

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу кандидата технических наук, заведующего кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО РГУПС Ворона Олега Андреевича «Методология развития инновационного подвижного изотермического состава в транспортной системе страны», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» и 05.22.01 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте».

1. Актуальность поставленной проблемы.

Наблюдаемая динамика роста спроса на перевозки скоропортящихся грузов (СПГ) требует разработки нового изотермического подвижного состава (ИПС) и опережающего развития инфраструктуры для его эксплуатации в рамках воссоздания непрерывной холодильной цепи на всей территории Российской Федерации. Как отмечает автором постоянное ухудшение железнодорожной инфраструктуры для перевозки СПГ в последние десятилетия, также актуализирует тему исследования.

Безусловно, адекватен подход автора к решению вопросов развития ИПС на базе исследования структуры и объемов грузопотоков, оценки расстояний (дальности) перевозок. Это является ключевым фактором в создании транспортно-технологической системы перевозок СПГ.

2. Научная новизна исследований

Пункты научной новизны, относящиеся к специальности 05.22.01 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте».

1. Формирование перспективных требований к транспортно-технологической системе организации перевозок СПГ с учетом географии перевозок, структуры грузопотоков, сезонности перевозок и других факторов.

2. Развитие методологических подходов к оценке спроса на ИПС для обеспечения мультимодальных и интермодальных перевозок.

3. Функциональный анализ основных систем рефрижераторного вагона, выполненный с использованием обобщенной конструктивной схемы, и полученная в виде графа функционального взаимодействия элементов технической системы и окружающей среды структура вагона, позволяют реализовывать высокоэффективные автономные системы энергоснабжения и энергохолодильное оборудование для востребованных рынком типов ИПС.

4. Определены и обоснованы рациональные сферы применения автономных систем энергоснабжения для изотермических и рефрижераторных вагонов с технической и экономической точек зрения.

Пункты научной новизны по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

5. Разработаны и реализованы математические модели колебаний и определены динамические характеристики модернизированной тележки КВЗ-И2 с подвагонным генератором и текстропным приводом от средней части оси колесной пары.

6. Предложена и проработана новая концепция обогрева грузового помещения для термосопригодных грузов, на основании которой создана и апробирована математическая модель термообработки штабеля груза в грузовом помещении изотермического вагона. Эта модель учитывает естественное гравитационное движение термообработанного теплого воздуха вокруг штабеля груза.

7. Разработана математическая модель термообработки штабеля груза с использованием жидкого азота в грузовом помещении вагона-термоса. Получены расчетные параметры расхода хладагента и потребного времени термообработки для различных видов замороженных грузов.

8. Адаптирована модель и выполнен расчет напряженно деформируемого состояния кузова изотермического вагона от воздействия парожидкостной смеси азота при захолаживании груза в грузовом помещении.

9. Созданы варианты математических моделей напряженно-деформируемого состояния кузова изотермического вагона в зависимости от компоновки специального оборудования. При этом были рассмотрены компоновочные решения энергохолодильного оборудования автономного рефрижераторного вагона - как базового, наиболее востребованного типа вагона.

10. Разработаны уточненная методика оценки статической нагруженности модернизированной конструкции кузова и методика оценки динамической нагруженности усовершенствованных частей вагона.

3. Практическая значимость работы.

Научные результаты, представленные в диссертации, имеют важное практическое значение для разработки и эксплуатации инновационного ИПС, что подтверждается актами внедрения АО «Рефсервис». Практическая значимость для вагоностроения подтверждается актами Армавирского завода тяжелого машиностроения и Проектно-конструкторского бюро вагонного хозяйства (ПКБ ЦВ), а также протоколом заседания научно-технического совета ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения».

Практическая значимость работы заключается в использовании результатов исследований при решении научных и производственных задач, связанных с созданием специализированного изотермического и рефрижераторного подвижного состава, а также средств доставки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров.

С учетом анализа результатов опроса специалистов методом экспертных оценок сформулированы технические требования к перспективному типу ИПС и его основным функциональным подсистемам с учетом передовых достижений в вагоностроении, электро - и холодильном машиностроении, а также информационных технологий.

Сформулированный общий алгоритм проектирования позволяет на основе блочно-модульного подхода конструировать основные функциональные блоки изотермических и рефрижераторных вагонов, обеспечивающих специализацию

вагонов по набору выполняемых ими функций и с учетом создания и поддержания специальных условий перевозки, необходимых для транспортировки СПГ.

Предложена структура железнодорожного рефрижераторного транспорта для перевозок СПГ, которая может обеспечить конкурентное ценовое преимущество отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Сформированы концептуальные и компоновочные решения для создания типоразмерного ряда изотермических вагонов с поддерживаемым в грузовом помещении температурным режимом. Разработан видоразмерный ряд специализированного подвижного состава для транспортировки СПГ, где на базе унифицированного теплоизолированного кузова могут быть реализованы различные типы изотермических и рефрижераторных вагонов с несколькими вариантами организации их энергоснабжения, обеспечивающие развитие технологических решений перевозок.

Разработаны все этапы рабочей конструкторской документации и изготовлен опытный образец автономного комплекса энергоснабжения на базе подвагонного вентильно-индукторного генератора (ВИГ) для перспективного рефрижераторного вагона, который был установлен на модернизированной тележке КВЗ-И2. Применение результатов работы подтверждается актом об использовании Проектно-конструкторским бюро вагонного хозяйства (ПКБ ЦВ) - филиала ОАО РЖД.

Получены и проанализированы результаты мониторинга скоростей движения рефрижераторной пятивагонной секции в груженом и порожнем состоянии. Полученные экспериментальные данные о продолжительности движения грузового поезда в диапазонах скоростей 5-40, 40-65, 65-85 км/ч, на направлении Дальний Восток-Центр позволили формализовать исходные данные для оптимального проектирования ВИГ по двум критериям: первый – достижение максимальной мощности для самого продолжительного по времени диапазона скоростей движения рефрижераторной секции (60-70 км/ч) и второй – по набору номинальной мощности со скорости движения 25 км/ч.

Разработаны все этапы рабочей конструкторской документации, изготовлен и прошел эксплуатационные испытания опытный образец системы захлаживания грузового помещения с помощью жидкого азота для модернизированного вагона-термоса с расширенными функциональными возможностями.

Получены аналитические и экспериментальные зависимости температурных полей грузового помещения отапливаемого изотермического вагона. С учетом специальных требований, предъявляемых к транспортировке термочувствительных СПГ, предложены и прошли апробацию в эксплуатационных условиях конструктивное устройство и технология работы новой системы обогрева.

4. Теоретическая значимость результатов

Теоретическая значимость полученных соискателем результатов для науки состоит в выполнении теоретических исследований, в частности:

- развития методологии организации перевозок СПГ, включая разработку теоретических основ, обоснование и реализацию комплексного подхода при создании технических решений современных технических средств и технологических мероприятий при разработке новых типов ИПС.

-проведения системного анализа теории и практики организации перевозок СПГ, инфраструктуры транспортно-технологических систем, методов конструирования и эксплуатации изотермических вагонов в современных рыночных условиях.

-разработаны и реализованы математические модели колебаний и определены динамические характеристики модернизированной тележки КВЗ-И2, оснащенной вентильно-индукторным подвагонным генератором с текстропным приводом от средней части оси колесной пары в сравнении с другими типами грузовых тележек

- предложена новая концепция обогрева для термосопригодных грузов, на основании которой разработана и апробирована математическая модель термообработки штабеля груза в грузовом помещении изотермического вагона, учитывающая естественное гравитационное движение термообработанного теплого воздуха вокруг штабеля груза, позволившая предложить обоснованные и экспериментально апробированные методы и средства перевозки для зимних условий.

- предложен комплекс инженерных решений по расчету напряженно-деформированного состояния кузова изотермического вагона от воздействия парожидкостной смеси азота при захолаживании груза в ГП и в зависимости от компоновки специального энергохолодильного оборудования.

5. Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов теоретических исследований подтверждается удовлетворительным соответствием результатов, полученных аналитически и методами математического моделирования. Результаты экспериментов, полученные при эксплуатационных, натурных и стендовых испытаниях, выполнены с личным участием автора с использованием оборудования и измерительных комплексов других исследовательских организаций.

Результаты исследований обсуждались на всероссийских и международных научных конференциях. По теме диссертации опубликовано 72 печатные работы, в том числе 3 в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России и 4 статьи в журналах, входящих в международную базу цитирования Scopus, монографии и 11 патентов. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

6. Оценка содержания диссертации, её завершенность

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения, основной части, представленной в семи главах, заключения, списка литературы из 250 наименований, и 4 приложений. Общий объем работы 401 страниц, в тексте содержится 131 рисунок и 35 таблиц.

Диссертация представляет решение актуальной научно-технической проблемы - развитие теории и практики организации перевозок скоропортящихся грузов (СПГ), а также совершенствования конструкций и методов эксплуатации изотермического подвижного состава, транспортно-технологических процессов организации перевозок,

Во введении представлено обоснование актуальности выбранной темы, сформулированы цель работы, задачи для достижения поставленной цели, изложена

общая характеристика диссертационной работы, указаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе представлен анализ состояния перевозок СПГ в условиях современной транспортной системы страны, который показал динамику объемов перевозимых СПГ и прогноз тенденции их изменения.

Показано, что одной из технологически сложных цепей поставок является логистические цепи доставки товаров, требующих поддержания температурного режима хранения с использованием специализированного ИПС. Эти потоки объединяются в понятие непрерывной холодильной цепи (НХЦ), включающей в себя комплекс средств холодильной техники и технологий, направленных на обеспечение режимов термообработки и хранения на всем пути от производителя до потребителя.

Изотермические вагоны, как грузовые единицы, и транспортно-технологические решения формируют инфраструктурные предпосылки развития видов экономической деятельности с продукцией, формирующих НХЦ железнодорожного хладотранспорта.

Выполнен маркетинговый анализ рынка СПГ по типам используемого ИПС и определены основные критерии и тенденций его развития.

Представлен анализ перспективных способов транспортировки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров (КРК). Рассмотрены и рекомендованы технологические факторы для повышения сохранности СПГ при хранении и транспортировке.

Во второй главе обоснована и разработана структура блок-схемы методологии развития предлагаемых технических решений для инновационного ИПС.

Предложенное условное функциональное и конструктивное разделение рефрижераторного вагона на отдельные подсистемы позволяет использовать при его конструировании уже разработанные методики, применяемые при проектировании грузовых и пассажирских вагонов и элементы творческих и поисковых методов конструирования, обеспечивающих получение новых технических решений в части специализации вагона по виду их назначения.

Выполнен обзор и анализ отечественных и зарубежных конструкций изотермических вагонов, систематизируются конструктивные схемы различных типов рефрижераторных вагонов.

Сформулированы критерии, которые позволили с использованием индивидуального метода и метода Дельфи определить приоритеты требований к техническим параметрам функциональных систем ИПС нового поколения, позволяющие сформулировать универсальную концепцию функционирования вагона.

В третьей главе определены концептуальные принципы для проектирования современного инновационного ИПС.

Отмечены сложности в формировании технико-экономических параметров и структуры ИПС, связанные с изменением в современных условиях транспортного рынка звеньев НХЦ железнодорожной инфраструктуры при перевозках СПГ.

Предлагается генерация вариантов нового поколения изотермических вагонов и контейнеров, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям рынка транспортных услуг и требованиям заказчиков перевозки СПГ.

С учетом этих требований предложены технические решения для предлагаемого типажа подвижного состава для перевозок СПГ:

- вагон-термос изотермический;
- изотермические вагоны с охлаждением жидким азотом в виде автономного жидкоазотного вагона и модификации вагона-термоса с азотной системой захлаживания;
- вентилируемый и отапливаемый изотермический вагон;
- автономный рефрижераторный вагон.

В четвертой главе представлены теоретические и экспериментальные исследования тепловых процессов СПГ в грузовом помещении изотермического вагона. Рассмотрены методы расчета процессов теплопереноса и воздухораспределения при термообработке перевозимых грузов

В рамках исследовательских работ были предложены, реализованы и апробированы принципиально новые для подвижного состава технические решения систем термостабилизации для отопления и охлаждения грузового помещения изотермического вагона.

Новая концепция обогрева грузового помещения отапливаемого изотермического вагона предлагает использование элементов системы обогрева, смонтированных в ограждающих конструкциях пола и боковых стен грузового помещения изотермического кузова. На основании новых технических решений системы обогрева в виде нагревательных кабелей (теплый пол) была разработана математическая модель термообработки штабеля груза в грузовом помещении изотермического вагона.

В этой модели учитывается естественное гравитационное движение термообработанного (теплого) воздуха вокруг штабеля груза.

В пятой главе рассмотрены особенности развития контейнерных перевозок в международных транспортных коридорах в современных условиях с учетом ограничений, вызванных пандемией.

Представлены материалы по возможным вариантам систем энергоснабжения для ИПС и КРК. Представлен анализ существующих вариантов автономных систем энергоснабжения холодильного оборудования.

При выборе вариантов систем энергоснабжения автономного рефрижераторного вагона рассмотрены возможности использования в качестве основного источника электроэнергии дизель-генераторной установки (на дизельном топливе и сжиженном природном газе). Дополнительным источником электроэнергии при движении вагона со скоростью движения 700-1000 км/сутки предполагается использование вентильно - индукторного подвагонного генератора, установленного на тележке типа КВЗ-И2.

Использование двух источников энергоснабжения позволит увеличить автономность и сократить эксплуатационные затраты рефрижераторного вагона.

В шестой главе проведен анализ компоновочных решений расположения энергохолодильного оборудования существующих рефрижераторных вагонов. Использование агрегатированного энергохолодильного оборудования и модернизационный ресурс - эти два принципа положены в основу формирования универсальной конструкции кузова рефрижераторного вагона.

В качестве рассмотрения для выбора рациональных схем расположения холодильного оборудования в кузове рассматриваются варианты, которые ранее не

использовались для рефрижераторных вагонов, но являются целесообразными с точки зрения рационального расположения холодильного оборудования и увеличения полезного объема грузового помещения.

Расчет вариантов исполнения кузова произведен методом конечных элементов на основе использования системы расчета и проектирования механических конструкций и оборудования в области машиностроения «APM WinMachine». Разработка конечно-элементной модели кузова вагона осуществлялась на основании комплекта конструкторской документации.

Анализ результатов расчетов по трем вариантам размещения холодильно-нагревательной установки показал достаточную прочность, и возможность относительно простой модернизации имеющейся металлоконструкции кузова изотермического вагона.

Также для случая использования жидкого азота для охлаждения груза в вагоне-термосе рассмотрены вопросы прочности кузова. Получены предельно допустимые значения избыточного давления в грузовом помещении изотермического вагона.

В седьмой главе представлен комплексный анализ состояния исследований и разработок ходовых частей для ИПС. Рассмотрена классификация конструкций грузовых тележек различного назначения, грузоподъемности и скорости движения в рамках существующих нормативных документов.

Показана эволюция автономных систем энергоснабжения вагонов с подвагонными генераторами. Разработана компьютерная модель в программе «Универсальный механизм» для исследования колебаний вагона с тележками КВЗ-И2 и текстропным приводом подвагонного генератора, с учетом нелинейных свойств тележки КВЗ-И2, которая была учтена при проектировании модернизированной тележки КВЗ-И2 в проекте ПКБ ЦВ М 1825.000.

На испытательном участке полигона ВНИИЖТа Белореченская – Майкоп автором проведены экспериментальные исследования динамических качеств тележки КВЗ-И2. Это позволило качественно оценить динамические характеристики основных типов грузовых, пассажирских и грузопассажирских тележек при одинаковых условиях качества железнодорожного пути.

В приложениях представлено технико-экономическое обоснование использования комплекса автономного энергоснабжения для энергоснабжения отапливаемого изотермического вагона и акты использования ПКБ ЦВ, АО «Рефсервис», АЗТМ.

7. Соответствие диссертации заявляемым научным специальностям

Представленная диссертационная работа соответствует следующим научным специальностям.

- По специальности 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»:

-п. 1 «Эксплуатационные характеристики и параметры подвижного состава, повышение их эксплуатационной надежности и работоспособности...»,

-п. 4 «Совершенствование подвижного состава...»,

-п.5 «Подвижной состав нового поколения...»

- п. 6 «Оценка динамических и прочностных качеств подвижного состава...».

По специальности 05.22.01 «Транспортные и транспортно - технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»:

-п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, технологии работы»,

-п. «Оптимальная структура подвижного состава»,

-п. 5 «Технологии перевозок различными видами транспорта, мультимодальные перевозки; международные и транзитные перевозки».

8. Замечания по диссертационной работе

По конструктивным решениям ходовых частей инновационного изотермического подвижного состава

1. Автором выполнен анализ ходовых частей специализированного подвижного состава и справедливо отмечается, что необходимо искать новые конструктивные решения. Однако результат не содержит обобщения рассматриваемых конструкций, что общего и в чем различия рассматриваемых тележек и какие направления развития конструкций следует считать перспективными?

2. В 7 главе не описываются требования к ходовым частям, которые оговаривают предлагаемые инновационные решения. В связи с этим возникает вопрос: «Какими динамическими качествами должны обладать ходовые части?»

3. Выполнено описание конструкций приводов для автономного электроснабжения вагонов, но не рассмотрен вопрос о том, какой привод лучше? Какими качествами он должен обладать и можно ли их определить для конкретной конструкции?

4. Исследование динамики ходовых частей и вагона слабо связано с инновационными решениями, которые предлагается применять. Например, как влияет на конструкцию тележки или ее динамические качества расположение холодильного оборудования или его технические характеристики и требования к эксплуатации?

5. Представленная в работе тележка с текстропным приводом вентильно-индукторного генератора от средней части оси, безусловно, заслуживает внимания, однако не освещен вопрос ее обслуживания в пути следования и при подготовке в рейс.

По обобщенным конструктивным схемам ИПС для транспортной системы железных дорог России

6. В 6.3.4 отсутствуют рекомендации по снижению массы кузова, например с помощью высокопрочных сталей, или алюминиевых сплавов. В этом случае конструкция кузова претерпела бы изменения.

7. На странице 87 приведено общее количество элементов, но отсутствуют показатели качества построенной сетки.

8. В 6.3.2 не приведены вид и значения приложенных нагрузок в модели кузова, а также наложенные закрепления (ограничения), в связи с этим сложно оценить результаты в таблицах 6.5-6.7. Насколько целесообразно считать РПС по первому режиму нагружения с учетом того, что с его не рекомендуется спускать с горок?

9. В работе имеются замечания редакционного и оформительского плана.

9. Заключение по диссертации

Докторская диссертация к.т.н. Ворона Олега Андреевича является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная и важная научно-техническая проблема - совершенствование конструкций и методов эксплуатации железнодорожного подвижного состава, транспортно-технологических процессов организации перевозок, решение которой будет способствовать дальнейшему повышению продовольственной безопасности Российской Федерации.

Работа содержит теоретические, экспериментальные, расчетные и эксплуатационно-статистические исследования, научно-технические и технологические решения по всем типам изотермических вагонов, крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров и средств их доставки.

Содержание данной работы соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям: 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация и 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте.

Официальный оппонент - Петров Геннадий Иванович

Доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»
ФГАОУ ВО «Российский университет
транспорта» РУТ (МИИТ)

Научная специальность

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

Адрес: 127055, г. Москва, ул. Новосущёвская, д., стр. 1;

Тел.: моб. 8-9169247464

раб.(495)684-21-83

E-mail: petrovgi@gmail.com

«16» марта 2022 г.

(подпись)

Подпись заверяю



Подпись Петрова Г. И.
Заведующий
Директор ИКЛДС
С. Н. Коржин