

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

*Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D.
theses submitted at Russian transport universities*

*Текст на английском языке публикуется
во второй части данного выпуска.*

*The text in English is published in the second
part of the issue.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-2-17>

Батраев В. В. Повышение эффективности использования пропускной способности железнодорожных линий / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 24 с.

Вопросы повышения эффективности использования пропускной способности, обеспечения безопасности движения, повышения надежности функционирования технических средств были и остаются важнейшими для железных дорог. Безопасное функционирование железнодорожного транспорта как сложной технико-технологической системы требует обеспечения согласованной политики в области эксплуатации, разработки новых принципов построения, для совершенствования существующих локомотивных и стационарных технических средств обеспечения безопасности движения поездов, а также разработки новых нормативных технических документов с учетом минимизации влияния человеческого фактора на процесс организации движения поездов. Сбои и отказы технических средств и несовершенство алгоритмов обработки в бортовых системах сигналов локомотивной сигнализации (АЛС), их недостаточная функциональность являются существенным ограничителем эффективного использования пропускной способности железнодорожных линий. В связи с этим особенно важно сформировать новый комплекс научных и практических методов по организации движения и функционированию технических средств обеспечения безопасности, которые позволят качественно увеличить показатели использования пропускной способности линий при минимизации затрат в инфраструктуру.

Объект исследования – автоматизированные системы управления и обеспечения безопасности движения поездов, методы организации движения поездов с применением технических

средств с расширенными функциональными возможностями.

Предмет исследования – инфраструктурные и локомотивные технические средства обеспечения безопасности движения поездов, методики, алгоритмы и модели оценки рисков, способы и инструменты эффективного использования пропускной способности железнодорожных линий.

Целью работы является обеспечение надежного функционирования системы управления и обеспечения безопасности на основе технических и технологических решений в области эффективного использования пропускной способности железнодорожных линий.

Проведён анализ существующих технических средств управления и обеспечения безопасности движения поездов, показавший возможность повышения эффективности использования пропускной способности и позволивший использовать полученные результаты при формировании технических требований и разработке технических решений для вновь создаваемых систем управления и обеспечения безопасности.

Разработана методика эффективного использования пропускной способности при функциональном резервировании систем обеспечения безопасности движения поездов, позволившая обеспечить повышение эффективности использования пропускной способности при применении современных технических средств обеспечения безопасности движения поездов.

Проведен анализ эффективности использования пропускной способности в нештатных ситуациях. Результаты позволяют сформулировать новые принципы для режимов работы технологии «виртуальная сцепка» без изменения структуры существующей автоблокировки.

Предложена методика повышения достоверности приема информации при комплексном взаимодействии бортовых и стационарных устройств обеспечения безопасности, позволяющая улучшить алгоритмы обработки сигналов из рельсовых цепей локомотивными комплексами обеспечения безопасности, при учете изменений фазы принимаемого сигнала многозначной сигнализации и сократить время принятия решения до 3 раз. Разработан и экспериментально подтвержден принцип определения границ рельсовых цепей, обеспечивающий более точное позиционирование подвижного состава на железнодорожном полотне, в том числе и на МЦК.

Разработан алгоритм преследования подвижным составом напольных сигналов с по-



вышенной скоростью. Использование алгоритма позволяет локомотивным устройствам безопасности разрешать движение подвижного состава с большей допустимой скоростью на сигнал светофора «жёлтый» и сократить расстояние между попутно следующими поездами.

Выполнен анализ возможности применения отечественной элементной базы в бортовых приборах обеспечения безопасности и системах интервального регулирования. Получена доказательная база и обеспечено внедрение отечественной элементной базы в комплекс технических средств, разрабатываемых АО «НИИАС» по заданию ОАО «РЖД».

Рекомендуется применение разработанных методик и способов в качестве постоянного функционала бортовых и инфраструктурных систем управления и обеспечения безопасности. Благодаря модульности, описанные технологии могут быть внедрены независимо и в минимальные сроки.

Перспективой дальнейшей разработки темы исследования является развитие технологий автоматического контроля полноты состава поезда бортовыми средствами и развитие систем АЛС, с учетом помех от асинхронных двигателей, а также контролем безопасности локомотивной сигнализации для высокоскоростных составов.

2.9.4 – Управление процессами перевозок.

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Краснов О. Г. Прогнозирование износа и контактно-усталостной повреждаемости рельсов для условий интенсификации грузового движения / Автореф. дис... докт. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 40 с.

Повышение осевых нагрузок признано во всем мире одним из главных направлений, позволяющих кардинально увеличить провозную способность линий за счет увеличения производительности вагонов. По этому пути пошли США, Канада, Австралия, ЮАР, Швеция. Внедрение подвижного состава с повышенными осевыми нагрузками происходит на российских железных дорогах. Для повышения ресурса рельсов в 2012–2013 гг. проведена реконструкция технологических линий на АО «ЕВРАЗ ЗСМК», строительство нового производства на ПАО «ЧМК». Реконструкция производства позволила организовать выпуск дифференцированно-термоупрочненных рельсов с печного нагрева разных категорий качества по ГОСТ Р 51685–2013. В соответствии со «Стратегией

развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г.» поставлена задача доведения технического и технологического уровня инфраструктуры, сферы ее содержания и ремонта до лучших мировых стандартов.

Проблема установления научно обоснованных факторов, определяющих интенсивность износа рельсов и образования контактно-усталостных дефектов на их поверхности, разработка методов прогнозирования износа рельсов и их контактно-усталостной долговечности с учетом категорий качества, структуры поездопотока и величин осевых нагрузок, уровней непогашенных ускорений, смазки рельсов, уклонов продольного профиля пути и массы поездов, типов применяемых промежуточных рельсовых скреплений, а также более точных способов учета силового воздействия на путь от подвижного состава с повышенными осевыми нагрузками и состояния пути является актуальной.

Цель работы – разработка научно обоснованных методов прогнозирования износа рельсов разных категорий качества и их контактно-усталостной повреждаемости для условий интенсификации грузового движения.

Разработаны структурная схема и аналитические выражения для прогнозирования количественных значений бокового и вертикального износа рельсов с использованием впервые введенного понятия «базовая интенсивность износа».

Установлено, что распределения вертикальных сил от взаимодействия колес подвижного состава и пути в составе поездов, сформированных из вагонов с близкими осевыми нагрузками, представляют стационарные, эргодичные процессы с незначительными величинами асимметрии (не более 3...3,5 % от средних значений) и хорошо аппроксимируются нормальным законом по критерию согласования Колмогорова – Смирнова.

Разработана методика определения интегрального распределения вертикальных сил, позволяющая учитывать воздействие от разного типа подвижного состава с учетом конструкций ходовых частей и величин осевых нагрузок, скорости движения, жесткости подрельсового основания от сезонности (лето, зима), поперечного профиля пути, состояния пути (наличия влажных или сухих выделений), доли каждого типа подвижного состава в суммарном воздействии на путь.

На основе выполненных комплексных теоретических и экспериментальных исследований получены новые научно обоснованные техни-

ческие и технологические решения по снижению износа и контактно-усталостной повреждаемости рельсов для условий интенсификации грузового движения.

Разработана структурная схема и аналитические выражения для расчета бокового и вертикального износа рельсов с использованием впервые введенного понятия базовой интенсивности износа. На основании комплексных экспериментальных и теоретических исследований установлены количественные значения и закономерности изменения интенсивности износа в зависимости от категорий качества рельсов, радиуса кривых участков пути, уровней непогашенных ускорений, периодичности смазки, продольного профиля пути и массы поездов, конструкции экипажных частей подвижного состава и величин осевых нагрузок, типа применяемых промежуточных рельсовых скреплений. Это позволило разработать научно обоснованную методику прогнозирования износа рельсов различных категорий качества для определения количественных величин бокового и вертикального износа в разных условиях эксплуатации.

По результатам многовариантных расчетов износа рельсов с использованием программного инструмента Rail Profile Wear Evolution в составе программного комплекса «Универсальный механизм» по критерию максимальной сходимости экспериментальных и расчетных данных в опытных кривых участках пути установлены параметры модели изнашивания Шпехта: коэффициент износа $k_v = 2,57 \cdot 10^{-13}$, коэффициент скачка $k_y = 12$ и критическая плотность мощности $P_{кр} = 30 \text{ Вт/мм}^2$ для рельсов ДТ350. Предложен метод оценки интенсивности износа рельсов разных категорий качества путем определения их коэффициентов износа.

Выполнено ранжирование факторов по доле их вклада в интенсивность износа рельсов. Выделены факторы, позволяющие управлять износом рельсов: категория качества рельсов, тип смазки и периодичность смазки, уровни непогашенных ускорений, стабильность подуклонки рельсов. Рациональный выбор управляющих факторов с использованием методики прогнозирования позволит минимизировать интенсивность износа рельсов в различных условиях эксплуатации.

Для автоматизации проведения расчетов износа рельсов разработана программа для ЭВМ в среде графического программирования Lab View 2011. На примере 36 кривых проведено моделирование бокового износа рельсов с использованием разработанной программы и вы-

полнен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных по износу рельсов, представленных техническим отделом Слюдянской дистанции пути Восточно-Сибирской ДИ. Разность между расчетными и экспериментальными данными не превышала 15 %.

Разработан алгоритм прогнозирования контактно-усталостной повреждаемости рельсов до образования трещин на поверхности катания. На разработанной конечно-элементной модели прокатки вагонного колеса по рельсу исследовано напряженно-деформированное состояние зоны контакта. По результатам моделирования установлено, что компоненты тензора напряжений на поверхности рельса находятся в непропорциональном многоосном напряженном состоянии. Это позволило обосновать применение деформационной модели Брауна – Миллера для прогнозирования контактно-усталостной повреждаемости рельсов на поверхности катания до образования трещин.

Определены параметры деформационных кривых упругой, пластической и суммарной усталости рельсовой стали с использованием модифицированного метода твердости Расла – Фатеми. Установлена полиномиальная зависимость относительной повреждаемости поверхности катания рельсов от вертикальной силы F_i путем проведения расчетов в программном комплексе MSC.Fatigue с использованием усредненных характеристик показателей степени усталостной прочности и пластичности рельсовой стали и расчетных напряжений в зоне контакта колеса и рельса.

Разработано устройство на основе системы технического зрения, предложен алгоритм обработки видеосигнала для определения распределений точек контакта колеса с рельсом по поперечному сечению. Путем испытаний груженого грузового вагона, оборудованного разработанным устройством, установлено, что основная доля точек контакта приходится на продольные полосы поверхности катания рельса, расположенные на расстоянии 20...25 мм от внутренней боковой грани (26,4 %), и на продольные полосы поверхности катания рельса, расположенные на расстоянии 25...30 мм (22 %).

Разработана методика прогнозирования контактно-усталостной повреждаемости поверхности катания рельсов до образования трещин с учетом деградации механических свойств рельсовой стали в зависимости от пропущенного тоннажа. Расчетным путем установлено, что увеличение доли грузовых вагонов с осевыми нагрузками 245 кН с 9 до 64 % для



условий Забайкальской ДИ приведет к снижению сроков до зарождения контактно-усталостных трещин на поверхности катания рельсов на 11,3 %.

Впервые для российских железных дорог установлены закономерности формирования методом фрезерования изношенного поперечного профиля головки рельса в прямых и кривых участках пути и эффективность удаления контактно-усталостных повреждений, распространяющихся на глубину до 2,5 мм, с использованием рельсофрезерного поезда. Разработана методика определения геометрических параметров режущего инструмента фрезерных колес с преобразованием облака точек методом сингулярного разложения и использования алгоритмов Делоне, которая позволила выбрать рациональный профиль режущего инструмента для качественного репрофилирования изношенной головки рельса.

Перспективой дальнейшей разработки темы диссертации являются:

- исследования по рациональному выбору управляющих факторов для снижения интенсивности износа рельсов;
- исследования контактно-усталостной повреждаемости рельсов в кривых участках пути малых и средних радиусов.

2.9.2. – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Малышев Н. В. Модели и методы диспетчеризации контейнеропотока на терминалах / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. – 16 с.

Сокращение времени перевозки контейнеров железнодорожным транспортом и увеличение объема транзитных перевозок контейнеров в четыре раза – это приоритетные задачи, отмеченные в Указе Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 года». Для осуществления поставленных задач ОАО «РЖД» в последнее десятилетие реализует концепции развития контейнерного бизнеса и создания логистических центров на территории Российской Федерации, переходя к политике строительства новых объектов и внедрения информационных технологий в терминально-складском комплексе. Основой политики являются железнодорожные терминалы, свя-

зывающие различные виды транспорта при международных перевозках и позволяющие увеличить объемы переработки, создав необходимые условия для дальнейшего развития контейнерных перевозок. Ряд зарубежных контейнерных терминалов по уровню технического развития, количеству технологических операций, скорости и надежности их исполнения приближаются к автоматизированным высокотехнологичным производствам, становясь основой интенсивного развития транспортного комплекса. Действующая в настоящее время система организации контейнерных перевозок в Российской Федерации далека от применения комплексной автоматизации при транспортно-складских и погрузо-разгрузочных работах, при этом диспетчеризация может рассматриваться как основной этап по объединению процессов и объектов терминала в рамках автоматизированной системы управления для внедрения перспективных технологий, в том числе роботизации. Анализ отечественных и зарубежных теоретических исследований показал, что теоретические и практические аспекты диспетчеризации изучены недостаточно. Совокупность этих факторов обуславливает практическую и теоретическую актуальность вопросов диспетчеризации при переработке контейнеропотока на терминалах, как темы исследования.

Целью диссертации является повышение эффективности функционирования терминала на основе разработки новых моделей и методов взаимодействия железнодорожного с другими видами транспорта в системе контейнерных терминалов. Предмет исследования – модели и методы диспетчеризации контейнеропотока на терминалах железнодорожного транспорта. Объект исследования – железнодорожный контейнерный терминал.

Анализ состояния и тенденций роста перевозок грузов в контейнерах показал недостаточную реализацию транзитного потенциала международных транспортных коридоров с Азией по причине дефицита перерабатывающей способности терминалов. Тенденции снижения стоимости автоматизации, увеличения затрат на работника и увеличения количества комплексно автоматизированных предприятий в смежных областях экономики в последнее десятилетие обосновывают внедрение в ближайшее время безлюдных технологий в точках концентрации грузопотоков, таких как контейнерные терминалы.

Определено, что диспетчеризация контейнеропотока способна решить задачи снижения

эксплуатационных затрат и увеличения перерабатывающей способности терминала.

Предложенный в разработанной методике подход к определению необходимого количества техники для внутритерминальных перемещений на основании вероятностных распределений количества прибывающих и отправляющихся контейнеров, а также стратегии хранения, позволил:

- учитывать специализацию техники на внутритерминальных перемещениях. Полученное значение при моделировании в 92 % времени работы терминала на 3 ПТМ меньше, чем в результате расчёта по существующей методике при расчёте необходимого количества ПТМ по всему терминалу;

- учитывать вероятность появления очередей при выполнении заданий. По результатам моделирования, представленного на гистограмме, можно сделать вывод о появлении очередей при выполнении заданий 6-ю ПТМ более чем в 30 % времени работы терминала.

Определено, что увеличение количества кранов с одного до двух, сокращает время цикла операций от штабеля к вагону на 38 %, что превышает сокращение времени других видов операций от 14 % до 31 %. Также увеличение количества кранов с одного до двух приводит к снижению дисперсии от 47 % до 88 %, однако дальнейшее увеличение количества кранов оказывает воздействие на дисперсию менее 31 %.

Полученные зависимости показали, что эксплуатационные возможности для прямой перегрузки возрастают на 61 % при увеличении количества кранов с одного до двух. Хотя время ожидания для операций из автомобиля в штабель менее пяти минут, время ожидания для операций из штабеля в автомобиль увеличивается до 30 минут при полной загрузке грузового фронта.

Разработанный метод диспетчеризации учитывает предложенные в диссертации модели диспетчеризации, нацеленные на минимизацию порожнего пробега ПТМ, увеличение производительности работы крана и соблюдение срока выполнения задания.

Определены зависимости средней стоимости времени простоя двух подач вагонов под грузовыми операциями от момента переключения между подачами при распределении Эрланга k -го порядка времени выполнения грузовой операции и его частного случая – экспоненциальном распределении при смешанном приоритете обслуживания подач вагонов.

Определены зависимости общего времени выполнения заданий ПТМ при использовании текущей технологии и стратегии выполнения заданий при расчёте оптимальности по Парето в отношении шести критериев, нацеленных на увеличение производительности крана и минимизацию порожнего пробега ПТМ. На основании моделирования распределения заданий между ПТМ в течении месяца, показано что стратегия, нацеленная на снижение пробега, позволяет снизить время выполнения заданий на 9,6 %.

Предполагаемый экономический эффект от внедрения моделей и методов диспетчеризации достигается за счёт снижения эксплуатационных расходов при выборе точки переключения между подачами вагонов и уменьшения времени выполнения заданий ПТМ при внутритерминальных перемещениях и составляет более 9,5 млн рублей.

2.9.4 – Управление процессами перевозок.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Поляков Б. О. Определение аэродинамического сопротивления грузовых поездов с инновационными вагонами увеличенной грузоподъёмности / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. – 16 с.

В настоящее время в России ведётся активная разработка и строительство подвижного состава нового поколения для железных дорог. Одной из основных задач при разработке инновационной железнодорожной техники является повышение экономичности. Известно, что сопротивление движению является тем фактором, который влияет на экономические показатели. Учёт величины сопротивления движению позволяет эффективно использовать энергетические ресурсы при транспортировании грузов и пассажиров. В научных работах, посвящённых сопротивлению движению поездов, чаще уделяется внимание уточнению общей методики расчёта, изучению процессов рассеяния энергии в окружающую среду и потерях энергии в подшипниках, меньшее внимание уделяется изучению аэродинамического сопротивления, особенно для грузовых составов.

Целью работы является разработка методики определения аэродинамического сопротивления грузового поезда с составом из традици-



онных и инновационных полувагонов на цифровых моделях.

Исследование аэродинамического сопротивления поезда с грузовыми полувагонами с различным уровнем заполнения кузова проводилось методом математического моделирования с использованием программных комплексов «SOLIDWORKS FlowSimulation» и «ANSYS Fluent» с помощью численного интегрирования уравнений Навье-Стокса для сжимаемой среды, реализуемого в методе конечно-объёмного анализа.

Разработана методика определения аэродинамической составляющей основного сопротивления движению грузового поезда, включающая:

- разработку твердотельных моделей исследуемых единиц подвижного состава, на основе которых создаются расчётные модели, учитывающие характеристики окружающей среды и железнодорожной инфраструктуры;
- изучение на цифровых моделях различных вариантов движения грузового поезда с определением зависимости аэродинамической составляющей основного сопротивления движению при изменении количества вагонов в составе, уровня наполнения кузова и моделей вагонов;
- экстраполяцию полученных данных на поезд любой длины, составности и загрузки.

Предложена классификация различных составляющих полного аэродинамического сопротивления по признакам зависимости от скорости, загрузки и количества вагонов.

Создан расчётно-эмпирический метод определения основного сопротивления движению подвижного состава, заключающийся в использовании полученных зависимостей аэродинамического сопротивления на цифровых моделях вместе с данными экспериментов по определению механического для определения сопротивления для различных вариантов грузового подвижного состава.

Определены величины аэродинамического сопротивления для различных частей поезда в зависимости от скорости, количества вагонов и уровня их загрузки, а также получены качественные и количественные характеристики взаимодействия поезда с воздушной средой.

Проведено сравнение результатов расчётов с данными натурных экспериментов, а также с результатами аналитического определения аэродинамической составляющей основного сопротивления движению поезда.

При сравнении удельных величин аэродинамического сопротивления вагонов различных моделей установлено:

- сочленённые вагоны создают наименьшее удельное аэродинамическое сопротивление на единицу веса (уменьшение до 42 %) и единицу длины (уменьшение до 32 %) состава, но наибольшее при рассмотрении сопротивления на единицу подвижного состава (увеличение до 7 %);
- инновационные полувагоны с увеличенным объёмом кузова за счёт удлинения в гружённом режиме создают меньшее (уменьшение до 30 %) удельное сопротивление на единицу веса, единицу длины состава и единицу подвижного состава по сравнению с традиционным полувагоном;
- инновационные полувагоны с увеличенным объёмом кузова за счёт уширения в гружённом режиме создают меньшее (уменьшение до 18 %) удельное сопротивление на единицу веса, единицу длины состава и единицу подвижного состава по сравнению с традиционным полувагоном.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Шинкарук А. С. Повышение продолжительности жизненного цикла пассажирского вагона на основе увеличения долговечности его хребтовой балки / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 20 с.

В соответствии со стратегией холдинга ОАО «РЖД» запланирована оптимизация маршрутной сети и расписания поездов, повышения скоростей, роста грузоперевозок и пассажиропотока. Требования обеспечения безопасности при эксплуатации пассажирского подвижного состава определяются в приоритетном порядке за счёт обеспечения надёжности и прочности несущих элементов вагона. Несмотря на постоянное совершенствование методов ремонта как узлов и деталей, так и пассажирских вагонов в целом, при расчёте на прочность элементов вагонов существуют зоны, которые всё ещё трудно поддаются оценке, в том числе из-за наличия технологического фактора. Таким образом, экспериментальная оценка подвижного состава остаётся единственным и довольно затратным методом, устанавливающим соответствие конструкции вагона нормативным требованиям безопасности.

В целях обеспечения и реализации задач стратегии в настоящее время используются более 18,5 тысяч пассажирских вагонов для перевозки пассажиров в дальнем сообщении, однако фактический спрос на пассажирский подвижной состав, особенно в период летних и каникулярных перевозок, только повышается. Несмотря на то, что в последние пять лет приобретение подвижного состава в целом растёт, за последнее десятилетие темп пополнения парка пассажирских вагонов снижен более чем на 35 %, и обеспечить потребность в перевозках на пиковые периоды в полном объёме не представляется возможным.

Кроме проблем, возникающих с компенсацией выбывающего по сроку службы подвижного состава, перед собственниками возникают вопросы об оптимальности проведения планово-предупредительного ремонта и перевода вагона на этот период в нерабочий парк. Так, при направлении вагона в плановый ремонт физический износ в зависимости от полигонов курсирования и интенсивности эксплуатации неодинаков, что приводит к постановке на ремонтные позиции вагонов с различной степенью износа – от минимального до сверхнормативного. Следовательно, в зависимости от фактического объёма ремонта расходы на восстановление ресурса, а также простоя непосредственно в ремонте будут различными.

Целью исследования является увеличение продолжительности жизненного цикла пассажирского вагона, в конструкцию рамы которого входит хребтовая балка, за счёт увеличения её долговечности.

Объектом исследования являются пассажирские вагоны моделей 61-828, 61-425 и 61-4186.

Предметом исследования являются хребтовые балки пассажирских вагонов моделей 61-828 и 61-425.

На основе выполненных комплексных теоретических и экспериментальных исследований получены новые технические и технологические решения по увеличению долговечности хребтовой балки и повышению жизненного цикла пассажирского вагона.

Проведенным анализом структуры парка пассажирских вагонов установлено, что используемые в перевозочной деятельности на территории Российской Федерации модели вагонов, в конструкцию которых заложено наличие хребтовой балки, увеличивается и, по состоянию на 31.12.2020 г., составляет 86 % от общего парка.

В результате исследования вновь изготавливаемой хребтовой балки доказано, что после

приварки двутавра шкворневой балки к швеллеру хребтовой балки образуются знакопеременные остаточные напряжения от – 415 МПа до 354 МПа.

По результатам экспериментальных исследований определены участки хребтовой балки, подвергающиеся наибольшему коррозионному воздействию (металл в районе сварных швов примыкания к шкворневым, концевым и промежуточным балкам).

Исследованием элементов хребтовых балок, выработавших нормативный срок службы (40 лет) установлено, что металл в основном отвечает всем нормативным прочностным характеристикам.

Исследования элементов хребтовых балок, выработавших нормативный срок службы показали, что на коррозионное разрушение хребтовой балки в значительной степени влияет формирование в структуре металла значительного разброса остаточных напряжений, возникающих в процессе изготовления и эксплуатации вагона.

В результате проведения экспериментального лакокрасочного покрытия на хребтовую балку вагона доказано, что проведение дробеструйной обработки, в том числе в сварочных местах, стабилизирует поля остаточных напряжений, тем самым увеличивает коррозионную стойкость поверхностного слоя металла.

Применение перспективных лакокрасочных покрытий эффективно снижает коррозионное и внешнее воздействия на металлоконструкцию рамы пассажирского вагона.

Рекомендуется применение разработанной технологии подготовки и окраски хребтовой балки пассажирского вагона с интеграцией в систему планово-предупредительного ремонта, которая может быть внедрена в минимально короткие сроки во всех дробеструйно-окрасочных комплексах пассажирских вагонных депо и на вагоноремонтных заводах без существенных эксплуатационных и инвестиционных затрат.

Перспективой дальнейшей разработки темы является оценка новых лакокрасочных покрытий для защиты экипажной части подвижного состава от воздействия внешних факторов и коррозионного влияния на силовой каркас рамы пассажирского вагона.

2.9.3. – *Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.*

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

