

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



Транспортное
машиностроение



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ТРАНСПОРТ
РОССИИ

XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

16 – 18 ноября 2021 | Москва, «Гостиный Двор»

ТРАНСПОРТНАЯ
НЕДЕЛЯ
2021

СКОРОСТЬ

БЕЗОПАСНОСТЬ

ТРАНСПОРТ

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

www.transweek.digital

ИННОВАЦИИ

**ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ**

- Комаров В. В., Андрианов Ю. В.**
Правовое обеспечение процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств 3
- Малевич Ю. В., Ксенофонтова Е. М., Пластуняк И. А.**
Развитие транспортной системы ЕАЭС: системный подход 7

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Журавлева Н. А., Сакович И. Л.**
Зеленые инвестиции и их влияние на транспортные проекты устойчивого роста 11
- Гульй И. М.**
Влияние цифровой трансформации на структуру себестоимости транспортных услуг 16
- Постников Р. А., Палкина Е. С.**
Процессный подход к организации деятельности судостроительного предприятия 19

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

- Гладков Г. Л., Моргунов К. П., Гарибин П. А., Колосов М. А.**
Гидроморфологический режим и судоходные условия в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла: проблема и пути решения 24

ТРАНСПОРТНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

- Титова Т. С., Бороненко Ю. П., Цыганская Л. В.**
«От идеи — до внедрения»: 25 лет работы над инновациями в подвижной состав 31
- Ромен Ю. С., Белгородцева Т. М., Дедаев М. В.**
Состояние ходовых частей вагона и силы взаимодействия в системе «экипаж — путь» 36
- Бороненко Ю. П., Меркушев С. В.**
Причины излома пружин тележек типа 18–100 в эксплуатации..... 41
- Дмитриев С. В., Коновалов А. И.**
Метод испытаний боковых рам тележек грузовых вагонов с нагруженностью, адекватной эксплуатационной 44
- Зайнитдинов О. И., Даукша А. С.**
Сменный кузов для перевозки тарно-штучных грузов ... 47
- Крон И. Р., Поляков Б. О.**
Расчетно-экспериментальный метод определения основного сопротивления движению подвижного состава с применением цифровых моделей 50
- Чернышева Ю. В.**
Особенности движения грузового поезда по неровностям железнодорожного пути в стационарных режимах 54
- Аннотации** 58
- Abstracts** 59

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, экономике, практике

Учредители

Петербургский государственный университет путей сообщения,
ООО «Издательский дом Т-ПРЕССА»,
Российская академия транспорта

Издатель

ООО «Издательский дом Т-ПРЕССА»

При поддержке
Объединенного научного совета по междисциплинарным
проблемам транспортных систем РАН

Генеральный директор

Людмила Карпичева

Главный редактор

Олег Тимофеев

Заместитель главного редактора

Игорь Киселев

Научный редактор

Дмитрий Ефанов

Руководитель проекта

Марина Леонова

Арт-директор

Сергей Тюрин

Литературный редактор

Андрей Гурьев

Корректор

Анна Кузьмина

Референт

Людмила Филиппова

Переводчик

Дмитрий Иванов

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77- 34452 от 03.12.2008

выдано Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.

Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

При перепечатке опубликованных материалов ссылка на журнал «Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике» обязательна.

Адрес редакции:

190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9
Тел./факс: (812) 310-40-97
rt@rostransport.com
www.rostransport.com

Редакция журнала не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 15.09.2021

Отпечатано:

ООО «АКЦЕНТ Типография»
(Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 60, лит. И)

Заказ №

Редакционный совет

Олерский В. А. — председатель редакционного совета
журнала

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздушного транспорта

Ефимов В. Б. — президент Союза транспортников России

Мишарин А. С. — президент Российской академии транспорта

Гапанович В. А. — президент НП «ОПЖТ»

Тимофеев О. Я. — главный редактор журнала «Транспорт РФ»

Редакционная коллегия

Тимофеев О. Я. — председатель редакционной коллегии,
главный редактор

Сапожников В. В. — заместитель председателя редакционной коллегии, профессор ПГУПС

Ефанов Д. В. — заместитель ген. директора по научно-исследовательской работе ООО НТЦ «Комплексные системы мониторинга», профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта

Белозеров В. Л. — представитель РОСПРОФЖЕЛ в Северо-Западном федеральном округе, профессор кафедры «Экономика транспорта» ПГУПС

Бельй О. В. — директор по науке СПбНЦ РАН, председатель Объединенного научного совета по междисциплинарным проблемам транспортных систем РАН

Бороненко Ю. П. — заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС, генеральный директор АО «НВЦ «Вагоны»

Дунаев О. Н. — председатель подкомитета по транспорту и логистике комитета РСПП по международному сотрудничеству, директор Центра стратегического развития логистики

Дудкин Е. П. — руководитель НОЦ ПГУПС «Промышленный и городской транспорт»

Журавлева Н. А. — заведующая кафедрой «Экономика транспорта» ПГУПС, директор ИПЭБУ ПГУПС

Киселев И. П. — профессор кафедры «Строительство дорог транспортного комплекса» и кафедры «История, философия, политология и социология» ПГУПС

Клештик Томаш — профессор, заведующий кафедрой «Экономика» факультета эксплуатации и экономики транспорта и коммуникаций Жилинского университета, Словакия

Костылев И. И. — заведующий кафедрой «Теплотехника, судовые котлы и вспомогательные установки» ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова

Кравченко П. А. — научный руководитель Института безопасности дорожного движения СПбГАСУ

Куклев Е. А. — директор Центра экспертизы и научного сопровождения проектов при Санкт-Петербургском государственном университете гражданской авиации (СПбГУГА)

Мачерет Д. А. — заведующий кафедрой «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ), первый заместитель председателя объединенного ученого совета ОАО «РЖД»

Панычев А. Ю. — ректор ПГУПС

Пимоненко М. М. — доцент кафедры «Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Смулов М. Ю. — заведующий кафедрой «Коммерческая деятельность» СПбГУГА

Соколов А. М. — вице-президент Союза «Объединение вагоностроителей»

Шнайдер Экхард — профессор Фраун-Гоферовского института неразрушающего контроля, Германия

Правовое обеспечение процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств



В. В. Комаров,
канд. техн. наук, доцент,
первый заместитель генерального
директора ОАО «Научно-исследовательский
институт автомобильного транспорта»
(ОАО «НИИАТ»)
по научной работе



Ю. В. Андрианов,
канд. техн. наук, заведующий
научно-исследовательским
отделом
ОАО «НИИАТ»

Развитие в нашей стране беспилотных автомобильных технологий предполагает принятие соответствующей правовой базы. В настоящий момент главным этапом в этом направлении должна стать разработка федерального закона, регламентирующего отношения в данной сфере и обеспечивающего проведение единой государственной инновационной политики на автомобильном транспорте.

Оптимистичные прогнозы предполагают, что высокоавтоматизированные транспортные средства (ВАТС) будут составлять до 30 % парка автомобилей к 2040 году [1]. В краткосрочной перспективе, скорее всего, доля ВАТС на дорогах будет незначительной (рис. 1).

Развитие высокоавтоматизированного транспорта потребует проведения существенных институциональных изменений в области автомобильного транспорта и дорожного хозяйства [2–4].

К правовым условиям, необходимым для обеспечения реализации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС (рис. 2), относятся:

- полномочия участников отношений в сфере обращения ВАТС;
- требования к ВАТС;
- требования в отношении интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры (ИДТИ);

- требования и условия функционирования автоматизированной информационной системы ВАТС;
- обеспечение безопасной эксплуатации ВАТС;
- основы деятельности в сфере эксплуатации ВАТС;
- ответственность за нарушение законодательства о ВАТС.

Развитие международного законодательства в сфере автомобильного транспорта

Разрабатываемые Глобальным форумом по безопасности дорожного движения Организации Объединенных Наций (WP.1) поправки к Конвенции о дорожном движении 1968 г. (конвенция) позволят договаривающимся сторонам постепенно внедрять ВАТС на приемлемых для себя условиях [5].

К областям, в которых необходимы изменения или дополнения к существующему тексту, относится раздел определений.

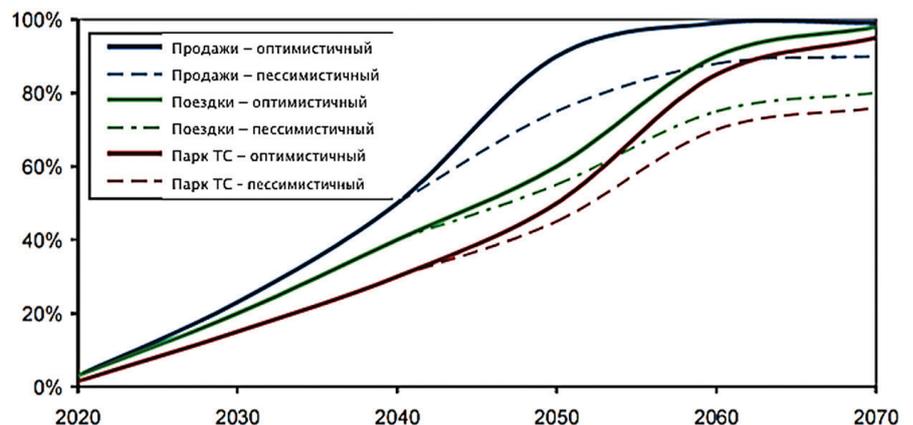


Рис. 1. Прогноз распространения высокоавтоматизированных транспортных средств



Рис. 2. Правовые условия, необходимые для обеспечения реализации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС

Под термином «водитель» предлагается понимать всякое лицо, изнутри или снаружи управляющее транспортным средством.

Изменен термин «пользователь дороги», который означает любого участника дорожного движения, например пешехода, велосипедиста или водителя, а также автоматизированную систему вождения (АСВ) [2], активированную водителем.

Проект поправок обязует пользователей дороги, включая водителей и их автоматизированные транспортные средства, в случае если АСВ активна, немедленно выполнять любое указание правоохранительных органов и лиц, уполномоченных регулировать дорожное движение.

Сохраняется положение конвенции, что каждое транспортное средство, включая таковые с АСВ, должно иметь водителя. Водитель может самостоятельно осуществлять динамическое управление, используя систему помощи или без нее, а также может делегировать динамическое управление АСВ. Водитель должен быть в состоянии активировать или деактивировать АСВ посредством конкретной команды. Любая ссылка на водителя или пользователя дороги в связи с осуществлением динамического управления так-

же относится к автоматизированному транспортному средству и его АСВ, когда она активна.

Водителю транспортного средства (ТС) следует избегать любых действий, которые не связаны с вождением. Водитель, когда АСВ его транспортного средства активна, может выполнять другие действия, не связанные с вождением, при условии, что эти действия не мешают ему (ей) безопасно реагировать на требования АСВ взять на себя задачу управления, если это необходимо. В национальном законодательстве договаривающихся сторон следует установить правила в этой области. Водитель ВАТС должен иметь возможность активировать или деактивировать АСВ своего транспортного средства и поддерживать с ней связь, с тем чтобы иметь возможность управлять ею.

Пассажиры транспортного средства должны соблюдать любые указания по безопасности, данные водителем или АСВ, в зависимости от обстоятельств. Пассажиры не должны без необходимости отвлекать водителя или мешать нормальной работе АСВ.

Помимо этого, АСВ должна соответствовать национальному законода-

тельству, регулиющему эксплуатацию ВАТС. В соответствии с этим положением договаривающиеся стороны могут также вводить в действие дополнительные требования об эксплуатации автоматизированной системы вождения. Ни одна из сторон не обязана соглашаться с эксплуатацией АСВ на своей территории или предпринимать действия для ее недопущения только по той причине, что другая сторона допускает их эксплуатацию.

Предусматривается, что договаривающиеся стороны могут отказываться в допуске на свою территорию в международное движение автотранспортных средств, прицепов или составов транспортных средств, включая ВАТС, которые соответствуют только национальным стандартам в области транспортных средств, но не международным признанным стандартам в указанной области.

Развитие законодательства Российской Федерации в сфере ВАТС

Каждая договаривающаяся сторона конвенции может определять в национальном законодательстве предписания, дополняющие положения конвенции или являющиеся более строгими.

Создание нормативного правового обеспечения процессов эксплуатации ВАТС на полном цикле жизни в России началось с документов стратегического планирования в автомобилестроении и в смежных отраслях. К ним относятся:

- Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года;
- Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года;
- Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года;
- Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года;
- Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования;
- План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации национальной технологической инициативы по направлению «Автонет»;

• Программа деятельности государственной компании «Российские автомобильные дороги» на долгосрочный период (2010–2024 годы).

В соответствии со Стратегией развития автомобильной промышленности РФ установлено, что ключевыми глобальными трендами, обладающими наибольшим потенциалом влияния на развитие российского автомобильного рынка и отрасли в целом, являются повышение автономности транспортных средств и внедрение сетевых (телекоммуникационных) технологий в транспортных системах. При этом в состав приоритетных направлений инновационного развития автомобилестроения в России входят технологии автономизации и роботизации транспортных средств, интеллектуальные системы безопасности и управления, телематические транспортные системы.

Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования направлена на снятие административных барьеров и разработку согласованных нормативных требований в целях поддержки безопасной интеграции беспилотных транспортных средств с традиционными участниками дорожного движения и повышения качества предоставляемых транспортных услуг.

Цели и задачи законодательного обеспечения обращения ВАТС

Реализация целей, задач и мероприятий, предусмотренных документами стратегического планирования, потребовала разработки новых нормативных правовых актов и внесения изменений в действующие с целью правового регулирования сферы обращения ВАТС на полном цикле жизни.

Главным этапом в формировании нормативно-правового обеспечения эксплуатации ВАТС должна стать разработка соответствующего федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении ВАТС на территории РФ.

Принятие закона обеспечит проведение единой государственной политики в сфере развития инновационных технологий, применяемых в сфере транспорта. Будут созданы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории страны всех стадий полного жизненного цикла ВАТС и охраны

жизни и здоровья граждан, защиты прав и законных интересов, а также охраны имущества граждан, юридических лиц и государства при эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств.

Для достижения указанных целей федеральный закон должен обеспечить решение следующих основных задач:

- создание системы нормативно-правового регулирования реализации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС на территории России;
- повышение безопасности дорожного движения и создание безопасной транспортной среды путем снижения роли человеческого фактора и влияния ошибок, совершаемых водителями;
- правовое содействие внедрению автоматизированных и роботизированных технологий организации дорожного движения с участием высокоавтоматизированных транспортных средств;
- правовое содействие развитию интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры, обеспечивающей внедрение беспилотного дорожного движения с участием ВАТС;
- гармонизация нормативных требований в целях поддержки безопасной интеграции высокоавтоматизированных транспортных средств в процесс дорожного движения на автомобильных дорогах РФ;
- создание благоприятных условий для разработки и внедрения цифровых инноваций в сфере автомобильного транспорта;
- повышение качества жизни граждан путем всестороннего удовлетворения потребностей в транспортной мобильности, развития связанного с ней рынка услуг;
- создание комфортных условий самостоятельного передвижения для лиц с ограниченными возможностями;
- осуществление перевозок грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий без риска для жизни и здоровья людей;
- снижение нагрузки на улично-дорожную сеть путем ее более эффективного использования и распространения технологий подключения транспортных средств к дорожно-транспортной инфраструктуре;
- повышение конкурентоспособности дорожно-транспортной инфраструктуры РФ и экспортного потенциала российских компаний на мировых

рынках путем развития беспилотных технологий.

Обеспечение безопасного технического состояния ВАТС

С появлением ВАТС, которые во многом будут полагаться на технические системы, обеспечение исправности и надежности их работы выходит на первый план. Вероятно, существующая система обеспечения надлежащего технического состояния ТС, в которой вся ответственность за работоспособность систем, узлов и агрегатов лежит на владельце ТС, неприемлема для ВАТС и нуждается в пересмотре.

Халатность владельцев в отношении контроля технического состояния критически важных систем ВАТС может привести к повышенным рискам возникновения ДТП по этой причине, что будет воспринято как ненадежность систем и приведет к задержкам в их внедрении.

Модернизация системы контроля и обеспечения безопасного технического состояния ВАТС — сложная задача и не может быть решена в действующем правовом поле. Действующая система технической эксплуатации нуждается в совершенствовании. Современные информационные технологии обеспечивают возможность непрерывного дистанционного контроля технического состояния ВАТС и подключенных ТС. К деятельности по техническому обслуживанию и ремонту ВАТС следует допускать аккредитованные организации.

Федеральный закон должен устанавливать требования к структуре, функциям и параметрам интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры.

С целью обеспечения информационной поддержки обращения и мониторинга эксплуатации ВАТС на территории РФ законом должно быть предусмотрено создание единой автоматизированной информационной системы ВАТС (ЕАИС). Ее оператор организует ее взаимодействие с информационными ресурсами федеральных и региональных властных структур.

ЕАИС должна взаимодействовать с автоматизированной информационной системой обязательного страхования, единой автоматизированной информационной системой технического осмотра, государственным информационным ресурсом, содержащим сведения по аккредитации, единым реестром российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.

Информационный ресурс ЕАИС должен включать:

- реестр изготовителей ВАТС;
- реестр автоматизированных систем вождения;
- реестр программного обеспечения автоматических систем вождения;
- реестр бортовых автономных регистраторов информации;
- реестр владельцев ВАТС;
- реестр операторов сервисного обслуживания;
- единый реестр техников-мехатроников [6];
- картографическую информацию в отношении автомобильных дорог, включая информацию об интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуре и электронной модели дороги;
- данные о случаях передачи информации ВАТС в экстренные оперативные службы;
- информацию о деактивации автоматизированных систем вождения, дорожно-транспортных происшествий и иных событий с участием ВАТС;
- сведения о проведении сервисных обслуживаний ВАТС;
- оперативную информацию о месте нахождения ВАТС и движении его по маршруту;
- статистическую и аналитическую информацию об эксплуатации ВАТС;
- иную информацию, используемую для решения задач в сфере эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств.

К информации, содержащейся в ЕАИС, обеспечивается свободный доступ, за исключением информации ограниченного доступа.

Безопасность ВАТС должна быть подтверждена в установленном порядке в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) с оформлением изготовителем ВАТС специальной декларации. Соответствующие изменения технического регламента разрабатываются.

ВАТС должны незамедлительно посредством звукового, визуального, тактильного или иного сигнала уведомлять пользователей и операторов сервисного обслуживания о возникшей угрозе безопасности.

Обеспечение информационной безопасности эксплуатации ВАТС

Участники отношений, возникающих при обращении ВАТС на территории

Российской Федерации, должны обеспечивать информационную безопасность на основе:

- реализации организационных и технических мер, направленных на обеспечение защиты информации в сфере эксплуатации ВАТС от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации;
- предотвращения неправомерного доступа к информации, обрабатываемой ВАТС, уничтожения такой информации, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления и распространения, а также иных неправомерных действий в отношении такой информации;
- непрерывного взаимодействия с государственной системой обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы РФ.

Обязательным условием обеспечения информационной безопасности является своевременное обновление программного обеспечения ВАТС и взаимодействующих с ним объектов интеллектуальной дорожно-транспортной инфраструктуры.

Поэтапное внедрение ВАТС в сферу автомобильных перевозок пассажиров и грузов должно способствовать:

- повышению безопасности перевозочного процесса из-за снижения аварийности по причине человеческого фактора (количество подобных ДТП составляет до 80 % от общего их числа) путем исключения ошибок и невнимательности, вождения в состоянии усталости, алкогольного и наркотического опьянения;
- улучшению организации дорожного движения путем повышения равномерности загрузки улично-дорожной сети, увеличения интенсивности транспортных потоков и скоростей движения, снижения потребления топлива и уровня вредных выбросов, сокращения простоев автомобилей (вплоть до круглосуточной их работы) и повышения эффективности их использования;
- повышению комфорта и мобильности пользователей (в том числе для тех граждан, которые не могут управлять обычными ТС или использовать традиционные средства передвижения), полному отказу в перспективе от личного транспорта, решению проблем парковки и т. д.

Вместе с тем развитие высокоавтоматизированного транспорта потребует проведения существенных институциональных изменений в области автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

Принятие федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении ВАТС на территории РФ, обеспечит проведение единой государственной политики в сфере развития инновационных технологий, применяемых на транспорте. Будут созданы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории РФ всех стадий полного жизненного цикла ВАТС и охраны жизни и здоровья граждан, защиты прав и законных интересов, а также охраны имущества граждан, юридических лиц и государства при эксплуатации ВАТС. ■

Литература

1. Litman T. Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning // 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC. 2016. TRB Paper No. 15–3326
2. Комаров, В. В. Методические подходы к формированию понятийного аппарата в сфере создания и развития систем автоматизированного вождения автотранспортных средств / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Автомобильная промышленность. – 2019. – № 10. – С. 11–20.
3. Комаров, В. В. Требования к управлению высокоавтоматизированным транспортным средством в условиях крайней необходимости / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2021. – Январь – март. – С. 14–20.
4. Комаров, В. В. Об установлении юридической ответственности в случаях ДТП с участием высокоавтоматизированных транспортных средств / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2021. – Апрель – июнь. – С. 16–26.
5. Официальный сайт Глобального форума по безопасности дорожного движения Организации объединенных наций (WP.1). – URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp1/ECE-TRANS-WP1-2019-7r.pdf> (дата обращения: 11.08.2021 г.)
6. Профессиональный стандарт «Мехатроник»: утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 февраля 2017 года № 175н.

Развитие транспортной системы ЕАЭС: системный подход



Ю. В. Малевич,
д-р экон. наук, профессор,
декан факультета биз-
неса, таможенного дела
и экономической безопас-
ности, заведующий кафе-
дрой таможенного дела
ФГБОУ ВО «Санкт-Петер-
бургский государственный
экономический универси-
тет» (СПбГЭУ)



Е. М. Ксенофонтова,
канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры
таможенного дела
СПбГЭУ



И. А. Пластунок,
канд. экон. наук,
доцент, доцент кафедры
таможенного дела
СПбГЭУ

Дальнейшее существенное развитие единого транспортного пространства Евразийского экономического союза невозможно без принципиального совершенствования всех составляющих в области перевозок грузов. При этом особое внимание следует обратить на уровень транспортно-складской и таможенной инфраструктуры.

Одним из приоритетных направлений экономической политики России на ближайшую перспективу является создание условий для развития регионов и выравнивания уровня их социально-экономического развития.

Принятая Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г. предусматривает существенную трансформацию территориальной организации экономики и сокращение межрегиональных диспропорций [1]. Одним из направлений достижения этой цели является реализация внешнеторгового потенциала территорий.

Существенное, если не определяющее значение в этом процессе имеет работа по формированию единого транспортного пространства Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и обеспечению

транспортной доступности регионов как России, так и других стран — членов союза [2; 3].

При этом под единым транспортным пространством понимается совокупность транспортных систем государств — членов ЕАЭС, в рамках которой обеспечивается беспрепятственное передвижение пассажиров, перемещение грузов и транспортных средств, их техническая и технологическая совместимость, основанные на гармонизированном законодательстве государств-членов в сфере транспорта [4].

От создания единого транспортного пространства Евразийская экономическая комиссия (ЕЭК) ожидает получения ряда положительных результатов (табл. 1).

Не оспаривая представленные выводы ЕЭК, считаем, что в полном объеме достичь их лишь за счет создания единого транспортного пространства и скоординированной транспортной политики вряд ли удастся. Это возможно только при системном подходе и рассмотрении всех элементов транспортной и таможенно-логистической систем, в том числе и за счет синергетического эффекта. Таким образом, представляется целесообразным рассмотреть несколько взаимосвязанных инфраструктурных элементов ЕАЭС: транспорт, таможенно и логистику.

Рассмотрим данные о количестве пунктов пропуска, являющихся объектами таможенно-логистической инфраструктуры ЕАЭС (табл. 2).

Представленные данные свидетельствуют о неравномерности развития системы пунктов пропуска государств — членов ЕАЭС, что обусловлено как объективными, так и субъективными факторами. К объективным следует, на наш взгляд, отнести географическое положение, масштабы территорий, период интеграции в единую систему союза.

Таблица 1. Выгоды от реализации скоординированной транспортной политики [4]

Выгоды	Выгоды-приобретатели
Долгосрочное устойчивое развитие Рост доли транспортных услуг в ВВП государств — членов союза Рост грузопотоков за счет предоставления более качественных транспортных услуг Реализация масштабных проектов в сфере транспортной инфраструктуры Создание новых рабочих мест	Экономика ЕАЭС
Рост мобильности Повышение транспортной доступности Повышение надежности и качества транспортных услуг Снижение негативного влияния транспорта на экологию и здоровье людей Обеспечение прозрачности при формировании тарифов	Население территории ЕАЭС
Снижение транспортных издержек в конечной стоимости товаров Создание конкурентной среды на общем рынке транспортных услуг Обеспечение равных условий доступа на рынок транспортных услуг Развитие мультимодальных логистических центров Развитие смешанных перевозок Гармонизация условий и правил перевозок	Бизнес ЕАЭС

В настоящее время наличие инфраструктурных ограничений, прежде всего в сфере транспорта, в том числе отсутствие достаточного количества технически высоко оснащенных пунктов пропуска не позволяет раскрыть и реализовать экономический потенциал значительной части регионов стран — членов союза, в том числе и России. Следует отметить, что имеющиеся ограничения затрагивают как внутренние регионы России, так и участки международных транспортных коридоров. К числу основных ограничений, связанных с объектами транспортной инфраструктуры, относятся такие, как [1]:

- недостаточная пропускная способность магистральных железных и автомобильных дорог, являющихся составной частью международных транспортных коридоров (МТК) «Север — Юг» и «Запад — Восток»;
- ограничения на подъездах к морским портам и международным пунктам пропуска;
- сильная централизация воздушных перевозок, отсутствие крупных узловых аэропортов и др.

Преодоление названных ограничений в сфере транспортной инфраструктуры позволит создать условия для повышения социально-экономического уровня развития регионов России. Представляется, что перспективными направлениями развития экономики субъектов РФ могут быть:

- вовлечение территорий в сферу международной торговли и реализация их экспортного потенциала, включая экспорт транспортных услуг;
- дальнейшее развитие МТК;
- реализация транзитного потенциала территории России, в том числе на базе мультимодальных (смешанных) перевозок;
- развитие интеграционных процессов в сфере транспорта на территории стран — членов ЕАЭС;
- развитие транспортно-логистической инфраструктуры, в том числе высокоскоростных магистралей.

Важным аспектом является и создание условий для повышения эффективности работы транспортных организаций и развития экспорта транспортных услуг. Необходимость развития сферы экспорта услуг, в том числе транспортных, отмечена в распоряжении Правительства РФ от 14 августа 2019 г. № 1797-р «Об утверждении Стратегии развития экспорта услуг до 2025 года» [9]. Одно

Таблица 2. Количество пунктов пропуска в государствах — членах ЕАЭС (по данным на 01.01.2020) [6]

Тип пункта пропуска	Количество пунктов пропуска				
	Республика Армения	Республика Беларусь	Кыргызская Республика	Республика Казахстан	Российская Федерация
Автомобильные	5	26	8	14	79
Железнодорожные	1	15	4	6	37
Воздушные	2	7	2	19	81
Морские	—	—	—	3	57
Смешанные	—	—	—	—	6
Речные	—	3	—	—	2
Озерные	—	—	—	—	—
Пешеходные	—	—	—	—	1
ИТОГО:	8	51	14	42	263
ВСЕГО:	378				

Таблица 3. Данные о динамике мест временного хранения на таможенной территории ЕАЭС [8]

Показатель	Значение по государствам — членам ЕАЭС				
	Республика Армения	Республика Беларусь	Кыргызская Республика	Республика Казахстан	Российская Федерация
Общая площадь складского хозяйства, тыс. кв. м (на 01.01.2018 г.)	392,708	2329,6	578,7	15296,6	4998,35
Прирост / снижение к данным на 01.01.2017 г., тыс. кв. м	+22,075	+88,2	-7438,3	+2292,6	+709,350
Количество мест временного хранения	26	181	35	215	747
Процентное отношение числа таможенных органов, размещенных на складах к общему количеству складов, %	100	20,44	14	16	30,5

из таких условий связано с развитием мультимодальных перевозок, которые позволяют оптимизировать маршруты следования и облегчить подбор вариантов оптимальных дистанций доставки товаров различными видами транспорта. Это приведет к снижению издержек как транспортных организаций, так и потребителей их услуг.

Создание условий для смешанных международных перевозок должно позитивно сказаться на конкурентоспособности перевозимых товаров, в стоимости которых логистические услуги составляют, по различным оценкам, от 50 до 70 % от стоимости товара. Ре-

ализация транзитного потенциала территорий и развитие международных мультимодальных перевозок предполагает создание транспортно-логистической инфраструктуры, в частности мест перевалки грузов с одного вида транспорта на другой и сопутствующей ей таможенной инфраструктуры на территории как России, так и других стран — членов союза.

При формировании мест перевалки товаров необходимо учитывать целый ряд факторов, в частности:

- структуру грузооборота;
- соответствие грузоподъемности транспорта, с которого выгружают,



Рис. 1. Концепция экосистемы цифровых транспортных коридоров



Рис. 2. Автоматизация процессов в системе двойного коридора «Интеллектуального пункта пропуска»

и на который будет производиться погрузка;

- степень технической оснащенности перевалочных узлов.

Также необходимо учитывать согласование пропускной способности объектов транспортной инфраструктуры (дорожная сеть), а для международных грузов и объектов таможенной инфраструктуры (в том числе складов временного хранения и таможенных складов). Важным является и отслеживание факторов, влияющих на размещение инфраструктурных объектов с учетом мест генерации экспортных товаров и направлений импортных поставок.

В настоящее время Россия и отдельные страны ЕАЭС располагают довольно значительной протяженностью дорожной сети, однако транспортная освоенность территории в расчете на единицу площади здесь в десятки раз ниже среднеевропейских показателей. Такая же ситуация складывается и складской сфере: покрытие складскими площадями в государствах — членах Союза различается в десятки раз. При этом максимальное количество складских площадей

на 1000 кв. км. приходится на Армению и Беларусь, соответственно 13 и 11 кв. м. Значительно меньшую площадь покрытия имеет Казахстан — 5,6 кв. м., и самый минимальный показатель — в России: 0,3 кв. м, что почти в семь раз ниже среднего по странам союза [8] (табл. 3).

Даже учитывая политику, проводимую таможенными органами РФ, на ускорение проведения таможенных операций, в том числе по декларированию и выпуску товаров, такой уровень покрытия складскими площадями в РФ явно недостаточен. Рассматривая этот факт с позиций организации мультимодальных перевозок, необходимо учитывать и дальность перевозок различными видами транспорта с учетом выгодных с точки зрения затрат предельных расстояний.

Необходимо признать, что качество складских площадей и предоставляемых складами услуг остается на низком уровне. По данным экспертов, склады класса «А», которые способны предоставить полный комплекс услуг от приема до отправки товара, в том числе упаковку и другие сопутствующие услуги, на тер-

ритории ЕАЭС составляют не более 30% [10, с. 118].

Фактором, препятствующим реализации единой транспортной политики стран — членов союза, является недостаточный уровень развития и отсутствие единой и продуманной стратегии размещения транспортно-складской и таможенной инфраструктуры. Что в свою очередь снижает эффективность деятельности перевозчиков.

Таким образом, одним из направлений реализации транзитного потенциала территории ЕАЭС и оптимизации транспортно-логистических затрат является развитие логистических и таможенных объектов, в том числе сети СВХ и таможенных складов на территории стран-членов.

В целях решения этой задачи требуется:

- разработка согласованной концепции пространственного развития таможенной и транспортной инфраструктуры как внутри стран ЕАЭС, так и в рамках данного экономического объединения;
- увеличение покрытия территории отдельных стран союза, и прежде всего Российской Федерации, складскими площадями, имеющими статус складов временного хранения и таможенных складов, с привязкой их к местам перевалки международных грузов и с учетом предельных расстояний экономически выгодного использования различных видов транспорта;
- повышение качественных характеристик складских помещений;
- диверсификация логистических услуг, предоставляемых в местах пе-

Таблица 4. Временные параметры на таможенные и пограничные операции в пунктах пропуска в ЕАЭС [11]

Страна	Время на экспорт: пограничный и таможенный контроль, часов	Время на экспорт: оформление документов, часов	Время на импорт: пограничный и таможенный контроль, часов	Время на импорт: оформление документов, часов
Армения	39	2	3	2
Беларусь	5	4	-	4
Казахстан	105	128	2	6
Кыргызстан	5	21	72	36
Россия	66	25,4	30	42,5

ревалки международных грузов, в том числе вспомогательных услуг, имеющих высокий уровень спроса и рентабельности.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости применения ряда мер экономического характера, направленных на поддержку развития данного направления деятельности. Требуют государственной поддержки и юридические лица, осуществляющие коммерческую деятельность, направленную на обеспечение функционирования транспортной и таможенной инфраструктуры, включая привлечение дополнительных грузопотоков, в том числе высокорентабельных грузов и осуществление прямых инвестиций в развитие территорий, где возможна организация мест перевалки международных грузов с одного вида транспорта на другой.

Кроме того, еще одним актуальным вопросом, требующим решения, являются высокие временные параметры обработки товаров и транспортных средств в пунктах пропуска на внешней границе ЕАЭС, существенно превышающие аналогичные показатели в странах ЕС, США и других, о чем свидетельствуют статистические данные исследования Doing business 2020 по показателю «Международная торговля», проводимого Всемирным банком (табл. 4) [11].

В частности, государства — члены ЕАЭС занимают следующие позиции по показателю «Международная торговля»:

- Республика Беларусь — 24-е место;
- Республика Армения — 43-е;
- Кыргызская Республика — 89-е;
- Российская Федерация — 99-е;
- Республика Казахстан — 105-е.

Как видно, временные показатели у стран ЕАЭС очень разнятся, однако для полной интеграции в рамках единой таможенной территории необходимо свести их к единому оптимальному значению. Кроме того, следует уделить особое внимание развитию современных технологий, способствующих существенному снижению временных затрат участников процесса международных перевозок и, как следствие, повышению транзитного потенциала союза.

Необходимо отметить, что определенные шаги в этом направлении уже предприняты. Так, сформирована цифровая повестка ЕАЭС, ключевым элементом которой является создание экосистемы цифровых транспортных коридоров (рис. 1). В их основу поло-

жены современные информационные таможенные технологии с целью обеспечения взаимодействия участников перевозочного процесса с государственными контрольными органами, что позволит сократить время прохождения границы в несколько раз.

Однако считаем, что этого недостаточно для развития транспортного потенциала в целом и транзитного в частности. И в этой связи особого внимания заслуживает один из аспектов Стратегии ФТС России до 2030 г., а именно создание системы интеллектуальных пунктов пропуска, предусматривающих внедрение искусственного интеллекта при проведении ряда контрольных мероприятий на границе и машинную обработку данных с последующей их интеграцией — например, с транзитной декларацией.

Достижению данной цели будет способствовать создание системы двойного коридора: зеленого и красного (рис. 2).

Решение задачи создания системы интеллектуальных пунктов пропуска полностью укладывается не только в концепцию создания экосистемы транспортных коридоров, но и в реализацию поручений президента РФ занять 20-е место в международном рейтинге Doing business, в том числе по ключевым показателям рейтинга «Таможенные операции и пограничный контроль».

Подводя итог, подчеркнем, что добиться развития транспортной и таможенно-логистической системы Евразийского экономического союза и повысить транзитный потенциал возможно только за счет использования системного подхода, рассматривая систему как единое целое и оптимизируя ее элементы сбалансированно. ■

Литература

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : распоряжение Правительства РФ №207-р от 13 февраля 2019 г.
2. Договор о Евразийском экономическом Союзе : подписан 29 мая 2014. Приложение № 24 Протокол о скоординированной (согласованной) транспортной политике (в действующей редакции).
3. Об основных направлениях и этапах реализации, скоординированной (согласованной) транспортной политики государств — членов Евразийского экономического союза» : Решение Высшего Евразийского экономиче-

ского совета № 19 от 26 декабря 2016 г.

4. Транспорт. Инфраструктура : брошюра. — URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport> (дата обращения: 10.08.2021).
5. Таможенный кодекс Евразийского экономического союза (приложение № 1 к договору о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза).
6. Анализ состояния, динамики и тенденции развития таможенной инфраструктуры в местах перемещения товаров через таможенную границу стран Евразийского экономического союза. Аналитический обзор Евразийской экономической комиссии за 2020 год. — URL: http://www.Eurasiancommission.org/ru/act/tam_sotr/dep_tamoj_infr/SiteAssets/CIDD3_DevCI/CIDD4_analysis_DCI_2021.pdf (дата обращения: 10.08.2021).
7. О решении коллегии ФТС России от 29 августа 2008 года О проекте Концепции таможенного оформления и таможенного контроля товаров в местах, приближенных к государственной границе Российской Федерации : приказ ФТС РФ № 1221 от 1 октября 2008 г.
8. Анализ состояния, динамики и тенденции развития таможенной инфраструктуры в местах перемещения товаров через таможенную границу стран Евразийского экономического союза. Аналитический обзор Евразийской экономической комиссии за 2018 год. — URL: http://www.Eurasiancommission.org/ru/act/tam_sotr/dep_tamoj_infr/SiteAssets/CIDD3_DevCI/CIDD4_analysis_DCI_2018.pdf (дата обращения: 10.08.2021).
9. Об утверждении Стратегии развития экспорта услуг до 2025 года : распоряжение Правительства РФ № 1797-р от 14 августа 2019 г.
10. Пак, Е. В. Перспективы развития сотрудничества в области транспорта и логистики в Евразийском экономическом союзе : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Е. В. Пак — Москва, 2017 с. — 201 с.
11. Годовые доклады Всемирного банка Doing Business. — URL: <http://russian.doingbusiness.org/ru/data/exploretopics/trading-across-borders> (дата обращения: 10.08.2021).

Зеленые инвестиции и их влияние на транспортные проекты устойчивого роста



Н. А. Журавлева,
д-р экон. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Экономика транспорта»
ФГБОУ ВО «Петербургский
государственный универ-
ситет путей сообщения
Императора Александра I»



И. Л. Сакович,
канд. экон. наук, доцент,
первый заместитель на-
чальника Октябрьской же-
лезной дороги — филиала
ОАО «РЖД» по экономике,
финансам и корпоратив-
ной координации

Результаты представленного исследования доказывают, что деятельность транспортных организаций в рамках концепции ESG (Environmental, Social, Governance) и при соответствии принципам ответственного инвестирования (PRI – Principles for Responsible Investment) способствует росту рынка инфраструктурных проектов и улучшению операционной деятельности самих компаний.

В последние годы происходят существенные изменения мировых транспортных систем. Во-первых, это активизация строительства и запуска высокоскоростных дорог на принципиально новых технологиях, материалах и энергии. Во-вторых, включение транспортных систем в проекты устойчивого развития как существенной части, обеспечивающей развитие новых товарных рынков. В-третьих, проектируемые в мире транспортные системы стремятся к соответствию новой модели потребления (от двери до двери, точно в срок, оптимальные издержки на всю логистику и перевозку, обеспечивающие конкурентоспособность товара).

Транспортная система переходит в формат экологичной (безопасной), социальной (высокомобильной) и экономической системы ESG [1; 2]. При этом E-фактор учитывает сокращение компанией выбросов CO₂, объем потребления водных ресурсов и земель, а также внедрение переработки отходов. Фактор социальных критериев (S-фактор), отражает уровень соблюдения прав человека, обеспечения безопасности на рабочем месте и защиты информации клиентов, наличие программ обучения. Парадигма корпоративного управления (G-фактор) основана на независимости и эффективности управления, прозрачности и качестве финансовой отчетности, а также на раскрытии нефинансовой информации компании. Кроме того, учитывается качество стратегического планирования и уровень кибербезопасности.

Концепция ESG обусловлена тенденцией общественного сознания и поведения в сторону устойчивого развития. Это связано с дискретным переходом

к конструированию современной экономической системы, в которой присутствует целостность и непротиворечивость всех составляющих ее процессов. Последнее обеспечивается равновесным состоянием социальных, экономических и экологических элементов системы, имеющих непосредственное отношение к инновационному формату глобального развития человечества, а именно создания новых условий существования в сохраненной техносфере, нравственном потреблении и распределении ресурсов. Эта парадигма была много раз озвучена политиками и учеными. При этом позиция бизнеса и его поведение на финансовых рынках и рынках капитала многих стран довольно неоднозначны.

Цели в области устойчивого развития Sustainable Development Goals (SDGs), заявленные Генеральной ассамблеей ООН в 2015 г., по сути, сместили ключевую микроэкономическую модель систематического роста доходности и прибыльности на «план достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех» [3]. Они установили связи между их достижением и инвестициями, изменив траектории глобальных рынков капитала. Речь идет о 17 целях устойчивого развития (ЦУР) и 169 задачах к ним. Инвесторы оценивают их эффективность в системе 230 показателей, и 192 страны, в том числе РФ, подписались под этим документом.

Вопросы устойчивого развития уже давно находятся в зоне внимания российского бизнес-сообщества, однако остается много нерешенных проблем. Прежде всего нет исследований, доказывающих эффективность решений устойчивого развития для инфраструктурных отраслей экономики, в частности,

транспорта. При этом для российских транспортных компаний как никогда стоит проблема привлечения инвестиций в проекты развития магистральной инфраструктуры, обладающих особенными признаками (длительными сроками реализации и невысокой нормой доходности), а также генерирующих эффективность преимущественно при большой плотности пассажиропотоков и развитой товарной сети. Особенно эта проблема обострилась в последнее время, когда пандемия обрушила бюджеты и темпы роста большинства стран мира. Сегодня потенциал предложения на инвестиционном рынке инфраструктурных проектов составляет \$10,2 трлн, при этом необходимые инвестиции оцениваются в \$11,3 трлн — инвестиционный разрыв \$1,1 трлн. По оценке агентства «Коммерсант-деньги», в России наибольший спрос на привлечение средств под экологические проекты проявляет транспортный сектор: 600–800 млрд руб. ежегодно до 2024 года [4].

Одновременно мы видим, что в мире меняются инвестиционные стратегии [5]. Мировой рынок капитала ориентируется все больше на проекты устойчивого развития, способствующие разрешению комплексных проблем оптимального баланса между экономическим, экологическим и социальным развитием. Причем устойчивое развитие обязательно связано с экономическим ростом национальных экономик, бизнеса и международных корпораций. Следует отметить оценку, данную Всемирным советом предпринимателей по устойчивому развитию (WBCSD), значимости частного бизнеса в достижении целей устойчивого развития, поскольку не кто иной, как частный инвестор, заинтересован в развитии и является движущей силой экономического роста, непосредственно создавая рабочие места, финансовые потоки, внедряя инновационные технологии.

Этому способствует внедрение принципов ответственного инвестирования (PRI), которые расширяют набор учетных данных, вводят в оценку нефинансовые показатели деятельности компаний, тем самым расширяя круг эмитентов и инвесторов. Реакция финансового рынка была очень бурной: за последние 15 лет активы, управляемые данными компаниями, выросли в 16 раз и сегодня превысили отметку в 100 триллионов долларов. Такая динамика обусловлена существенной

оптимизацией операционных расходов компаний, поскольку в рамках PRI эмитентам¹ предоставляют налоговые льготы, которые также доступны и для инвесторов в части процентного дохода по ESG-облигациям, упрощают схемы и механизм субсидирования проектов, используют понижающие коэффициенты нагрузки на капитал банков, применяющих инструменты ответственного инвестирования.

В целом к инструментам зеленого финансирования относят сертифицированные зеленые облигации (ESG-облигации по стандарту Green bond principles ICMA), секьюритизированные бумаги, а также суверенные зеленые облигации и зеленые кредиты. Эффективность проектов в рамках зеленого финансирования обеспечивается применением дисконта в размере от 0,01 до 5 % по разным бумагам. Конечно, это способствует росту операционной и проектной эффективности. В целом концепция устойчивого развития и зеленого финансирования позволила увеличить рынок инвестиций более чем в пять раз — до \$ 260 млрд в 2019 г., что является наибольшим абсолютным приростом за время существования облигаций. Двигаясь по заявленным целям устойчивого развития, зеленые облигации обслуживают прежде всего проекты модернизации энергетики, охраны окружающей среды, воспроизводства ресурсов. При этом на долю транспортной отрасли приходится не менее 20 % годовых выпусков.

Рост мирового рынка инфраструктурных проектов подтверждает надежность траектории PRI. На конец 2019 г. объем рынка «котловых» корпоративных бумаг и сертифицированных ESG-облигаций составил \$ 700 млрд., 927 эмитентов провели почти 6 тыс. эмиссий. Наибольшая доля выпущенных зеленых бондов в мире приходится на корпоративный сектор (порядка 25–35 % от ежегодного объема). Внутри этой категории присутствуют как корпоративные зеленые займы, так и проектные, а также секьюритизированные выпуски под зеленые инициативы. Кроме того, в структуре ежегодных зеленых размещений 6–10 % составляют выпуски суверенных облигаций разных стран и еще около 3–10 % — зеленые

¹ Крупнейшие эмитенты сертифицированных ESG-облигаций — IFC (группа Всемирного банка), Азиатский банк развития и Европейский инвестиционный банк.

бумаги региональных и муниципальных властей. Агентство PwC указывает, что объем капитала ответственного инвестирования прирастает на треть каждые два года с 2014 по 2018 гг., а к 2019 г. около половины от всех управляемых активов в Европе относились к активам ответственного инвестирования [6].

Уже на середину октября 2020 г. суммарный объем зеленых облигаций (Green Bonds) в мире увеличился и составил \$ 926,8 млрд. По итогам последних трех лет лидерами по зеленым бондам остаются: США (годовой прирост \$ 19 млрд — с \$ 40 млрд в 2018 г. до \$ 59 млрд в 2019 г.); Франция (\$ 14,7 млрд — с \$ 16,7 млрд в 2018 г. до \$ 31,4 млрд в 2019 г.); Китай (\$ 6 млрд — с \$ 27 млрд в 2018 г. до \$ 33 млрд в 2019 г.). Такие страны, как Эквадор, Греция, Саудовская Аравия и Турция реализовали первую попытку эмиссии данного инструмента в 2019 г. Российские эмитенты вышли на рынок зеленых облигаций в 2018 г. одновременно с представителями Фиджи, Исландии, Индонезии, Ливана, Намибии, Португалии, Словении, Таиланда и Венесуэлы.

Исследуя данные Global Infrastructure Hub [7] на ближайшее десятилетие, можно увидеть, что мировые потребности в финансировании инфраструктуры для поддержания устойчивого развития к 2030 г. составят как минимум \$ 296 млрд (около 0,3 % мирового ВВП), или порядка 10 % от оценочных расходов, произведенных в том же году. По оценке экспертов, к 2040 г. необходимо будет вкладывать дополнительно порядка 0,6 % глобального ВВП, или около \$ 819 млрд.

В России пока есть лишь несколько зеленых игроков среди фондов и банков. Ограничивает запуск зеленых инвестиций отсутствие должного законодательного и регуляторного механизма в сфере зеленого финансирования, непроработанность регламентов по вложениям в такие инструменты. Одновременно бизнес особенно заинтересован своевременно перестроиться на принятие денег ответственного финансирования, поскольку в противном случае есть вероятность отстать от развитых стран и потерять возможность привлекать недорогие деньги на глобальном финансовом рынке.

По данным исследования группы Всемирного банка 2018 г., России для перехода на наилучшие доступные технологии (НДТ) в рамках «экологи-

<p>Особенности вовлечения бизнеса в деятельность по достижению целей устойчивого развития</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Прямые иностранные инвестиции • Комбинированное финансирование • Концепция официальной поддержки в интересах устойчивого развития • Инвестиции социальной направленности • Ответственное ведение бизнеса
--	--

Рис. 1. Особенности вовлечения бизнеса в деятельность по достижению ЦУР (по ОСЭР)

потребуется финансирование в размере 4–8 трлн руб. (учитывая такую необходимость и для промышленности). Причем инвестиции к 2020 г. с учетом климатических факторов должны были составить порядка \$ 9,3 млрд в ВИЭ и \$ 47 млрд в городскую инфраструктуру (из которых 47 % — модернизация зданий, а 13 % — транспорт). Это включает проекты в энергетической сфере, утилизации отходов, очистке воды, транспорте, строительстве. Всемирный банк в числе прочего указывает, что переход к зеленой экономике в России возможен через развитие зеленых государственных закупок, особенно с учетом того, что госзаказчики — значимый сегмент потребления в стране с рынком, составляющим порядка трети ВВП.

По оценке Global Infrastructure Hub (2021) России на покрытие нехватки средств на устойчивое развитие (в части энергетики и водных ресурсов) понадобится не менее \$ 1 млрд вложений к 2030 г. (или около 23 % от уровня инвестиций в инфраструктуру к тому же

ставить \$ 3,97 млрд и превысить 2 % ВВП. По расчетам авторов, основанным на данных Росконгресса [8], России только на часть зеленых проектов, таких как инфраструктура для переработки мусора, модернизация и развитие систем городского общественного транспорта, доведение доли возобновляемой энергии до 4–5 % от общего объема генерации, минимальное благоустройство и озеленение, необходимые мероприятия в сфере защиты и восстановления окружающей среды, потребуется не менее 5,9–7 трлн руб. до 2024 г.

Оценка исследования показывает, что государство способно взять на себя до половины этой суммы в рамках уже утвержденных программ. При этом полное финансирование ESG-проектов и их эффективная реализация невозможны без привлечения бизнеса. Следует отметить, что российские компании, инвестирующие в проекты устойчивого развития, ожидают роста операционной активности в силу возможности получить доступ на новые рынки, а также в рамках GR- и PR-кампаний (рис. 1)

В российских проектах устойчивого развития лидируют «Российские железные дороги». Компания декларирует высокую экологичность перевозок в качестве основного вектора развития, обеспечивающего долгосрочное конкурентное преимущество. При этом нагрузка на окружающую среду железнодорожного транспорта минимальная из всех видов транспорта. Статистика выбросов вредных веществ в атмосферу на одного перевозимого пассажира ж.-д. транспортом в России по сравнению с другими видами транспорта минимальна. В то же время только 12 % железнодорожных транспортных систем в «зеленой терминологии» можно отнести к энергоэффективным видам транспорта.

Привлечение ОАО «РЖД» инструментов ответственного инвестирования, обозначенного в наших проектах как зеленое финансирование, нацелено на поддержку экологических преимуществ строительства и реконструкцию инфраструктуры и перевозок железнодорожным транспортом с целью снижения энергопотребления и минимизации выбросов парниковых газов и других вредных для окружающей среды веществ. Эти цели согласуются со Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 г., к основным мероприятиям которой относится электрификация железнодорожной системы. Можно найти прямое соответствие национальных проектов

Таблица 1. Параметры соответствия стратегии развития железнодорожного транспорта РФ целям устойчивого роста

Национальные проекты	Национальные цели	Государственные программы	Цели устойчивого развития
Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры Международная кооперация и экспорт (89,1 и 49,6)	Ускорение технологического развития Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий Вхождение страны в топ-5 крупнейших экономик мира	Развитие транспортной системы Научно-технологическое развитие	Стойкая инфраструктура, всеохватная и устойчивая индустриализация и инновации
Охрана окружающей среды (66,3 и 42,2) Экономическое развитие и инновационная экономика Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности Воспроизводство и использование природных ресурсов	Ускорение технологического развития Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий Вхождение страны в топ-5 крупнейших экономик мира	Экология	Переход к рациональным моделям потребления и производства
Цифровая экономика (73,4 и 20,6) Международная кооперация и экспорт	Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий	Экономическое развитие и инновационная экономика Развитие внешнеэкономической деятельности Научно-технологическое развитие РФ	Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизации работы механизмов глобального партнерства

Составлено авторами.

Таблица 2. Участие ОАО «РЖД» на рынке зеленых облигаций

Наименование показателя	Код облигаций		
	XS1843437036	CH0522690715	RU000A102564
Выпуск	Май 2019: первая сделка зеленых облигаций РЖД	Март 2020: выпуск зеленых облигаций РЖД в CHF	Сентябрь 2020: выпуск бессрочных облигаций РЖД
Стандарты	Международная ассоциация рынков капитала (ICMA)	Международная ассоциация рынков капитала (ICMA)	Международная ассоциация рынков капитала (ICMA), ВЭБ РФ
Дата определения цены / дата закрытия книги	16 мая 2019 года	5 марта 2020 года	24 сентября 2020 года
Срок погашения	23 мая 2027 (8 лет)	12 марта 2026 (6 лет)	Без установленного срока погашения
Размер выпуска	500 000 000 евро	250 000 000 шв. франков	100 000 000 000 руб.
Купон	2,200 % фиксированный, ежегодный	0,840 % фиксированный, ежегодный	7,25 % плавающий, каждые 182 дня
Основные детали сделки	Первый выпуск зеленых еврооблигаций в России и СНГ	Первый выпуск зеленых еврооблигаций в шв. франках в России и СНГ	Первый в России выпуск облигаций, который получил подтверждение о соответствии российским и международным стандартам зеленого финансирования

национальным целям РФ, реализуемым в соответствующих программах, заявленным целям устойчивого развития (табл. 1).

В соответствии с общей стратегией и целями экономического роста РФ в ОАО «РЖД» определены и реализуются приоритетные программы развития компании (рис. 2).

Компания стала активным участником сделок зеленых облигаций, что показано в табл. 2.

Мировой финансовый рынок признает, что формат устойчивого развития железнодорожного транспорта России на базе зеленых проектов является не только полезным в части защиты и восстановления окружающей среды, но и относительно прибыльным, поскольку генерирует идею экологичного транспорта как финансово привлекательную.

Россия и российский бизнес должны следовать общей мировой тенденции устойчивого развития. В противном случае резервы оптимизации операционных моделей и рост эффективности бизнес-моделей российских компаний, прежде всего инфраструктурных и транспортных, перестанут соответствовать критериям ответственного инвестирования и в скором времени рискуют потерять значительную часть инвесторов либо повысить стоимость привлекаемых инвестиций. Это скажется на ликвидности их ценных бумаг, снижении эффективности новых проектов, ограничениях привлечения капитала на рынке. В целом увеличение стоимости финансирования сделает россий-

ские проекты развития магистрального транспорта неконкурентоспособными. Так, сейчас рейтинговые агентства Moody’s, Fitch и S&P подтверждают, что все больше банков осознают важность ESG-рисков и учитывают их в процессе кредитного анализа, иными словами, ESG-риски оказывают влияние на оценку кредитоспособности компании. Таким образом, смещение стереотипов

развития мировой и национальных экономик приведет к трансформации технологий производства и потребления, что отразится на появлении новых бизнес-моделей транспортных компаний, росте эффективности транспортных проектов с последующей оптимизацией стоимости транспортной услуги, которая существенно повлияет на конкурентоспособность товарных рынков.

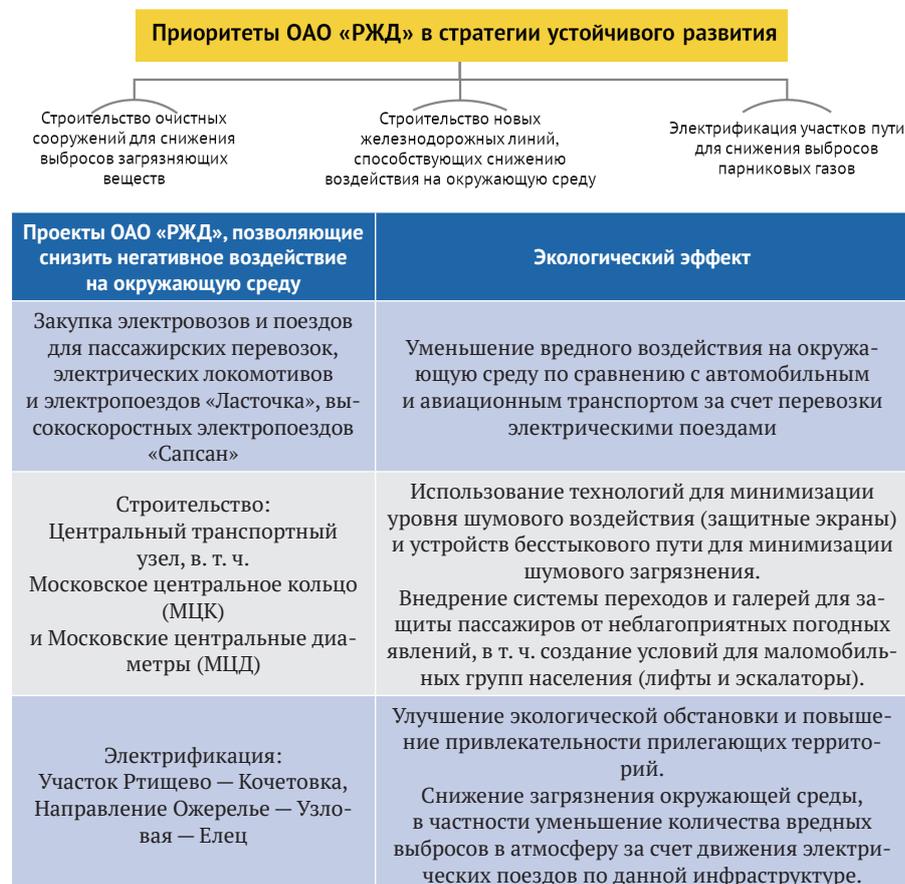


Рис. 2. Проекты ОАО «РЖД» в формате стратегии устойчивого развития

Россия, к сожалению, не в полной мере использует потенциал новых финансовых и инвестиционных рынков. До сих пор не обозначены премии по ESG-облигациям, что делает неопределенными выгоды от их размещения. Так и не приняты субсидии по экологическим облигациям, существующие практически во всех развитых странах. При этом очевидны существенные потери российского бизнеса. Например, 8-процентное субсидирование при купонной ставке по зеленым облигациям корпораций сможет компенсировать до 2 % купонных выплат в год. На фоне заявленных объемов инфраструктурных проектов, прежде всего зеленых транспортных, это может серьезно повлиять на сокращение сроков их реализации и эффективность.

Литература

1. Wang, X., Wong, Y.D., Yuen, K.F., Li, K.X. 2020. Environmental governance of transportation infrastructure under Belt and Road Initiative : A unified framework.

- Transportation Research. Part A : Policy and Practice. – Vol. 139. P.189–199.
2. Svatovskaya L., Drobyshev I., Mikhailova K., Khamenok N. Criteria of Green Geoprotective Technologies in Transport Construction. In: Petriaev A., Konon A. (eds) Transportation Soil Engineering in Cold Regions, Volume 2. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 50. Springer, Singapore.
 3. United Nations (2017) Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017, Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/71/313 Архивировано 28 ноября 2020 года.)
 4. Коммерсантъ. – URL: <https://kommersant.ru> (дата обращения: 16.11.2020).
 5. Saidi, S., Mani, V., Mefteh, H., Shahbaz, M., Akhtar. Dynamic linkages between transport, logistics, foreign direct investment, and economic growth : Empirical evidence from developing countries. Transportation Research. Part A: Policy and Practice, Elsevier. – Vol. 141. P. 277–293.

6. Green Bond Database Methodology. 2020. Available on: <https://www.climatebonds.net/certification/certified-bonds>.
7. Global Infrastructure Hub. 2020. Available on: <https://www.gihub.org/>.
8. Фонд «Росконгресс». – URL: <https://roscongress.org> (дата обращения: 31.08.2021).
9. Supporting countries in unprecedented times. The World Bank. [Annual Report 2020]. – URL: <https://www.worldbank.org/en/about/annual-report#anchor-annual>.
10. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективы до 2030 года (от 21.05.2014, в ред. от 22.06.2016). – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=958>.
11. Системный формат международных деловых событий на пространстве 1520 (22–23 октября 2020) / ПРО//Движение. – URL: <https://railwayforum.ru/>.
12. Инвестиции в инфраструктуру. Экология. 2020. InfraOne Research. [Аналитический обзор].

aspolf.ru

forumarctic.com

АСПОЛ
АССОЦИАЦИЯ ПОЛЯРНИКОВ
МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

АРКТИКА
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

2–3
ДЕКАБРЯ 2021

Санкт-Петербург

ФОРМИРОВАНИЕ
АРКТИЧЕСКОЙ ПОВЕСТКИ

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ
И ВЫЯВЛЕНИЕ
КОМПЛЕКСНЫХ
ТРЕНДОВ

АРКТИКА
НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

- СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА
- РЕГИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ
- КРЕАТИВНАЯ ИНДУСТРИЯ АРКТИКИ
- ЭКОНОМИКА
- ИНФРАСТРУКТУРА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
- МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
- НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ
- ЭКОЛОГИЯ
- КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Влияние цифровой трансформации на структуру себестоимости транспортных услуг



И. М. Гулий,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспорта» ФГБОУ ВО
«Петербургский государ-
ственный университет
путей сообщения Импера-
тора Александра I»

Экономическая оценка цифровой модели бизнеса — важный инструмент, способствующий развитию процессов диджитализации, принятию обоснованных решений по инвестированию средств в цифровые технологии. В статье проводится оценка влияния цифровой трансформации бизнеса на изменение структуры себестоимости транспортной услуги.

В последние годы о цифровой экономике, цифровой трансформации бизнеса говорится как об императиве. Сам вектор движения к цифровой экономической модели воспринимается как объективно неизбежный, необходимый, однозначно предполагающий значительные экономические результаты.

Вместе с тем четкая методология экономической оценки цифровой трансформации бизнеса в настоящее время отсутствует. Многие утверждения об экономической эффективности цифровых технологий носят декларативный характер и не подтверждены эмпирически. Такая ситуация сопряжена с рисками переоценки цифровой модели или же, наоборот, недоиспользования ее очевидных преимуществ [2–3].

Материал нашего исследования способствует уточнению гипотезы о влиянии цифровой трансформации транспортного бизнеса на затратные показатели деятельности компаний отрасли. Результатом исследования выступают конкретные источники возникновения экономического эффекта с точки зрения затратной составляющей формирования финансового результата и добавленной стоимости.

Динамика цифровых инвестиций по российскому транспортному комплексу

Если обратиться к определению цифровой экономики как экономическому устройству, в котором данные в цифровом виде являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности [4], то возникает необходимость формулировки положения о том, что оценка цифровой трансформации должна базироваться на рассмотре-

нии данных как актива и фактора создания стоимости. По нашему мнению, оценку цифровизации бизнеса необходимо проводить с использованием следующих экономических показателей:

- стоимость цифровых элементов баланса — нематериальных активов, отдельных групп основных фондов (информационное, компьютерное, телекоммуникационное оборудование);
- инвестиции в создание и приобретение цифровых технологий (цифровые инвестиции);
- текущие затраты на цифровые технологии в себестоимости транспортной услуги и в величине транспортного тарифа, определяемые через амортизацию нематериальных активов и машин, оборудования, технических систем, связанных с цифровыми технологиями.

Рассмотрим динамику цифровых инвестиций в организациях российского транспортного комплекса за последние годы.

На рис. 1 наглядно видна устойчивая положительная динамика вложения средств транспортных организаций в цифровые технологии. С 2005 по 2020 гг. реальный рост инвестиций в «цифру» в целом по российскому транспорту оценивается нами в 3,5-кратном размере, по железнодорожному транспорту — 4,5-кратном.

В то же время существенного роста инвестиций в физические активы (в основном капитал) за тот же период практически не наблюдается. По российскому транспорту ежегодный объем инвестиций в основной капитал за 2005–2020 гг., вырос в реальном выражении только на 50 %, а по железнодорожному транспорту, несмотря на значимое повышение в 2008–2013 гг., к 2020 г. остался на уровне 2005 г. [5].

Таким образом, цифровую трансформацию транспортного бизнеса подтверждает значительный опережающий рост инвестиций в цифровые технологии в сравнении с общей динамикой инвестиций в основной капитал.

Но одновременно отметим, что уровень цифровых инвестиций относительно величины вложений в основной капитал пока крайне мал. К 2020 г. соотношение цифровых инвестиций и вложений средств в физические активы по транспорту составляло 1,6 %, а железнодорожному транспорту — 3,3 %.

Влияние цифровых инвестиций на структуру себестоимости транспортной услуги

Покажем, как изменялась структура себестоимости транспортной услуги за последние годы. Определим, имеется ли связь между экономией отдельных элементов затрат и динамикой цифровых инвестиций.

Эмпирическое заключение об эффектах цифровой трансформации можно сделать при помощи данных таблицы.

В таблице предусмотрены расчеты парной корреляции показателей операционной деятельности как с инвестициями в цифровые технологии, так и вложениями в физические активы. Эти расчеты выполнены нами для того, чтобы понять, какая из категорий инвестиций в наибольшей степени сопряжена с изменениями отдельных элементов затрат.

Так, рост цифровых инвестиций по российским транспортным организациям за последние 15 лет происходил в тесной связке с сокращением расходов на оплату труда, материалы, топливо и энергию (знак «-» значения парного коэффициента корреляции говорит о влиянии роста цифровых инвестиций на снижение соответствующих статей расходов, т. е. разнонаправленной пары показателей).

Исходя из полученных математических расчетов, можем сделать вывод о влиянии цифровых инвестиций на сокращение указанных элементов себестоимости. При этом влияние инвестиций в физические активы на сокращение отмеченных статей расходов математически не установлено либо является несущественным.

Наиболее выраженный установленный нами в ходе корреляционного анализа эффект цифровой трансформации — это сокращение доли трудозатрат в себестоимости (рис. 2).

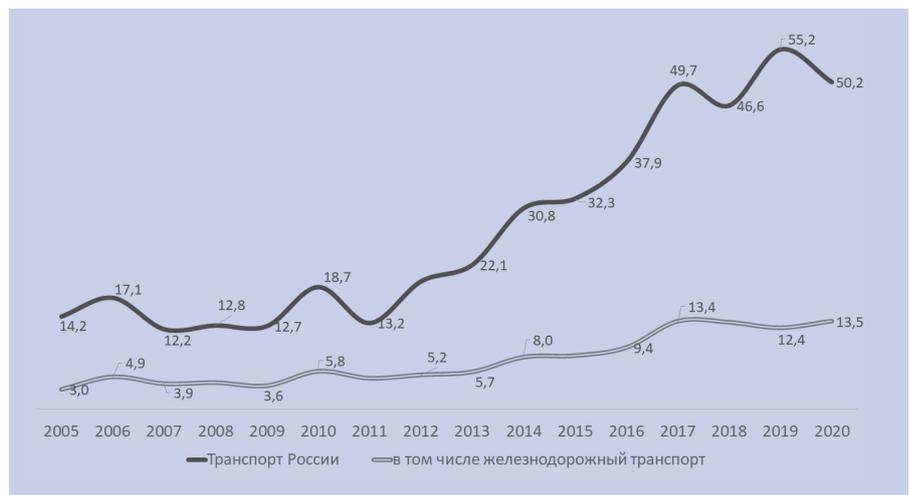


Рис. 1. Динамика цифровых инвестиций по российскому транспорту, в том числе железнодорожному, с 2005 по 2020 г. в сопоставимых ценах 2020 г., млрд рублей. Источник: рассчитано и построено автором на основе [1].

Примечание: приведение данных соответствующих периодов в сопоставимые цены проведено автором с использованием официального показателя инфляции в РФ — индекса потребительских цен на товары и услуги.

На основе расчетов видим, что за весь рассмотренный период доля расходов на оплату труда устойчиво снижалась. По железнодорожному транспорту сокращение наиболее значительное: с 30 до 17 процентных пунктов. При этом такое существенное сокращение происходило на фоне заметного роста цифровых инвестиций в то время как ежегодный объем вложений в основной капитал к 2020 г., как отмечено выше, остался на уровне 2005 г.

По российскому транспорту в целом также отмечается тенденция сокращения затрат труда в себестоимости: с 21 до 17,5 процентных пункта за последние 15 лет.

Таким образом, на основе расчетов и сопоставления данных мы можем утверждать, что наиболее значительный эффект инвестиций в цифровые технологии за последние годы — сокращение затрат на оплату труда.

Далее покажем, как изменяются отдельные величины амортизации активов в условиях цифровой трансформации.

Таблица. Парная корреляция между показателями операционной деятельности и инвестициями в цифровые технологии, инвестициями в основной капитал для транспортного комплекса России

Показатель	Инвестиции за период с 2005 по 2020 гг. в:	Влияние инвестиций на операционные расходы / прибыль (коэффициент парной корреляции, доли единицы)
Расходы на оплату труда	Цифровые технологии	-0,891
	Основной капитал	0,163
Затраты на материалы	Цифровые технологии	-0,68
	Основной капитал	-0,445
Затраты на топливо и энергию	Цифровые технологии	-0,766
	Основной капитал	-0,083
Амортизация	Цифровые технологии	-0,516
	Основной капитал	-0,577
Прочие материальные затраты	Цифровые технологии	-0,286
	Основной капитал	-0,264
Операционные расходы (всего)	Цифровые технологии	-0,526
	Основной капитал	0,211
Коммерческие и управленческие расходы	Цифровые технологии	0,844
	Основной капитал	0,141
Прибыль от продаж (операционная прибыль)	Цифровые технологии	-0,395
	Основной капитал	-0,331
Прибыль до налогообложения	Цифровые технологии	-0,176
	Основной капитал	0,008

Источник: рассчитано автором на основе [1].

Переориентация инвестиционных потоков в направлении приобретения цифровых технологий, программных средств неизбежно влияет на рост таких показателей, как доля в себестоимости транспортных услуг и тарифе:

- амортизации нематериальных активов;
- амортизации компьютерного, ин-

формационного, коммуникационного оборудования в себестоимости.

На рис. 3 и 4 приведены эмпирические расчетные данные, свидетельствующие о постепенном повышении значимости амортизации цифровых активов, все больше ее влиянии на себестоимость транспортной услуги и, как следствие, величину тарифа.

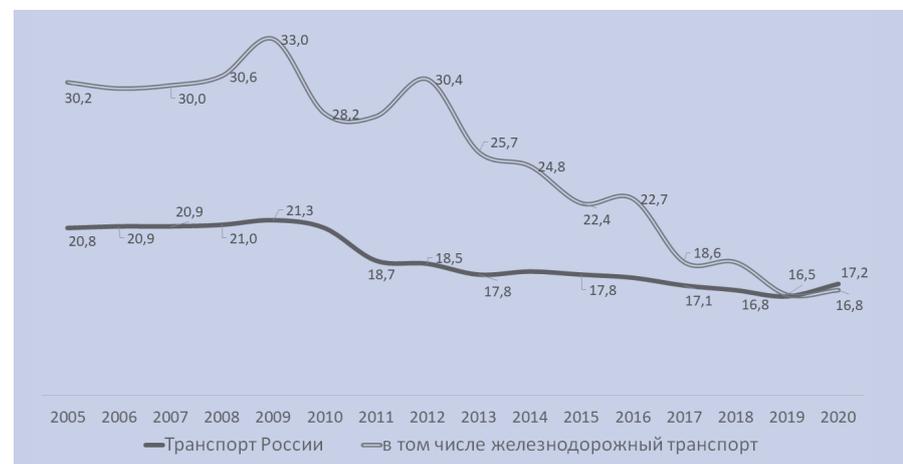


Рис. 2. Доля расходов на оплату труда в полной себестоимости транспортных услуг, %. Источник: рассчитано и построено автором на основе [1]. Примечание: расчеты выполнены по ОКВЭД «Транспортирование и хранение» и «Деятельность железнодорожного транспорта» в целом по России.

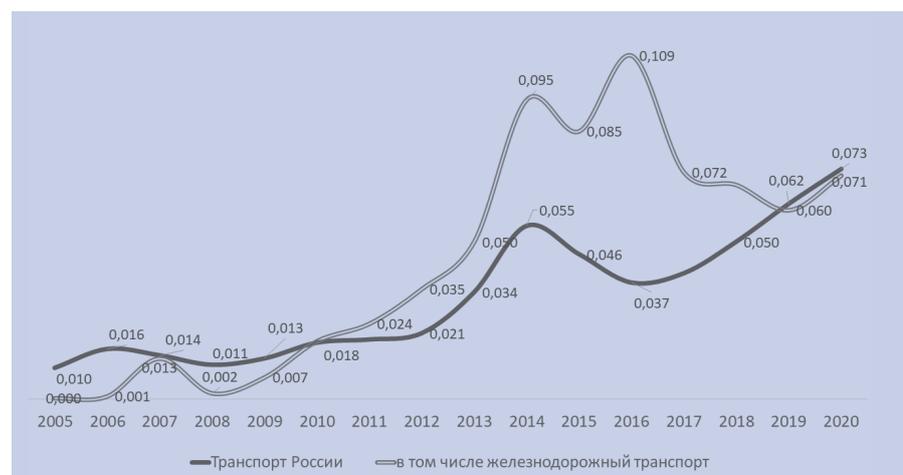


Рис. 3. Доля амортизации нематериальных активов в полной себестоимости транспортных услуг, %. Источник: рассчитано и построено автором на основе [1].

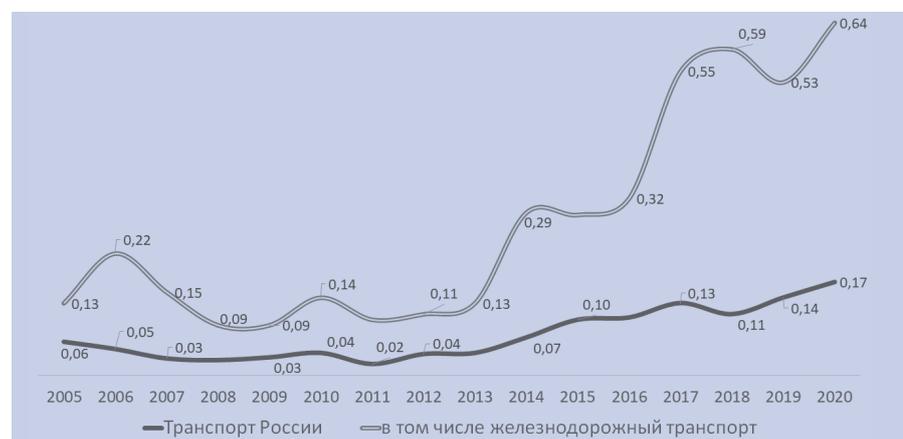


Рис. 4. Доля амортизации информационно-коммуникационного оборудования в полной себестоимости транспортных услуг, %. Источник: рассчитано и построено автором на основе [1].

Итак, по наглядным данным рис. 3–4, мы наблюдаем повышательный тренд амортизации цифровых активов на транспорте. В частности, по железнодорожному транспорту к 2020 г. доля амортизации нематериальных активов составила 0,07 % (против практически неощутимых значений в 0,0004 % в 2005 г.), доля амортизации информационно-коммуникационного оборудования устойчиво приближается к 1 %.

В таких условиях все возрастающей роли стоимости цифровых активов в системе управления цифровой экономикой компаний необходимо не только оценивать цифровые экономические категории и показатели, но и воспринимать их как объект всестороннего анализа, планирования, таргетирования, финансового моделирования.

Выполненное исследование предполагает систематизацию его основных результатов. Цифровая трансформация транспортного бизнеса характеризуется изменениями конкретных экономических показателей. В процессе оценки цифровизации российского транспорта определены ее критерии и признаки. В частности, это опережающий рост цифровых инвестиций в сравнении с вложениями в основной капитал; устойчивая тенденция сокращения доли затрат на оплату труда, материалы, топливо, энергию; постепенная тенденция роста доли амортизации цифровых активов и повышение ее влияния в управлении стоимостью транспортных услуг. **T**

Литература

1. ЕМИСС. Государственная статистика: Официальные статистические показатели [Электронный ресурс]. – URL: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 20.08.21).
2. Egorov Y., Zhuravleva N., Poliak M. The level of railway rates as a factor of sustainable development of territories // E3S Web of Conferences. 1. 2020. P 04010.
3. Егоров, Ю. В. Совершенствование тарифообразования на грузовом железнодорожном транспорте России в условиях цифровизации // Сибирская финансовая школа. – 2020. – № 4 (140). – С. 19–23.
4. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 20.08.21).
5. Чеченова, Л. М. Решения для оптимизации эксплуатационных расходов на железнодорожном транспорте // Вопросы новой экономики. – 2021. – № 2 (58). – С. 61–66.

Процессный подход к организации деятельности судостроительного предприятия



Р. А. Постников,
аспирант ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский
государственный морской
технический универси-
тет» (СПбГМТУ), заме-
ститель начальника
ПЭО АО «ЦМКБ «Алмаз»



Е. С. Палкина,
д-р экон. наук,
доцент, профессор
кафедры «Инновационная
экономика»
СПбГМТУ

В ходе исследования формализована бизнес-модель работы предприятия, включающая в себя девять взаимосвязанных блоков. Разработана схема концептуальной модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия с использованием стандарта IDEF0 и представлено описание ключевых из них. Выполнена визуализация ожидаемого эффекта от реализации этого проекта.

Глобализация экономических систем и отношений, конкуренция на внутреннем и мировом рынках приводит к необходимости использования наиболее прогрессивных технологий ведения хозяйственной деятельности. Как показывают проведенные исследования, непрерывные изменения в промышленных технологиях, рынках сбыта, запросах и потребностях клиентов непосредственно влияют на деятельность предприятий и получаемые ими результаты [1].

Кроме того, особого внимания заслуживает активизация их инновационной деятельности, которая обусловлена возникновением и распространением качественно новых экономических отношений и хозяйственных связей. Таким образом, в условиях рыночной экономики проблема непрерывного совершенствования системы управления субъектом хозяйствования приобретает особое значение.

С учетом вышеизложенного одной из основных задач, стоящих сегодня перед руководством судостроительных предприятий, является своевременная реакция на динамичные вызовы внешнего окружения и внутренней среды, а также внедрение новейших мировых практик и передовых инструментов ведения бизнеса.

Очевидно, что современное управление не обходится без использования специальных методик, концепций, поскольку они помогают руководителям принимать рациональные решения и предсказывать результат их реализации. В данном контексте не подлежит сомнению тот факт, что одним из эффективных инструментов управления предприятием является управление на основе бизнес-процессов.

Внедрение методов процессного управления для судостроительных предприятий представляется объективно необходимым в условиях динамизма внешнего окружения, а также с учетом стремительных темпов цифровизации и радикальных изменений в технике и технологиях строительства судов [2]. Кроме того, актуальным является вопрос использования специальных методов и приемов для построения бизнес-модели, а также выбор подходов к оценке ее эффективности.

В то же время практический опыт управления на основе бизнес-процессов свидетельствует о том, что наряду с положительными явлениями процессный подход не всегда сразу обеспечивает ожидаемые результаты. Следует принимать во внимание риски, обусловленные выбором метода описания бизнес-процессов, специфику, условия и масштабы деятельности хозяйствующего субъекта, уровень его информационного обеспечения с точки зрения использования информационной системы управления [3].

Кроме того, для эффективного управления бизнес-процессами на судостроительных предприятиях необходимо проводить оценку и моделирование бизнес-систем с определением конкретных участников (поставщиков, подрядчиков, проектных организаций), взаимодействие с которыми является обязательным для достижения целей предприятия на базе различного типа продуктовых, технологических и управленческих инноваций.

Таким образом, активное развитие процессного подхода в управлении судостроительными предприятиями требует детального исследования возможностей и методики его реализации, последова-

тельности, этапов и особенностей построения соответствующей модели, что в целом обуславливает актуальность темы исследования, а также подтверждает его теоретическую и практическую значимость.

Обзор специальной литературы и постановка цели исследования

Вопросы, связанные с пониманием сущности функционирования бизнес-моделей предприятий, нашли свое отражение в трудах Л. Н. Риделя, Т. В. Дубровской, С. С. Широколобова, А. В. Андриановой, Е. В. Фалеевой и таких зарубежных авторов, как Frank Nordemann, Rolf Tönjes, Elke Pulvermüller, Heiko Tapken.

Проблематике исследования современных технологий разработки и моделирования бизнес-процессов посвящено значительное количество зарубежных публикаций, необходимо отметить работы таких авторов, как Anna Sołtysik-Piorunkiewicz, Patryk Morawiec, Sharan Srinivas, Roland Paul Nazareth, Md Shoriat Ullah.

Ключевые аспекты классификации бизнес-процессов, составляющих основу функционирования предприятия, их декомпозиция с учетом управляемых действий, способных формировать добавленную стоимость, детально анализируются следующими авторами: Carolina Fernandes, Rui Cruz, Sofiane Boukelkoul, Ramdane Maamri, Mohamed Chihoub, а также О. В. Ксенофонтовой, А. И. Козловской, Д. Ю. Хомутским.

В работе [4] отмечается, что в эпоху цифровизации предприятие будет представлять собой саморегулируемую систему, которая способна самостоятельно и своевременно выявлять недостатки и корректировать их. Основные модули модифицированной производственной системы, адаптированной к условиям цифровой экономики, предлагаемые автором, следующие: 1) производственные системы и их элементы; 2) организация труда; 3) инструменты управления качеством; 4) анализ и оценка выполнения производственных заданий; 5) процессный подход при организации производства; 6) производственная логистика; 7) высокие технологии (облачные, когнитивные и др.); 8) кооперационные связи с научными, образовательными организациями; 9) показатели оценки процессов; 10) риски.

Имеющиеся на сегодняшний день результаты исследований вносят значимый вклад в развитие теории менеджмента организаций, которые позволяют глубже понять сущность процессов, проис-

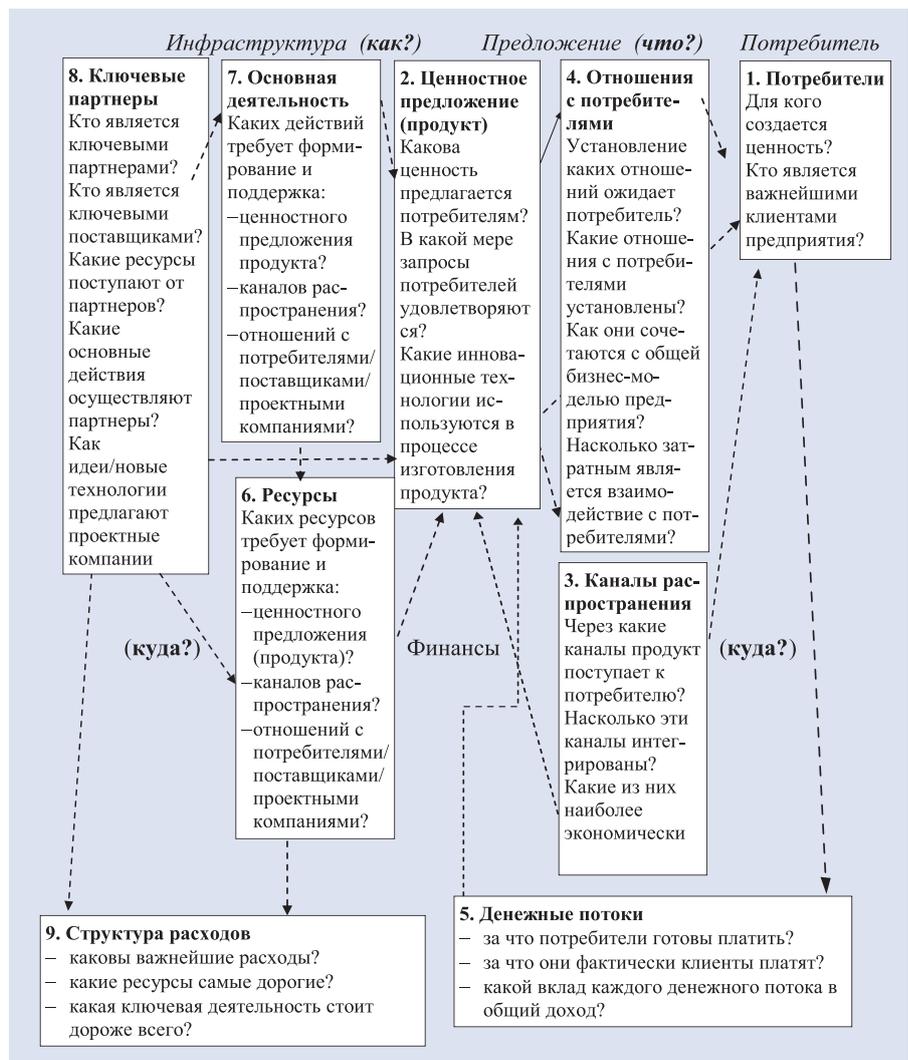


Рис. 1. Схематическое изображение «канвы» бизнес-модели судостроительного предприятия

ходящих внутри хозяйственной системы, систематизировать их, разработать инструменты оценки эффективности и повысить результативность деятельности менеджмента компании в целом.

В то же время необходимо отметить, что исследуемая предметная плоскость содержит еще ряд проблемных вопросов, которые требуют дополнительного изучения и более глубокой проработки. Так, в частности, не до конца разработанными являются методологические подходы к формированию и анализу бизнес-моделей, что затрудняет использование концепции на практике. Малоизученными остаются особенности бизнес-процессов предприятий судостроительной отрасли. Кроме того, более подробного описания требуют механизмы влияния инновационных бизнес-процессов на развитие промышленных предприятий.

Таким образом, цель исследования заключается в построении динамической модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия с уче-

том специфики его деятельности, которая позволяет достичь положительного экономического эффекта в результате инновационного развития организации.

Методы исследования

Применение методов системного и структурного анализа в идентификации бизнес-процессов судостроительных предприятий предполагает их рассмотрение в виде обособленных подсистем управления, которые представляют собой отдельные объекты, отвечающие за преобразование ресурсов предприятия в конкретные результаты деятельности [5]. С помощью графических и специальных методов можно построить логические модели управления, основанные на процессном подходе.

В данной работе для построения модели основных бизнес-процессов предприятия судостроения был использован стандарт IDEF0, основой которого является графическое представление бизнес-процессов и совокупность иерархически взаимосвязанных

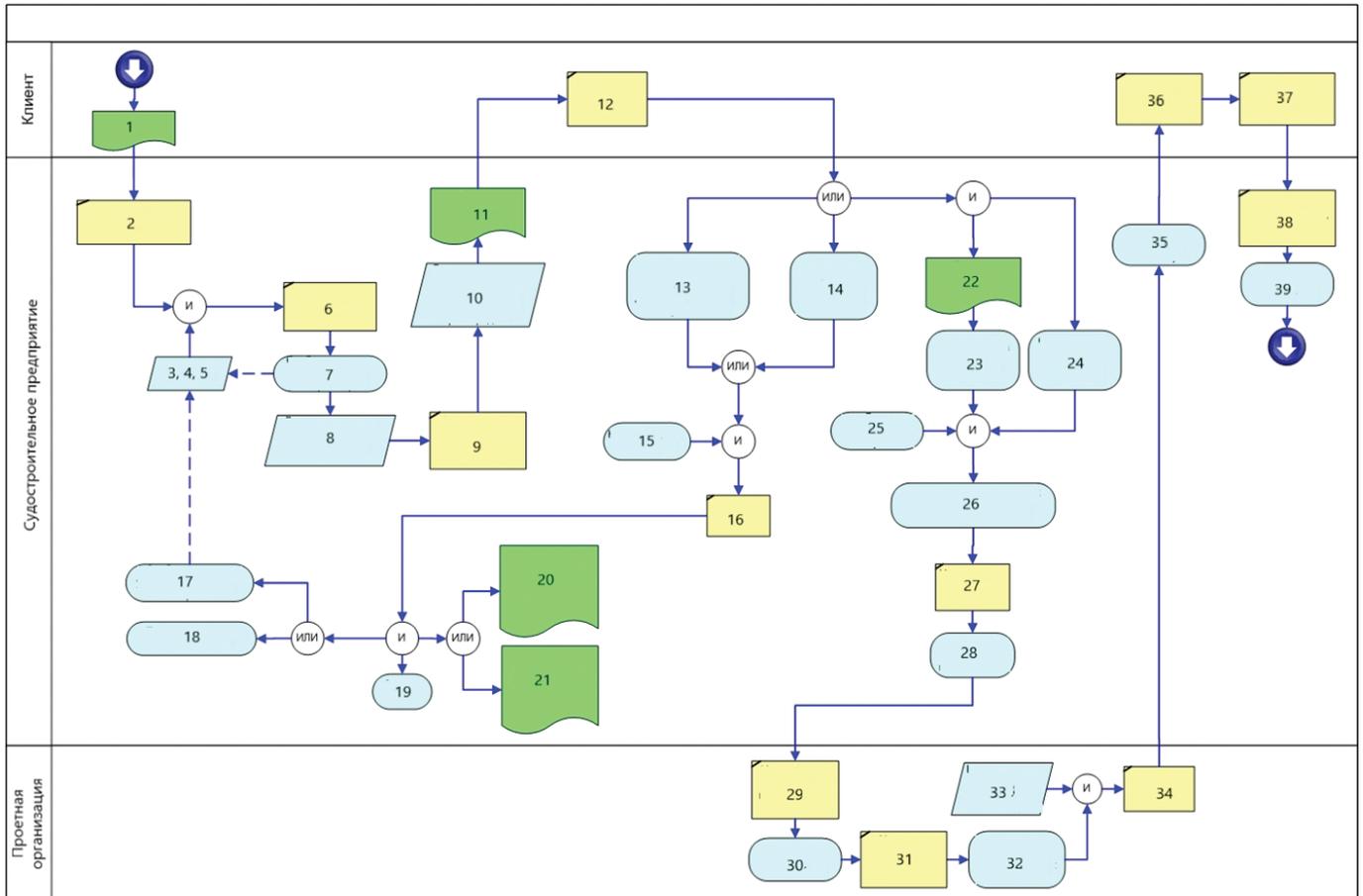


Рис. 2. Схема концептуальной модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия до организационных изменений

диаграмм, каждая из которых является структурной единицей представленной модели.

Результаты исследования

Построение «канвы» бизнес-модели судостроительного предприятия

С позиций данного подхода построение комплексной модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия, которое реализует инновационный вектор развития, требует четкой формализации таких элементов, как: потребители, ценностное предложение (продукт), каналы распространения, отношения с потребителями, денежные потоки, ресурсы, основная деятельность, ключевые партнеры, проектные организации и структура затрат. Инструментом визуализации логики построения бизнес-модели в соответствии с этой схемой является так называемая «канва» бизнес-модели.

На рис. 1 представлено схематическое изображение «канвы» бизнес-модели судостроительного предприятия. Цифрами обозначена последовательность заполнения блоков модели путем поиска ответов на поставленные вопросы. По нашему

мнению, «канва» является простым и эффективным инструментом формирования новой усовершенствованной бизнес-модели, которую следует использовать на судостроительных предприятиях с целью обеспечения их инновационного развития и создания устойчивых конкурентных преимуществ на мировом рынке судостроения в долгосрочной перспективе.

Построение модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия до внедрения изменений – инновационных технологий

Для построения непосредственно самой модели основных бизнес-процессов предприятия судостроения представляется целесообразным использовать стандарт IDEF0, основой которого является графическое представление (графический язык описания) бизнес-процессов и совокупность иерархически взаимосвязанных диаграмм, каждая из которых является структурной единицей представленной модели [6]. Схема модели изображена на рис. 2.

Каждый бизнес-процесс, представленный на рис. 2, имеет следующие параметры: вход, выход, и механизм управле-

ния. Блоки связаны между собой другими иерархическими уровнями с помощью так называемых интерфейсных дуг, которые позволяют определять процессы, происходящие в системе.

Рассмотрим более детально узловые процессы, представленные на рис. 2. В скобках будут указаны номера процессов.

1. Формирование потребительского запроса на продукцию судостроительного предприятия (1). Этот процесс является основополагающим для всей деятельности организации. Он согласовывается с инновационной стратегией с помощью службы аналитики и анализа рыночной потребности в услугах и ассортиментном ряде предприятия (2, 3). Без этого невозможно качественное завершение процесса и переход к следующему этапу.

2. Поиск и выбор производителей-поставщиков. Этот процесс охватывает анализ конкурентных возможностей компаний-производителей (3, 4, 5) в судостроительной отрасли, которые соответствуют запросу предприятия. Реализуется с помощью аналитиков компании и менеджера по закупкам. После поступления запроса от клиента, менеджмент судостроительного предприятия анализирует собственные

возможности его удовлетворения. Например, наличие комплектующих (6), зарезервированы ли они для другого заказа (7), какой из бизнес-партнеров / поставщиков в случае необходимости может восполнить образовавшийся дефицит (8) и в какие сроки. Если все материалы, запчасти и т. д. имеются в наличии, определяется примерная дата выполнения заказа (9).

3. Подписание предварительных договоров на выполнение заказа, поставку сырья и материалов между судостроительным предприятием и бизнес-партнерами, на основании чего формируется официальное предложение клиенту (10) и подписывается договор со стороны предприятия (11). Данный процесс осуществляется на паритетных началах и по взаимовыгодным договоренностям. Следует отметить, что рассматриваемый процесс занимает особое место в формировании доходности предприятия, поскольку получение прибыли зависит от закупочной стоимости сырья, материалов и условий поставки. Также этот процесс связан с качеством анализа рыночной потребности в товарных позициях, проводимого бизнес-аналитиками судостроительного предприятия, так как должен учитывать прогноз спроса, то есть объем закупок и закупочный бюджет.

4. Формулировка договорных условий для клиента (12), уточнение всех спецификаций, технических характеристик, финансовых обязательств. Клиентом либо принимаются предложенные условия (13), либо нет (14). Если клиент не планирует дальше работать с предприятием, значит, запрос в установленную дату аннулируется и исключается из загрузки производственной линии (16), зарезервированные запчасти и материалы возвращаются в производство (17, 18). Клиентом уплачивается неустойка (20) и предприятие также рассчитывается с поставщиками и партнерами за невыполненные обязательства (21).

5. Заказ запускается в производство (22) в том случае, если клиент подписал договор, согласившись с определенными условиями сделки. Часть производственного задания предприятием выполняется самостоятельно (23–28), а часть, которая требует привлечения уникальных знаний и технологий, инновационных разработок передается проектной компании (29–34).

6. Согласно техническим требованиям произведенная судостроительная продукция проверяется на предприятии, доукомплектовывается (35) и передается клиенту.

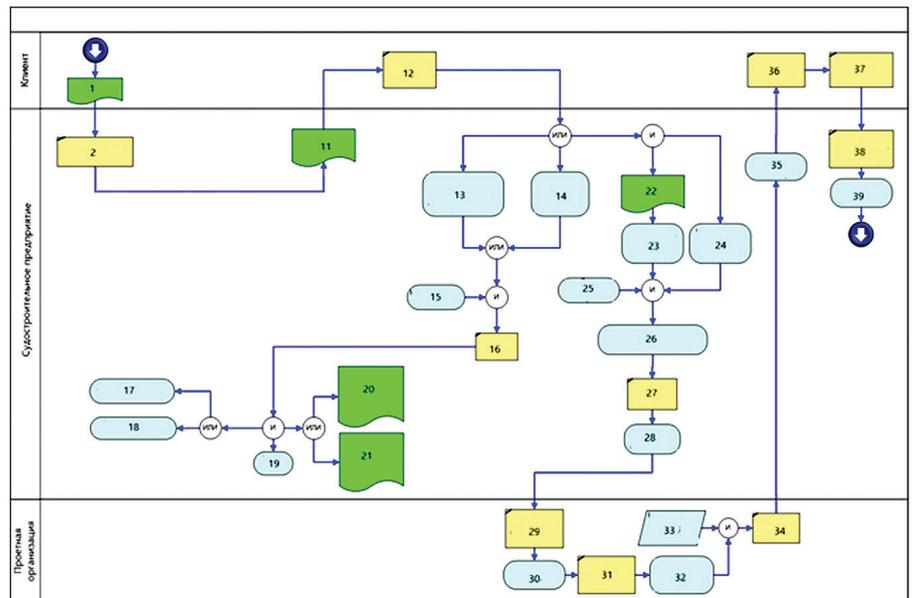


Рис. 3 Схема концептуальной модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия после внедрения единой цифровой базы поставщиков

7. Проверка судостроительной продукции клиентом (36), окончательный расчет (37), получение гарантий и подписание договора о техническом обслуживании (38), завершение заказа (39).

Построение модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия после внедрения изменений — инновационных технологий

Внедрение единой цифровой справочной базы данных по отрасли может создать дополнительный позитивный импульс для повышения качества выпускаемой судостроительной продукции и сокращения сроков и стоимости ее изготовления. Данную базу можно начать реализовывать на платформе крупнейшего участника отрасли — АО «Объединенная судостроительная корпорация». На начальном этапе единую справочную базу нами предлагается заполнить данными о поставщиках оборудования и материалов, а также ГОСТ, ОСТ и ТУ. Рассмотрим качественные и экономические эффекты от реализации этого проекта, который может стать основой для судостроения 4.0, на примере деятельности конструкторского бюро.

В конструкторском бюро ведется собственная база поставщиков оборудования и материалов, которая состоит из 30 000 позиций. Все они соответствуют требованиям и особенностям судостроительной отрасли (лицензии, акты аудитов, карточки юридического лица (поставщика), характеристики оборудо-

вания (габариты, 3D-модель, уникальный номер, соответствие перечню ЛОТ и прочие технические характеристики) и др.).

Подобные базы могут быть по своему исполнению разного уровня, но они будут малоэффективными до тех пор, пока используются локально на одном предприятии. Эффективность базы будет заключаться в быстром взаимодействии между организациями. Так, в результате взаимодействий между проектантом, заводом-строителем и поставщиками будет формироваться положительный синергетический эффект в организации строительства судов, что обусловит увеличение прибыли как конечного финансового результата хозяйственной деятельности всех перечисленных коммерческих предприятий, а значит, повысит их финансовый и инвестиционный потенциал для последующей реализации новых проектов судостроения.

Все позиции в базе данных можно перевести в унифицированные 3D-модели. Это позволит повысить производительность труда при проектировании. Каждой позиции можно присвоить унифицированный код (QR-код), который позволит проследивать весь путь оборудования от поставщика до строящегося судна вплоть до отслеживания технического состояния того или иного оборудования.

Можно сократить время пребывания специалистов конструкторского бюро на заводе-строителе во время технического сопровождения строительства за счет той же унификации 3D-моделей оборудования (все вырезы и фундаменты

будут максимально стандартизированы). Более детальное дистанционное отслеживание строительства при применении унифицированных кодов позволит точнее формировать понимание менеджмента, на каком этапе идет строительство, и своевременно выявлять риски.

Появится возможность анализа потребностей поставок оборудования и материалов в текущем периоде и производственных мощностей поставщиков. Данный анализ можно применять для совместных оптовых закупок и снижения затрат на логистику. Унификация большего количества закупаемого оборудования, вещей, снабжения и прочего позволит крупным заказчикам, например ВМФ, значительно сэкономить на техническом обслуживании, а также на создании специальных ремонтных кораблей, предназначенных для оперативного ремонта судов на воде.

Следует отметить, что оценить влияние рассмотренной базы поставщиков на трудоемкость проектирования весьма затруднительно. В первую очередь сама база должна обеспечивать поддержку принятия управленческих решений в области оптимизации бизнес-процессов организаций, задействованных в процессе строительства судов, а также во взаимоотношениях между предприятиями-участниками этого процесса, что даст возможность повысить качество и снизить сроки и стоимость строительства судов, а также расширить область внедрения автоматизации проектирования.

Для визуализации возможного эффекта приведем *рис. 3*. Данная схема принципиально отличается от схемы на *рис. 2* тем, что на ней отсутствуют блоки 3–10, отвечающие за анализ и подбор контрагента. При сравнении этих схем видно, что внедрение единой базы поставщиков позволит сократить около 25 % операций.

С помощью базы данных можно более точно определить стоимость постройки судна посредством использования уже известных и актуальных данных об ориентировочных ценах на оборудование и снизить сроки строительства, что позволит повысить долю гражданской продукции в портфеле заказов предприятий АО «ОСК».

Таким образом, в результате проведенного исследования для визуализации фиксации изменений на судостроительном предприятии была схематично представлена «канва» бизнес-модели организации, включающая описание таких элементов, как потребители, продукт,

каналы его распространения, взаимоотношения с потребителями, денежные потоки, ресурсы, основная деятельность, ключевые бизнес-партнеры, структура затрат. Построены графические модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия до и после внедрения инновационных изменений в организации на основе использования единой для всех заинтересованных сторон специализированной цифровой базы данных, содержащей необходимую актуальную информацию и обновляемой в режиме реального времени.

Ожидаемый положительный экономический эффект в результате реализации предложенного проекта внедрения единого цифрового архива нормативной документации в АО «ОСК», по оценкам экспертов, составит около 34 млн руб. и будет заключаться в практически двукратном снижении накладных расходов конструкторских бюро на обслуживание актуального архива ГОСТ, ОСТ и ТУ.

Другие положительные эффекты, которые могут быть получены всеми стейкхолдерами при внедрении инновационных технологий в российском судостроении, в частности в результате применения «цифровых двойников», а также основные направления модернизации производственной системы для повышения конкурентоспособности российских судостроительных предприятий на мировом рынке, подробно изложены авторами в работе [7].

В целом внедрение единой специализированной цифровой базы данных, предназначенной для использования всеми участниками процесса строительства судна, позволяет достичь не только прямого экономического эффекта в виде экономии затрат верфи, но и сократить время осуществления основных бизнес-процессов, а, как следствие, время выполнения заказа, улучшить коммуникации с контрагентами.

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. Предложенная в работе концептуальная модель основных бизнес-процессов судостроительного предприятия в системе управления его инновационным развитием на примере создания и внедрения единой цифровой базы данных поставщиков оборудования, материалов и нормативной документации позволит эффективно управлять взаимоотношениями с клиентами, поставщиками, подрядчиками, проектными организациями, а также корректировать систему менеджмента

в случае необходимости за счет оптимизации и уточнения последовательности управленческих решений и действий.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в построении контекстных диаграмм, которые позволят формализовать факторы, способствующие развитию предприятия, повышению его доходности через оптимизацию бизнес-процессов, а также факторы, которые отрицательно воздействуют на процессы преобразований и требуют дополнительного внимания со стороны субъектов управления процессами и разработки адекватных мер воздействия на них. ■

Литература

1. Курникова, Т. С. Сущностная характеристика реинжиниринга бизнес-процессов на предприятии // Промышленность и сельское хозяйство. – 2020. – № 2 (19). – С. 42–48.
2. Business Process Management Forum: BPM Forum, Seville, Spain, 2020, Proceedings / Dirk Fahland [and 3 others] (eds.). Cham, Switzerland : Springer, 2020. – 392 p.
3. Casebolt, J. M. Business process improvement using Object-Process Methodology // Systems engineering. – 2020. – Vol. 23. № 1. – P. 36–48.
4. Palkina, E. S. Using business process improvement concept to optimize enterprise production system in conditions of innovative economic development // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMT-MTE2018). 2018. Vol. 224. MATEC Web of Conferences. – URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/83/matecconf_icmtmte2018_02011.pdf.
5. Baiyere, A. Digital transformation and the new logics of business process management // European journal of information systems. – 2020. – Vol. 29. № 3. – P. 238–259.
6. Brocke J., Mendling J. Business process management cases: digital innovation and business transformation in practice. Cham, Switzerland : Springer, 2018. – 292 p.
7. Постников Р. А. Перспективы промышленного применения «цифровых двойников» в судостроении / Р. А. Постников, Е. С. Палкина // Первая отраслевая научно-практическая конференция «Производственные технологии в судостроении – вопросы информатизации». Санкт-Петербург, 2021. – С. 127–132.

Гидроморфологический режим и судоходные условия в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла: проблема и пути решения



Г. Л. Гладков,
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
Водных путей и водных
изысканий Государст-
венного университета
морского и речного флота
имени адмирала
С. О. Макарова (ГУМРФ)



К. П. Моргунов,
канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой
гидротехнических сооруже-
ний, конструкций и гидрав-
лики ГУМРФ



П. А. Гарибин,
д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры
гидротехнических
сооружений, конструкций
и гидравлики ГУМРФ



М. А. Колосов,
д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры
гидротехнических
сооружений, конструкций
и гидравлики ГУМРФ

В связи с отрицательным заключением экспертизы по проекту Нижегородского низконапорного гидроузла представляется целесообразным рассмотреть альтернативный вариант решения проблемы судоходства на участке реки Волги от Городецких шлюзов до Нижнего Новгорода (от 852,5 до 899,0 км по судовому ходу).

Первые проблемы, связанные с обеспечением судоходства в нижнем бьефе Городецких шлюзов, начали проявляться уже в конце 60-х — начале 70-х гг. прошлого века. Это было связано с тем, что вследствие развития эрозионных процессов на участке реки Волги, расположенном выше границы зоны выклинивания подпора от Чебоксарского водохранилища, а также в результате проведения дноуглубительных работ на судоходном фарватере и разработки русловых карьеров стали понижаться отметки уровня воды в нижнем бьефе гидроузла.

В настоящее время снижение уровня воды на пороге нижней ступени Городецких шлюзов оценивается величиной порядка 130–140 см, что привело к существенному ограничению транзитного судоходства с использованием крупнотоннажного флота на данном участке Единой глубоководной системы Европейской части России.

Возможны два основных пути решения проблемы. Один из них, который гарантированно решает вопросы безопасного судоходства и обеспечивает

сохранность в эксплуатации всех существующих объектов инфраструктуры водного транспорта, заключается в создании дополнительного подпора в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла [1].

В соответствии с принятым ранее отрицательным решением по вопросу реконструкции Чебоксарского гидроузла в составе «Проекта-68», предусматривающего наполнение Чебоксарского водохранилища до отметки 68,0 м БС, в данном случае речь идет о возможности создания подпора на проблемном для судоходства участке реки Волги путем строительства низконапорного гидроузла в районе поселка Большое Козино.

Для этого были выполнены необходимые инженерно-гидрометеорологические изыскания и разработана проектная документация. В связи с выявленными многочисленными экологическими, социальными и техногенными рисками [2] данный проект не может быть рекомендован для реализации на практике без существенной переработки и изменения ряда основных решений.

Альтернативное решение проблемы судоходства на участке от Городца до Н. Новгорода заключается в строительстве дополнительного судопропускного сооружения с пониженным порогом и днищем камеры в нижнем бьефе гидроузла. Помимо этого, необходимо создать в русле Волги судоходный канал — капитальную дноуглубительную прорезь на участке от Городецких шлюзов до границы зоны выклинивания подпора от Чебоксарского водохранилища.

В качестве основных вариантов, альтернативных строительству ННГУ, в настоящее время рассматриваются следующие предложения:

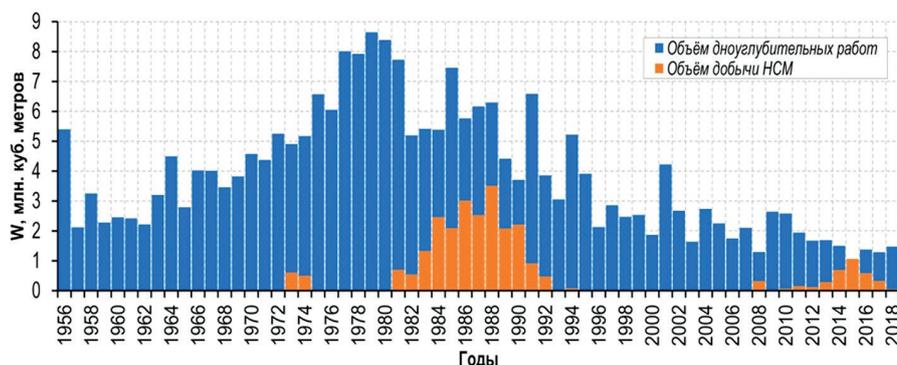


Рис. 1. Объемы транзитного землечерпания и добычи нерудных строительных материалов в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла (участок г. Городец — г. Нижний Новгород)

- строительство третьей нитки шлюзов нижней ступени Городецких шлюзов с пониженным заложением порога;
- создание в составе Городецких шлюзов дополнительной камеры шлюза № 15а.

На ранних этапах предпроектных проработок рассматривались другие варианты, но они все были исключены из дальнейшего рассмотрения ввиду своей бесперспективности.

Условия судоходства на участке от Городца до Н. Новгорода

Участок водного пути от Городецких шлюзов до Н. Новгорода является наиболее сложным по условиям плавания. На всем его протяжении наблюдаются резкие суточные и недельные колебания уровней воды, связанные с режимом работы Нижегородской ГЭС. На участке от Городецких шлюзов до г. Балахны судоходные глубины обеспечиваются в течение определенного количества времени, в зависимости от среднесуточных попусков воды через Нижегородскую ГЭС.

На выходе из нижнего подходного канала Городецких шлюзов имеется свал течения воды от работы гидроагрегатов ГЭС и водосливной плотины. На отдельных участках водного пути в настоящее время установлены ограничения на расхождение и обгон судов и составов. Сформированы предшлюзовые рейды судов и судовых составов для ожидания шлюзования [3].

Схема расстановки действующего навигационного оборудования и типы навигационных знаков от Городецких шлюзов до района Сормово приведены в атласе Единой глубоководной системы Европейской части РФ «Река Волга от Рыбинского гидроузла до Чебоксарского гидроузла» [4].

На рис. 1 по отчетным данным администрации Волжского бассейна представлены суммарные объемы транзитного землечерпания на участке Городец — Нижний Новгород за период 1956–2018 гг. Для сравнения на этом же графике показаны суммарные объемы добычи нерудных материалов на данном участке за период с 1973 по 2018 гг.

Гидрологический режим и русловые переформирования в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла

Характерные уровни и расходы воды

Эксплуатационные характеристики сооружений Нижегородского гидроузла регламентируются «Основными прави-

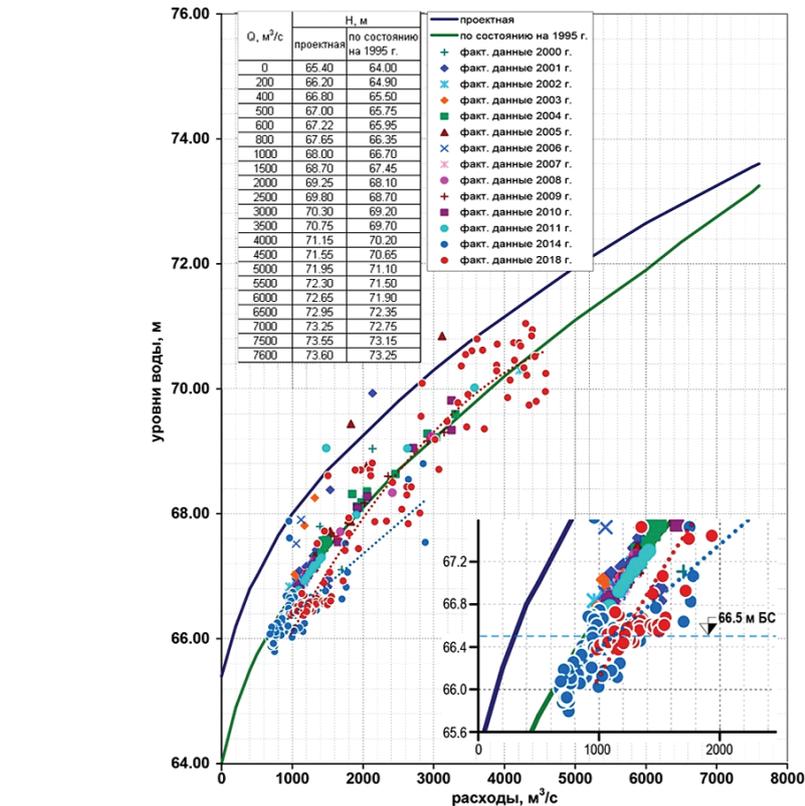


Рис. 2. Кривые расходов воды $Q = f(H)$ в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла

лами использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилища на р. Волге» [5].

Характерные уровни воды и обязательные ограничения, установленные действующими правилами для Нижегородского гидроузла, приведены в таблице.

Приведенные данные показывают, что установленное значение минимального навигационного уровня воды в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла составляет 66,5 м БС. В проекте правил (2014 г.) эту величину планируется понизить до отметки 66,2 м БС.

Для анализа современной ситуации с положением уровней воды в нижнем бьефе гидроузла на рис. 2 приведены сопоставленные кривые расходов воды за разные годы. Показаны также данные отдельных измерений, в т. ч. за последние годы наблюдений.

Приведенные материалы показывают, что к настоящему времени в результате снижения уровня воды в нижнем бьефе гидроузла уже достигнута минимальная отметка навигационного уровня воды.

В отдельные периоды навигации (см. врезку на рис. 2, данные наблюдений за 2014 и 2018 гг.) уровни воды в нижнем бьефе устанавливались ниже предельной величины, что является ограничивающим фактором с точки зрения допустимого снижения уровней воды в дальнейшем.

Анализ уровня и стокового режимов на участке от нижнего бьефа Нижегородского гидроузла до Н. Новгорода

После ввода в эксплуатацию Горьковского гидроузла естественный гидрологический режим на участке Городец — Нижний Новгород оказался полностью нарушен. Максимальные расходы половодья резко снизились, а зимние и летние меженные расходы существенно возросли.

Значительные изменения характеристик гидрологического режима на рассматриваемом участке наблюдаются в зоне влияния суточного регулирования режима работы станции, что обуславливает неустановившийся характер течения в нижнем бьефе гидроузла, способствует интенсификации русловых деформаций и оказывает отрицательное влияние на условия судоходства [2].

Анализ данных наблюдений Росгидромета за уровнем и стоковым режимами Волги на участке от Нижегородской ГЭС до Н. Новгорода за период наблюдений с 1957 по 2018 гг., а также результаты исследований Государственного гидрологического института [2; 6; 7] свидетельствуют о наличии значимых регрессионных трендов хронологических рядов максимальных, средних и минимальных расходов и уровней воды за навигационные периоды

Таблица. Основные параметры Нижегородского гидроузла

№ п/п	Параметр	Единица измерения	Значение параметра
Характерные уровни воды в верхнем бьефе гидроузла			
1	Нормальный подпорный (НПУ)	м БС	84,00
2	Минимальный допустимый в зимний период (УМО)	м БС	81,00
3	Минимальный навигационный (МНУ)	м БС	83,60
Характеристика обязательных ограничений			
1	Санитарный среднесуточный попуск в нижний бьеф	м ³ /с	500
2	Минимальный уровень воды в нижнем бьефе	м БС	66,5
3	Максимальный уровень воды в нижнем бьефе	м БС	73,0
4	Максимальный напор на сооружения гидроузла	м	17,5

по гидрологическим постам Городец и Балахна.

На рис. 3 показаны хронологические графики максимальных, средних и минимальных расходов воды за периоды навигации по данным о сбросных расходах Нижегородского гидроузла с нанесенными линейными трендами и их аналитическими решениями.

Приведенные данные показывают, что в течение всего периода эксплуатации комплекса сооружений Нижегородского (Горьковского) гидроузла имеет место устойчивое увеличение максимальных, средних и минимальных значений расходов воды в навигационные периоды времени. За время эксплуатации гидроузла минимальный расход воды в нижнем бьефе увеличился в среднем на 230 м³/с.

На рис. 4 показаны аналогичные графики, характеризующие тренды измене-

ния уровней воды в нижнем бьефе гидроузла. В частности, минимальные уровни воды понижаются ежегодно в среднем на величину 1,3 см/год.

В свою очередь, рост минимальных расходов воды в нижнем бьефе (рис. 3), напротив, частично компенсирует происходящее понижение отметок свободной поверхности, в среднем на величину около 0,55 см/год.

Таким образом, ежегодное снижение отметок уровней воды в нижнем бьефе, обусловленное эрозионными процессами на свободном от подпора участке Волги, оценивается величиной 1,8–1,9 см/год.

Объективной тенденции к уменьшению интенсивности изменения — однонаправленного необратимого понижения отметок уровней воды в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла, по имеющимся данным, не прослеживается.

Деформации русла Волги в нижнем бьефе гидроузла

На рис. 5 показан совмещенный продольный профиль по оси судового хода на участке от Городецких шлюзов до Н. Новгорода, построенный [2] по материалам карт внутренних водных путей за разные годы.

Полученные данные показывают, что в результате развития эрозионных процессов в нижнем бьефе гидроузла, осуществления инженерных мероприятий, связанных с проведением дноуглубительных работ и карьерных разработок в русле Волги, отметки дна на судовом ходу существенно понизились. При этом наиболее сильные изменения произошли в нижней части судоходного участка.

Данная ситуация, характеризующая особенности развития руслового процесса и переформирования дна на рассматриваемом участке, обусловлена специфической морфологии русла реки, режимом зарегулированного стока и характером инженерных мероприятий, проводимых в русле Волги.

В анализируемых отчетных материалах администрации водных путей Волжского бассейна приводятся сведения о наличии в верхней части участка трудноразмываемых скальных пород в русле реки, которые ограничивают величину и интенсивность размыва и понижения отметок дна в нижнем бьефе гидроузла и на нижерасположенных перекатах, практически на всем протяжении от Гордца до Балахны.

В черте Балахны, на перекатах Нижний Кочергинский, Верхний и Нижний Ветлянский, а также ниже на перекате

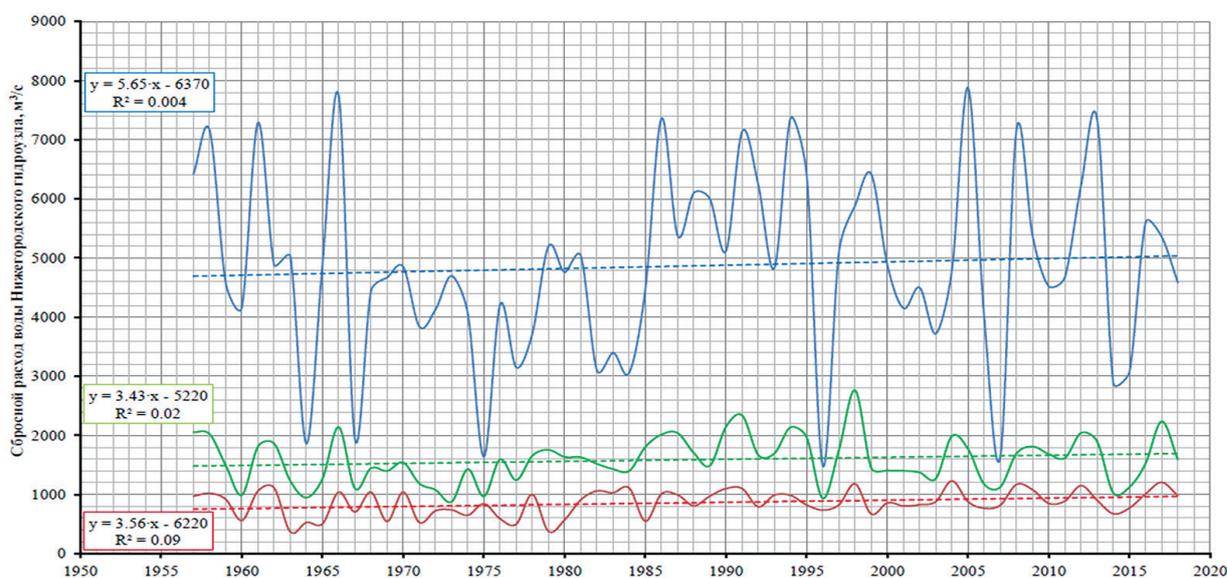


Рис. 3. Хронологические графики изменения максимальных, средних и минимальных расходов воды в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС

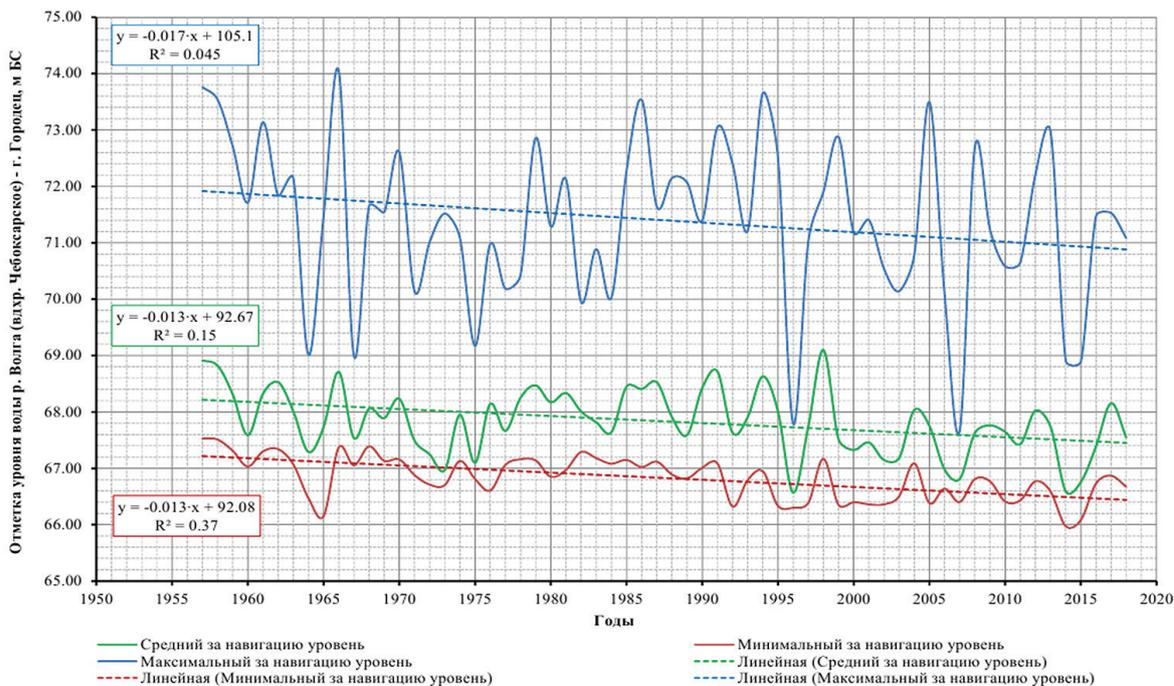


Рис. 4. Хронологические графики изменения максимальных, средних и минимальных навигационных уровней воды по г/п Городец

Парашинский Яр отмечается наличие глинистых грунтов в ложе реки.

В этих условиях следует ожидать развития ограниченных по величине деформаций русла реки на рассматриваемом участке вследствие распространения попятной эрозии [8], направленной снизу вверх против течения.

Сегодня понижение отметок дна в нижней части участка привело к распространению границы зоны выклинивания подпора от Чебоксарского водохранилища вверх по течению реки.

Основные пути решения проблемы обеспечения судоходства

Варианты компоновки дополнительного судопропускного сооружения в нижнем бьефе гидроузла

Существующая проблема по обеспечению судоходства в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла включает в себя две основные составляющие. Одна из них заключается в выборе варианта строительства дополнительного судопропускного сооружения на нижней ступени Городецких шлюзов.

По материалам НИОКР, выполненной СПбФ ИО РАН [2], наиболее перспективным представляется решение, в соответствии с которым будет реализован вариант строительства третьей нитки нижней ступени Городецких шлюзов. В данной работе приводится схема возможного

расположения объекта (рис. 6) и общий вид компоновки судоходного шлюза, разработанные АО ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева (рис. 7). Такой вариант решения прорабатывался Минречфлотом еще в 90-е гг. одновременно с рассмотрением других вариантов, однако не был реализован на практике.

По мнению специалистов, такое размещение дополнительного судопропускного сооружения позволит эксплуатировать все три нитки шлюза Городецкого гидроузла без организации дополнительных административных корпусов. Реализация данного варианта обеспечит бесперебойную работу Городецких шлюзов на период строительства и не приве-

дет к снижению пропускной способности гидроузла.

По другому варианту, предусматривающему строительство в составе Городецких шлюзов дополнительной камеры шлюза № 15а, примыкающей к существующей камере шлюза № 15, позиция разработчиков к настоящему времени была сформирована на уровне экспертных оценок без проведения соответствующих исследований и предпроектных проработок.

Схема расположения основных сооружений по данному варианту строительства в составе Городецких шлюзов дополнительной камеры показана на рис. 8.

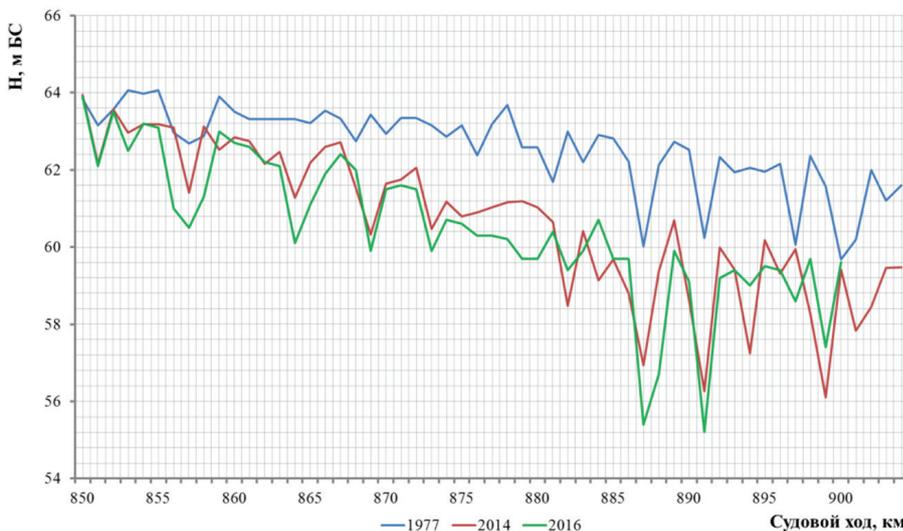


Рис. 5. Продольный профиль русла Волги по судовому ходу на участке от Городецких шлюзов до Н. Новгорода



Рис. 6. Вариант компоновочных решений по третьей нитке Городецких шлюзов

По оценке технико-экономических показателей, данный вариант рассматривается как более предпочтительный. Однако, по мнению основных перевозчиков, реализация этого решения может служить временной мерой для обеспечения условий судоходства на данном участке (при условии сохранения существующих минимальных уровней воды на лимитирующем участке водного пути).

Принципиально решая вопросы обеспечения шлюзования крупнотоннажных судов через Городецкий гидроузел, данный вариант, в отличие от строительства третьей нитки, имеет ряд существенных недостатков:

1. Строительство дополнительной камеры шлюза № 15 приведет к снижению пропускной способности Городецких шлюзов. По разным оценкам, эта величина составляет до 30 % от паспортного значения.
2. Строительство дополнительной камеры шлюза № 15 приведет к изменению габаритных размеров нижнего подходного канала и ухудшению условий движения судов в нижнем бьефе шлюза № 16.
3. Реализация данного варианта потребует значительных объемов работ, связанных с демонтажем части существующих объектов инфраструктуры, обеспечивающих условия судоходства в настоящее время, в т. ч. капитальной причальной левобережной стенки в нижнем подходном канале, а также крепления дна рисбермы 15 и 16 шлюзов.
4. В связи с необходимостью обеспечения судоходства в течение всего строительного периода работы предполагается организовать с использованием технологии «в воде», что представляется целесообразным осуществлять с использованием крупногабаритных наплавных элементов и конструкций [9], изготавливаемых в промышленных заводских условиях.
5. Строительство дополнительной камеры к шлюзу № 15, находящемуся в эксплуатации 65 лет, создаст в после-

дующем проблемы с организацией его реконструкции и капитального ремонта.

Для устранения значительной части из перечисленных недостатков предлагается иное решение — строительство переходного уравнительного бассейна вместо дополнительной камеры шлюза № 15. Это техническое решение подготовлено авторами настоящей статьи в развитие рассмотренного выше варианта строительства дополнительного судопропускного сооружения в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла.

В соответствии с этим вариантом предлагается новая конструкция камеры судоходного шлюза в виде переходного уравнительного бассейна со стенами откосного типа, позволяющая сохранить в эксплуатации все существующие элементы инфраструктуры сооружений Городецких шлюзов: нижние головы, палы и причальную стенку. С этой целью вместо строительства камеры судоходного шлюза, традиционной доковой конструкции для шлюзования, предлагается использовать часть подходного канала, примыкающего к нижним головам существующих шлюзов № 15 и 16 (рис. 9).

Для этого на участке подходного канала, расположенном ниже границы крепления дна канала, дно канала по всей его длине понижается до отметки 61,0 м БС, а в самом подходном канале возводится подпорное сооружение — нижняя голова, обеспечивающая пропуск и шлюзование судов в две нитки с безгалерейной системой опорожнения.

В качестве возможных вариантов ворот в данном случае можно рассматривать такие конструкции, как откатные ворота с клинкетами, секторные двухстворчатые ворота или сегментные полноповоротные, эффективно используемые в отечественной и мировой практике при небольших напорах на судоходных шлюзах.

Длина отсекаемой части подходного канала, по предварительной оценке, составляет около 400 м, в том числе участок примыкающей к нижней голове существующих шлюзов закрепленной плитами части канала — примерно 100 м. Полезная длина переходного уравнительного бассейна составит не менее 300 м.

Такие параметры переходного уравнительного бассейна позволят с использованием одной сбросной призмы из камеры шлюза второй ступени Городецких шлюзов получить величину наполнения на третьей ступени шлюза (т. е. в бассейне) около 1,5 м, что обеспечит шлюзование крупнотоннажного флота при уровнях

воды с отметкой 66,5 метра в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла.

При использовании двух сбросных призм уровень воды в бассейне может быть повышен до отметки 69,0 м БС при самых низких наблюдаемых уровнях воды в нижнем бьефе. Такой запас глубин на пороге существующих шлюзов второй ступени может быть востребован впоследствии для обеспечения судоходства на данном участке с учетом сохраняющейся тенденции к дальнейшему понижению отметок уровней воды.

В качестве дополнительных сооружений, обеспечивающих безопасность судоходства, необходимо предусмотреть в верхней части левобережного откоса канала в бассейне устройство водосброса-регулятора для сброса избыточной воды из бассейна в русло реки Змейки. Для обеспечения условий стоянки судов в ожидании шлюзования снизу участок существующей левобережной причальной стенки, расположенной ниже головы бассейна, удлиняется на величину до 300 м. Со стороны правобережного откоса в бассейне устраивается эстакада для швартовки судов в процессе шлюзования.

Основные выводы и предложения по этому варианту заключаются в следующем.

Формируемый в нижнем подходном канале переходный уравнительный бассейн в полной мере выполняет функцию камеры № 15а для обеспечения судоходства. При этом для его создания потребуются существенно меньшие (более чем в два раза) финансовые затраты по сравнению с дополнительной камерой традиционного типа.

Использование схемы переходного уравнительного бассейна позволит исключить перерыв судопропуска из-за технических и организационных проблем, связанных со строительством.

Реализация данной схемы дает возможность сохранить в эксплуатации существующую левобережную причальную стенку в нижнем бьефе Городецких шлюзов. В составе проектных проработок необходимо оценить устойчивость и эксплуатационную надежность причальной стенки с учетом понижения отметки дна в нижнем подходном канале.

Предлагаемая схема обеспечивает пропуск крупнотоннажных судов по обеим ниткам Городецких шлюзов, что потенциально увеличивает пропускную способность гидроузла в условиях пониженных уровней в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла.

Реализация предлагаемого варианта на практике не исключает впоследствии, при возникновении такой необходимости по экологическим требованиям, возможности реализации в нижнем бьефе варианта низконапорного гидроузла с более низкой отметкой НПУ, чем это было предусмотрено в отклоненном проекте ННГУ.

Создание судоходного канала — капитальной дноуглубительной прорези в нижнем бьефе гидроузла

Вторая составляющая проблемы заключается в необходимости разработки и реализации проекта Генеральной схемы коренного улучшения судоходных условий, который надлежит осуществить вне зависимости от выбранного варианта компоновки судопропускного сооружения. Вопрос создания судоходного канала от Городца до Н. Новгорода до настоящего времени детально не прорабатывался.

В составе данного проекта нужно обосновать габаритные размеры судоходного канала — капитальной дноуглубительной прорези в русле Волги, оценить ее влияние на гидрологический и русловый режимы реки, а также разработать мероприятия по обеспечению ее устойчивости. Следует установить очередность и сроки производства работ по длине прорези, определиться с выбором технологии и состава технического флота для выполнения дноуглубительных работ, назвать значения технологических запасов на переуглубление прорези и запасов на ее заносимость (по глубине и ширине), определить фактическое местоположение согласованных с заинтересованными органами мест укладки отвалов грунта.

В рамках проекта необходимо предусмотреть дополнительные русловыправительные мероприятия — выправительные сооружения для снижения заносимости канала на участках расширения русла и защиты берегов от размыва на прижимных участках русла реки. При этом следует иметь в виду, что применяемое в настоящее время на практике методическое обоснование элементов выправительной трассы, параметров выправительных сооружений и др. [8; 10; 11] было разработано применительно к установившемуся движению воды в реках. Вместе с тем апробированного расчетного обоснования, равно как и практического опыта выправления протяженных участков русел судоходных рек, расположенных в нижних бьефах гидроузлов, в условиях неустановившегося движения воды, обусловленного недельным и суточным регулированием стока, на сегодняшний день практически нет.

Несмотря на имеющиеся у специалистов расхождения в вопросах оценки величины и интенсивности дальнейшего снижения уровней воды в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла, есть достаточные основания полагать, что в результате производства капитальных и ремонтных дноуглубительных работ на судоходном участке активизируются эрозионные процессы на свободном от подпора участке Волги. Следует ожидать значимых односторонних деформаций: уположивания боковых откосов (кромки) судоходной прорези и знакопеременных переформирований дна по длине канала.

Этот вопрос требует проведения дополнительных исследований в составе проекта. Необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания

по трассе проектируемой судоходной прорези для определения фактического положения кровли подстилающих трудноразмываемых пород на данном участке Волги, ограничивающих эрозионные процессы в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла.

Другая группа вопросов, которые до настоящего времени также детально не рассматривались, связана с необходимостью проработки экологических проблем, обусловленных возможным снижением уровня воды в результате производства капитальных и эксплуатационных дноуглубительных работ при создании судоходного канала и поддержании габаритов судового хода на данном участке водного пути в последующий период времени.

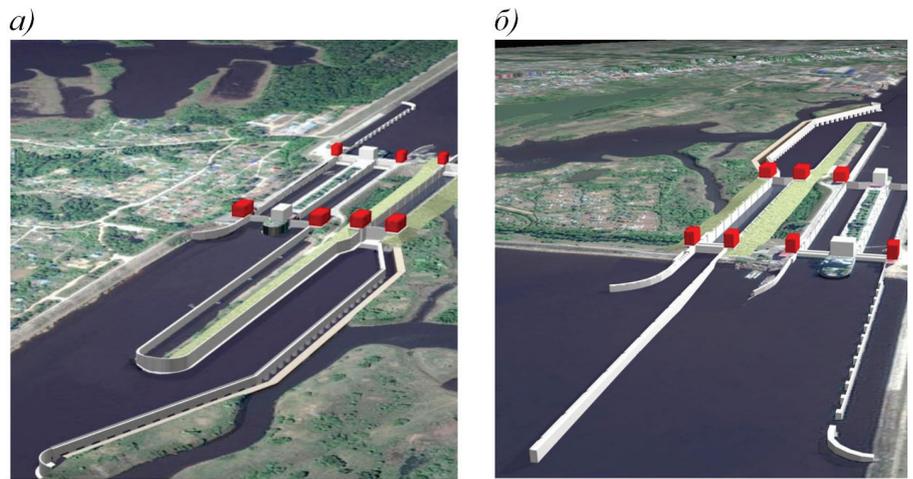


Рис. 7. Общий вид третьей нитки Городецких шлюзов: а) — вид со стороны нижнего бьефа; б) — вид со стороны верхнего бьефа

Вариант строительства второй камеры шлюза № 15а



Схематичный продольный разрез камер № 15 и № 15а

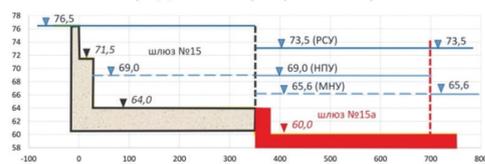


Рис. 8. Вариант компоновочных решений в дополнительной камере шлюза № 15а



Рис. 9. Схема создания переходного уравнительного бассейна в нижнем подходе канале Городецких шлюзов.

Решение перечисленных и ряда других вопросов, связанных с разработкой и выбором варианта проекта коренного улучшения судоходных условий в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла, предполагаемого к реализации с целью решения проблем судоходства на реке Волге, должно стать предметом последующих научных и проектных проработок.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Все рассмотренные варианты строительства дополнительного судопропускного сооружения для обеспечения пропуска судов через нижнюю ступень Городецких шлюзов имеют как положительные стороны, так и недостатки. Для выбора варианта компоновки судопропускного сооружения необходимо произвести технико-экономическое обоснование предлагаемых решений.

2. Проблему обеспечения судоходства на участке Волги, расположенном ниже Городца, целесообразно решать совместно с проведением оптимизации стока Рыбинского и Горьковского водохранилищ, в том числе путем увеличения сбросных расходов в нижний бьеф Нижегородской ГЭС до 1300 м³/с.

3. Результаты гидравлических расчетов по оценке деформаций русла реки и положения уровней воды в нижнем бьефе гидроузла на обозримую перспективу, выполненные рядом профильных научно-исследовательских организаций и учреждений, различаются между собой, что требует проведения независимой экспертной проработки данного вопроса и анализа материалов проведенных исследований. При этом необходимо учесть фактическое залегание кровли подстила-

ющих трудноразмываемых грунтов на перекатах, расположенных в верхней части судоходного участка, а также реальную картину изменения морфологии с учетом выбранной технологии производства дноуглубительных работ, очередности и сроков их выполнения.

4. В результате проведения исследования характеристик движения воды и транспорта наносов на рассматриваемом судоходном участке, а также в ходе последующих фильтрационных расчетов в составе проектных проработок необходимо получить прогнозную оценку влияния:

- дальнейшего снижения уровней воды в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла и на нижерасположенном участке реки на изменение положения уровня грунтовых вод на прибрежных территориях населенных пунктов и охраняемых природных объектов;

- снижения уровней воды на условия работы всех водопользователей в регионе, в т. ч., на условия эксплуатации инфраструктурных объектов водного транспорта, объектов водоснабжения и водоотведения, объектов гидроэнергетики и др.;

- повышенной мутности воды в зоне производства дноуглубительных работ и на нижерасположенных участках реки на состояние качества воды и биологические ресурсы.

5. С учетом санитарно-эпидемиологической и экологической ситуации в регионе необходимо уточнить обязательные ограничения характеристик водного режима, установленные действующими правилами при эксплуатации сооружений Нижегородского гидроузла. Данные ограничения придется усилить, регламентируя в последующем не только значения предельных допустимых отметок уровня воды в нижнем бьефе гидроузла, но и продолжительность стояния уровней воды в течение гидрологического года. ■

Литература

1. Gladkov G., Zhuravlev M., Katolikov V. Hydromorphological Substantiation of Channel Stability of Navigable Rivers in Engineering Water Transport Regulation of River Runoff. — International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EM-MFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol.

1259. Springer, Cham. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_63 (дата обращения: 14.07.2021)

2. Систематизация и анализ информации для выбора варианта проекта, предполагаемого к реализации на территории Нижегородской области, с целью решения проблем судоходства на реке Волге, в том числе с учетом оценки его влияния на санитарно-эпидемиологическую и экологическую ситуацию в регионе, зоны затопления и подтопления : отчет о НИР. — Санкт-Петербург : СПбФ ИО РАН, 2020. — 278 с.
3. Правила движения и стоянки судов в Волжском бассейне внутренних водных путей Российской Федерации (в ред. приказа Минтранса России от 01.07.2019 № 206).
4. Атлас единой глубоководной системы Европейской части РСФСР [Карты : Том 5. Река Волга от Рыбинского гидроузла до Чебоксарского гидроузла (с корректировкой на 2017 г.). — Нижний Новгород : Министерство транспорта РФ, Росречфлот, 2014.
5. Основные правила использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилища на р. Волге. РВ-258-83. — Москва, 1983.
6. Георгиевский, В. Ю. Гидрологический режим и водные ресурсы / В. Ю. Георгиевский, А. Л. Шалыгин // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. — Москва : Росгидромет, 2012. — С. 53-86.
7. Георгиевский, В. Ю. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата // В. Ю. Георгиевский, Н. И. Алексеевский, Н. И. Коронкевич // Тезисы пленарных докладов VII Всероссийского гидрологического съезда. — Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2013. — С. 26-32.
8. Гладков, Г. Л. Гидроморфология русел судоходных рек : монография / Г. Л. Гладков, Р. С. Чалов [и др.] — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 432 с.
9. Гарибин, П. А. Реконструкция нижних шлюзов Городецкого гидроузла / Гидротехника. XXI век. — 2021. — № 1 (46). — С. 42-47.
10. Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек. — Транспорт, 1974. — 309 с.
11. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках. — Санкт-Петербург : ЛИВТ, 1992. — 312 с.

«От идеи — до внедрения»: 25 лет работы над инновациями в подвижной состав



Т. С. Титова,
д-р техн. наук, профессор,
первый проректор — про-
ректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Петербургский
государственный универ-
ситет путей сообщения
Императора Александра I»
(ПГУПС)



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Вагоны и вагонное хозяй-
ство» ПГУПС,
генеральный директор
АО «НВЦ „Вагоны“»



Л. В. Цыганская,
канд. техн. наук,
доцент кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ПГУПС, начальник научно-
исследовательского бюро
АО «НВЦ „Вагоны“»

В статье представлен опыт сотрудничества Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС) и научно-внедренческого центра «Вагоны» (НВЦ «Вагоны») в создании инновационного подвижного состава.

В 2021 г. АО «НВЦ „Вагоны“» отмечает свое 25-летие. Приказ о его создании как государственного унитарного предприятия в составе ПГУПС был подписан в декабре 1995 г., а регистрация состоялась 18 июля 1996 г. Основной деятельностью АО «НВЦ „Вагоны“» является внедрение научных достижений ПГУПС в области железнодорожного транспорта. Университет формирует идею на базе проводимых исследований, проверяет ее на цифровых моделях, а научно-внедренческий центр обеспечивает разработку конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, проводит эксперименты и испытания опытной продукции.

Модернизация вагонов-платформ

Первые разработки ПГУПС и НВЦ «Вагоны» по увеличению вместимости и сокращению оборота подвижного состава для перевозки лесоматериалов касались замены съемного оборудования ВО-118 и ВО-162 на более легкое, позволяющее увеличить полезный объем и не требующее ручного труда по соединению и разъединению увязочных стяжек. В результате впервые на железнодорожном транспорте появилась типовая конструкция вагона



Рис. 1. Вагон-платформа модели 13-926-01 с оборудованием для перевозки леса из высокопрочной стали: грузоподъемность — 66 т; тара — 27,8 т; полезный объем — 160 м³

с лесными стойками и торцевой стеной модели 13-401-06 и 13-4012-06 в зональном габарите [1].

Модернизированные платформы 13-401 и 13-4012 оказались существенно лучше новых специализированных платформ 13-198, и НВЦ «Вагоны» была предложена их модернизация, позволяющая увеличить массу погруженного леса на 7 т [2]. В качестве дальнейшего совершенствования для стоек лесовозов были использованы высокопрочные стали с пределом текучести более 1000 МПа, что позволило снизить массу оборудования без торцевой стены почти в два раза, а со стеной — в три раза (модели 13-4012-23 и 13-401-23) [3]. Наиболее эффективным оказался проект 13-926-01, имеющий полезный объем 160 м³ (рис. 1).

Развитие съемного оборудования достигло своего апогея в 2006 г., когда был разработан проект для перевозки круглых лесоматериалов, металлопроката, металлических труб и крупнотоннажных контейнеров [4]. В дальнейшем были разработаны платформы 13-9956-06 и 13-9956-07 с изменяющимся габаритом лесных стоек, благодаря чему стало возможным увеличение объема перевозимых лесоматериалов до 120 м³ [5].

Также НВЦ впервые предложил дооборудовать универсальные платформы под перевозку контейнеров стандарта ISO и рефрижераторных контейнеров с установкой съемного оборудования для их электроснабжения [6].

Разработка вагонов для перевозки автоприцепов и автомобилей

Идея увеличения перевозок высококодированных грузов давно обсуждается среди железнодорожников. Учеными ПГУПС проводилась оценка эффективности перевозок контейнеров, автопоездов и автомобилей железнодорожным транспортом.



Рис. 2. Вагон-платформа модели 13–9938 с поворотным кругом для перевозки автоприцепов и контейнеров



Рис. 3. Погрузка контейнера на вагон-платформу модели 13–6987 с помощью съемной корзины и ричстакера

Показатели эффективности имели положительные значения как для ОАО «РЖД», так и для собственников автотранспорта.

Однако случайные повреждения транспортных средств в процессе погрузки сводили на нет все расчеты эффективности. В этом случае важным фактором является соответствие конструкций вагона особенностям перевозки, удобству погрузки-выгрузки, способу крепления перевозимой автомобильной техники.

Первой работой, которую выполнили ПГУПС и НВЦ «Вагоны» в 1996 г., было создание платформы для перевозки контейнеров на базе существующей платформы для перевозки контейнеров модели 13–9004. Следующей работой НВЦ в этом направлении стала модернизация платформ модели 13–9009 для автоприцепов [7].

Между тем опыт эксплуатации этих платформ, несмотря на улучшение конструкции после модернизации, оказался отрицательным. Железная дорога не смогла представить необходимый уровень привлекательности обслуживания из-за проблем с съездом автопоездов и таможенных трудностей на границах [8]. Однако идея вернуть автопоезда и автомобили на железную дорогу продолжала разрабатываться в университете.

В 2013 г. была предложена новая идея платформы для автоприцепов и контейнеров с поворотным кругом [9] (рис. 2).

Для обеспечения погрузки-выгрузки полуприцепа в конструкции вагона в центральной части установлен поворотный круг на фторопластовых роликах, который может поворачиваться вокруг своей оси. При погрузке тягач заводит полуприцеп задними колесами на поворотный круг, предварительно повернутый на необходимый угол, после чего отцепляется и уезжает. Далее терминальный погрузчик

с помощью специальной опорной тумбы с установленным на ней автомобильным сидельным устройством прикрепляется к полуприцепу, поворачивает его вместе с поворотным кругом и устанавливает опорную тумбу на вагон.

Таким образом, колеса полуприцепа опираются на поворотный круг, консольная часть — на опорную тумбу, а та — на раму вагона. Для крепления колес полуприцепа на поворотном круге используются колесные упоры, которые препятствуют как продольным, так и поперечным смещениям груза.

В то же время контейнеры на этой платформе можно перевозить только по определенным направлениям из-за ограничений по высоте. Поэтому в дальнейшем был разработан и запущен в производство на АО «Трансмаш» специализированный вагон-платформа модели 13–6987, который обеспечивает перевозку автомобильных полуприцепов в основном габарите погрузки (рис. 3).

Погрузка и перевозка автомобильных полуприцепов на вагон-платформе модели 13–6987 осуществляется с помощью съемной корзины. Это позволяет увеличить количество терминалов, на которых осуществляется погрузка, поскольку для данной операции требуется только наличие ровной площадки, автомобильного тягача и контейнерного погрузчика — ричстакера. Также стало возможным сократить время погрузки одного полуприцепа на вагон до 3–5 минут. При этом исключается возможность его повреждения.

За создание этой конструкции на Международном конкурсе союза «ОВС» научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области грузового вагоностроения 2019 г. АО «НВЦ „Ваго-

ны“» был присужден диплом III степени. Широкого распространения такие вагоны пока не получили, но по нашему мнению, перевозка автоприцепов железнодорожным транспортом является перспективным направлением.

Кроме того, НВЦ по предложению ПГУПС спроектировал первый в России крытый вагон модели 23–469–08 (рис. 4) для перевозки легковых автомобилей на двух ярусах. Ранее такие перевозки осуществлялись на открытых двухъярусных платформах, где наблюдались случаи вандализма и хищений при перевозках.

В дальнейшем были разработаны крытые вагоны для транспортировки автомобилей моделей 11–9772, 11–9773, 11–9778, а также вагон модели 11–9948 в габарите $T_{пр}$ [10]. В нем кроме увеличенного габарита были использованы новые конструктивные решения и материалы, позволившие улучшить технико-экономические показатели. Накопленный опыт разработки вагонов для автомобилей НВЦ «Вагоны» передал другим вагоностроителям, когда их вагоны были остановлены из-за появления трещин.

Создание длиннобазных платформ

ПГУПС и НВЦ «Вагоны» на постоянной основе занимаются анализом потребностей перевозчиков для выявления перспективных направлений совершенствования вагонов.

Появление новых контейнеров длиной 40 футов потребовало создания подвижного состава для их перевозки. На стандартной 60-футовой платформе можно было перевезти только один 40-футовый контейнер. Погрузочная длина 6 м оставалась незаполненной, да и грузоподъемность использовалась только наполовину.



Рис. 4 Крытый вагон для перевозки 12 автомобилей в два яруса модели 23-469-08



Рис. 5. Первый вагон-платформа модели 23-469-07 для перевозки двух контейнеров длиной 40' или четырех 20'



Рис. 6. Вагон-хopper модели 12-9765 для перевозки глинозема, алюминиевой продукции и тарноштучных грузов

Разработки вагонов-хoppers

Вагоны-хoppers являются эффективным специализированным подвижным составом. Но все они имеют один общий недостаток — большой порожний пробег. Известно, что основные российские предприятия по производству алюминия находятся в Сибири, а глинозем для их производства доставляется из морских портов на Балтике или Дальнем Востоке. Готовую же алюминиевую продукцию нужно снова вывозить в порты для отправки на экспорт.

Возникла идея создать гибридную платформу и хoppers (рис. 6) [12]. За счет съемной крыши, бункеров, решетчатого пола и усиленных торцевых стен вагон позволяет попеременно перевозить глинозем на заводы по производству алюминия, а в обратном направлении — готовую продукцию. Порожний пробег у такого подвижного состава отсутствует.

Сочлененные вагоны

Вопросы повышения полезной погонной нагрузки грузовых вагонов имеют важное значение для повышения эффек-

тивности перевозок. Одним из возможных путей решения этой задачи является применение сочлененных вагонов.

В 2008 г. была разработана первая на колее 1520 мм сочлененная платформа модели 13-470-01 [13] в виде сцепки из двух 18-метровых секций с установкой съемного оборудования для перевозки трех 40-футовых контейнеров. Связь между секциями осуществлялась посредством соединительного устройства SAC-1 американской компании Wabtec. Крайние контейнеры устанавливались на раму через стандартные фитинговые упорки. Средний контейнер опирался на две турникетные опоры, каждая из которых была установлена на свою раму через две беззазорные опоры и шкворень с возможностью поворачиваться вокруг него. Это самая длинная платформа в мире (рис. 7).

При ее создании были решены основные методические вопросы расчета устойчивости сочлененных вагонов от выжимания и опрокидывания, прохождения горбов сортировочных горок, которые вошли в нормы проектирования вагонов. В дальнейшем совместно с ПГУПС была разработана скоростная сочлененная платформа для ОАО «Рухиммаш».

Внедрение этих перспективных вагонов сдерживалось отсутствием отечественного устройства сочленения. Поэтому НВЦ «Вагоны» совместно с ПКБ МИИТ было разработано новое устройство сочленения шарнирного типа (ШУС), предназначенное для передачи силы между соседними секциями вагона сочлененного типа и обеспечения их опоры на общую тележку (рис. 8). Устройство было полностью изготовлено на российских предприятиях и успешно прошло весь комплекс предварительных испытаний.



Рис. 7. Сочлененный шестиосный вагон-платформа модели 13-470-01

Вагоны-цистерны

Первые разработки в области цистерн относились к выработке технологии капитального ремонта с продлением срока полезного использования. Затем был проведен ряд работ по созданию цистерн с котлами переменной кривизны, первая из которых была построена совместно с ОАО «Ружиммаш». Однако трудности изготовления котлов переменной кривизны не позволили внедрить такие цистерны в серийное производство.

Для увеличения вместимости цистерн ПГУПС было предложено использовать межвагонное пространство. Вагон-цистерна двухсекционная в габарите $T_{пр}$ представляет собой сцеп из двух секций, соединенный безззорным сцепным устройством SAC-1Rus с сохранением шага между устройствами слива-налива [14]. Это самая большая цистерна в мире.

Новые тележки

В конце 90-х гг. XX века стало очевидно, что создание новых инновационных вагонов требует разработки новой тележки. По заказу Министерства путей сообщения ПГУПС и НВЦ «Вагоны» в 1999–2001 гг. участвовали в попытке создания типоразмерного ряда тележек для нового поколения грузовых вагонов [15]. Поскольку увеличение осевых нагрузок при сохранении конструктивной схемы трехэлементной тележки ведет к увеличению воздействия на путь, в те годы считалось актуальным создание тележки с надбуксовым подвешиванием.

Такие тележки не показали существенного улучшения ходовых качеств и снижения динамической нагрузки на путь, и к тому же отличались сложностью конструкции и высокой стоимостью. Поэтому возникла идея добиться положительных результатов на трехэлементной тележке, в конструкцию которой ввели буксовое подвешивание и пространственный клин, а также самоцентрирование колесных

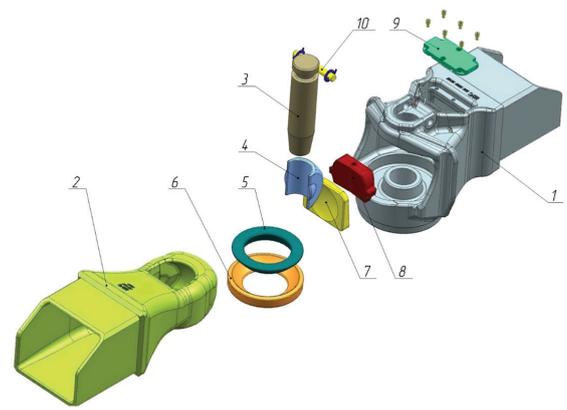


Рис. 8. Конструкция устройства шарнирного соединительного (ШУС): 1 – пятниковая часть; 2 – поводковая часть; 3 – цилиндрический штифт; 4 – сферический вкладыш; 5 – кольцо верхнее; 6 – кольцо упорное; 7 – ударная вставка; 8 – клин; 9 – крышка; 10 – ось.

пар. При этом коэффициент вертикальной динамики для боковой рамы снижался почти в два раза.

НВЦ «Вагоны» совместно с ОАО «Мариупольский завод тяжелого машиностроения» разработал тележку модели 18–1711 со сварной рамой и полиуретановыми накладками над буксой [16]. Она показала хорошие ходовые качества, но прочность сварной боковой рамы оказалась недостаточной.

Следующая попытка создать новую трехэлементную тележку со сниженным воздействием на путь была предпринята в 2003 г. В частности, был разработан и изготовлен опытный образец модели 18–9750 с полиуретановыми вставками и сварной рамой (рис. 9), но до испытаний на железнодорожных путях дело не дошло [17]. После ликвидации МПС и дальнейшей передачи парка грузовых вагонов собственникам ОАО «РЖД» перестало финансировать работы по созданию тележки.

В 2008–2010 гг. по заказу вновь созданной объединенной вагонной компании НВЦ «Вагоны» на базе эскизного проекта фирмы Standart car Truck (США) разработал проекты тележек моделей 18–9810 и 18–9855 [18]. Для повышения

их надежности решили отказаться от применения амортизирующих устройств в соединении «букса – рама». Основные технические решения были заимствованы у тележки «Барбер» (США).

Эти тележки показали хорошие ходовые качества, а по воздействию на путь модель 18–9855 с осевой нагрузкой 25 тс оказалась не хуже 18–100 с нагрузкой 23,5 тс. Тележки успешно прошли испытания, были сертифицированы и запущены в серийное производство. Однако идея сделать модель с еще меньшим воздействием на путь у НВЦ «Вагоны» и ПГУПС сохранилась.

По заказу ОАО «Ружиммаш» в рамках гранта Минобрнауки РФ ПГУПС и НВЦ «Вагоны» разработали проекты нового типоразмерного ряда тележек с осевыми нагрузками 20 тс (скоростная), 23,5 тс (дружественная к пути) и 27 тс (для большегрузных вагонов) [19]. При этом завершение работ осложнилось введением новых стандартов, сменой руководства ОАО «Ружиммаш» и другими внешними факторами.

НВЦ «Вагоны» считает, что концепция в данном проекте была заложена правильная и необходимо продолжать разработки в соответствии с принятыми принципиальными решениями. В текущем 2021 г. НВЦ «Вагоны», ПГУПС и «РМ Рейл» планируют

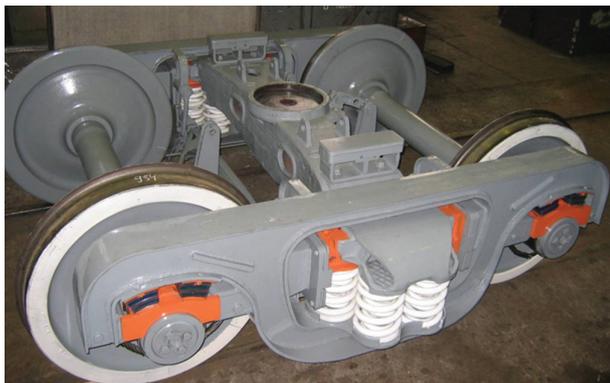


Рис. 9 Тележка модели 18–9750

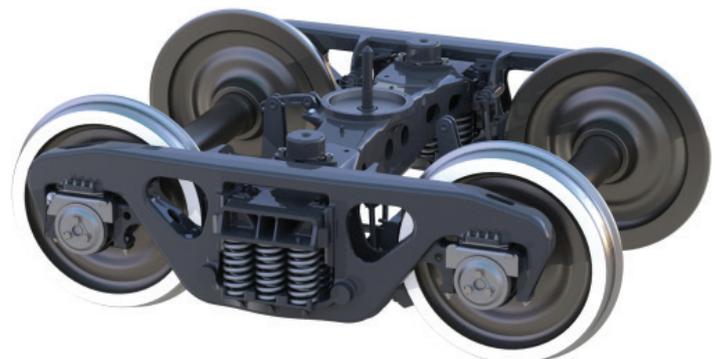


Рис. 10 Тележка модели 18–9891, дружественная к пути и колесам: нагрузка на ось – 25 тс; конструкционная скорость – 120 км/ч

завершить эту работу. Тележка модели 18–9891 (рис. 10) сейчас проходит испытания, и есть надежда на появление в России еще одной тележки, обеспечивающей не только лучшие ходовые качества, но и снижение расходов на эксплуатацию собственникам вагонов и владельцу инфраструктуры.

В 2021 г. АО «НВЦ „Вагоны“» отмечает свой юбилей — 25 лет со дня основания. Оглядываясь назад, можно сказать, что работа, совместная с ПГУПС, «от идеи — до внедрения» показала свою жизнеспособность. НВЦ «Вагоны» прошел путь от небольшого научного центра, состоящего из молодых специалистов — выпускников вуза, работающих над улучшением существующих вагонов, до предприятия с опытными научными и конструкторскими кадрами, способными решать самые сложные задачи создания нового инновационного подвижного состава. ■

Литература

- Бороненко, Ю. П. Создание вагонов для перевозки леса / Ю. П. Бороненко, И. В. Федоров // *Материалы II Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов. — Санкт-Петербург, 2001. С. 24–25.
- Бобула, С. Л. Модернизация платформы для лесоматериалов / С. Л. Бобула, И. В. Федоров, Е. Л. Лопарев // *Материалы IV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов. — Санкт-Петербург, 2005. — С. 19–20.
- Лескинен, П. Создание съемного оборудования вагонов-платформ для перевозки лесоматериалов с применением высокопрочных легированных сталей / П. Лескинен, О. В. Жаров, И. В. Федоров [и др.] // *Материалы IV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2005. — С. 135–137.
- Федоров, И. В. Создание конструкции съемного оборудования для перевозки на универсальных платформах круглых лесоматериалов, пиломатериалов, металлопроката, металлических труб и крупнотоннажных контейнеров / И. В. Федоров, Е. Л. Лопарев, А. В. Пешков [и др.] // *Материалы V Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2007. — С. 178–180.
- Цыганская, Л. В. Вагон-платформа для перевозки лесоматериалов с изменяющимся габаритом / Л. В. Цыганская, С. А. Комлев // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2013. — С. 170–171.
- Липецкий, Д. В. Модернизация платформ под перевозку рефрижераторных контейнеров / Д. В. Липецкий, Л. В. Цыганская // *Материалы IV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2005. — С. 137–138.
- Битюцкий, А. А. Модернизация платформы для перевозки автомобилей с полуприцепами модели 13–9000 / А. А. Битюцкий, М. В. Зверев, А. Н. Сапожников // *Материалы II Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2001. — С. 121–122.
- Бороненко, Ю. П. Подвижной состав для перевозки автопоездов и автоприцепов / Ю. П. Бороненко, В. А. Решетов // *Материалы VII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2011. — С. 158–159.
- Бондаренко, А. И. Контрейлерная платформа для перевозки автомобильных тягачей и полуприцепов / А. И. Бондаренко, Л. В. Цыганская // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2013. — С. 172–174.
- Цыганская, Л. В. Разработка крытого вагона для перевозки автомобилей в габарите $T_{пр}$ / Л. В. Цыганская, Ю. Б. Житков // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2013. — с. 161–162.
- Исполова, Е. А. Создание длиннобазной платформы под перевозку контейнеров / Е. А. Исполова, Д. В. Липецкий, Л. В. Цыганская // *Материалы IV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2005. — С. 103–104.
- Бороненко, Ю. П. Специализация универсальных и универсализация специализированных — эффективное направление повышения производительности грузовых вагонов // *Материалы V Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»*: сборник статей. — Санкт-Петербург, 2009. — С. 5–17.
- Бороненко, Ю. П. Новое инновационное решение — 120-футовая платформа сочлененного типа для перевозки трех 40-футовых крупнотоннажных контейнеров / Ю. П. Бороненко, Т. М. Белгородцева, С. Г. Васильев [и др.] // *Транспорт Российской Федерации*. — 2009. — № 5 (24). С. 60–63.
- Атаманчук, Н. А. Испытания нового вагона-цистерны двухсекционного восьмиосного / Н. А. Атаманчук, Л. В. Цыганская // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2013. — С. 169–170.
- Силин, В. С. Разработка типоразмерного ряда тележек для грузовых вагонов нового поколения России / В. С. Силин, Ю. П. Бороненко, М. М. Сокол [и др.] : тезисы X Международной конференции «Проблемы механики железнодорожного транспорта. Динамика, надежность и безопасность подвижного состава». — Днепропетровск, 2000. — С. 198–199.
- Бороненко, Ю. П. Создание тележки с самоцентрирующимися колесными парами на базе трехэлементной рамы / Ю. П. Бороненко, В. М. Бубнов, А. М. Орлова [и др.] // *Сборник научных статей «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»*; сборник тезисов докладов. — Санкт-Петербург, ПГУПС, 2005. — С. 27–31.
- Васильев, С. Г. Особенности конструкции боковой рамы и упругих элементов тележки модели 18–9750 / С. Г. Васильев, А. М. Орлова // *Материалы IV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты»* : сборник тезисов докладов — Санкт-Петербург, 2005. — С. 45–47.
- Орлова, А. М. Конструктивные особенности тележек моделей 18–9810 и 18–9855 / А. М. Орлова, Е. А. Щербакова // *Вагонный парк*. — 2011. — № 6. — С. 48–50.
- Бороненко, Ю. П., Орлова А. М., Цыганская Л. В. О проекте создания инновационного грузового подвижного состава. О возможности создания и преимуществах разрабатываемых вагонов / Ю. П. Бороненко, А. М. Орлова, Л. В. Цыганская [и др.] // *Вагоны и вагонное хозяйство*. — 2011. — № 1 (25). — С. 35–37.

Состояние ходовых частей вагона и силы взаимодействия в системе «экипаж — путь»



Ю. С. Ромен,
д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
АО «Научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта»



Т. М. Белгородцева,
заведующий НИЛ
«Динамика вагонов»
кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство ФГБОУ ВО
«Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I»



М. В. Дедаев,
заместитель
начальника отдела
АО «НВЦ „Вагоны“»

В ходе текущего отцепочного ремонта чаще всего занимаются теми дефектами тележек вагонов, которые послужили непосредственным поводом для отцепки. Между тем исходные причины негативных процессов остаются, а следовательно, вероятность новых ЧП является весьма высокой, что подтверждается практикой. Для улучшения ситуации при выпуске вагона из ремонта требуется полное обследование ходовых частей.

Конструкция и состояние подвижного состава и пути обуславливают безопасность движения и эксплуатационные расходы железнодорожного транспорта. Это относится в первую очередь к грузовым перевозкам, интенсивность которых определяет не только уровень доходов, но и объем основных расходов на содержание всей транспортной инфраструктуры.

При существующих эксплуатационных скоростях движения и осевых нагрузках параметры взаимодействия и интенсивность износных процессов в системе «экипаж — путь» определяются состоянием подвижного состава и пути. Следует отметить, что взаимодействие экипажа и пути является процессом с положительной обратной связью. Первоначальное отступление в ходовых частях подвижного состава от нормы или неровность в пути вызывает определенное увеличение сил, действующих на элементы системы, что приводит к росту износов в системе ходовых частей и пути. Теоретические вопросы связи технического состояния тележек и износа колес рассматривались в работе [1]. В ней было показано общее влияние параметров трехэлементных тележек на силы взаимодействия колеса и рельса.

В процессе движения на экипаж помимо сил от неровностей пути и других внешних возмущений действуют силы, обусловленные трибологическими процессами в системе «колесо — рельс», возникающими при движении колесной пары в колее с отклонениями от идеального направления вследствие как отступлений в содержании пути, так и взаимных перекосов элементов ходовой части.

В работе [2] показано влияние ползунов на поверхности катания на стоимость обслуживания железнодорожного пути. Перекосы колесных пар в тележке вызывают ее одностороннее набегание на рельс с поперечным проскальзыванием, что является причиной резкого увеличения боковых сил на поверхности катания и кроме износов приводит к появлению дефектов колес и рельсов. Это также увеличивает стоимость обслуживания пути.

Интенсивность износа резко возрастает при непараллельности колесных пар в тележке с углом взаимного перекоса свыше 3% [3; 4]. Наряду с увеличением интенсивности износов и расстройств подвижного состава и пути перекоз колесных пар в тележке и в рельсовой колее приводит при увеличении сопротивления движению экипажа к дополнительным расходам энергии на тягу [5]. Каждый миллирадиан непараллельности осей дает дополнительное сопротивление движению поезда 0,55 кг/т брутто. Эксперименты, проведенные на реальном пути, показали, что перекоз колесных пар в раме тележки увеличивает сопротивление движению на 10–20% [6].

Основными факторами, влияющими на перекоз колесных пар, являются состояние фрикционной клиновой системы, забег боковых рам, разность диаметров колес, разность баз боковин и зазоры в буксовых проемах вследствие допусков на размеры букс колесной пары. С целью уменьшения перекоса осей колесных пар разность баз боковин тележки в эксплуатации ограничивают величиной допуска 2 мм. Однако такое ограничение отсутствует для соотношения величин зазоров в проемах букс по сторонам одной колесной пары.

Конструктивная схема одностороннего торможения вагона обуславливает



Рис. 1. Гистограмма распределения вертикальных сил, действующих на рельсы от проходящих вагонов

влияние разности величин размеров букс и баз боковин тележки на износы в системе «колесо — рельс». При нажатии тормозных колодок буксы прижимаются к стенкам буксовых проемов с возможным перекосом колесных пар и в таком положении остаются на протяжении 500–600 м даже после окончания торможения.

Если считать, что поезд притормаживает перед каждой станцией (а расстояние между станциями можно принять в диапазоне 20–25 км) и, кроме того, на перегоне между станциями применяется одно-два регулировочных торможения, то на каждые 1000 км пройденного пути приходится 50–100 км, на протяжении которых колесные пары занимают предельное положение в буксовых проемах, при котором угол их взаимного перекоса обуславливается разностью расстояний между центрами букс колесных пар с каждой стороны тележки.

Интенсивность износных процессов и расстройство элементов ходовых частей обуславливается разбросом в размерах и зазорах при выходе тележки из ремонта. Проведенный в свое время анализ эксплуатации подвижного состава показал, что в межремонтный период не поступает в отцепку для ремонта только 29 % вагонов, 22 % вагонов отцепляли один раз, 18 % — два раза, 12,8 % — три раза, 7,8 % — четыре раза, 4,6 % — пять раз, 5,7 % — шесть раз и более. Таким образом, основная часть отцепок (87 %) приходится на 49 % вагонов, которые были отцеплены по несколько раз, что говорит о влиянии их неудовлетворительного первоначального состояния и недостаточно высоком качестве ремонта.

Работоспособность вагона в процессе эксплуатации определяется его общим состоянием после выхода из ремонта, который

зачастую заключается в устранении непосредственных причин его отцепки и не сопровождается полным обследованием ходовых частей, хотя в процессе работы в той или иной степени изнашиваются все элементы конструкции.

Выход из строя за пределы нормативов одного или нескольких узлов экипажной части может обуславливаться недостатками в совместной работе с другими элементами конструкции, состояние которых еще находится в пределах нормы. Однако в процессе ремонта обычно устраняют исходные дефекты, являвшиеся поводом для конкретной отцепки, не проверяя качество всей конструкции и не исключая наличие исходных причин. Выпущенный в эксплуатацию, такой вагон не только сохраняет первоначальные причины интенсивных износов, но зачастую имеет работоспособность ниже, чем до ремонта, так как в состоянии его конструкции не только сохраняется, но вследствие нового сочетания зазоров может даже усиливаться фактор, обусловивший отставку вагона в первоначальный ремонт.

В частности, при массовом обследовании тележек после выхода из депо было выявлено отклонение от нормативов их состояния по следующим параметрам:

- завышение клиньев более 3 мм у 8,5 % тележек;
- продольный зазор в буксовом проеме более 15 мм у 3,6 % тележек;
- разность баз тележки по центрам букс при их прижатии к внешней стороне буксового проема более 2 мм у 81,5 % тележек.

Как пример влияния результата некачественного ремонта на работоспособность конструкции можно привести обстоя-



Рис. 2. Гистограмма распределения горизонтальных поперечных сил, действующих на рельсы от проходящих вагонов

ательства схода с рельсов в 2020 г. вагона на тележках 18–578 после пробега 138 224 км. Предыдущий отцепочный ремонт этого вагона проводился за 32 110 км до схода при пробеге 106 114 км по причине неисправности «тонкий гребень» (толщина гребня у первой колесной пары слева 24,3 мм, справа 28,4 мм — разница составляла 4,1 мм). У третьей колесной пары этого вагона толщина гребня слева была 27,9 мм, справа — 23,4 мм (разница — 4,1 мм). После проведения ремонта (смена колесных пар) толщина гребней составила у первой колесной пары с левой стороны — 29,3 мм, с правой — 28,9 мм, у третьей колесной пары с левой стороны — 28,9 мм, с правой — 29,6 мм.

Поскольку выявленные первоначальные дефекты были устранены, вагон вышел из ремонта и был отправлен в эксплуатацию. Однако уже через 32 тыс. км произошел сход вагона при скорости 53 км/ч в кривой 515 м с возвышением наружного рельса 100 мм. Обмером после схода было выявлено в первой тележке:

- суммарный износ рабочих поверхностей наклонной и вертикальной плоскостей фрикционного клина (у правого комплекта — 9 мм, у левого — 6 мм (норма — не более 3 мм);
- диаметр подпятникового места 320,3 мм (норма — не более 318,8 мм);
- старая трещина чаши подпятника длиной 120 мм;
- диаметр пятника поперек вагона составил 300,5 мм (норма — от 296 мм и не более 300 мм);
- у беззазорных скользунов установлены нетиповые упругие элементы и ослаблены болты крепления скользуна на надрессорной балке.

Во второй тележке:

- суммарный износ рабочих поверхностей фрикционного клина левого комплекта составил 5 мм, правого — 6 мм;
- диаметр подпятникового места — 320,5 мм (при норме 318,8 мм);
- упругие элементы скользунов высотой 95 мм и 93 мм (норма не менее 101 мм);
- ослабление крепления корпуса скользуна.

Как сказано выше, причиной для проведения ТОР данного вагона после пробега 106 000 км был тонкий гребень с остроконечным накатом при разности износов 4,1 мм, что указывало на перекосы ходовых частей (средний износ гребней обычно составляет 0,1–0,25 мм на 10 000 км пробега). Однако в депо ограничились только сменой колесных пар без анализа причин повышенного износа и их устранения, в то время как следовало при замене колесных пар провести ревизию состояния всей тележки.

В этом случае были бы выявлены причины перекоса колесных пар с односторонним подрезом гребней, устранен большой износ клиновой системы и заменены упругие элементы скользунов, что наряду с другими факторами способствовало износу гребней и подпятниковой системы.

Поскольку были заменены только колесные пары, износ новых колес проходил с большей интенсивностью, так как работа фрикционных клиньев и системы опирания кузова на тележку ухудшалась в процессе работы. В результате односторонний износ колес продолжался и через 32 000 км после проведения ТОР стал основной причиной схода.

Для иллюстрации влияния разброса параметров состояния ходовых частей грузового вагона на его взаимодействие с рельсовой колеей можно привести также результаты измерений сил воздействия на путь грузовых поездов в эксплуатации, проведенные отделением «Транспортная

механика» ВНИИЖТ. Испытания проводились на участке пути Московско-Курского отделения Московской железной дороги при средней величине непогашенного ускорения 0,3 м/с².

Участок имеет следующие характеристики:

- радиус кривой $R = 500$ м;
- возвышение наружного рельса $h = 65$ мм;
- подъем (уклон) 2,6 ‰.

Измерения выполнялись непрерывно при прохождении всех колес суточного пакета поездов. В рассматриваемом диапазоне скоростей движения (20–30 км/ч) основную роль играют не динамические процессы, а трение в системе «колесо — рельс» при движении колесных пар в колею, которое обуславливается состоянием пути и ходовой части экипажа, влияющем на разброс величин сил взаимодействия.

Испытания проводились в эксплуатационных условиях при прохождении грузовых поездов различной составности и массы. Поэтому гистограммы вертикальных сил взаимодействия (рис. 1) имеют две вероятностные группы с ярко выраженными пиками для средних осевых нагрузок в 70 кН (порожняк — 34 %) и в 220 кН (груженые вагоны — 50 %).

Величины разброса боковых сил при различных осевых нагрузках прослеживаются на графиках соответствующих массивов (рис. 2). Обработка измерений показала, что основные массивы значений горизонтальных поперечных сил (40–70 %) находятся в диапазоне от –37 кН до 14 кН (отрицательные величины соответствуют направлению боковых сил наружу рельсовой колеи).

Повышенный уровень динамического воздействия конкретной колесной пары на путь с учетом загрузки обусловлен различием в техническом состоянии вагона. Это отчетливо прослеживается

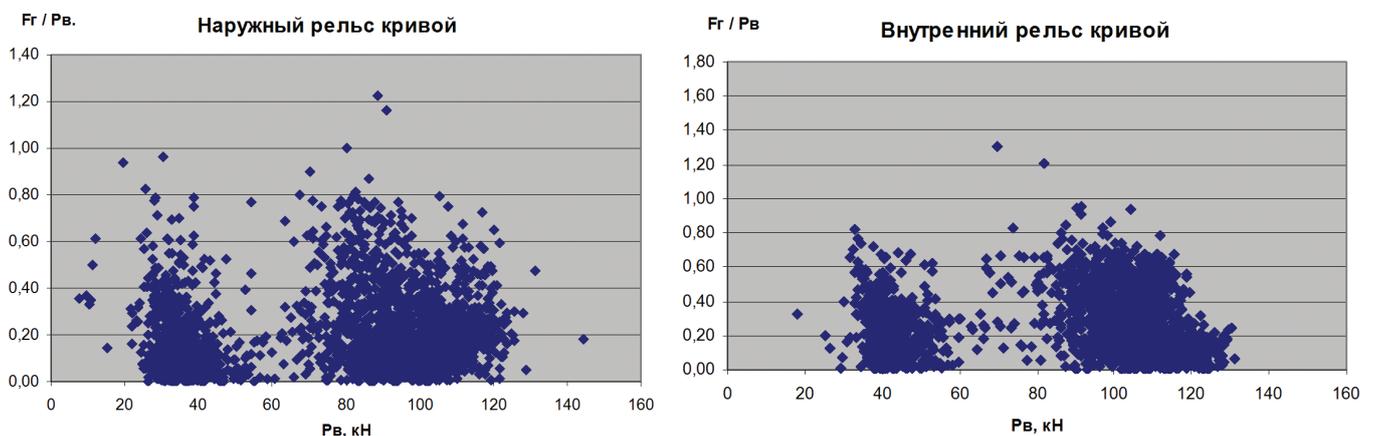


Рис. 3 Отношение абсолютных значений горизонтальных поперечных сил к вертикальным силам, действующим одновременно от колес на рельсы

на графиках максимальных значений отношений горизонтальных поперечных сил к вертикальным (рис. 3). Диапазон изменения отношения максимальных значений горизонтальных поперечных сил к вертикальным при реальном состоянии ходовых частей достигал 1,21 на наружном рельсе (при вертикальной колесной нагрузке 90 кН) и 1,30 — на внутреннем (при вертикальной нагрузке 70 кН).

Приведенные результаты показывают, что величины сил взаимодействия экипажа и пути в эксплуатации имеют большой разброс (до четырех-пяти раз), величина которого обусловлена в основном состоянием подвижного состава.

Как сказано выше, величина боковых сил взаимодействия обуславливает разность износов гребней колесной пары. Интенсивность износа гребней колес и величины боковых сил являются процессом с положительной обратной связью, так как определяются перекосом колесных пар тележки и разностью диаметров колес на оси, которые при износах обуславливают увеличение сил взаимодействия.

Разброс полученных величин сил от проходящих по участку поездов корреспондируется с данными о состоянии экипажной части вагонов в эксплуатации.

На рис. 4 приведена гистограмма результатов измерений плотности распределения разности толщины гребней колес в колесной паре для нескольких составов. Сравнение полученных данных с результатами проведенных измерений величин боковых сил в кривой показало, что разность толщины гребней до 2 мм имеет 68 % колесных пар.

Примерно такое же количество осей в проведенных испытаниях воздействует на путь с боковыми силами до 20 кН, еще 20 % колесных пар имеет разность толщины гребней в пределах 2–3 мм. На такое же количество осей приходится величина боковых сил от 20 до 40 кН.

Примерно у 10 % колесных пар разность толщины гребней составляет 3–4 мм, и, как показали замеры, величины боковых сил в диапазоне 40–85 кН также имеют 10 % осей вагонов.

Разность толщины гребней 4–5 мм обнаружена у 2,6 % колесных пар и порядка 2 % боковых сил зарегистрировано в диапазоне 85–93 кН. У двух колесных пар на тысячу обнаружена разность гребней до 5,5 мм, при этом в процессе измерений, проведенных на пути в отдельных замерах (0,5 %), зафиксировано значение боковых сил до 113,5 кН, что превышает нормативную величину 100 кН.

Величины силового взаимодействия

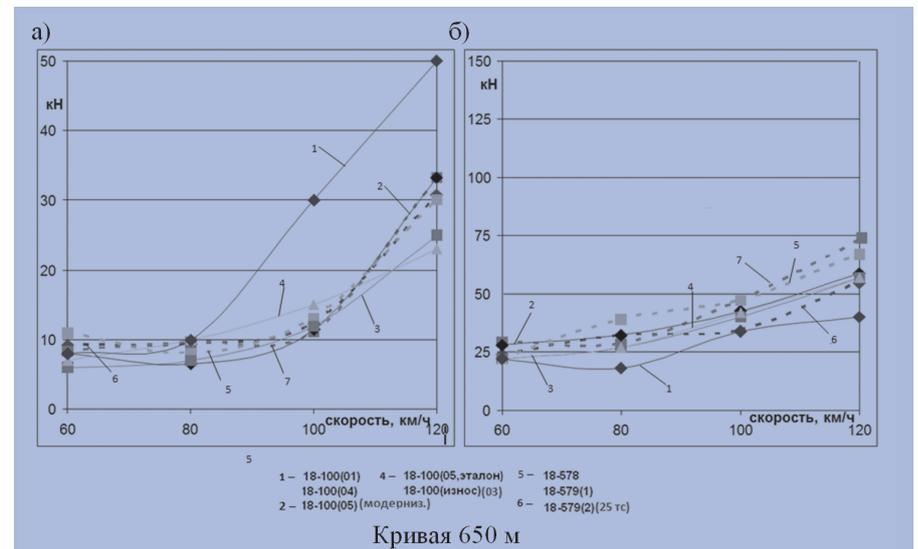


Рис. 4. Плотность распределения разности толщины гребней колес в колесной паре

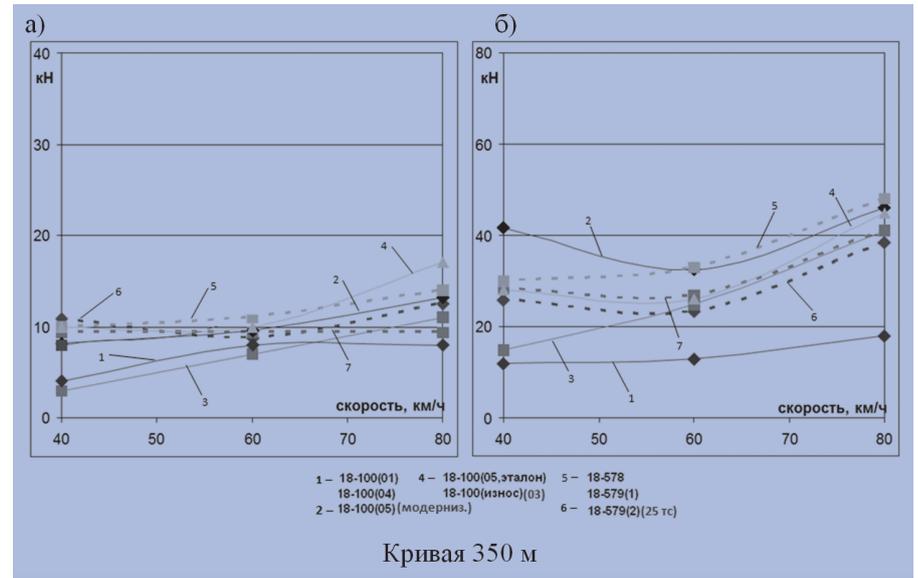
экипажа и рельсовой колеи имеют определенный разброс относительно своих средних значений не только вследствие существенных отклонений параметров состояния экипажной части от нормативных величин, но и вследствие превышения номинальных значений допускаемых отклонений, на что накладывается множество случайных факторов внешних воздействий.

В качестве примера результатов такого нормируемого разброса на рис. 5 приведены графики рамных сил в кривых радиусами 350 м и 650 м как для порожних вагонов, так и с нагрузкой порядка 94–100 т, полученные в результате многолетних испытаний на испытательном полигоне Белореченская — Майкоп [6].

Все вагоны полностью удовлетворяли требованиям инструкции по эксплуатации, а путь полигона содержался в хорошем состоянии. Из приведенных графиков видно, что в кривой радиусом 650 м разброс величин рамных сил для груженых вагонов при скорости 80 км/ч составляет порядка 7 кН при средней величине 27 кН, а для порожних — 2 кН (среднее значение 8 кН). В кривой радиусом 350 м разброс составляет 12 кН при среднем значении 32 кН, а для порожних — 3 кН при средней величине 14 кН. Приведенные данные меньше разброса величин, полученных в эксплуатации.



Кривая 650 м



Кривая 350 м

Рис. 5. Рамные силы в кривых экспериментального полигона для вагонов на тележках 18–100:

а) — порожний вагон 22 т; б) — груженный вагон 94–100 т.

Сравнение результатов эксплуатационных и приемочных испытаний свидетельствует о необходимости создания минимального перечня параметров тележек (износы трущихся элементов, состояние пружин подвешивания и т. д.) для обязательного контроля технического состояния ходовой части грузовых вагонов при постановке в поезд после отцепки.

Строгое соблюдение методов такого контроля будет способствовать не только уменьшению издержек, связанных с эксплуатацией подвижного состава, но и уменьшению расходов на тягу.

Динамические процессы взаимодействия подвижного состава и пути определяются конструкцией и состоянием ходовых частей экипажей, обуславливаемых как интенсивностью естественных эксплуатационных износов, так и качеством проведенных ремонтных работ.

Работоспособность вагона в процессе эксплуатации определяется его общим состоянием после выхода из ремонта, который зачастую заключается в устранении непосредственных причин его отцепки и не сопровождается полным обследованием ходовых частей, хотя в процессе работы в той или иной степени изнашиваются все элементы конструкции.

Поэтому основная часть отцепок приходится примерно на половину вагонов, которые были отцеплены по несколько раз из-за не устраненных полностью первоначальных дефектов. Следовательно, при выпуске из ремонта требуется полное обследование ходовых частей.

Проведенные испытания показали, что для вагонов с хорошим состоянием экипажной части разброс величины сил взаимодействия обычно не больше полтора-двух, в то время как в эксплуатационных условиях он доходит до пяти раз. Для уменьшения сил взаимодействия следует повысить контроль технического состояния ходовой части грузовых вагонов после ремонта, перед загрузкой и при постановке в поезд после отцепки. **Т**

Литература

1. Orlova A., Boronenko Yu. The influence of the condition of three-piece freight bogies on wheel flange wear: simulation and operation monitoring // Vehicle System Dynamics International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility, Selected and Extended Papers from the 21st Symposium of the International Association for Vehicle System Dynamics, Taylor & Francis Group, Vol. 48.

2. Бороненко, Ю. П. Влияние надежности колесных пар инновационных вагонов в эксплуатации на потребность в новых колесах / Ю. П. Бороненко, А. Б. Гайилов, Т. М. Белгородцева // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – № 1 (86). – С. 48–53.

3. Саидова, А. В. Оценка износа колес грузовых вагонов при существующих нормативах выпуска трехэлементных тележек с осевой нагрузкой 23,5 т из ремонта / А. В. Сидорова, В. И. Федорова, Ю. Б. Житков [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – Т. 18. Вып. 1. – С. 52–61.

4. Peters A. I., Reiff R. P. Summary of wheel (rail lubrication research). Association of American Railroads, Transportation Test Center, Research and Test Department. Report NR-725, 1989.

5. Бороненко, Ю. П. Влияние колебаний вагонов на энергозатраты на тягу поезда / Ю. П. Бороненко, А. Н. Комарова, Ю. С. Ромен // Бюллетень результатов научных исследований. – 2016. – № 1 (18). – С. 18–29.

6. Ромен, Ю. С. Динамика железнодорожного экипажа в рельсовой колее. Методы расчета и испытаний. – Москва : ВМГ-Принт, 2014. – 210 с.

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

Портал **ROSTRANSPORT.COM** – это информационная площадка для встречи специалистов транспорта.

Пишите, и Ваше мнение узнает вся транспортная Россия.

Причины излома пружин тележек типа 18–100 в эксплуатации



Ю. П. Бороненко,
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС),
генеральный директор
АО «НВЦ „Вагоны“»



С. В. Меркушев,
руководитель конструкторского отдела
ООО «НИЦ „Вагоны“»

Развернутый анализ причин изломов пружин тележек грузовых вагонов в эксплуатации показал необходимость совершенствования действующей нормативной документации в части уточнения испытательных нагрузок и установления назначенного срока службы пружин как для деталей, имеющих ограниченный ресурс.

Безопасность движения грузовых вагонов является основой обеспечения нормальной работы железнодорожного транспорта. В целях защиты инфраструктуры от риска возникновения транспортных происшествий работники служб вагонного хозяйства железных дорог вынуждены отправлять в текущие ремонты с каждым годом все большее количество вагонов [1].

Одним из массовых отказов, из-за которых грузовые вагоны отставляются от перевозочного процесса, является неисправность тележек (21,1 % от отцепок в ТР-2). При этом в отказах тележек основное место занимают неисправности рессорного подвешивания, связанные с изломами пружин и износом фрикционных клиньев.

За первый квартал 2021 г. на сети железных дорог, по данным АО «ОМК Стальной путь», из-за излома пружин отцеплено 953 вагона, прошедших плановые виды ремонта в вагонных ремонтных депо АО «ВРК-3» и ООО «ТВМ». Средний возраст подвижного состава составил 12 лет 3 месяца, что примерно соответствует среднему возрасту подвижного состава, эксплуатируемого на сети железных дорог (12,5 года).

Наибольшее количество отцепок наблюдалось у вагонов на тележках типа 18–100 (602 излома), меньшее — на тележках типа 18–578 (257 изломов) и 18–194 (84 излома).

В представленных АО «ОМК Стальной путь» материалах об отцепках из-за излома пружин в эксплуатации отсутствовали данные о марке стали, изготовителях и годах производства деталей. Поэтому предполагалось, что год начала эксплуатации соответствует году начала эксплуатации вагона.

Данные о числе изломов пружин тележек типа 18–100 у вагонов со сроком службы до 20 лет (502 случая за квартал) приведены на рис. 1. Кроме того, было зафиксировано еще 100 случаев излома пружин у вагонов со сроком эксплуатации более 20 лет. Поскольку невозможно установить год начала эксплуатации пружин, установленных на вагонах с большим сроком службы, в дальнейшем эти отказы не изучались.

Анализируя зависимость числа отказов от срока эксплуатации вагонов (рис. 1), можно отметить, что в первые 6 лет число отказов невелико (29 случаев). Из них только восемь случаев излома пружин пришлось на период гарантийной ответственности изготовителей пружин.

После 7 лет эксплуатации вагонов число отказов резко возрастает и к 10 годам достигает максимума. При больших сроках эксплуатации наблюдается снижение числа изломов пружин. Вероятно, что это связано с обновлением рессорных комплектов при проведении текущих и плановых ремонтов тележек. Средний срок службы изломавшихся пружин составил 10,2 года.

Основные требования к пружинам тележек определены в Технических условиях по ГОСТ 1452 «Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно-тяговых приборов подвижного состава железных дорог» 2003 и 2011 гг. [2; 3].

В ГОСТ 2003 г. [2] о сроке службы пружин нет упоминаний, а указано только требования к гарантийному сроку — 3 года. В ГОСТ 2011 г. [3] гарантийный срок уве-

Изломы пружин, шт.

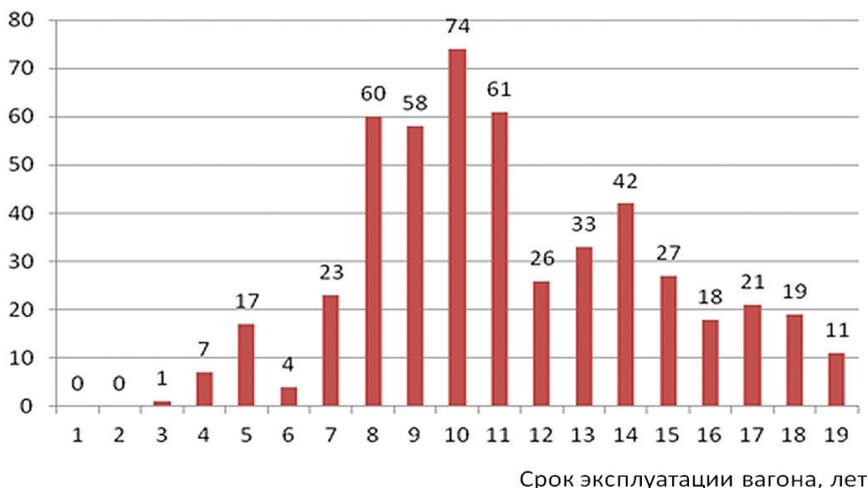


Рис. 1. Число изломов пружин тележек типа 18–100 в I квартале 2021 г., прошедших ранее ремонт в вагоноремонтных депо АО «ВРК-3» и ООО «ТВМ», в зависимости от срока эксплуатации вагона

личен до 4 лет и добавлено требование к циклической долговечности: обеспечить срок эксплуатации пружин не менее 16 лет. Но как устанавливается связь между сроком эксплуатации и циклической долговечностью — не определено.

Таким образом, здесь налицо недостатки действующей нормативной документации. Основное количество изломанных пружин произведено в период 2010–2013 гг., когда еще не действовал международный стандарт ГОСТ 32208–2013 «Пружины рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава. Метод испытаний на циклическую долговечность» [4]. В это время был в силе ГОСТ Р 54326–2011 [5] с таким же названием и практически не отличающийся по содержанию от международного стандарта. Циклическая долговечность в нем определялась аналогичным образом. Поэтому не следует ожидать, что в ближайшее время произойдет уменьшение числа изломов пружин, испытанных по ГОСТ 32208–2013.

Возникает неясность: гарантийный срок пружин — 4 года, а срок эксплуатации — 16 лет. Кто несет ответственность за отказы пружин со сроком эксплуатации более 4 лет?

Согласно пункту 2.5 классификатора КЖА 2005–05 «Основные неисправности грузовых вагонов» [6], неисправность «излом пружин» является технологической. То есть ее появление в процессе эксплуатации грузового вагона связывают с качеством изготовления на заводе или выполнения плановых и неплановых ремонтов грузовых вагонов в депо и на вагоноремонтных заводах, а также с качеством подготовки вагона к перевозкам на ПТО.

В 2020 г. участниками расследований причин отцепок грузовых вагонов в ТОП по неисправности «излом пружин» в актах рекламаций указывались две причины возникновения дефекта:

- излом пружины из-за разницы высоты пружин рессорного комплекта более установленного требованиями пункта 11.3 РД 32 ЦВ 052–2009 (более 4 мм) [7];

- излом пружины по старой трещине. Неисправность относили к технологической, а ответственность — на ремонтное предприятие. Но правильно ли отнесение этих изломов на ответственность ремонтного предприятия?

Участники расследования делают заключения об изломах пружин из-за разницы высот пружин в комплекте без наличия соответствующего обоснования, так как в актах обмеров рессорных комплектов данные о высоте изломавшихся пружин отсутствуют. За время движения вагона поверхность излома пружины повреждается и измерить

высоту пружины с необходимой точностью не удастся.

Квалификация неисправности «излом по старой трещине» является расплывчатой. Неизвестно, была ли это старая микротрещина, которую необходимо было заметить при ремонте тележки, или она появилась при эксплуатации из-за накопления усталостных повреждений. Поэтому было бы логичнее относить неисправность «излом пружины» при сроке службы более гарантийного к износам эксплуатационным, а не к технологическим аналогично износам колесных пар.

В чем же причины изломов пружин?

Согласно требованиям пункта 18.4 ремонтной документации РД 32 ЦВ 052–2009 [7] при выпуске из планового ремонта тележки обеспечивается занижение фрикционных клиньев до 12 мм относительно опорной поверхности надрессорной балки, а разность высот пружин в рессорном комплекте не должна превышать 4 мм.

Таким образом, величина статического прогиба подклиновой пружины изначально допускается больше на 12–16 мм, что увеличивает не нее не только статическую нагрузку, но и величину динамического воздействия. Такие условия эксплуатации подклиновых пружин приводят к увеличению нагрузки на них, но необходимы для обеспечения гашения колебаний и плавности хода вагона.

В связи с этим возникают вопросы.

Как влияет разность высот пружин и величина занижения клина на нагрузки на пружины?

Соответствуют ли напряжения в пружинах тележек типа 18–100 при занижении клиньев и подборе пружин согласно РД 32 ЦВ 052–2009 действующим нормативам прочности?

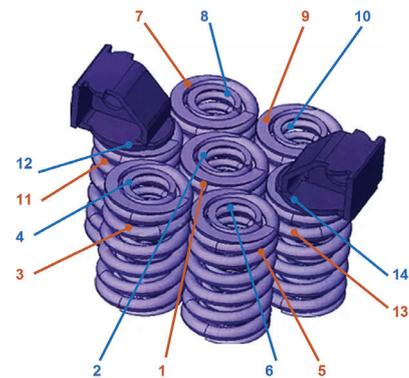


Рис. 2. Схема рессорного комплекта с индексами пружин, исследуемых в расчетах

Для ответа на эти вопросы специалистами ПГУПС и ООО «НИЦ «Вагоны» были проведены расчеты нагрузок на пружины и напряжений в них в зависимости от сочетаний допусков и занижения фрикционных клиньев.

Расчет напряжений производился в соответствии с Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) 1996 г. [8]. Схема рессорного комплекта приведена на рис. 2.

Пружинам были присвоены условные индексы (номера) i со значениями от 1 до 14. Наружным пружинам соответствовали индексы $i=1, 3, 5, 7, 9, 11$ и 13. Внутренние пружины получили индексы $i=2, 4, 6, 8, 10, 12$ и 14. При этом подклиновые наружные и внутренние пружины имели индексы соответственно $i=11$ и 13 и $i=12$ и 14.

В качестве исследуемых в расчете были условно выбраны две пружины комплекта: подклиновая $i=11$ и неподклиновая $i=8$. Их высота в расчете может принимать значения, отличные от высоты остальных пружин комплекта.

Таблица. Суммарные напряжения в наружной пружине от действия вертикальной и боковой силы при динамическом нагружении (режим III) с занижением клиньев 12 мм

Высота в свободном состоянии остальных пружин комплекта	Высота в свободном состоянии исследуемой пружины из комплекта, мм			
	247	249	253	256
Напряжения в наружной пружине, МПа				
НЕПОДКЛИНОВАЯ ($i = 1, 3, 5, 7, 9$)				
247	548,7	546,4	541,8	538,4
249	551,1	548,8	544,3	540,9
253	556,0	553,7	549,2	545,8
256	559,7	557,4	552,9	549,5
ИССЛЕДУЕМАЯ ПОДКЛИНОВАЯ ($i = 11$)				
247	696,3	718,7	763,5	797,1
249	674,2	696,6	741,3	775,0
253	629,9	652,3	697,0	730,7
256	596,6	619,0	663,8	697,4

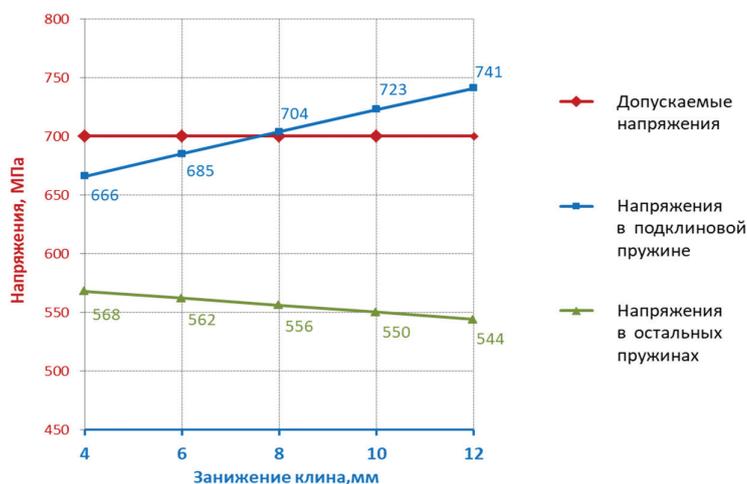


Рис. 3. Зависимость касательных напряжений в пружинах с разностью высот подклиновой пружины с остальным комплектом 4 мм в зависимости от занижения клина

Величина нагрузки на рессорный комплект принималась $P = 210$ кН от действия силы тяжести груженого вагона при массе брутто 94 т (соответствует осевой нагрузке 23,5 тс) в пересчете на один рессорный комплект и пружину. Расчет проводился по формуле:

$$\tau = \frac{8P_p D \zeta}{\pi d^3},$$

P_p – вертикальная расчетная сила для III режима;
 D – средний диаметр витка пружины;
 d – диаметр прутка;
 ζ – поправочный коэффициент.

В качестве переменных параметров (варируемых по величине) в расчете были приняты:

$H_{св}$ – высота пружины в свободном состоянии, мм. Значение установлено в соответствии с Руководящим документом РД 32 ЦВ 052–2009 [7] и задано в настоящем расчете в виде четырех значений: 247, 249, 253 и 256 мм. Высота всех пружин комплекта в каждом варианте расчета принималась единой и равной одному из четырех значений за исключением пружин $i = 8$ и $i = 11$, высота которых в каждом варианте расчета могла отличаться от высоты остальных пружин.

Δu – допускаемое занижение клиньев в диапазоне значений 4–12 мм, заданное в произведенном расчете в виде ряда значений в указанном диапазоне с шагом 2 мм.

Результаты расчетов касательных напряжений в пружинах (режим III) при занижении клиньев на 12 мм приведены в таблице. Из нее видно, что при занижении клиньев на 12 мм и допустимой разности высот подклиновой пружины 2–4 мм с остальным комплектом уже при величине более 2 мм наблюдается превышение допускаемых напряжений (700

МПа). Это объясняет факт более частых изломов подклиновых пружин.

В дальнейшем были проведены аналогичные расчеты прочности пружин при завышении клина на 10, 8, 6 и 4 мм. Зависимость касательных напряжений в пружинах разностью высот подклиновой пружины и остальными пружинами 4 мм в зависимости от занижения клина показана на рис. 3. На графиках видно, что при уменьшении занижения клина уровень напряжений в подклиновых пружинах снижается, а в остальных пружинах – повышается.

По результатам расчетов можно сделать однозначное заключение: причина повреждений пружин, изготовленных из сталей с допускаемым напряжением 700 МПа, состоит в превышении допускаемых напряжений при больших занижениях клиньев.

Проведенный анализ изломов пружин и расчет их на прочность позволяет сделать следующие выводы.

1. Установлено, что напряжения в пружинах рессорного комплекта тележки типа 18–100 при занижении клина на 8–12 мм могут превышать допускаемые значения даже при правильном подборе пружин в одном комплекте и отсутствии нарушений со стороны работников ремонтного предприятия.

2. Указанный в ГОСТ 1452–2011 срок эксплуатации пружин не менее 16 лет не подтверждается результатами реальной эксплуатации и представляется необоснованным для используемых сегодня пружин. Требования ГОСТ переносит ответственность за излом пружины за пределы гарантийного срока с изготовителя на ремонтное предприятие.

3. Отнесение неисправности «излом пружин» по истечению срока гарантийной ответственности изготовителя к техно-

логической с отнесением ответственности на вагоноремонтное предприятие при отсутствии грубого нарушения правил подбора пружин является ошибочным. Данную неисправность следует относить к эксплуатационной.

4. Для повышения реального срока службы пружин необходимо внести изменения в ГОСТ на пружины подвижного состава в части уточнения испытательных нагрузок на пружины и установления назначенного срока службы. T

Литература

- Агафонов, М. С. Отцепки грузовых вагонов в неплановый ремонт в I квартале 2021 г. / Вагонное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 12–13.
- ГОСТ 1452–2003. Пружины цилиндрические винтовые у тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия. – Москва : Издательство стандартов, 2004. – 12 с.
- ГОСТ 1452–2011. Пружины цилиндрические винтовые у тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 27 с.
- ГОСТ 32208–2013. Пружины рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава. Метод испытаний на циклическую долговечность. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
- ГОСТ Р 54326–2011. Пружины рессорного подвешивания железнодорожного подвижного состава. Метод испытаний на циклическую долговечность. Москва : Стандартинформ, 2011. – 13 с.
- Классификатор КЖА 2005 05. Основные неисправности грузовых вагонов. – Дирекция совета по железнодорожному транспорту стран участников СНГ, Латвии, Литвы и Эстонии, 2005. – 16 с.
- Руководящий документ РД 32 ЦВ 052–2009. Ремонт тележек грузовых вагонов тип 2 по ГОСТ 9246–2013 с боковыми скользунками зазорного типа. – Москва : Совет по железнодорожному транспорту государств – участников содружества, 2010. – 43 с.
- Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – Москва : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

Метод испытаний боковых рам тележек грузовых вагонов с нагруженностью, адекватной эксплуатационной



С. В. Дмитриев,
генеральный директор
ООО «Тихвинский
испытательный центр
железнодорожной
техники»
(ООО «ТИЦ ЖТ»)



А. И. Коновалов,
специалист
по испытаниям
I категории
ООО «ТИЦ ЖТ»

Важным вопросом, связанным с безопасностью движения поездов, является проведение испытаний несущих литых деталей тележек грузовых вагонов (рам боковых, балок наддрессорных) на усталостную прочность, в частности на подтверждение заявленного ресурса. Эта тема стала особенно актуальной в связи с увеличением в 2010–2013 гг. количества выявляемых усталостных трещин в боковых рамах тележек модели 18–100 и их аналогов [1].

Для достоверной оценки ресурса литых деталей тележки в условиях стендовых испытаний необходимы режимы нагружения, обеспечивающие повреждающее воздействие, наиболее приближенное к условиям эксплуатации. Так как детали тележки в процессе движения подвижного состава испытывают сложное напряженное состояние под действием многих сил, его воссоздание путем одноосного нагружения довольно затруднительно [2; 3].

В работах сотрудников Петербургского государственного университета путей сообщения и Тихвинского испытательного центра железнодорожной техники [4–6]

были предложены уточненные методы определения нагрузок, действующих на боковые рамы. При этом в них рассматривался только вопрос определения нагрузок, но не ставилась проблема их воспроизведения на испытательном стенде для проведения проверок на ресурс.

Целью проведенных исследований была разработка новой методики ресурсных испытаний литых деталей тележек грузовых вагонов на примере рам боковых, которая в наибольшей степени обеспечивает достоверность оценки ресурса в различных ее зонах с учетом реальной эксплуатационной нагруженности.

В результате сформулирован общий алгоритм определения параметров стен-



Рис. 1. Алгоритм определения параметров стендового пространственного нагружения элементов тележек

дового пространственного нагружения элементов тележек, который состоит из нескольких основных этапов. Они рассматриваются на примере боковой рамы тележки 18–9855 [7]. Алгоритм приведен на рис. 1.

Сначала выбираются основные расчетные режимы и на их основе выбираются зоны установки тензорезисторов. Затем проводится определение эквивалентных амплитуд напряжений по данным, измеренным в поездных испытаниях. Параллельно с помощью численного или экспериментального подхода определяются приведенные амплитуды динамических напряжений за один блок стенового нагружения. В конце по данным поездных испытаний определяются параметры стенового нагружения, которые позволяют реализовать накопленное усталостное повреждение, соответствующее усталостному повреждению за срок службы детали.

Сначала были выбраны восемь основных расчетных режимов, которые приводят к нагружению основных элементов боковой рамы:

- вертикальная и поперечная нагрузка по зонам контакта пружин рессорного подвешивания и рессорного проема боковой рамы;
- продольная и поперечная нагрузки по площадкам контакта клиньев и стенок рессорного проема боковой рамы;
- вертикальная нагрузка по площадке контакта клиньев и стенок рессорного проема боковой рамы;
- продольная нагрузка по одной площадке контакта клина и стенки рессорного проема боковой рамы, уравновешенная продольной нагрузкой на каждую вертикальную стенку буксового проема.

На основе анализа напряженного состояния, возникающего в боковой раме в восьми режимах нагружения, были определены места установки датчиков для поездных испытаний. Они изображены на рис. 2.

Для измерения сил при поездных испытаниях устанавливаются масштабы напряжений от эксплуатационных

нагрузок с помощью статического приложения нагрузок в стенде. Определяются отклики тензорезисторов в зонах, определенных до этого. Данные опыты могут производиться как до, так и после поездных испытаний.

После проведения тарировок определяется матрица влияния по данным откликов тензорезисторов на тарированные нагрузки. По полученным данным можно провести оптимизацию количества тензорезисторов. Алгоритм оптимизации следующий.

Для каждого $i \in \{1, \dots, K\}$ рассматриваем матрицу $\hat{G}_{(i)}$, получающуюся из матрицы \hat{G} удалением i -й строки и определяем число обусловленности $\chi(\hat{G}_{(i)})$.

Среди чисел $\chi(\hat{G}_{(1)}), \dots, \chi(\hat{G}_{(K)})$ находим наименьшее: $\chi(\hat{G}_{(m)}) = \min\{\chi(\hat{G}_{(1)}), \dots, \chi(\hat{G}_{(K)})\}$.

Если $\chi(\hat{G}_{(m)}) < \chi(\hat{G})$, то полагаем $\hat{G} = \hat{G}_{(m)}$ и выполняем шаги I и II. В противном случае прекращаем выполнение алгоритма.

\hat{G} – матрица влияния;
 i – число строк матрицы влияния (число тензорезисторов);
 число обусловленности определяет, насколько погрешность входных данных может повлиять на погрешность решения.

Поездные испытания проводились на маршруте от станции Алтайская до станции Хабаровск и обратно. Состав прошел по участкам Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железным дорогам (рис. 3) [8]. На основе обработки данных, полученных в ходе поездных испытаний, была сформирована матрица блочной структуры для каждого датчика, характеризующая количество зарегистрированных размахов напряжений, возникающих на участках различных железных дорог и соответствующих разным участкам пути: прямым, кривым малого и большого радиусов.

На основе данных о количестве зарегистрированных размахов напряжений для датчика вычислялись приведенные амплитуды напряжений, эквивалентные

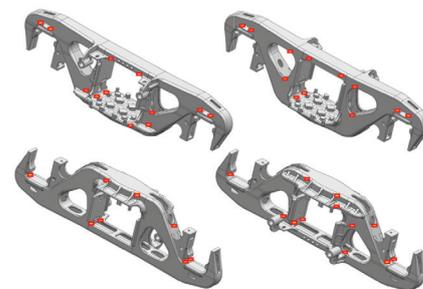


Рис. 2. Места установки тензорезисторов, определённые на основе анализа напряженного состояния боковой рамы тележки

по повреждающему действию распределению амплитуд напряжений за назначенный ресурс, возникающих от действия эксплуатационных нагрузок. Наиболее нагруженными зонами боковой рамы являются зона нижнего радиуса рессорного проема, внутреннего радиуса буксового проема и верхнего радиуса рессорного проема.

Также на поездных испытаниях были определены силы посредством матричного метода с использованием откликов от тензорезисторов, определенных предварительно в процессе стендовых опытов. На основании полученных результатов была разработана схема приложения сил к раме боковой для ресурсных испытаний. Данная схема представлена на рис. 4. По результатам поездных испытаний в качестве нагружения боковой рамы были приняты три основные силы, действующие в эксплуатации. Их уровень приведен в таблице.

На рис. 5 представлена циклограмма одного блока нагружения для проведения ресурсных испытаний с учетом результатов поездных испытаний и исследований численными методами.

Число блоков нагружения на стенде получается из условия, состоящего в том, что амплитуда динамических напряжений, реализуемых на стенде, должна быть не меньше возникающей в поездных испытаниях, умноженной



Рис. 3. Маршрут следования опытного состава при проведении поездных испытаний

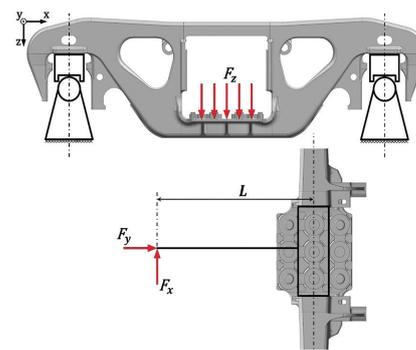


Рис. 4. Схема приложения сил при проведении ресурсных испытаний

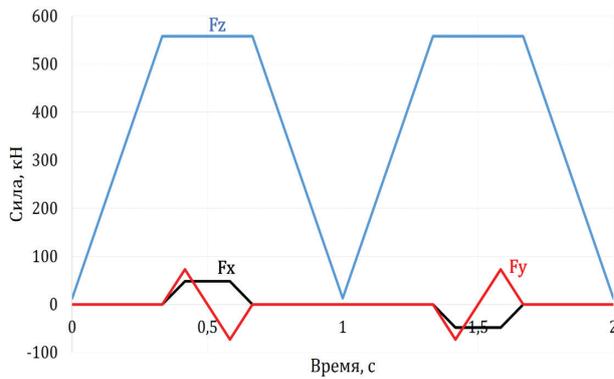


Рис. 5. Циклограмма одного блока нагружения для проведения ресурсных испытаний

Таблица. Уровень сил, действующих на раму боковую и определенных по результатам поездных испытаний

Направление действия силы	Диапазон изменения силы
Вертикальное	от 13 кН до 558 кН
Боковое	от -48 кН до 48 кН
Продольное	от -73 кН до 73 кН

на ресурсный коэффициент запаса. После чего происходит пересчет реализаций с базового числа циклов на число, реализуемое в стендовых испытаниях. Когда амплитуды динамических напряжений, наблюдаемых в i -датчике за один блок нагружения, известны, это сделать достаточно легко. И последний шаг – это выбор максимума числа блоков нагружения по всем датчикам:

$$\sigma_{a,\varepsilon}^{и, (i)} \geq [n] \sigma_{a,\varepsilon}^{п, (i)}$$

где $\sigma_{a,\varepsilon}^{п, (i)}$ – приведенная амплитуда динамического напряжения для датчика с номером i , эквивалентная по повреждающему действию распределению амплитуд напряжений за назначенный ресурс, вычисленная на основе поездных испытаний;

$[n]$ – ресурсный коэффициент, принят $[n] = 1,4$;
 $\sigma_{a,\varepsilon}^{и, (i)}$ – приведенная амплитуда динамического напряжения для i -датчика, вычисленная на основе стендовых испытаний

$$N_0 \left[\sigma_{a,\varepsilon}^{и, (i)} \right]^4 = N_0 [n]^4 \left[\sigma_{a,\varepsilon}^{п, (i)} \right]^4 = N_i \left[\sigma_{a,\varepsilon}^{б, (i)} \right]^4$$

$N_0 = 10^7$ – базовое число циклов;

N_i – число блоков нагружения на стенде для i -датчика;

$\sigma_{a,\varepsilon}^{б, (i)}$ – приведенная амплитуда динамического напряжения, для датчика с номером i , эквивалентная по повреждающему действию одного блока нагружения, вычисленная на основе численной или экспериментальной тарировки.

$$N = \max(N_i) = \max \left(\frac{[n]^4 \left[\sigma_{a,\varepsilon}^{п, (i)} \right]^4}{\left[\sigma_{a,\varepsilon}^{б, (i)} \right]^4 / N_0} \right)$$

При проведении испытаний на стенде реализуются рассчитанные режимы и контролируется состояние детали. Та-

ким образом, деталь на стенде подвергается повреждающему воздействию, наиболее приближенному к эксплуатационному за весь срок службы. Апробация предложенных режимов показала их хорошую воспроизводимость [9].

Результаты проведенной работы.

Предложен новый метод проведения ресурсных испытаний боковых рам тележек грузовых вагонов с применением пространственного нагружения и с учетом реальной эксплуатационной нагруженности.

Для оценки величин силовых факторов рамы предложен метод псевдообратных матриц, позволяющий по результатам измерения напряжений в режиме эксплуатации и на основе тарировок получить значения этих сил.

Для конкретной конструкции рамы боковой определение параметров стендового нагружения производится один раз, то есть повторные поездные испытания не требуются.

Представленный метод подходит для других деталей тележки, для которых требуется оценка ресурса, например балки наддрессорной.

Разработанный метод внедрен в ГОСТ 33939 «Детали литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Методы ресурсных испытаний. Часть 1. Рама боковая» и используется для проведения ресурсных испытаний. ■

Литература

1. Боковым рамам тележек – сетевое внимание! // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2013. – № 2 (34). – С. 14–17.

2. Ушкалов, В. Ф. К вопросу о влиянии продольных усилий, действующих на боковую раму тележки грузового вагона, на показатели его вертикальной динамики / В. Ф. Ушкалов, Ю. С. Ромен, А. В. Заверталоук [и др.] // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2005. – № 8. – С. 112–114.

3. Манашкин, Л. А. Об измерении вертикальных сил в тележках грузовых вагонов / Л. А. Манашкин, С. В. Мямлин, Е. А. Письменный // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2004. № 5. – С. 132–135.

4. Бороненко, Ю. П. Измерение нагрузок, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона / Ю. П. Бороненко, Ю. Б. Житков, Р. В. Рахимов // Материалы XIV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019. – С. 121–124.

5. Белянкин, А. В. К вопросу экспериментального определения коэффициента динамической добавки необрессоренных частей двухосной тележки грузового вагона / А. В. Белянкин, А. И. Коновалов, Д. Н. Дорохин // Материалы XIV Международной научно-технической конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019. – С. 203–205.

6. Бороненко, Ю. П. Разработка новых методов измерения вертикальных сил, действующих на боковую раму тележки от колесной пары при движении вагона / Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов, А. В. Белянкин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2020. – Т. 17. – Вып. 1. – С. 7–22.

7. Орлова, А. М. Конструктивные особенности тележек моделей 18–9810 и 18–9855 / А. М. Орлова, Е. А. Щербачков // Вагонный парк. – 2011. – № 6. – С. 22–24.

8. Орлова, А. М. Результаты поездных испытаний тележки 18–9855 / А. М. Орлова, Д. В. Шевченко, Т. С. Ку克林 [и др.] // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 44–45.

9. Орлова, А. М. Апробация режимов ресурсных испытаний боковых рам тележки модели 18–9855 на стенде пространственного нагружения // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 36–37.

Сменный кузов для перевозки тарно-штучных грузов



О. И. Зайнитдинов,
аспирант кафедры
«Вагоны и вагонное хозяйство»
ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)



А. С. Даукша,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС

Применение сменных кузовов грузовых вагонов повышает их эффективность. Однако технические решения вагонов для сборных грузов отсутствуют. Предлагаемая конструкция сменного кузова позволит сократить простои вагонов, обеспечит быстрое крепление сменного кузова на вагоне платформе.

Внедрение такой гибкой грузовой системы позволит значительно повысить эффективность эксплуатации вагонов, сократить простои при сезонных колебаниях отправки разнообразных грузов [1]. В работе представлена конструкция сменного кузова с раздвигающимися боковыми стенами и крышей, предназначенного для транспортировки рулоновых, пакезированных, штабельных, штучных, тарно-штучных и других грузов, требующих защиты от атмосферных осадков, с креплением их в соответствии с техническими требованиями.

Наиболее оптимальном вариантом при проектировании подобных конструкций сменных кузовов является максимальное использование габаритных размеров подвижного состава [2–3] с применением высокопрочных материалов, в том числе композиционных, легких алюминиевых сплавов и других материалов с малой плотностью в диапазонах 2,56–4,98 г/см³ и с высокой прочностью в диапазоне 500–1000 МПа.

На рис. 1 представлен проектируемый сменный кузов в габаритной рамке T_{np} . Габарит имеет максимальную высоту 5300 мм от уровня вер-

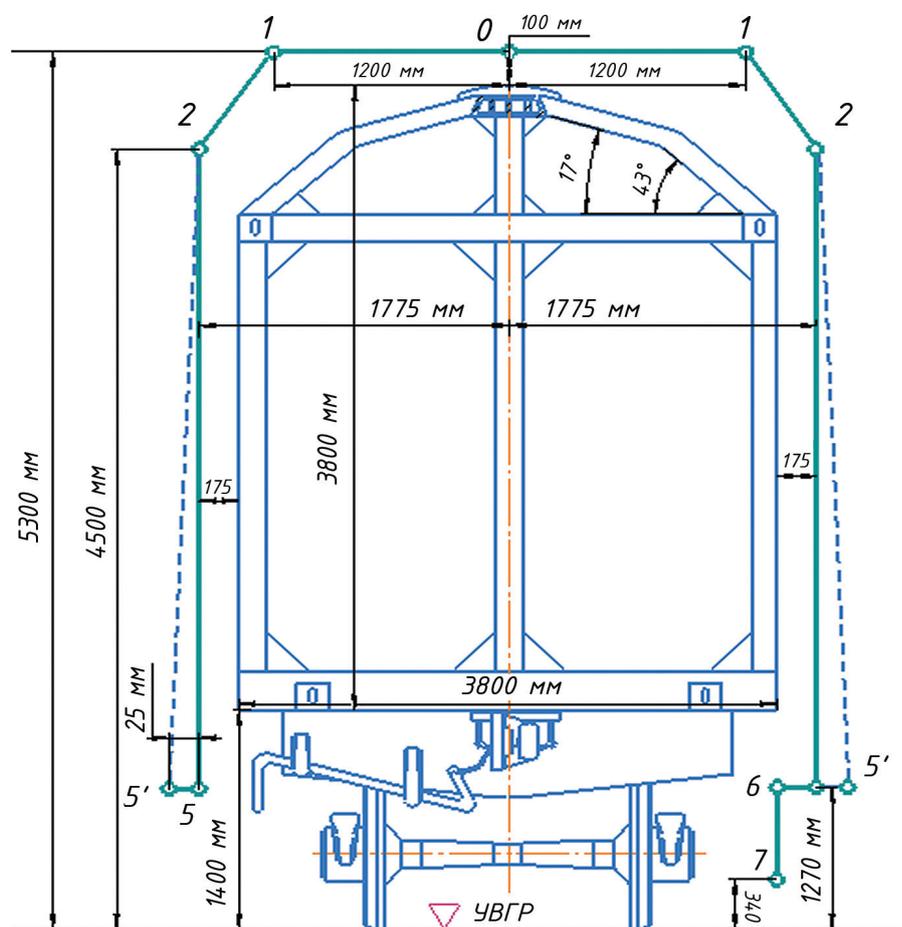


Рис. 1. Вписывание съемного кузова в габаритные рамки T_{np}

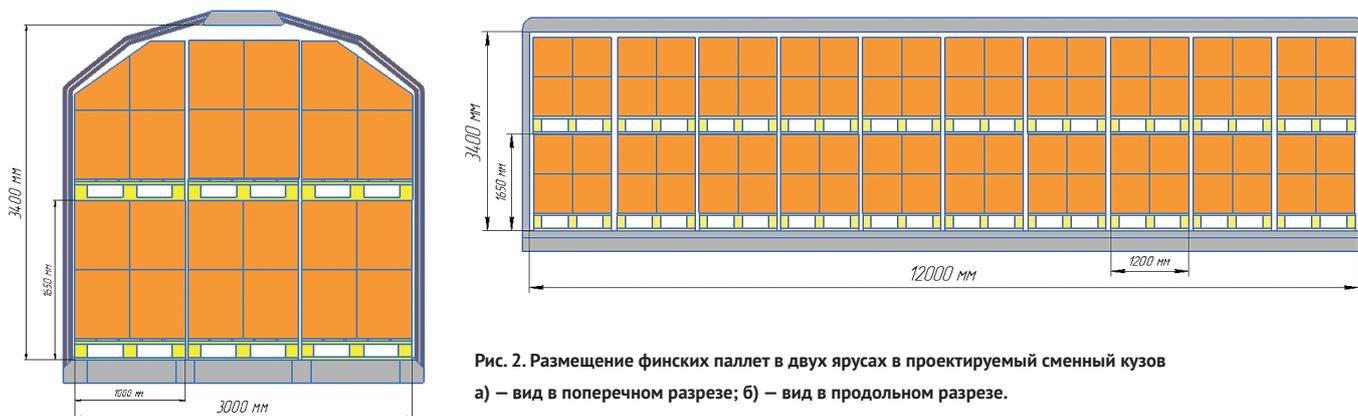


Рис. 2. Размещение финских паллет в двух ярусах в проектируемый сменный кузов

а) – вид в поперечном разрезе; б) – вид в продольном разрезе.

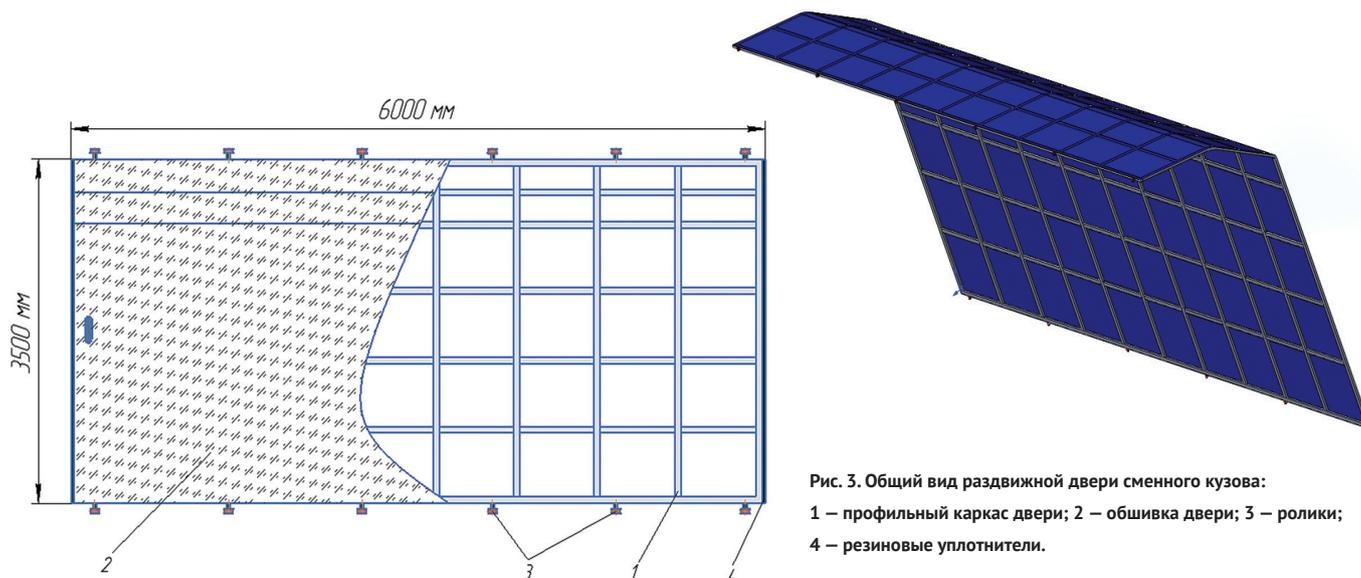


Рис. 3. Общий вид раздвижной двери сменного кузова:

1 – профильный каркас двери; 2 – обшивка двери; 3 – ролики; 4 – резиновые уплотнители.

ха головки рельса (УВГР) и ширину 3550 мм. При этом он предусматривает дополнительные негабаритные разрешения, предназначенные для сигнальных устройств и зеркал заднего вида на высоте от 2600 до 4000 мм и для выступающих частей до 25 мм, поручней, подлокотников и козырьков, лестниц, механизмов крепления, замков и других элементов, выступающих за основные очертания габарита на высоте от 1270 мм.

Сменный кузов имеет высоту 3800 мм, ширину 3200 мм и длину 12 200 мм (40 футов). При его вписывании в габарит учитывались размеры фитинговой платформы, на которой устанавливается проектируемый сменный кузов.

Кузов вписывается в габаритные рамки, но при этом имеет небольшие допуски по бокам по 175 мм и сверху 100 мм. Масса брутто варьируется в пределах 45–47 т.

Размещение финских паллет шириной 1000 мм, длиной 1200 мм и высотой с грузом до 1650 мм осуществляется в трех рядах и двух ярусах (рис. 2).

Конструкция кузова включает в себя две торцевые стенки, которые приварены снизу к основанию кузова, а сверху соединены с пролетной сварной балкой. Торцевые стенки состоят из нижних горизонтальных и нескольких вертикальных балок коробчатого сечения, которые сверху соединяются с дугообразными балками, захватывающими по бокам пролетную балку.

Модель имеет восемь фитингов по четыре с каждой стороны торцевых стенок. Боковые стенки съемного кузова выполнены в виде четырех ав-

тономных раздвижных дверей, которые передвигаются с помощью роликовых опор и подвесок.

Каждая раздвижная дверь (рис. 3) имеет стальную раму (1), обшитую алюминиевым листом или композитным материалом (2), и передвигается с помощью роликовых опор (3). С двух концов двери по вертикали установлены резиновые уплотнители (4) для герметизации груза от атмосферных осадков. Для запираания раздвижных дверей предусмотрены блокировочные устройства в виде замка.

Таблица. Технические характеристики механизма крепления сменного кузова

Наименование деталей	Количество, шт	Типовые размеры, мм	Количество зубьев, Z Модуль, m	Материал
Упорные штанги	2	25 × 1000	×	Сталь Х12МФ
Прямозубые зубчатые рейки	2	25 × 25 × 180	Z = 20 m = 2,5	Сталь C45 As1443
Прямозубая цилиндрическая шестерня	1	50 × 85	Z = 18 m = 2,5	35ХМ 40ХМ 45ХЦ
Вертикальная штанга	1	25 × 1250	×	Х12МФ
Рычаг	1	25 × 300	×	Х12МФ

передается центральной шестерне (6). Вращением шестерня (6) передвигает штанги (7) в противоположные стороны. Штанги (7), проходя через направляющие втулки (10), плотно прижимаются к упорам (4), которые надежно фиксируют кузов на платформе и предохраняют от опрокидывания. Технические характеристики механизма крепления сменного кузова приведены в таблице.

Таким образом, проектируемый сменный кузов имеет ряд преимуществ. Он позволяет перевозить различную номенклатуру тарно-штучных грузов, что будет способствовать развитию конкуренции железнодорожного транспорта с автомобильным. Использование сменного кузова способствует сокращению времени проведения погрузочно-разгрузочных операций за счет боковых раздвижных дверей и крыши, при этом обеспечивается сохранность продукции от воздействия атмосферных осадков. И, наконец, использование сменного кузова сократит простои вагонов при изменении номенклатуры перевозимых грузов. **Т**

Литература

1. Бороненко, Ю. П., Даукша А. С. Перспективы внедрения вагонов со съемными кузовами увеличенной грузоподъемности / Ю. П. Бороненко, А. С. Даукша // Современные технологии – транспорта : материалы Международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2017. – С. 437–451.
2. Бороненко, Ю. П. Выбор технико-экономических параметров и перспективы внедрения инновационных вагонов габарита Т_{нр} / Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 3. – С. 3–6.
3. Даукша, А. С. Совершенствование вагонов на основе использования съемных кузовов / А. С. Даукша, Ю. П. Бороненко // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сборник трудов X Международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2015. – С. 45–53.
4. Бороненко, Ю. П. Выбор конструктивных решений устройств крепления контейнеров и съемных кузовов на железнодорожных платформах / Ю. П. Бороненко, А. С. Даукша // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3. – С. 29–32.

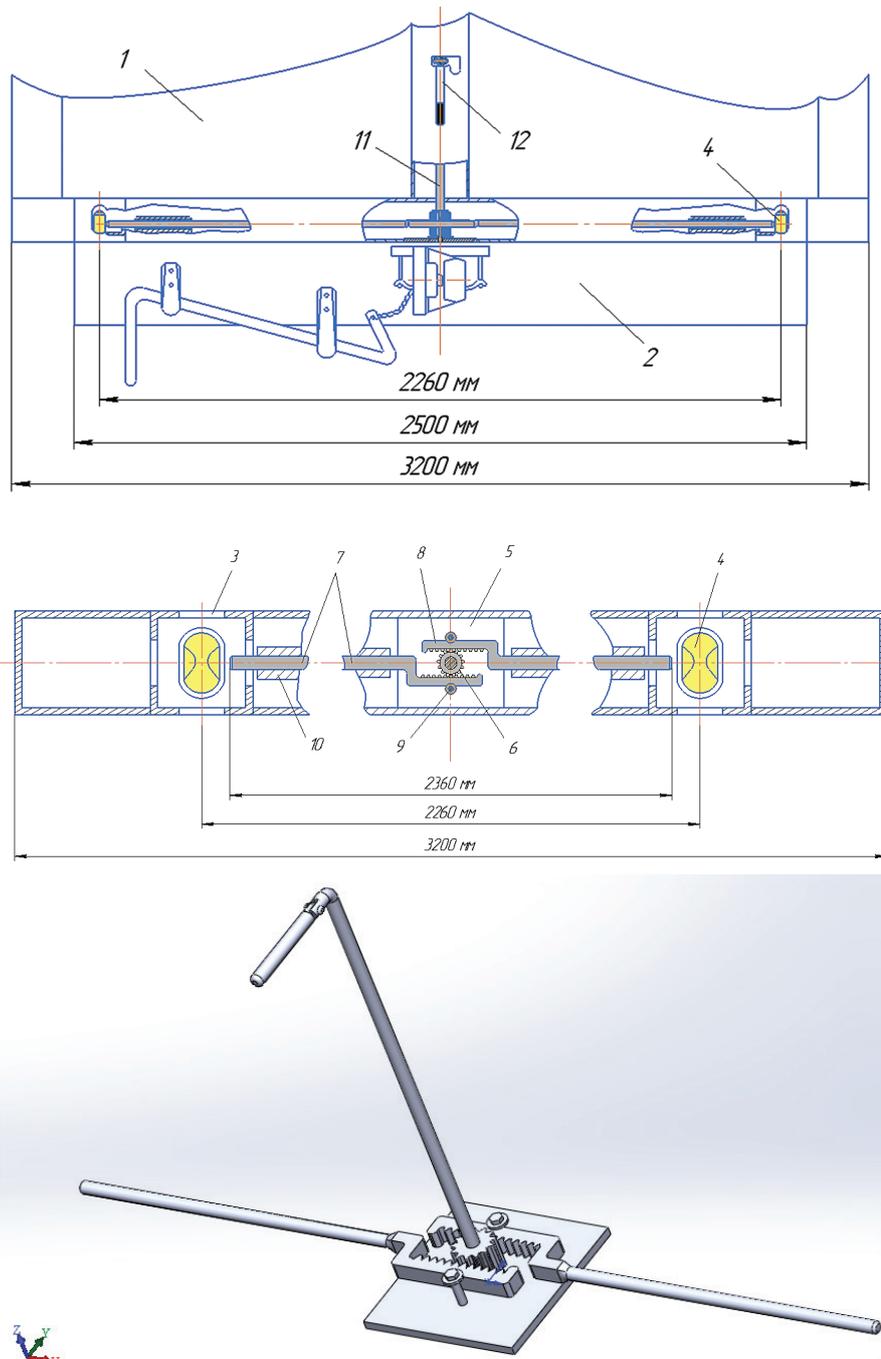


Рис. 4. Механизм крепления сменного кузова к платформе: а) – общий вид устройства крепления сменного кузова к платформе; б) – основные элементы и детали устройства крепления сменного кузова в поперечном разрезе. 1 – сменный кузов; 2 – фитинговая платформа; 3 – нижняя поперечная балка торцевой стены с фитингами; 4 – фитинговые упоры платформы; 5 – механизм крепления сменного кузова к платформе; 6 – поворотная цилиндрическая шестеренка; 7 – упорные штанги; 8 – зубчатые рейки; 9 – подшипники; 10 – направляющая втулка; 11 – вертикальная штанга; 12 – рычаг.

В целях избегания неблагоприятных ситуаций, связанных с опрокидыванием контейнеров [4] при сильных боковых ветрах и качках, предусмотрен индивидуальный блокировочный механизм, установленный с двух сторон внутри торцевых стен (рис. 4).

Как показано на рис. 4, сменный кузов (1) устанавливается на платформу (2), через фитинги (3) на упоры (4).

Механизм крепления сменного кузова к платформе (5) состоит из центральной поворотной цилиндрической шестеренки (6) и двух упорных штанг (7) с зубчатой рейкой (8), которые зафиксированы к цилиндрической шестеренке (6) с помощью двух подшипников (9).

При повороте рычага (12) вращение через вертикальную штангу (11)

Расчетно-экспериментальный метод определения основного сопротивления движению подвижного состава с применением цифровых моделей



И. Р. Крон,
инженер-испытатель
АО «НВЦ „Вагоны“»,
аспирант ФГБОУ ВО
«Петербургский
государственный универ-
ситет путей сообщения
Императора
Александра I» (ПГУПС)



Б. О. Поляков,
инженер-испытатель
II категории
АО «НВЦ „Вагоны“»,
аспирант ПГУПС

На основании анализа существующих эмпирических и теоретических методов определения основного удельного сопротивления движению подвижного состава установлено, что его теоретическое определение не обладает достаточной точностью, а экспериментальное отличается высокой стоимостью проведения. Полученные результаты послужили обоснованием для разработки нового метода определения указанного параметра.

Определение величины основного удельного сопротивления движению железнодорожного подвижного состава с позиций энергетики и экономики является одной из важных задач при проектировании и введении в эксплуатацию нового подвижного состава. Возникновение идеи необходимости определения силы, препятствующей силе тяги, и последующие эксперименты, проводимые с целью ее уточнения, в совокупности заложили теоретическую базу и способствовали созданию различных методик, формул и закономерностей для теоретического определения данной величины.

Теоретические методы

Толчком к созданию теоретической базы и эмпирического фундамента стало предложение французского инженера Жюль Дюпюи в 1837 г. использовать

формулу для определения силы трения качения, в которой он отразил обратную пропорциональную зависимость этой силы от радиуса тела качения [1]. Дальнейшие исследования в области энергетики движения подвижного состава велись параллельно отечественными и зарубежными учеными, исследователями и инженерами. Так, русский инженер путей сообщения В. И. Лопушинский одним из первых провел значительные опыты по определению основного сопротивления и отразил их в соответствующих аналитических закономерностях.

Далее последовали труды других выдающихся отечественных ученых, среди которых Н. П. Петров, еще в 1889 г. создавший труд «Сопротивление поезда на железной дороге», где были сформулированы составляющие основного сопротивления, которые лишь немного видоизменились к настоящему времени. Далее русский инженер-железнодорожник Ю. В. Ломоносов в своем главном труде — прототипе современных «Тяговых расчетов для поездной работы» [2; 3] — провел жесткую дифференциацию воздушного сопротивления на его составляющие, и выяснил, что аэродинамическое сопротивление движению определяется лишь квадратом скорости движения подвижного состава. Ученый также установил зависимость основного сопротивления движению от загруженности вагонов, климатических условий, состояния пути, силы и направления ветра.



Рис. 1. Цифровая модель полувагона 12–6877–02, созданная в среде SolidWorks

Поистине же фундаментальным и со- бирательным трудом по данной теме сле- дует считать работу П. Н. Астахова [4]. Ученый обозначил основные методы определения составляющих удельного сопротивления движению и создал актуальную классификацию последних, представленную ниже.

Сопротивление от трения шеек осей в подшипниках. В настоящее время на подвижном составе преимущественно используются роликовые подшипники качения, ввиду их низкого относительно подшипников скольжения коэффициента трения. Однако в настоящее время все чаще, по обоснованным причинам [5], речь заходит о применении конических подшипников кассетного типа, для кото- рых значение коэффициента сопротив- ления еще предстоит выяснить.

Сопротивление трения качения в сис- теме «колесо — рельс», зависящее от твер- дости материалов в месте контакта и, как следствие, площади пятна контакта.

Сопротивление трения скольжения в системе «колесо — рельс». Величина этой составляющей во многом зависит от правильности установки колес на ось, наличия дефектов колеса и т. д.

Сопротивление от рассеяния энергии, зависящее от конструкции и состояния пути и впервые обнаруженное проф. Б. Н. Веденисовым. Это явление обуслов- лено не абсолютно жестким креплением элементов пути и, как следствие, их хоть и достаточно малыми, но перемещени- ями. Эти перемещения вызваны движе- нием подвижного состава и силами тре- ния, в ходе работы которых кинетическая энергия поезда расходуется на нагрев конструкции путевого полотна.

Сопротивление воздушной среды, которое для более точного учета следует дифференцировать на составляющие со- противления лобовой, хвостовой частей, межвагонного, подвагонного пространств и т. д. Помимо этого, аэродинамическую составляющую сопротивления движения принято также классифицировать на со- противления формы и трения [6].

Сопротивление, вызванное рассеи- ванием энергии в окружающую среду.

Данная составляющая возникает во время движения в процессе различных коле- баний подвижного состава и его узлов, имеющих упругие связи.

За рубежом также проводились теоре- тические исследования, многие из кото- рых базируются на эмпирических зако- номерностях. Среди исследователей вы- деляются следующие: Штраль, Заутхофф (Германия), разработавшие собственные формулы для определения сопротивле- ния движению пассажирских и грузо- пассажирских поездов; Д.-С. Армстронг, П.-Г. Свифт (Великобритания), опреде- лившие физический смысл коэффициен- тов формулы Дэвиса; Т. Маэда (Япония), уделявший большое внимание влиянию аэродинамики поезда на его энергетиче- ские свойства [1].

При этом наиболее ярким предста- вителем зарубежных ученых, внесших огромный вклад в энергетику движения подвижного состава, является У. Дж. Дэ- вис, формулу которого многие исследова- тели на основании опытных зависимостей применяют и видоизменяют по сей день:

$$\omega = A + Bv + Cv^2.$$

Однако, существующие и используе- мые в настоящее время формулы [1; 2], как показывают исследования [7] обла- дают существенными погрешностями. Ввиду этого целесообразно разработать новую методику определения основного удельного сопротивления движению.

Эмпирические методы

Экспериментальное определение основного удельного сопротивления дви- жению подвижного состава представлят динамометрический метод, метод скатыва- ния (суть которых подробно описана в [4]), а также метод энергетического баланса.

При этом на последний следует обра- тить особое внимание. Его суть заклю- чается в отыскании слагаемого, пред- ставляющего собой величину основного сопротивления движению посредством алгебраической разности всех составля- ющих величин, потребленной подвижным составом энергии и полученной от исто- чника питания. Так, например, для элек- трического подвижного состава [8]:

$$A = A_{пп} + A_{\omega_0} + A_{кр,i} + A_{пт} + A_{т} + A_{тд} + A_{сн}, \quad (1)$$

где $A_{пп}$ — потери энергии на пусковые усилия; A_{ω_0} — потери энергии, необходимые для преодо- ления основного сопротивления движению; $A_{кр,i}$ — изменения энергии, возникающие во вре- мя прохождения кривых и уклонов; $A_{пт}$ и $A_{т}$ — расход энергии соответственно на под- тормаживание и торможение; $A_{тд}$ — потребление энергии, необходимое для по- крытия потерь в тяговых двигателях; $A_{сн}$ — потребление энергии, расходуемой на соб- ственные нужды подвижного состава (вентиля- цию, отопление, освещение и т. д.).

Для вычисления общего сопротивле- ния преобразуем (1):

$$A_{\omega_0} + A_{кр,i} = A - (A_{пп} + A_{пт} + A_{т} + A_{тд} + A_{сн}). \quad (2)$$

Стоит отметить, что каждая из пред- ставленных величин в правой части вы- ражения (2) являет собой значение, по- лученное при помощи метода косвенных измерений, а значит, имеет некоторую погрешность. Запишем (2) в виде алге- браической суммы ошибок:

$$\Delta(A_{\omega_0} + A_{кр,i}) = \Delta A + \Delta A_{пп} + \Delta A_{пт} + \Delta A_{т} + \Delta A_{тд} + \Delta A_{сн} \quad (3)$$

Таким образом, с учетом (3) запишем величину общего сопротивления движе- нию:

$$A_{\omega_0} + A_{кр,i} \pm \Delta(A_{\omega_0} + A_{кр,i}).$$

Очевидно, что существует некото- рая вероятность того, что все величины, входящие в правую часть (3), могут при- нять либо максимальные положитель- ные, либо минимальные отрицательные значения. Таким образом, их алгебраи- ческая сумма может привести сущест- венную ошибку в величину общего или, в частном случае, основного сопротив- ления движению [9].

Следовательно, при помощи метода энергетического баланса целесообразно производить лишь качественную оценку величины общего сопротивления движе- нию подвижного состава.

Достоинства и недостатки каждо- го из методов кратко представлены в таблице.

Таблица. Достоинства и недостатки методов опытного определения сопротивления движению

Метод	Достоинства	Недостатки
Динамометри- ческий	Отсутствие необходимости специ- альных опытных рейсов	Невозможность исследования сопротивления локомотивов, учета лобового сопротивления от воздуха, большие финансовые затраты
Скатывания	Универсальность в отношении видов подвижного состава	Высокие требования к испытательному оборудованию
Энергетиче- ского баланса	Относительная простота метода	Широкая область среднеквадратического отклонения из-за метода подсчета

Цифровые методы

Ввиду ускоренных темпов цифровизации постиндустриального общества решение инженерных задач все больше делегируется компьютерным технологиям. Определение основного удельного сопротивления не является исключением.

В зависимости от постановки задачи и цели исследования применяются различные среды автоматизированного проектирования: OpenFOAM, SolidWorks, Ansys, Medyna. Проведение в них цифровых опытов позволяет с легкостью учитывать геометрическое, аэродинамическое и физическое подобия и получать результаты при минимальных финансовых вложениях. Однако анализ отечественной и зарубежной современной литературы показал, что ввиду развития высокоскоростного движения пассажирского подвижного состава наибольшее внимание уделяется аэродинамической составляющей, которая, как было отмечено, возрастает пропорционально квадрату скорости.

Проведение цифровых экспериментов все-таки не следует считать исключительным в смысле их точности. Исследователь, проектирующий подобный эксперимент, должен быть максимально уверен в адекватности построенной им модели и условиях проведения опыта.

Имея в виду вышесказанное, можно говорить о наличии объективной необходимости в создании нового метода определения основного сопротивления движению подвижного состава.

Расчетно-экспериментальный метод

Предлагаемый метод основывается на уравнении замедленного движения отцепленного от локомотива вагона на известном участке пути:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + F_{\text{сопр}} + F_{\text{укл}} = 0, \quad (4)$$

где m — масса вагона с учетом инерции вращения колесных пар;

$F_{\text{сопр}}$ — сила сопротивления движению;

$F_{\text{укл}}$ — сила сопротивления от уклона.

При этом силу сопротивления движению следует представлять в виде составляющих, которые являют собой силу механического сопротивления движению, а также три величины аэродинамического сопротивления, характерные для лобовой $F_{\text{лоб}}$, хвостовой части $F_{\text{хвост}}$ и сопротивления от ветра $F_{\text{ветр}}$

$$F_{\text{сопр}} = F_0 + F_{\text{ветр}} + F_{\text{лоб}} + F_{\text{хвост}} \cdot (5)$$

Сила сопротивления, зависящая

от уклона, определяется геодезической съемкой и профилем пути в соответствии с (6):

$$F_{\text{укл}} = mg \frac{\partial z}{\partial x}, \quad z = f(x). \quad (6)$$

При этом координата x определяется по GPS-ГЛОНАСС-навигатору. Таким образом, сила основного сопротивления движению

$$F_0 = -m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} - F_{\text{ветр}} - F_{\text{лоб}} - F_{\text{хвост}} - F_{\text{укл}} \quad (7)$$

Замедление вагона определяется первым слагаемым уравнения (7) по уменьшению скорости отцепленного вагона в определенные промежутки времени.

Силу ветра, а также его направления возможно определять при помощи комбинации расчетных цифровых и экспериментальных методов. При этом ее величина является функцией от угла равнодействующей силы ветра, определяемой по датчику с флюгером, и относительной скорости воздуха (8), значение которой можно получить по показаниям датчика, установленного на внешней части кузова вагона (9). Формально

$$F_{\text{ветр}} = f(v, \alpha), \quad (8)$$

Лобовое $F_{\text{лоб}}$ и хвостовое $F_{\text{хвост}}$ сопротивления определяются исключительно расчетным методом с применением цифровой модели. Следует отметить, что определение этих величин обусловлено издержками самих испытаний. Поскольку основной целью предлагаемого метода является определение величины основного сопротивления движению вагона в составе поезда, то составляющие $F_{\text{лоб}}$ и $F_{\text{хвост}}$ получаемые в ходе испытания непосредственно, необходимо вычитать из получаемой по (5) $F_{\text{сопр}}$. В будущем помимо данных составляющих необходимо также предусмотреть выявление и определение аэродинамического сопротивления от межвагонных пространств, которое следует вычитать из общей величины $F_{\text{сопр}}$ подобно $F_{\text{лоб}}$ и $F_{\text{хвост}}$.

Таким образом, для экспериментальной части метода возможно проведение испытаний в двух вариациях:

$$v_{\text{ветр}} = v_{\text{датчика}} - v_{\text{вагона}}.$$

- при наличии длинного прямого участка — броском вагона до его остановки;

- последовательными бросками вагона со скоростью от 90 до 10 км/ч с шагом –10 км/ч одновременно с тормозными испытаниями с использованием задержки срабатывания тормоза с помощью специального датчика на 10–60

с в зависимости от длины имеющегося прямого участка.

Отличительной чертой проводимых бросковых испытаний помимо описанного выше является наличие специального электропневматического реле с задержкой по времени. Устройство устанавливается на тормозной магистрали испытуемого вагона и работает по принципу клапана. То есть при расцепе вагона-лаборатории с испытуемым образцом устройство приходит в действие за счет возникающей разности давлений и перекрывает сообщение тормозной магистрали вагона с окружающей средой. Программируемый датчик, осуществляющий задержку по времени, в момент расцепе начинает отсчет заданной задержки в секундах в обратном порядке.

По истечению времени на вход электропневматического реле при помощи установленной в устройстве аккумуляторной батареи будет подана логическая единица. Этот сигнал прекратит работу реле в качестве клапана и тормоза на опытном образце придут в действие. Применение данного устройства обусловлено необходимостью практического соответствия ускорения движущегося вагона в составе поезда с постоянной скоростью.

Определение аэродинамических параметров испытуемого вагона проводится поэтапно с применением электронно-вычислительной техники. Первым этапом является проектирование и моделирование вагона в цифровой среде с соблюдением особенностей опытного образца для достижения наилучшей адекватности модели. В процессе моделирования необходимо особое внимание уделять геометрическому и аэродинамическому подобию разрабатываемой модели и опытного образца. При моделировании вагона допускается эквивалентная замена некоторых конструктивных элементов на упрощенные, если они существенно не влияют на конечный результат расчета. Создание цифровой модели испытуемого вагона следует производить в среде SolidWorks или аналогичной.

Примером подобной модели может быть полувагон 12–6877–02, представленный на *рис. 1*.

Аэродинамический расчет следует производить в программном комплексе ANSYS Workbench с использованием модуля Fluent. Проведение расчета необходимо выполнять в условиях, приближенных к тем, при которых производились испытания опытного образца вагона. То есть бросковым испытаниям в порожнем режиме должны соответствовать расчеты

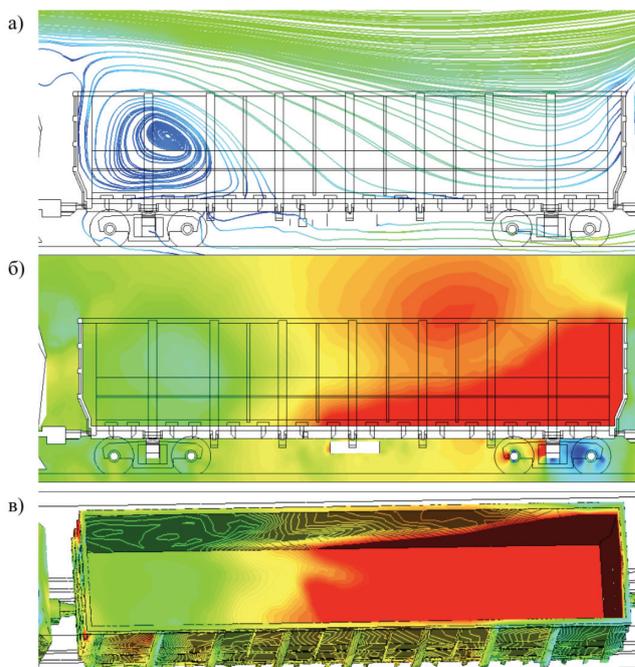


Рис. 2. Состояние воздушной среды вблизи порожнего вагона модели 12-9548-02.

а – траектории воздушных потоков в сечении; б – эпюра давления воздуха в сечении; в – эпюра давления на поверхностях модели вагона

при отсутствии имитации груза в полости цифровой модели вагона, а грузенному режиму – модели с имитацией реального груза, которым может выступать объемное тело заданной массы и геометрии [10].

Проведение цифровых расчетов с применением специального алгоритма SIMPLE, учитывающего взаимную зависимость скорости воздушного потока и его давления, и большим числом итераций позволит с высокой точностью определить величины аэродинамического сопротивления в любой точке объема рассматриваемой модели, направления векторов скоростей дифференцированных воздушных потоков, а также картину распределения давления на отдельных поверхностях вагона. Осуществление подобных расчетов проиллюстрировано *рис. 2*.

При обработке результатов исследования отдельное внимание стоит обращать на характер воздушных потоков, вычленивать и давать верную оценку влиянию турбулентных завихрений и ламинарному течению воздушной среды. Для корректного воспроизведения реального, окружающего испытываемый образец воздуха необходимо осознанно подходить к выбору входных параметров. Например, для смоделированного образца на *рис. 2* была выбрана модель турбулентности Transition SST, а также плотность воздуха, равная $1,225 \text{ кг/м}^3$, температура воздушной среды $15 \text{ }^\circ\text{C}$ и ее вязкость $1,7894 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}\cdot\text{с}$ [11].

Поскольку опыт производится на основе аэродинамического подобия, то есть при движении воздушной среды относительно покоящейся модели испытываемого вагона, необходимо элементам модели присвоить значение неподвижной стенки, а для воздушного потока задать сечение, перпендикулярное оси эквивалентного движения вагона, входа и выхода, иными словами, задать границы и условия на границах расчетной области. Таким образом, будет произведена виртуальная продувка опытного образца.

Обработка результатов должна производиться визуальной оценкой картин распределения давления и направлений векторов скоростей воздушного потока, а также анализом полученных числовых значений, которые следует приводить к их среднему с учетом стандартного отклонения.

Анализ применяемых в настоящее время методов определения основного сопротивления движению подвижного состава позволяет сделать вывод о том, что эмпирические и теоретические закономерности, являющиеся основой для энергетического расчета движения, морально устарели ввиду разработок и внедрения инновационного подвижного состава. Из сказанного следует, что существует объективная необходимость в реализации нового синтетико-гибридного метода, описанного выше и основанного на комплексе натуральных испытаний и опытов с применением компьютерных технологий. ■

Литература

1. Rochard, B. P. A review of methods to measure and calculate train resistances / B.P.Rochard, F.Schmid // Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers part F: Journal Of Rail And Rapid Transit. – 2000. – Vol. 214. – № 4. – P.185–199.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы [Электронный ресурс]: утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 867р от 12 мая 2016 г. – URL: <ftp://09272071.com/docs/ПТП-2016.pdf> (дата обращения: 21.03.2021).
3. Ломоносов, Ю.В. Тяговые расчеты и приложение к ним графических методов / Ю.В.Ломоносов. – Санкт-Петербург : Типография Министерства путей сообщения (т-ва И.Н.Кушнерев и К^о), 1912. – 100 с.
4. Астахов, П.Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава: труды ЦНИИ МПС. – Москва : Транспорт, 1966. – 178 с.
5. Стоянова, Н.В. Актуальность применения в современных вагонах более надежных узлов и деталей // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – С.78–81.
6. Чурков, Н.А. Аэродинамика железнодорожного поезда. – Москва : Желдориздат, 2007. – 332 с.
7. Климович, А.В. Методика определения сопротивления движению поезда в выполненной поездке по данным электронного регистратора параметров движения / А.В.Климович, А.А.Кообар, А.С.Лендьясов // Известия Транссиба. – 2010. – № 3. – С.16–25.
8. Розенфельд, В.Е. Теория электрической тяги / В.Е.Розенфельд, И.П.Исаев, Н.Н.Сидоров [и др.]. – Москва : Транспорт, 1995. – 294 с.
9. Тейлор, Дж. Введение в теорию ошибок. – Москва : Мир, 1985. – 272 с.
10. Poliakov, B. O. Determination of Aerodynamic Drag of a Train Consisting of Gondola Cars / B. O. Poliakov, Iu. P. Boronenko // Proceedings of 26th Symposium of the International Association of Vehicle System Dynamics (IA-VSD), Gothenburg, Sweden. – 2020. – P. 491–496. doi: 10.1007/978-3-030-38077-9_58
11. Бороненко, Ю.П. Определение аэродинамического сопротивления грузовых поездов с инновационными полувагонами на цифровых моделях // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 4. – С. 62–78.

Особенности движения грузового поезда по неровностям железнодорожного пути в стационарных режимах



Ю. В. Чернышева,
доцент кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ФГБОУ ВО «Петербургский
государственный универ-
ситет путей сообщения
Императора Александра I»

Рассмотрено движение состава по неровностям железнодорожного пути в стационарных режимах под действием касательных сил тяговых двигателей локомотива ограниченной мощности. Выявлена зависимость мощности, действующей на состав силы сопротивления колебательному движению вагонов, от скорости движения. Полученные зависимости позволяют исследовать не только стационарные, но и нестационарные режимы движения грузового поезда с локомотивом в головной части по неровностям пути.

Современные магистральные локомотивы оборудованы микропроцессорной системой управления и диагностики (МПСУиД), в состав которой входит система автоведения поезда [1–3]. Одним из ключевых моментов в системах автоведения является определение энергетически оптимального режима вождения поезда на основе теории тяги.

Общепринятый на железных дорогах тяговый расчет, основывающийся на решении дифференциальных уравнений движения поезда, не учитывает различное влияние пространственных колебаний вагонов на основное сопротивление движению. В резонансной зоне с увеличением скорости поезда происходит рост сопротивления движению, затем его снижение [4]. Вследствие чего в зависимости от жесткости характеристики локомотива (неидеальный источник энергии) появляется область неустойчивых режимов движения [5] (одно из проявлений эффекта Зоммерфельда-Кононенко).

Значения возможных скоростей движения поезда по неровностям железнодорожного пути в стационарных режимах определялись путем графического вычисления корней уравнения баланса мощностей

$$P_{\text{кл}}(V_0) = P_{\text{п}}(V_0) + P_{\text{ккл0}}(V_0) = P_0(V_0); \quad (1)$$

$$P_{\text{ккл}}(V_0) = 0,238F_{\text{кл}}(V_0)V_0; \quad (2)$$

$$P_{\text{п}}(V_0) = 0,238(W_0''(V_0) + W_{\text{оп}}''(V_0))V_0, \quad (3)$$

где V_0 — скорость равномерного движения поезда;

$P_{\text{кл}}(V_0), F_{\text{кл}}(V_0)$ — касательная мощность и сила тяги локомотива соответственно;

$P_{\text{п}}(V_0)$ — мощность, расходуемая на преодоление сил основного сопротивления движению локомотива W_0' и состава $W_{\text{оп}}''$, движущегося по пути без неровностей рельсовых нитей;

$P_{\text{ккл0}}(V_0)$ — мощность, расходуемая на преодоление силы сопротивления колебательному движению вагонов в составе поезда, движущегося по неровностям пути;

$P_0(V_0)$ — мощность, расходуемая на преодоление силы основного сопротивления движению поезда, движущегося по неровностям пути.

Составляющие силы $W_{\text{оп}}''$ — от трения шеек осей в подшипниках и качения колес по рельсам, рассеивания энергии в конструкции пути и аэродинамическое сопротивление определялись согласно ранее приведенным исследованиям [6; 7].

Мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления колебательному движению вагонов в составе поезда, рассчитывалась по результатам компьютерного имитационного моделирования. Так как сопротивление колебательному движению вагонов изменялось во времени при движении поезда по неровностям рельсовых нитей, то определялось среднее значение мощности по выражению:

$$P_{\text{ккл0}} = \frac{V_0}{L_{\text{уч}}} \int_0^{L_{\text{уч}}/V_0} V_0 W_{\text{ккл}} dt, \quad (4)$$

где $L_{\text{уч}} = (1,5-2) NL$ — длина участка пути;

$$W_{\text{кст}} = -\sum_{n=1}^N \sum_{i,j=1}^2 \left[(c_z Z_{nij} + F_{nij}^{\text{верт}}) \frac{\partial (z_{ni} - (-1)^j b \theta_{ni})}{\partial x} + (c_y Y_{nij} + F_{nij}^{\text{гор}}) \frac{\partial (y_{ni} + h \theta_{ni})}{\partial x} \right] + \sum_{n=1}^N \sum_{i,j,k=1}^2 (F_{nij}^{p-6y} \psi_{ni} - F_{nij}^{p-6x}), \quad (5)$$

где c_z, c_y — вертикальная и горизонтальная жесткости пружин рессорных комплектов;

Z_{nij}, Y_{nij} — сжатие и сдвиг рессорного комплекта n -го вагона i -й тележки j -й стороны;

y_{ni}, ψ_{ni} — боковой относ и влияние i -й тележки n -го вагона;

$F_{nij}^{\text{верт}}, F_{nij}^{\text{гор}}$ — проекции силы трения в nij -м фрикционном клиновом гасителе колебаний на оси z и u соответственно;

$F_{nij}^{p-6y}, F_{nij}^{p-6x}$ — сила поперечного и продольного крива в зоне контакта $nijk$ -го колеса и рельса с учетом нелинейного эффекта, связанного с ограничением сцепления [8];

$2b$ — поперечное расстояние между центрами рессорных комплектов;

h — высота центра масс груженого / порожнего кузова относительно уровня подпятника.

Координата центра тяжести тележки z_{ni} и угол ее поворота при боковой качке θ_{ni} равны соответственно мгновенному среднему значению вертикального перемещения центров тяжести колесных пар и мгновенному среднему значению углов поворота при боковой качке колесных пар, находящихся под тележкой, то есть

$$z_{ni} = -\frac{1}{4} \left[\sum_{j,k=1}^2 \eta_{nijk}^B + \sum_{j,k=1}^2 (-1)^{j+1} n (y_{ni} + (-1)^{k+1} l_T \psi_{ni} - \eta_{nijk}^r) \right] = -\frac{1}{4} \sum_{j,k=1}^2 (\eta_{nijk}^B - (-1)^{j+1} n \eta_{nijk}^r);$$

$$\theta_{ni} = -\frac{1}{2} \left[\sum_{j,k=1}^2 (-1)^{j+1} \frac{\eta_{nijk}^B}{2s} + \sum_{j,k=1}^2 \frac{n (y_{ni} + (-1)^{k+1} l_T \psi_{ni} - \eta_{nijk}^r)}{2s} \right] = -\frac{1}{2} \left[\sum_{j,k=1}^2 \frac{(-1)^{j+1} \eta_{nijk}^B - n \eta_{nijk}^r}{2s} - \frac{4ny_{ni}}{2s} \right];$$

где $\eta_{nijk}^B, \eta_{nijk}^r$ — вертикальные и горизонтальные неровности рельсовых нитей под колесом k -й колесной пары i -й тележки j -й стороны n -го вагона.

Слагаемые в правой части выражения, описывающего координаты центра масс тележки z_{ni} , представляют собой приращение радиусов кругов катания колес:

$$\Delta r_{nijk} = n (y_{ni} + (-1)^{k+1} l_T \psi_{ni} - \eta_{nijk}^r) = n \cdot y_{nijk},$$

Приведенные выражения получены на основании расчетной схемы поезда, предложенной в работе [9] и дополненной неровностями рельсовых нитей в плане. Слагаемые уравнения (5) в квадратных скобках учитывают влияния вертикальных и боковых колебаний кузова, извилистое движение тележек. Слагаемое в круглых скобках учитывает действие сил трения в точках контакта колес с рельсами в продольном направлении поезда.

Неровности ж.-д. пути в плане и в профиле под $nijk$ -м колесом принимались равными цифровым численным реализациям вертикальных и горизонтальных неровностей рельсовых нитей, снятых с натуральных железнодорожных линий вагонно-путеизмерителем [10].

В среде MATLAB Simulink промоделировано движение грузового состава, состоящего из 56 и 71 полувагонов модели 12–132 с полной загрузкой ($q_0 = 23,5$ т) в новом и изношенном состояниях тележек модели 18–100. Износ клиньев модели-

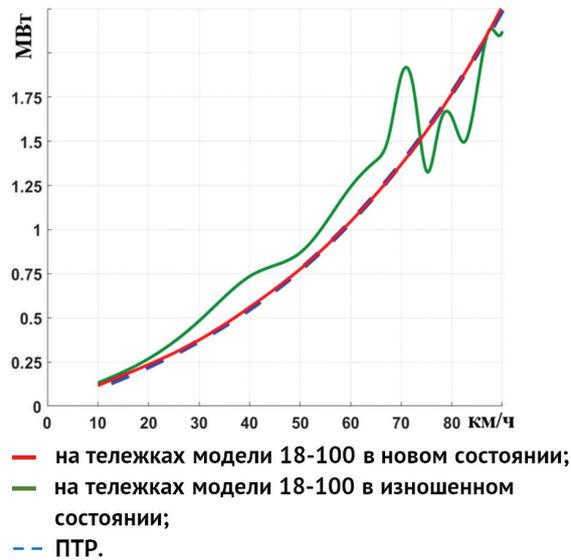


Рис 1. Зависимость мощности, затрачиваемой на преодоление сил основного сопротивления движению состава, от скорости движения поезда

ровался уменьшением коэффициента трения между фрикционным клином и боковой рамой на 25 % (в новом состоянии 0,89), который соответствует износу деталей фрикционной системы тележек, находящихся в эксплуатации [11]. Прокат бандажа колеса и подрез гребня приработанного профиля выбран согласно максимально допустимым параметрам износа бандажа и гребня колесных пар. Коничность бандажа колесной пары с износом принята в два раза больше коничности новой колесной пары. При моделировании учитывалось влияние износа бандажа на площадь контакта и контактных напряжений между колесом и рельсом, что отразилось на увеличении коэффициентов крива согласно [12].

По результатам компьютерного моделирования получены зависимости мощности, затраченной на преодоление силы основного сопротивления движению состава из 56 вагонов на тележках в различном состоянии от скорости движения (рис. 1).

Как видно, полученная зависимость для вагонов на тележках в новом состоянии хорошо сходится с аналогичной зависимостью, рассчитанной по ПТР [13]. Мощность, затраченная на преодоление сил основного сопротивления движению поезда, на вагонах с тележками модели 18–100 в новом и изношенном состоянии до скорости 65 км/ч схожа. После 65 км/ч начинает проявляться влияние колебаний тележек на характер изменения мощности.

Зависимость касательной мощности локомотива от скорости движения определим для современных магистральных электровозов 2ЭС5К, 2ЭС6 и 2ЭС10, отличающихся типами тяговых электроприводов, а следовательно, и жесткостью тяговых характеристик.

Для электровоза 2ЭС5К с зонно-фазовым регулированием напряжения на тяговых электродвигателях постоянного тока с последовательным возбуждением графическое решение уравнения баланса мощностей представлено на рис. 2.

Как видно, в резонансной области возможно несколько значений установившейся скорости движения поезда, соответствующих абсциссам точек пересечения графиков $P_{\text{кст}}(V_0)$ и $P_0(V_0)$. Для определения того, какой из возможных стационарных режимов движения осуществим, необходимо вычислить устойчивость возможных стационарных режимов движения поезда согласно Кононенко:

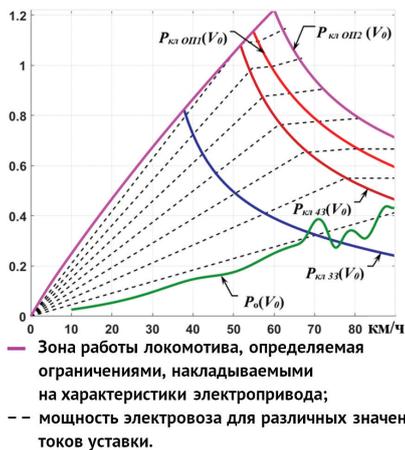


Рис 2. График соотношения мощностей для электро-воза 2ЭС5К, отнесенных к номинальной мощности локомотива

$$\frac{d}{dV_0} \left[\frac{P_{кл}(V_0) - P_n(V_0) - P_{кл0}(V_0)}{V_0} \right] < 0$$

Будем считать, что мощность локомотива увеличивается очень медленно за счет увеличения напряжения на ТЭД (уменьшение угла регулирования), что соответствует плавному непрерывному перемещению характеристики $P_{кл43эвр}(V_0)$ вправо и вверх (рис. 3а). По мере ее перемещения изображающая точка *a* перемещается по восходящей ветви графика $P_о(V_0)$ в сторону точки b_1 .

Характеристика $P_{кл43эвр}(V_0)$ является граничной, которой соответствует «срыв» движения. Согласно критерию устойчивости стационарных режимов движения точки со скоростью 71,2 и 79,39 км/ч соответствуют неустойчивым стационарным режимам движения. Поэтому, когда скорость поезда станет равной 71,2 км/ч, система совершит нестационарный переход до скорости 83,4 км/ч.

Иначе будет вести себя система при уменьшении скорости поезда (рис. 3б). По мере перемещения характеристики $P_{кл33}(V_0)$ влево и вниз точка *a* перемещается в сторону точки b_2 , которая не удовлетворяет критерию устойчивости. Из этой точки b_2 система совершит нестационарный переход в точку b_1 , который будет выглядеть как скачок движения с одного стационарного режима в другой, в данном случае произойдет скачок понижения скорости.

Как видно из рис. 2, в резонансной области с увеличением касательной мощности локомотива возрастает жесткость характеристик. Для определения граничных характеристик в уравнение баланса мощностей введем дополнительное слагаемое, зависящее от уклона (рис. 4а).

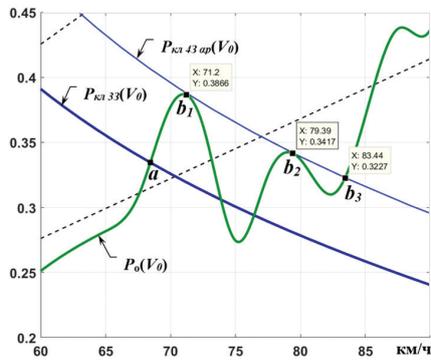


Рис. 3а. График соотношения мощностей для электровоза 2ЭС5К, отнесенных к номинальной мощности локомотива, при увеличении скорости

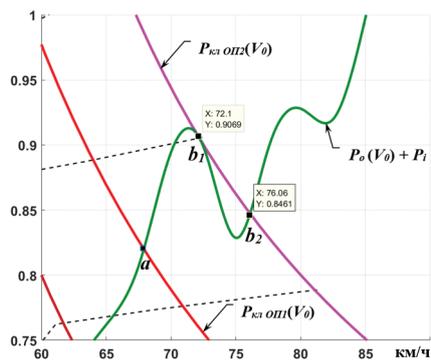


Рис. 4а. График соотношения мощностей для электро-воза 2ЭС5К, отнесенных к номинальной мощности локомотива, при увеличении скорости ($i = 2,6 \%$)

При работе электровоза на последней зоне регулирования напряжения и второй степени ослабления поля, что соответствует максимально возможно реализуемой (ограничение по максимально допустимому току ТЭД) мощности электровоза, точка *a* перемещается по восходящей ветви графика $P_о(V_0)$ к точке b_1 . После прохождения пика, когда скорость поезда станет равной 72,1 км/ч, система совершит нестационарный переход до скорости 76,06 км/ч, так как критерий устойчивости в стационарных режимах движения для точки b_1 не выполняется. Точка b_2 будет являться единственной устойчивой точкой.

При уменьшении скорости поезда (рис. 4б) по мере перемещения характеристики $P_{кл оп2}(V_0)$ вниз и влево точка *a* перемещается в сторону точки b_2 , которая не удовлетворяет критерию устойчивости. Из этой точки b_2 система совершит нестационарный переход в точку b_1 , который будет выглядеть как скачок движения с одного стационарного режима в другой, в данном случае произойдет скачок понижения скорости.

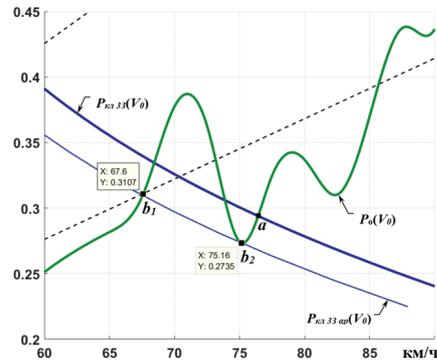


Рис. 3б. График соотношения мощностей для электровоза 2ЭС5К, отнесенных к номинальной мощности локомотива, при уменьшении скорости

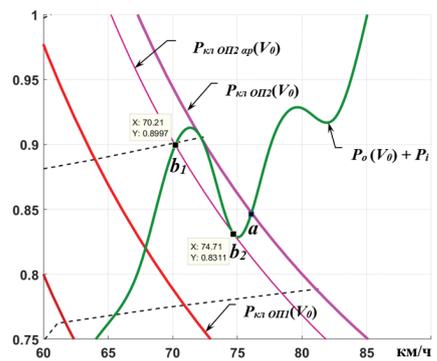


Рис. 4б. График соотношения мощностей для электро-воза 2ЭС5К, отнесенных к номинальной мощности локомотива, при уменьшении скорости ($i = 2,6 \%$)

Как видно, характеристики электро-воза 2ЭС5К обладают достаточной мягкостью вследствие последовательного возбуждения ТЭД для появления области неосуществимых стационарных режимов, ширина которой колеблется в диапазоне от 6 до 15 км/ч.

Более жесткими характеристиками обладают локомотивы с двигателями постоянного тока независимого возбуждения (2ЭС6) и асинхронными двигателями (2ЭС10).

Графическое решение уравнения баланса мощностей для приведенных типов локомотивов представлено на рис. 5. Уравнение баланса мощностей в стационарном режиме для электро-возов 2ЭС6 (рис. 5в) и 2ЭС10 (рис. 5г) имеет только один корень, то есть возможен один стационарный режим движения поезда.

При уменьшении тока возбуждения жесткость характеристик электровоза 2ЭС6 уменьшается, но недостаточно, чтобы проявились условия для появления области неосуществимых стационарных режимов движения. (рис. 6а).

В резонансной области с увеличением касательной мощности локомотива

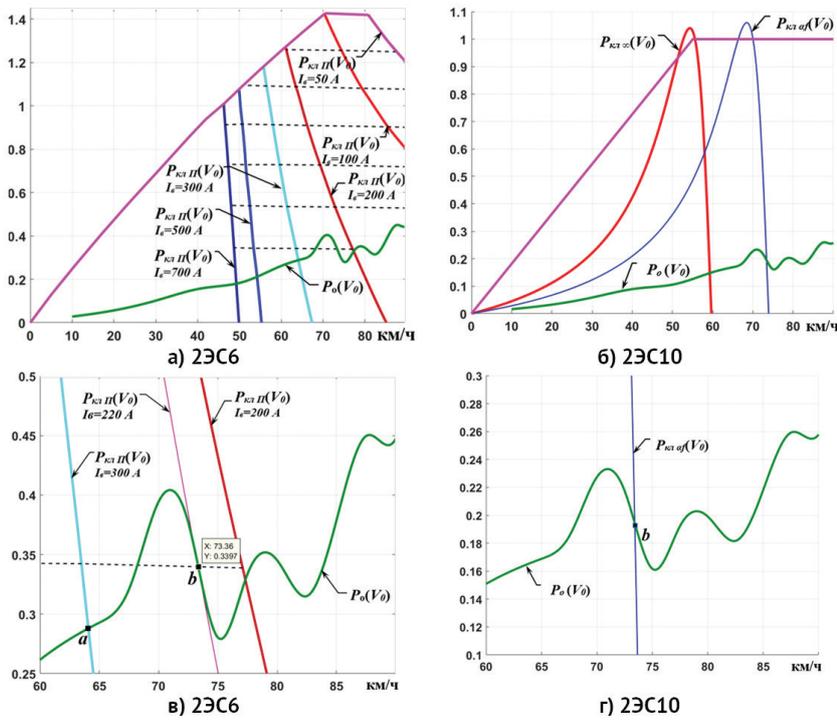


Рис. 5. График соотношения мощностей, отнесенных к номинальной мощности локомотива

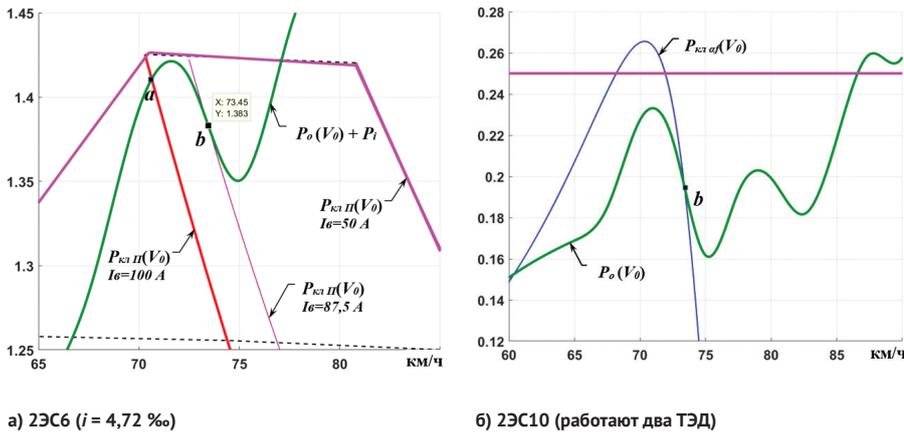


Рис. 6. График соотношения мощностей, отнесенных к номинальной мощности локомотива

2ЭС10 уменьшается жесткость характеристик. Учитывая, что в зависимости от профиля пути система МПСУИД может выбирать количество двигателей, необходимых для поддержания заданной скорости, на рис. 6 (б) представлена зависимость $P_{кл}(V_0)$ при двух работающих тяговых двигателях.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В кривой мощности, затрачиваемой на преодоление сил основного сопротивления движению состава, с ходовыми частями в изношенном состоянии наблюдаются всплески и спады после 65 км/ч.
2. Для тягового подвижного состава с ТЭД последовательного возбуждения выявлена область неосуществимых стационарных режимов движения поезда. У электровозов типа 2ЭС5К область неосуществимых стационарных режимов

движения лежит в диапазоне скоростей от 68 до 83 км/ч.

3. Для тягового подвижного состава с ТЭД независимого возбуждения и асинхронными двигателями отсутствуют условия для появления области неосуществимых стационарных режимов движения.

Литература

1. Электровоз 2ЭС5К (ЗЭС5К) Магистральный. Руководство по эксплуатации. Книга 1. Описание и работа. Электрические схемы ИДМБ.661142.009РЭ1 (ЗТС.001.012РЭ1) – Новочеркасск : ОАО «ВЭЛНИИ», 2004.
2. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми двигателями. Руководство по эксплуатации. 2ЭС6.00.000.000 РЭ. – Верхняя Пышма : ОАО «УЗЖМ», 2010.

3. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС10 с асинхронными тяговыми двигателями. Руководство по эксплуатации. Описание и работа. Электронные системы и статические преобразователи. Часть 2. 2ЭС10.00.000.000 РЭ1. – Екатеринбург : ОАО «СТМ», 2010.
4. Комарова, А. Н. Влияние типа и параметров гасителей колебаний вагона на сопротивление движению / А. Н. Комарова, Ю. П. Бороненко // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. – Вып. 2 (39). – С. 35–41.
5. Кононенко, В. О. Колебательные системы с ограниченным возбуждением. – Москва: Наука, 1964. – 256 с.
6. Астахов, П. Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава // Тр. ВНИИЖТ. – Москва: Транспорт, 1966. – Вып. 311. – 179 с.
7. Бороненко, Ю. П. Влияние колебаний вагонов на энергозатраты на тягу поезда / Ю. П. Бороненко, А. Н. Комарова, Ю. С. Ромен // Бюллетень результатов науч. исследований. – 2016. – Вып. 1 (18). – С. 18–29.
8. Гарг, В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава / В. К. Гарг, Р. В. Дуккипати. – Москва: Транспорт, 1988. – 391 с.
9. Чернышева, Ю. В. Влияние пространственных колебаний грузовых вагонов на движение состава и затраты энергетических ресурсов / Ю. В. Чернышева, В. А. Дубинский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2020. – № 2. – С. 233–243.
10. Калетин, С. В. Способы повышения динамических свойств тележки и долговечности буксовых узлов грузовых вагонов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.22.07 / С. В. Калетин ; Москва, 2016. – 154 с.
11. Бартерева, Л. И. Требования к конструкции двухосных тележек грузовых вагонов для перспективных условий эксплуатации / Л. И. Бартерева [и др.] – Москва : Транспорт, 1973. – 96 с.
12. Ушкалов, В. Ф. Математическое моделирование рельсовых транспортных средств / В. Ф. Ушкалов, Л. М. Резников, В. С. Иккол, Е. Ю. Трубицкая, С. Ф. Редько, А. И. Залесский. – Киев : Наук. думка, 1989. – 240 с.
13. Правила тяговых расчетов для поезда работы : утверждены ст. вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем 26 декабря 2013 г. – Москва : Транспорт, 1985. – 287 с.

Виталий В. Комаров, канд. техн. наук, доцент, первый заместитель генерального директора ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (НИИАТ) по научной работе

Юрий В. Андрианов, канд. техн. наук, заведующий научно-исследовательским отделом ОАО «НИИАТ»

Правовое обеспечение процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 3–6.

В статье рассмотрено нормативно-правовое обеспечение процессов эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС). Сформулированы правовые условия, необходимые для обеспечения реализации на территории Российской Федерации всех стадий полного жизненного цикла ВАТС. Предложены структура и основные положения проекта федерального закона, регулирующего отношения, возникающие при обращении ВАТС на территории Российской Федерации.

Ключевые слова: высокоавтоматизированные транспортные средства, система автоматизированного вождения, интеллектуальная дорожно-транспортная инфраструктура, безопасность, информационная система, полный жизненный цикл

Контактные данные: komarov@niiat.ru, andr4067@mail.ru

Юлия В. Малевич, д-р экон. наук, профессор, декан факультета бизнеса, таможенного дела и экономической безопасности, заведующий кафедрой таможенного дела ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» (СПбГЭУ)

Екатерина М. Ксенофонтова, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры таможенного дела СПбГЭУ

Ирина А. Пластунок, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры таможенного дела СПбГЭУ

Развитие транспортной системы ЕАЭС: системный подход // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 7–10.

В статье выполнен аналитический обзор состояния и динамики развития объектов транспортной и таможенно-логистической системы Евразийского экономического союза. Определены основные направления цифровизации и обоснована необходимость внедрения интеллектуальных технологий для целей сбалансированного развития и повышения транзитного потенциала.

Ключевые слова: Евразийский экономический союз, инфраструктура, интеллектуальный пункт пропуска, транспортная система

Контактные данные: malevich.yu@unecon.ru, koka007@list.ru, plastounjak.i@unecon.ru

Наталья А. Журавлева, д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика транспорта» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Игорь Л. Сакович, канд. экон. наук, доцент, первый заместитель начальника Октябрьской железной дороги — филиала ОАО «РЖД» по экономике, финансам и корпоративной координации

Зеленые инвестиции и их влияние на транспортные проекты устойчивого роста // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 11–15.

Целью данного исследования является определение взаимосвязи между принятием политики устойчивого развития и эффективностью реализации проектов развития транспортной инфраструктуры в России. Статья отражает результаты исследования, доказывающие, что деятельность транспортных организаций в рамках концепции ESG (Environmental, Social, Governance), соответствия принципам ответственного инвестирования (PRI — Principles for Responsible Investment), способствует росту рынка инфраструктурных проектов и улучшению операционной деятельности транспортных организаций.

Ключевые слова: устойчивый рост, зеленые инвестиции, инструменты зеленого финансирования, рынок инфраструктурных проектов, операционные издержки

Контактные данные: zhuravleva_na@mail.ru

Илья М. Гулый, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспорта» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Влияние цифровой трансформации на структуру себестоимости транспортных услуг // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 16–18.

Экономическая оценка цифровой модели бизнеса (его цифровой трансформации) является важным инструментом, способствующим развитию и ускорению процессов диджитализации, принятию обоснованных решений по инвестированию средств компаний в цифровые технологии. В статье проводится оценка влияния цифровой трансформации бизнеса на изменение структуры себестоимости транспортной услуги. Основным признаком трансформации является ускоренное инвестирование в передовые цифровые технологии. Рассмотрена динамика инвестиций в цифровые технологии по российскому транспорту, в том числе железнодорожному, выявлены элементы себестоимости транспортной услуги, экономия которых достигается в результате цифровизации транспортного бизнеса.

Ключевые слова: цифровая трансформация, структура себестоимости, цифровые инвестиции, нематериальные активы, цифровые технологии

Контактные данные: ilya.guliy@mail.ru

Роман А. Постников, аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ)», заместитель начальника ПЭО АО «ЦМКБ «Алмаз»

Елена С. Палкина, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры «Инновационная экономика» СПбГМТУ

Процессный подход к организации деятельности судостроительного предприятия // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 19–23.

Статья посвящена рассмотрению особенностей использования процессного подхода в контуре управления судостроительным предприятием, реализующим инновационный вектор развития. В ходе исследования формализована «канва» бизнес-модели работы предприятия, которая включает в себя девять взаимосвязанных блоков. Разработана схема концептуальной модели основных бизнес-процессов судостроительного предприятия с использованием стандарта IDEF0 и представлено описание ключевых из них. Предложено разработать и внедрить единую справочную базу данных по отрасли, что создаст дополнительный импульс для повышения качества выпускаемой судостроительной продукции и сокращения сроков и стоимости ее изготовления. Представлены результаты экспертной оценки и выполнена визуализация ожидаемого экономического эффекта от реализации этого проекта.

Ключевые слова: бизнес-процесс, инновации, производственная система, процессный подход, судостроительное предприятие, цифровые технологии

Контактные данные: elena_palkina@hotmail.com, postnikovroman@rambler.ru

Геннадий Л. Гладков, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой водных путей и водных изысканий Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (ГУМРФ)

Константин П. Моргунов, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики ГУМРФ

Павел А. Гарибин, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики ГУМРФ

Михаил А. Колосов, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики ГУМРФ

Гидроморфологический режим и судоходные условия в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла: проблема и пути решения // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 24–30.

Объектом научного исследования является участок реки Волги от Городецких шлюзов до Нижнего Новгорода (от 852,5 до 899,0 км по судовому ходу). Есть отрицательное заключение экспертизы по проекту Нижегородского низконапорного гидроузла. В настоящей статье рассматривается альтернативный вариант решения проблемы судоходства на данном участке, который заключается в строительстве дополнительного судопропускного сооружения с пониженным порогом и днищем камеры в нижнем бьефе гидроузла. Помимо этого, для обеспечения судоходства от Гордца до Нижнего Новгорода при осуществлении предлагаемого варианта необходимо создать в русле реки Волги судоходный канал — капитальную дноуглубительную прорезь на участке от нижнего подходного канала Городецких шлюзов до границы зоны выклинивания подпора от Чебоксарского водохранилища.

Ключевые слова: судоходное гидротехническое сооружение, габариты судового хода, гидрологический режим, руслотворный процесс, регулирование стока

Контактные данные: GladkovGL@gumrf.ru, MorgunovKP@gumrf.ru, garibin@mail.ru, kolosov-34@mail.ru

Тамила С. Титова, д-р техн. наук, профессор, первый проректор — проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПУГУПС)

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС, генеральный директор АО «НВЦ „Вагоны“»

Людмила В. Цыганская, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС, начальник научно-исследовательского бюро АО «НВЦ „Вагоны“»

«От идеи — до внедрения»: 25 лет работы над инновациями в подвижной состав // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 31–35.

НВЦ «Вагоны» был создан в 1996 году как государственное унитарное предприятие в составе ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Научно-внедренческий центр выполняет научно-исследовательские, опытно-конструкторские и внедренческие работы в области модернизации и разработки новых конструкций подвижного состава. В статье представлен анализ основных работ, выполненных в течение 1996–2021 гг., в которых предложены новые научно обоснованные технические решения, вошедшие в практику железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: НВЦ «Вагоны», вагон-платформа модели 13–926–01, вагон-платформа модели 13–9938 с поворотным кругом, крытый вагон для перевозок автомобилей в два яруса модели 23–469–08, вагон-платформа модели 23–469–07 для перевозки двух контейнеров длиной 40" или четырех 20", вагон-хоппер модели 12–9765, сочлененный шестиосный вагон-платформа модели 13–470–01, тележка модели 18–9750, тележка модели 18–9891

Контактные данные: titova@pgups.ru, boron49@ya.ru, vvh@pgups.ru

Юрий С. Ромен, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

Татьяна М. Белгородцева, заведующий НИЛ «Динамика вагонов» кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Михаил В. Деляев, заместитель начальника отдела АО «НВЦ «Вагоны»

Состояние ходовых частей вагона и силы взаимодействия в системе «экипаж — путь» // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 36–40.

Рассмотрена связь между техническим состоянием ходовых частей вагона и силами его взаимодействия с железнодорожным путем. Показано, что силы взаимодействия с железнодорожным путем у неисправного вагона могут увеличиваться в четыре-пять раз. Для предотвращения рисков аварийных ситуаций и сокращения расходов на содержание пути предложено усилить контроль за техническим состоянием вагонов при его допуске на инфраструктуру после ремонта.

Ключевые слова: осевые нагрузки, отцепочный ремонт, силы взаимодействия, состояние ходовых частей

Контактные данные: uromen@mail.ru, tm-belg@yandex.ru, m.dedyayev@yandex.ru

Юрий П. Бороненко, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПУГУПС), генеральный директор АО «НВЦ „Вагоны“»

Сергей В. Меркушев, руководитель конструкторского отдела ООО «НИЦ „Вагоны“»

Причины излома пружин тележек типа 18–100 в эксплуатации // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 41–43.

Представлен развернутый анализ причин изломов пружин тележек грузовых вагонов в эксплуатации. Определены напряжения в пружинах при различных занижениях клиньев фрикционных гасителей колебаний. Показана необходимость совершенствования нормативной документации в части уточнения ис-

пытательных нагрузок и установления назначенного срока службы пружин как для деталей, имеющих ограниченный ресурс.

Ключевые слова: пружины тележек типа 18–100, изломы пружин, причины изломов, нормативная документация

Контактные данные: boron49@ya.ru, sergei.v.merkushev@ya.ru

Сергей В. Дмитриев, генеральный директор ООО «Тихвинский испытательный центр железнодорожной техники» (ООО «ТИЦ ЖТ»)

Андрей И. Коновалов, специалист по испытаниям I категории ООО «ТИЦ ЖТ»

Метод испытаний боковых рам тележек грузовых вагонов с нагруженностью, адекватной эксплуатационной // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 44–46.

В статье представлены результаты разработки новой методики ресурсных испытаний литых деталей тележек грузовых вагонов на примере рам боковых. Новая методика обеспечивает достоверность оценки ресурса в различных ее зонах с учетом реальной эксплуатационной нагруженности. Установлена необходимость совершенствования методики ресурсных испытаний. Подтверждена эффективность предложенной методики по данным реальных испытаний. Она внедрена в государственный стандарт и используется для проведения испытаний.

Ключевые слова: методика испытаний, пространственное нагружение, боковые рамы, тележки грузовых вагонов, ресурс

Контактные данные: sditriev@railtest.ru, Akonov@railtest.ru

Олмос И. Зайнитдинов, аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)

Анфиса С. Даукша, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС

Сменный кузов для перевозки тарно-штучных грузов // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 47–49.

Применение сменных кузовов вагонов рассматривается как перспективное направление повышения эффективности работы грузовых вагонов и сокращения их простоев. Однако технические решения вагонов для сборных грузов отсутствует. В статье предложены новые технические решения для сменного кузова, которые позволяют сократить простои вагонов за счет скорости крепления сменного кузова на вагоне-платформе.

Ключевые слова: сменный кузов, тарно-штучные грузы, механизм крепления к вагону-платформе

Контактные данные: zaynitdinovo@mail.ru, dauksha-as@yandex.ru

Игорь Р. Крон, инженер-испытатель АО «НВЦ „Вагоны“», аспирант ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)

Борис О. Поляков, инженер-испытатель II категории АО «НВЦ „Вагоны“», аспирант ПГУПС

Расчетно-экспериментальный метод определения основного сопротивления движению подвижного состава с применением цифровых моделей // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 50–53.

Представлен анализ существующих эмпирических и теоретических методов определения основного удельного сопротивления движению подвижного состава, в ходе которого было установлено, что теоретическое определение основного удельного сопротивления движению не обладает достаточной точностью, а экспериментальное отличается высокой стоимостью проведения. Большинство методов цифрового определения сопротивления движению сводится к вычислению аэродинамической составляющей. В связи с этим были сделаны выводы о необходимости разработки принципиально новой методики определения основного удельного сопротивления движению подвижного состава, а также обозначен ряд задач, которые предстоит решить в ходе выполнения научной работы. Полу-

ченные результаты анализа являются отправной точкой и теоретическим обоснованием объективной необходимости в разработке нового метода определения основного удельного сопротивления движению подвижного состава.

Ключевые слова: основное сопротивление движению, экспериментальное определение, теоретические методы, аэродинамическая составляющая, компьютерное моделирование

Контактные данные: mechenu@yandex.ru, boris.nvc@yandex.ru

Юлия В. Чернышева, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Особенности движения грузового поезда по неровностям железнодорожного пути в стационарных режимах // Транспорт РФ. — 2021. — № 4 (95). — С. 54–57.

Рассмотрено движение состава по неровностям ж.-д. пути в стационарных режимах под действием касательных сил тяговых двигателей локомотива ограниченной мощности. Определена мощность, расходуемая на преодоление сил основного сопротивления движению состава, состоящего из полувагонов модели 12–132 на тележках 18–100 в новом и изношенном состоянии. Отмечено, что зависимость, действующей на состав мощности силы сопротивления колебательному движению вагонов от скорости движения, имеет интенсивные всплеск и спад. Выявлены режимы ведения грузового поезда современными магистральными локомотивами, при которых возможен срыв движения. Полученные зависимости позволяют исследовать не только стационарные, но и нестационарные режимы движения грузового поезда с локомотивом в головной части по неровностям ж.-д. пути.

Ключевые слова: эффект Зоммерфельда — Кононенко, резонанс, неровности пути, пространственные колебания, грузовой вагон, основное сопротивление движению

Контактные данные: juliachernysheva@bk.ru

Vitalii V. Komarov, Cand. Sc. Eng., senior lecturer, first deputy director general for research, Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT)

Iurii V. Andrianov, Cand. Sc. Eng., head of the science and research department, JSC NIIAT

Legal support for operational processes of highly automated vehicles // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 3–6.

The paper considers regulatory support for operational processes of highly automated vehicles. Legal conditions required for insuring implementation of all stages of a full life cycle of highly automated vehicles in the territory of the Russian Federation are outlined. Structure and fundamental principles of a projected federal law regulating relations appearing in the process of circulation of highly automated vehicles in the territory of the Russian Federation are proposed.

Keywords: highly automated vehicles, automated driving system, intelligent road and transport infrastructure, safety, information, system, full life cycle

Contacts: komarov@niiat.ru, andr4067@mail.ru

Iuliia V. Malevich, Dr. Sc. Econ., professor, dean of the Business, Customs Procedures and Economic Security faculty, chair of the Customs Procedures department, St. Petersburg State University of Economics (SPbGEU)

Ekaterina M. Ksenofontova, Cand. Sc. Econ., senior lecturer, senior lecturer of the Customs Procedures department, SPbGEU

Irina A. Plastuniak, Cand. Sc. Econ., senior lecturer, senior lecturer of the Customs Procedures department, SPbGEU

Development of the EAEU transport system: systemic approach // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 7–10.

The paper presents an analytical overview of the present state and development dynamics of the objects of transport and customs and logistics system of the Eurasian

Economic Union (EAEU). Main directions for digitalisation are identified, and the need for introduction of intelligent technologies for the objectives of balanced development and increasing transit potential is justified.

Keywords: Eurasian Economic Union (EAEU), infrastructure, intelligent checkpoint, transport system

Contacts: malevich.yu@unecon.ru, koka007@list.ru, plastounjak.i@unecon.ru

Natal'ia A. Zhuravleva, Dr. Sc. Econ., professor, chair of the Transport Economy department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)

Igor' L. Sakovich, Cand. Sc. Econ., senior lecturer, first deputy head of the Oktyabrskaya Railway branch of the Russian Railways JSC for economy, finance and corporate co-ordination

Green investments and their influence on transport projects of sustainable growth // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 11–15.

The objective of the present study is to determine interrelations between adoption of sustainable development policies and efficiency of implementation of projects for development of transport infrastructure in Russia. The paper reflects results of a study which indicated that activities of transport organisations within the framework of ESG (Environmental, Social, Governance) conception adhering to Principles for Responsible Investment (PRI) contribute to the growth of infrastructural project market and to improving operating activities of transport organisations.

Keywords: sustainable growth, green investments, green financing instruments, infrastructural projects market, operating expenses

Contact: zhuravleva_na@mail.ru

Il'ia M. Gulyi, Cand. Sc. Econ., senior lecturer of the Transport Economy department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Influence of digital transformation on the cost structure of transport services // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 16–18.

Economic evaluation of digital model of business, its digital transformation, is an important instrument contributing to development and acceleration of digitalisation processes, adoption of well-founded decisions on investing company funds into digital technologies. The paper assesses influence of digital transformation of business on changing cost structure of a transport service. The main feature of transformation is accelerated investment into cutting-edge digital technologies. Dynamics of investment into digital technologies is evaluated for Russia's transport, including railways, and elements of transport service cost on which savings can be made as a result of digitalisation of transport business are identified.

Keywords: digital transformation, cost structure, digital investment, non-material assets, digital technologies

Contact: ilya.guliy@mail.ru

Roman A. Postnikov, PhD student, St Petersburg State Marine Technical University (SPbGMTU), deputy head of the Planning an economic department, JSC Almaz Central Marine Design Bureau

Elena S. Palkina, Dr. Sc. Econ., senior lecturer, professor of the Innovative Economics department, SPbGMTU

Process approach to organisation of activities of a shipbuilding enterprise // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 19–23.

The paper is dedicated to consideration of specific features of using process approach in the control path of a shipbuilding enterprise implementing innovative development vector. The study formalised an outline of a business model of operation of an enterprise which includes nine interrelated blocks. A scheme of a conceptual model of main business processes of a shipbuilding enterprise using IDEFO standard is developed, and key processes are described. Development and introduction of a single

reference database for the industry is proposed, which would create added momentum for increasing the quality of shipbuilding products and cutting production time and costs. Results of expert evaluation are presented, and visualisation of the expected economic effect from implementation of this project is executed.

Keywords: business process, innovations, production system, process approach, shipbuilding enterprise, digital technologies

Contacts: elena_palkina@hotmail.com, postikovroman@rambler.ru

Gennadii L. Gladkov, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Waterways and Water Survey department of the Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping (GUMRF)

Konstantin P. Morgunov, Cand. Sc. Eng., senior lecturer, chair of the Hydraulic Engineering Structures, Design and Hydraulics department, GUMRF

Pavel A. Garibin, Dr. Sc. Eng., professor, professor of the Hydraulic Engineering Structures, Design and Hydraulics department, GUMRF

Mikhail A. Kolosov, Dr. Sc. Eng., professor, professor of the Hydraulic Engineering Structures, Design and Hydraulics department, GUMRF

Hydro-morphological regime and navigability in the after bay of the Nizhnii Novgorod waterpower development: problem and solutions // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 24–30.

The object of this scientific study is the section of the Volga river from the Gorodets floodgates to the city of Nizhnii Novgorod (852.5 km to 899 km of the navigable pass). Nizhnii Novgorod low head waterpower development project was negatively assessed by experts. The present paper considers an alternative solution to the navigation problem in this area, which consists of construction of an additional navigable pass with lowered sill and floor of the chamber in the after bay of the waterpower development. In addition, to make navigation between Gorodets and Nizhnii Novgorod possible, for implementation of this option a navigable canal has to be created in the tideway of the Volga - a permanent dredged trench in the section between the lower access canal of the Gorodets floodgates and the zonal boundary of the thinning out of the shore of the Cheboksary Reservoir.

Keywords: navigable hydraulic engineering structure, navigable channel dimensions, hydrological regime, riverbed evolution, stream flow regulation

Contacts: GladkovGL@gumrf.ru, MorgunovKP@gumrf.ru, garibin@mail.ru., kolosov-34@mail.ru

Tamila S. Titova, Dr. Sc. Eng., professor, first pro-rector — pro-rector for research, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Iurii P. Boronenko, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Wagons and Rolling Stock department, PGUPS, director general of the Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony)

Liudmila V. Tsyganskaia, Cand. Sc. Eng., senior lecturer of the Wagons and Rolling Stock department, PGUPS, head of the research office, AO NVTs Vagony

“From idea to implementation”: 25 years of work on rolling-stock innovations // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 31–35.

Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony) was set up in 1996 as a state unitary enterprise within the Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS). The research and innovation centre carries out design and experimental, scientific research and implementation works in the sphere of modernisation and model development of rolling stock. The paper presents an analysis of major work carried out in 1996–2021, when new scientifically grounded engineering solutions that came into use on the railway transport were proposed.

Keywords: Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony), 13-926-01 model flat wagon, 13-9938 model turning platform wagon, 23-469-08 model two-tier covered wagon for motor car transportation,

23-469-07 model platform wagon for transportation of two 40" containers or four 20" containers, 12-9765 model hopper wagon, 13-470-01 model articulated six-axle platform wagon, 18-9750 model bogie, 18-9891 model bogie

Contacts: titova@pgups.ru, boron49@ya.ru, vvh@pgups.ru

Iurii S. Romen, Dr. Sc. Eng., professor, chief science officer, Scientific Research Institute for Railway Transport (AO VNIIZhT)

Tat'iana M. Belgorodtseva, head of the Wagon Dynamics research laboratory of the Wagons and Rolling Stock department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Mikhail V. Dediaev, deputy department head, Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony)

Condition of wagon wheels and axles and interaction forces in the “crew-track” system // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 36–40.

The paper considers the connection between the technical condition of wagon wheels and axles and the forces of the wagon's interaction with the railway track. It is demonstrated that forces of interaction with railway track can increase four- or five-fold if a wagon is defective. It is proposed to increase control over the technical state of wagons at admission for infrastructure after repairs to prevent the risks of incidents and to reduce spending on track maintenance.

Keywords: axial loads, uncoupling repair, interaction forces, wheels and axles condition

Contacts: uromen@mail.ru, tm-belg@yandex.ru, m.dedyev@yandex.ru

Iurii P. Boronenko, Dr. Sc. Eng., professor, chair of the Wagons and Rolling Stock department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS), director general of the Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony)

Sergei V. Merkushev, head of the Design-Engineering department, Wagons research and innovation company (OOO NITs Vagony)

Causes of fracture of 18-100 type bogie springs in operation // Transport of the Russian Federation. — 2021. — №4 (95). — P. 41–43.

The paper presents an extended analysis of causes of fracture in cargo wagons' bogie springs in operation. Strains in springs at various options of lowered wedges of friction shock absorbers are determined. The need for perfecting regulatory documentation as it relates to refining test loads and setting design service life for springs as finite-life resource is shown.

Keywords: 18-100 type bogie springs, spring fractures, fracture causes, regulatory documentation

Contacts: boron49@ya.ru, sergei.v.merkushev@ya.ru

Sergei V. Dmitriev, director general, Tikhvin Railway Engineering Test Centre (OOO TITs ZhT)

Andrei I. Konovalov, first category test engineer, OOO TITs ZhT

Testing method for cargo wagon bogies' side frames with loading comparable to operational one // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 44–46.

The paper presents results of development of a new method for operational life testing of moulded pieces of cargo wagons' bogies on the example of side frames. The new method ensures reliability of estimate of operational life in various zones considering real operational loading. The need for perfecting operational life testing method is established. Efficiency of the proposed method is confirmed by data of realistic tests. It was introduced in the state standard and is used in testing.

Keywords: test methodology, spatial loading, side frames, cargo wagon bogies, operational life

Contacts: sdmitriev@railtest.ru, akonovalov@railtest.ru

Olmos I. Zainitdinov, PhD student of the Wagons and Rolling Stock department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)

Anfisa S. Dauksha, Cand. Sc. Eng., senior lecturer of the Wagons and Rolling Stock department, PGUPS

Interchangeable bogie for transportation of packaged goods // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 47–49.

Application of interchangeable wagon bodies is considered as a promising area for increasing the efficiency of operation of cargo wagons and cutting idle time. However, there are no engineering solutions for packaged goods wagons. The paper proposes new engineering solutions for an interchangeable body that permits cutting idle time of wagons by speeding up mounting the body onto a platform wagon.

Keywords: interchangeable body, packaged goods, platform wagon mounting mechanism

Contacts: zaynitdinovo@mail.ru, dauksha-as@yandex.ru

Igor' R. Kron, test engineer, Wagons research and innovation company (AO NVTs Vagony), PhD student, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Boris O. Poliakov, second category test engineer, AO NVTs Vagony, PhD student, PGUPS

Calculation and experimental method for determination of net rolling stock resistance using digital models // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 50–53.

The paper presents an analysis of existing empirical and theoretical methods for determination of net specific rolling stock resistance. It was established that theoretical determination of net specific resistance is insufficiently precise, and experimental determination is characterised by high costs. Most methods of digital determination of resistance to motion can be reduced to calculation of the aerodynamic component. Due to that, conclusion was made on the need for developing a conceptually new method for determination of net specific resistance to rolling stock motion, and several problems that need to be solved in the course of research work were specified. The results of analysis thus obtained constitute a starting point and a theoretical underpinning for objective need to develop a new method for determination of net specific resistance to rolling stock motion.

Keywords: net resistance to motion, experimental determination, theoretical methods, aerodynamic component, computer modelling

Contacts: mechenu@yandex.ru, boris.nvc@yandex.ru

Iuliia V. Chernysheva, senior lecturer of the Wagons and Rolling Stock department, Emperor Alexander I St Petersburg State Transport University (PGUPS)

Characteristics of cargo train motion through railway track irregularities in stationary conditions // Transport of the Russian Federation. — 2021. — № 4 (95). — P. 54–57.

The paper considers train motion through railway track irregularities in stationary conditions under the influence of tangential forces of restricted-power locomotive traction engines. Capacity value spent on overcoming net resistance forces to motion of a train consisting of 12-132 open wagons on 18-100 bogies in new and worn-out condition is determined. It is noted that dependency of capacity of the resistance force to oscillatory movement of wagons impacting on the train from motion speed has intense upsurge and wane. Regimes of driving cargo train by modern mainline locomotives at which motion disruption is possible are identified. Dependencies obtained permit to study not only stationary but also non-stationary regimes of cargo train motion with a locomotive in the front section through railway track irregularities.

Keywords: Sommerfeld-Kononenko effect, resonance, track irregularities, spatial variations, goods wagon, net motion resistance

Contact: juliachernysheva@bk.ru

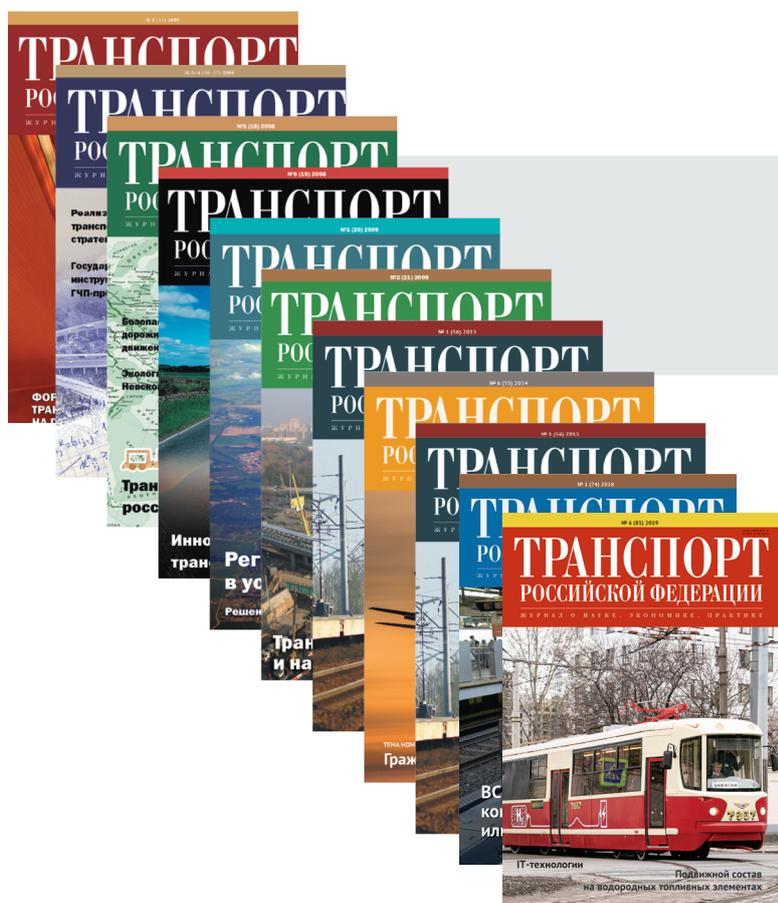
Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи

- по объединенному каталогу «Пресса России»,
подписной индекс 15094,
- по электронному каталогу «Почта России»,
подписной индекс П1719

Подписаться на журнал через редакцию можно в течение года с любого месяца,

- выслав заявку по факсу: (812) 310-40-97;
- выслав заявку по электронной почте: rt@rostransport.com;
- или заполнив заявку на сайте www.rostransport.com, раздел «Подписка».



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

<http://akc.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

<http://russianpost.ru>



Научно–исследовательские институты и центры Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

Центр компьютерных
и железнодорожных технологий
(812) 457–89–01

Институт прикладной экономики
и бухгалтерского учета
железнодорожного транспорта
(812) 572–62–55

Испытательный центр
“Экологическая безопасность
и охрана труда”
(812) 457–88–19, (812) 457–87–15

Центр транспортной безопасности (ЦТБ)
(812) 233–84–70, (812) 498–40–72

Научно–образовательный центр
инновационного развития пассажирских
железнодорожных перевозок
(812) 570–75–55