотической позиции сотрудников (например, участие в акции «Бессмертный полк» и т.п.).

Реализация указанных направлений позволит также сформировать такие корпоративные компетенции, как креативность и инновационность, а также корпоративность и ответственность, компетентность.

Библиографический список

1. Пыжова, Л. А. Управление развитием персонала как фактор роста эффективности труда / Л. А. Пыжова // Молодой ученый. – 2014. – № 8. – С. 565–567.

2. Доценко, Е.В. Особенности управления компетенциями персонала в рыночных условиях хозяйствования / Е.В.Доценко // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – 2014. – №2. – С.71-76.

3. Смирнов, В.П. Корпоративные компетенции работников железной дороги / В.П.Смирнов // Транспорт. - 2019. - № 3. - С. 17-18.

4. Ткаченко, О.А. Развитие персонала предприятия на основе компетентностного подхода // Новые технологии - нефтегазовому региону. материалы Всероссийской научно-

практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию ТИИ-ТюмГНГУ. 2013. С. 206-209.

5. Яшкова, Н.В. Деловая оценка персонала на предприятиях ОАО «РЖД» и работа с кадровым резервом / Н.В.Яшкова // Актуальные проблемы современного транспорта. 2020. № 1. С. 116-124.

6. Положение о модели корпоративных компетенций ОАО «РЖД» утверждено Решением правления ОАО «РЖД» от 13 мая 2019 г. № 25.

7. Пшениснов, Н.В., Яшкова, Н.В. Методы управления персоналом на предприятиях железнодорожного транспорта / Н.В. Пшениснов, Н.В. Яшкова // NovaInfo.Ru. 2015. Т.1. № 32. С. 75-79.

Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж
г. Воронеж, ул. Урицкого, 75а
тел. (473) 253-17-31

Подписано в печать 26.04.2023. Формат 21х30 ½
Печать цифровая. Усл.печ.л. – 15,12 п.л.
Тираж 500 экз.