

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Петрова Михаила Борисовича на диссертационную работу Ворона Олега Андреевича на тему «Методология развития инновационного изотермического подвижного состава в транспортной системе страны», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация; 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

1. Актуальность избранной темы

Сложная и пространственно-рассредоточенная национальная транспортная система ориентирована на обеспечение всех видов перевозок во внутреннем и международном сообщениях, обеспечение транзита по всей номенклатуре родов грузов. При этом, обеспечивающая сущность транспорта в экономической системе страны требует формирования безбарьерных коридоров и каналов организации материальных потоков в интересах национальной экономики. В отличие от массовых грузов, требующих развития универсального подвижного состава и инфраструктуры транспорта, специализированные грузы, к которым относятся скоропортящиеся грузы (СПГ), требуют формирования и развития всей цепочки проектных решений для их обеспечения: предприятия транспортного машиностроения для проектирования и производства изотермического подвижного состава (ИПС) и транспортных средств для реализации непрерывных холодильных цепей (НХЦ), предприятия для текущего обслуживания и ремонта, мощности для обеспечения перевозочного процесса с использованием ИПС и другое. Спрос на такие технологии в отечественной практике в первую очередь диктуются перевозками в широтном направлении по территории нашей страны – перевозки продуктов питания и мороженой продукции в направлении Дальний Восток и Центральная часть Российской Федерации.

Другой аспект проблемы, это сокращение, моральный и физический износ ИПС и рефрижераторного подвижного состава (РПС)), используемые для перевозок на дальние расстояния, сокращение исследований в инновационный подвижной состав, включая ИПС, сокращение, а в некоторых направлениях полная потеря, железнодорожной инфраструктуры для обслуживания ИПС.

Также следует отметить, повышение конкуренции между железнодорожным и автомобильным видами транспорта в перевозках СПГ на расстояния до 2-3 тыс. км. Рост требований к условиям организации транспортировки вместе с развитием технологий перевозок СПГ требует пересмотра методологических основ проектирования, производства и эксплуатации ИПС на железнодорожном транспорте и в транспортной системе страны при организации мультимодальных и интермодальных перевозок.

Вышеприведенные и другие факторы определяют актуальность тему диссертационного исследования Ворона Олега Андреевича.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе подтверждается используемыми теоретическими, эмпирическими и экспериментальными методами исследования, основанные на методах математической статистики, технической термодинамики, теории тепломассообмена, теории подобия, методе анализа иерархий (Саати), экспертных оценок, методе актуализации технических решений (МАТР), использовании современных прикладных программ для расчета и проектирования механических конструкций и оборудования в области машиностроения, проведении экспериментальных исследований с привлечением методов активного многофакторного эксперимента на современном оборудовании. Все полученные автором результаты, выводы и рекомендации обоснованы экспериментальными, статистическими и математическими методами.

3. Достоверность и новизна, полученных результатов

Достоверность результатов исследований подтверждается соответствием результатов, полученных аналитическими методами, математическим моделированием и результатами экспериментов. Результаты исследований получили широкое обсуждение на научных и практических конференциях разного уровня, представлены в печатных работах, включая 23 статьи в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России и 4 статьи в журналах, входящих в международную базу цитирования Scopus, 2 монографии и 11 патентов.

Научная новизна работы заключается в развитии методологии ИПС для обеспечения НХЦ поставок в национальной транспортно-технологической системе, направленная на создание новой технологической платформы в сегменте перевозок СПГ, в частности:

- Формулирование и обоснование перспективных требований к транспортно-технологической системе организации перевозок СПГ;
- Развитие методик оценки спроса на ИПС для обеспечения мультимодальных и интермодальных перевозок СПГ;
- Выполненный функциональный анализ основных систем РПС и граф функционального взаимодействия элементов технической системы и окружающей среды;
- Обоснованные рациональные сферы применения автономных систем энергоснабжения для ИПС и РПС;
- Разработанные и реализованные математические модели колебаний и динамические характеристики модернизированной тележки КВЗ-И2 с текстропным приводом от средней части оси подвагонного генератора;
- Предложенная и проработанная новая концепция обогрева грузового помещения (ГП) изотермического вагона (ИВ) для термосопригодных грузов и математическая модель термообработки штабеля груза в ГП ИВ, учитываю-

щая естественное гравитационное движение термообработанного теплого воздуха вокруг штабеля груза, которая позволяет реализовать новые транспортно-технологические схемы организации перевозок СПГ;

– Разработанная математическая модель термообработки штабеля груза с использованием жидкого азота в ГП вагона-термоса, расчетные параметры расхода хладагента и потребного времени термообработки для различных видов замороженных грузов;

– Адаптированная модель и выполненный расчет напряженно-деформированного состояния кузова ИВ от воздействия парожидкостной смеси азота при захолаживании груза в ГП;

– Варианты математических моделей напряженно-деформированного состояния кузова ИВ в зависимости от компоновки специального оборудования;

– Разработанная и уточненная методика оценки статической нагруженности модернизированной конструкции кузова и методика оценки динамической нагруженности усовершенствованных частей РПС.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость полученных автором результатов заключается в развитии методологии формирования ИПС для отечественной транспортной системы в современных условиях трансформации грузопотоков, увеличении конкуренции между видами транспорта, доступности отечественного транспортного рынка для иностранных перевозчиков, достаточно высокого морального и материального износа железнодорожной инфраструктуры для перевозок СПГ.

Представленные в исследовании результаты направлены на комплексное развитие транспортных и транспортно-технологической системы страны и разработки и реализации адекватного ИПС для перевозок СПГ, в частности:

- Сформированные и обоснованные перспективные требования к ИПС транспортной системы, включая оценку спроса на ИПС для обеспечения мультимодальных и интермодальных перевозок для организации перевозок СПГ в современных условиях;

- Выполненный анализ основных систем рефрижераторного вагона и полученная в виде графа функционального взаимодействия элементов технической системы и окружающей среды структура вагона для выработки и реализации высокоэффективных автономных систем энергоснабжения и энергохозяйственного оборудования для современного рынка ИПС, а также обоснование рациональных сфер их применения для ИВ и РПС;

– Математическая модель колебаний и определенные динамические характеристики модернизированной тележки КВЗ-И2;

– Концепция обогрева ГП для термоспригодных грузов, на основании которой разработана и апробирована математическая модель термообработки штабеля груза в ГП ИВ;

– Адаптированная модель и выполненный расчет напряженно-деформированного состояния кузова ИВ от воздействия парожидкостной смеси азота при захлаживании груза в ГП;

– Математические модели напряженно-деформированного состояния кузова ИВ в зависимости от компоновки специального оборудования.

Практическая значимость полученных автором результатов заключается в доведении результатов исследования до предложений и практических рекомендаций к проектированию ИПС для транспортной системы страны, в частности:

– Сформулированы технические требования к перспективному типуажу ИПС и его основным функциональным подсистемам (блокам) с учетом передовых достижений в вагоностроении, электро- и холодильном машиностроении, а также сфере информационных технологий;

– Предложенный алгоритм проектирования ИПС, который позволяет на основе блочно-модульного подхода конструировать основные функциональные блоки ИВ и РПС, с учетом специализации вагонов по набору выполняемых ими функций и поддержания специальных условий перевозки, необходимых для транспортировки СПГ;

– Предложенная структура железнодорожного рефрижераторного транспорта для перевозок СПГ, которая обеспечит конкурентное ценовое преимущество отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках;

– Разработанные этапы рабочей конструкторской документации и изготовлен опытный образец автономного комплекса энергоснабжения на базе подвагонного вентильно-индукторного генератора (ВИГ) для перспективного РПС;

– Рабочая конструкторская документации, изготовление и эксплуатационные испытания опытного образца системы захлаживания грузового помещения с помощью жидкого азота для модернизированного вагона-термоса с расширенными функциональными возможностями;

– Использование технических решений при проектировании вагона-термоса модели 16-6962 и изотермического автономного вагона модели 16-6973 производства Армавирского машиностроительного завода – филиала ОАО «Новозыбковский машиностроительный завод».

5. Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертационная работа включает введение, основную часть, представленная семи главами, заключения, списка литературы из 250 наименований и 4 приложений. Общий объем работы 401 страниц, 131 рисунок и 35 таблиц.

Во введении отмечается актуальность повышения безопасности пассажирских вагонов при опрокидывании. Отмечена степень разработанности темы. Сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов

В первой главе выполнен анализ современного состояния и тенденций развития транспортно-технологических систем для организации перевозок СПГ и направлений развития ИПС в современных условиях.

Выполненный анализ и обзор показал, что разработка конкурентоспособной конструкции ИПС может быть реализовано на основе комплексного учета зависимостей между частями механической системы и факторами транспортной системы, взаимодействующими с ней, учета требований к технологии перевозок, структуры грузопотока и других факторов. Обоснована необходимость в структурно-системном подходе к конструированию специализированных ИВ.

Во второй главе приводится обоснование методов актуализации технических решений в области ИПС, в частности:

- Выполнен обзор и анализ отечественных и зарубежных конструкций ИВ, конструктивных схем ИПС, на основе которого сделан вывод о том, что их основной частью является теплоизолированный цельнометаллический кузов соединенный с рамой;

- Показано, что наилучшие технико-экономические показатели реализуются у вагонов с наиболее полным использованием габаритного пространства и осевых нагрузок, конструкции вагоны-ледники перспективы не имеют, требования к теплотехническим характеристикам и климатическому исполнению изотермических кузовов российских вагонов имеют более жесткие нормируемые значения;

- Предложена классификация функциональных систем ИПС по группам, включающим в себя конструкции рамы и кузова, энергосилового и холодильного оборудования;

- Составлена блок-схема взаимосвязей потребительских параметров от функциональных систем ИПС по группам и определены основные направления и перспективы их совершенствования;

- Проведен функциональный анализ АРВ нового поколения как самого сложного типа ИПС.

Третья глава, посвященная формированию концептуальных принципов для проектирования современного ИПС с учетом требований к инновационности вновь создаваемого подвижного состава, включает такие вопросы и решения, как:

- Генерация вариантов нового поколения изотермических вагонов и контейнеров, которые должны адаптироваться к изменяющимся условиям рынка транспортных услуг и требованиям заказчиков перевозки СПГ, проектируются на основе блочно-модульного подхода по набору выполняемых им функций при транспортировке с учетом их локализации к рынку перевозок, в частности, для перевозки СПГ по территории стран евроазиатского союза.

- Сформулированы технические решения, составляющие модели вагонкомплекта на базе изотермического кузова для ВТ и РПС;

- Оптимальная структуры ИПС (изотермических и рефрижераторных вагонов, КРК и различных технологий и средств их доставки) возможно после

продолжительной эксплуатации этого подвижного состава на определенных маршрутах перевозок СПГ и др.

Четвертая глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям тепловых процессов СПГ в ГП ИВ. Приведен анализ и развитие методов расчета процессов теплопереноса при термообработке грузов.

Предложена математическая модель термообработки штабеля груза в грузовом помещении изотермического вагона, учитывающая естественное гравитационное движение термообработанного (теплого) воздуха вокруг штабеля груза. Показано, что в математическом моделировании при описании реальных процессов тепло- и массообмена основные сложности представляют граничные условия, которые описывают характер нестационарных внешних и внутренних взаимодействий системы «охлаждаемое помещение – груз». Проведен качественный анализ моделей и расчетных схем циркуляции воздушных потоков в грузовом помещении рефрижераторных вагонов и в штабеле груза, а также методики расчета и анализа процесса охлаждения штабеля перевозимого груза, апробированы технические средства и конструктивное исполнение системы обогрева «теплый пол» с новой концепцией обогрева ГП.

Выполнено численное моделирование и верификация результатов термообработки штабеля с помощью нагревательной системы «теплый пол» с использованием пакета ANSYS и расчетной среды ANSYS Workbench.

Разработана математическая модель процесса охлаждения штабеля груза азотом, в которой ГП рассматривается как система циркуляции потока газа, обдувающего штабель груза, выполнено сравнение расчетных температур газа и продукта с данными, полученными в опытных перевозках которое показало качественное совпадение результатов, с относительной ошибкой моделирования в 10–12 %.

В пятой главе представлено развитие систем автономного энергоснабжения для ИПС и средств доставки КРК в транспортно-технологической системе перевозок СПГ. Определены особенности развития контейнерных перевозок международных транспортных коридорах в современных условиях для формирования требований к системам энергоснабжения для КРК и перспективных средств доставки рефрижераторных контейнеров.

Проведен качественный анализ возможных вариантов систем энергоэффективного электроснабжения, используемые как для одиночных АРВ, так и группового РПС. Разработана классификация возможных вариантов систем энергоснабжения.

Предложено для перспективного АРВ использовать для комплектования систем энергоснабжения блочно-модульный принцип формирования энергохолодильного оборудования.

Показано, что использование генераторно-приводной установки с подвагонным генератором, в зависимости от скоростей движения грузового поезда на маршрутах значительной протяженности, позволит экономить дизель-генераторной установке вагона от 30 до 70 % топлива.

В шестой главе предложены обоснованы варианты компоновочных решений ХНУ и определены перспективные, разработаны четыре объемные конечно-элементные модели кузовов для изотермических вагонов.

Выполнен анализ результатов расчетов по всем вариантам размещения ХНУ, что показал достаточную прочность и возможность относительно простой модернизации имеющейся металлоконструкции кузова изотермического вагона.

Произведен расчет и оценка напряженно-деформированного состояния кузова ИВ от воздействия парожидкостной смеси азота при захолаживании груза в ГП ИВ. Показано, что при увеличении давления наибольшие напряжения проявляются в элементах дверного проёма и, далее, на верхней обвязке торцевой стены. Определена величина предельно допустимого давления в грузовом помещении, которая составляет для порожнего вагона 3000 Па, для груженого – 2500 Па.

В седьмой главе - конструктивные решения ходовых частей инновационного изотермического подвижного состава, приведены технические характеристики ходовых частей грузовых и пассажирских вагонов показал для их использования в ИПС. Показано, что для специализированного ИПС необходимо использовать тележки грузопассажирского типа с рациональным соотношением «скорость – осевая нагрузка».

Технические решения и возможности модернизации тележек в части оснащения их генераторно-приводными установками, по результатам исследования, позволяют реализовать мощность подвагонного генератора от 8 до 32 кВт. При этом лучший «модернизационный ресурс» имеют тележки со сварной жесткой рамой.

Проведены исследования тележки КВЗ-И2, позволяющие качественно сравнить и оценить динамические характеристики грузовых, пассажирских и грузопассажирских тележек, полученные при прохождении испытательного скоростного участка Белореченская – Майкоп.

Определены параметры грузовых тележек для разного типа ИВ и РПС:

- для вагонов-термосов, не имеющих энергохолодильного оборудования, использование грузовых тележек 2-го или 3-го типов, причем использование увеличенной осевой нагрузки на ось до 25 т позволит повысить грузоподъемность вагона;

- для рефрижераторных вагонов с энергохолодильным оборудованием целесообразно применение грузопассажирских тележек с возможностью модернизации в части оснащения их генераторно-приводными установками;

- для фитинговых платформ, предназначенных для транспортировки крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров в составе контейнерных сцепов использование грузовых тележек 1-го типа с возможностью оснащения их генераторно-приводными установками.

6. Достоинство и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

Диссертация является целостной завершенной научно-квалификационной работой, выполненной с применением современных расчетных и экспериментальных методов. Автор успешно, обоснованно и корректно использует опыт, результаты и достижения ведущих научных школ железнодорожной отрасли.

В работе широко и компетентно используются результаты исследований зарубежных ученых и нормативных документов. Среди достоинств работы следует отметить большой объем работ, который выполнил автор при формировании требуемых критериев ИПС и проведения экспертных оценок, а также апробации в условиях реальной эксплуатации системы обогрева грузового помещения отапливаемого изотермического вагона.

Вместе с тем, отмечены следующие недостатки в содержании и оформлении диссертации:

1. На стр. 24 автор приводит статистику по соблюдению нормативного температурного режима на этапах НХЦ по данным ГНУ ВНИХИ Россельхозакадемия. Научно-практический интерес представляет потери, связанные такими нарушениями и их причины, которые должны быть положены в базис технологических решений по новому ИПС.

2. На рис. 1.3 приводится «Структура и потребность в ИПС», в котором отражены данные по балансу в 2016 году и дефицит 2020 г. Поскольку статистика по двум показателям приводится за разные годы, они не дают представления о реальном дефиците ИПС.

3. Автором приводится достаточно обширный статистический анализ перевозок до 2020 года. 2020 год следует рассматривать как период структурных изменений в грузоперевозках из-за эпидемиологических факторов. При анализе данных, автором не учитывается этот фактор.

4. В п.1.3 автором проведен подробный анализ состояния ИПС на железнодорожном транспорте страны. Автору следовало бы провести анализ динамики выпуска ИПС по типологии за последние годы, для определения тенденций спроса на ИПС, анализ производственных мощностей предприятий по производству ИПС.

5. Исследованию технологических и инфраструктурных возможностей перевозок СПГ на других видах транспорта, на наш взгляд, уделено автором недостаточное внимание. В северо-западной, центральной и юго-западной частях нашей страны преимущество в перевозках СПГ будет иметь автомобильный транспорт.

6. Представленная на рис. 1.15 методология исследования ТИ для перевозок СПГ не включает исследования мирового рынка транспортных услуг. Международные транспортные компании со своей инфраструктурой, локализованной на отечественном рынке, могут представлять инновационные решения для перевозок СПГ.

7. На рисунке 2.1. не присутствуют, обозначенные в названии «обратные связи»

8. Подписанные надписи на рисунках 2.19 и 2.10 не раскрывают их содержания. Тем более что и описание рисунков не в полной мере раскрывают сущность анализа.

9. На стр. 144 (3 абзац снизу) определяет два варианта системы энергообеспечения. Затем обосновывается состав первого варианта – с подвагонным генератором и статическим преобразователем, а второй вариант не выделен, либо отсутствует.

10. В работе не выделены требования, которые предъявляются к конструкции вагонов и энергохолодильному оборудованию, в зависимости от требуемых условий при перевозках скоропортящихся грузов.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не влияют на теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

7. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. М.: Стандартинформ. – 2012

Диссертация и автореферат соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-9 2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» М.: Стандартинформ. – 2012.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положение о присуждении учёных степеней» по пунктам 10, 11 и 14

В соответствии с п.10 диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов и рекомендации по использованию научных выводов.

В соответствии с п.11 основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в рецензируемых научных изданиях.

В соответствии с п.14 в диссертации содержатся ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также на результаты научных работ, выполненные лично соискателем ученой степени и в соавторстве.

Таким образом, диссертация Ворона Олега Андреевича соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по созданию новых типов и рациональной модернизации существующего изотермического подвижного

состава, внедрение которых вносит значительный вклад в повышения продовольственной безопасности страны, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям: 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация; 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

Официальный оппонент,
Петров Михаил Борисович,
доктор технических наук по специальности
05.22.01 – – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, доцент.
Институт экономики УрО РАН, руководитель центра развития и размещения производительных сил
Адрес: 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская , д. 29
Телефон: +7-961-775-35-15
E-mail: michpetrov@mail.ru
«23» марта 2022 г.

М.Б. Петров

*Подпись заверяю
печать организации*

