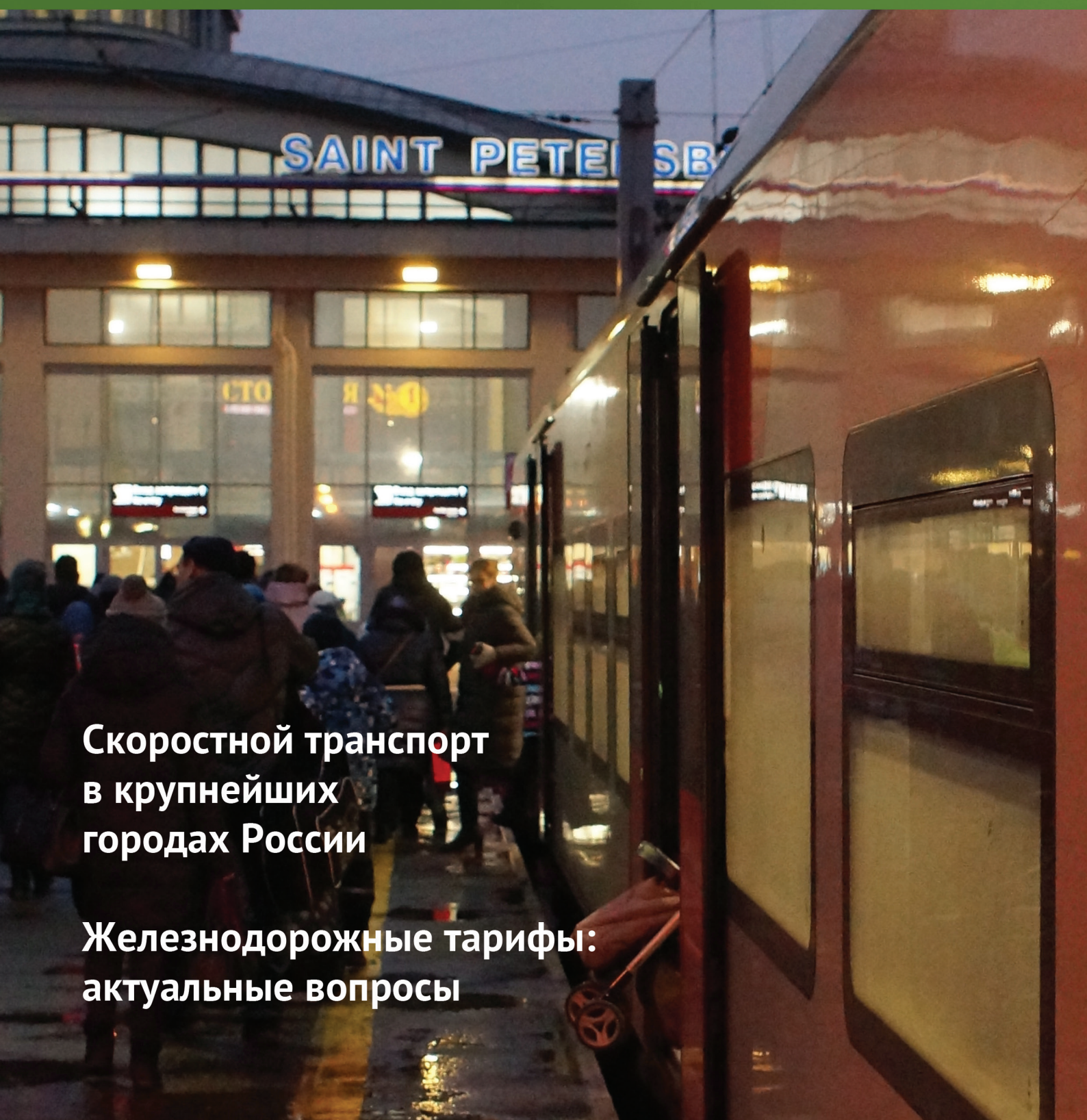


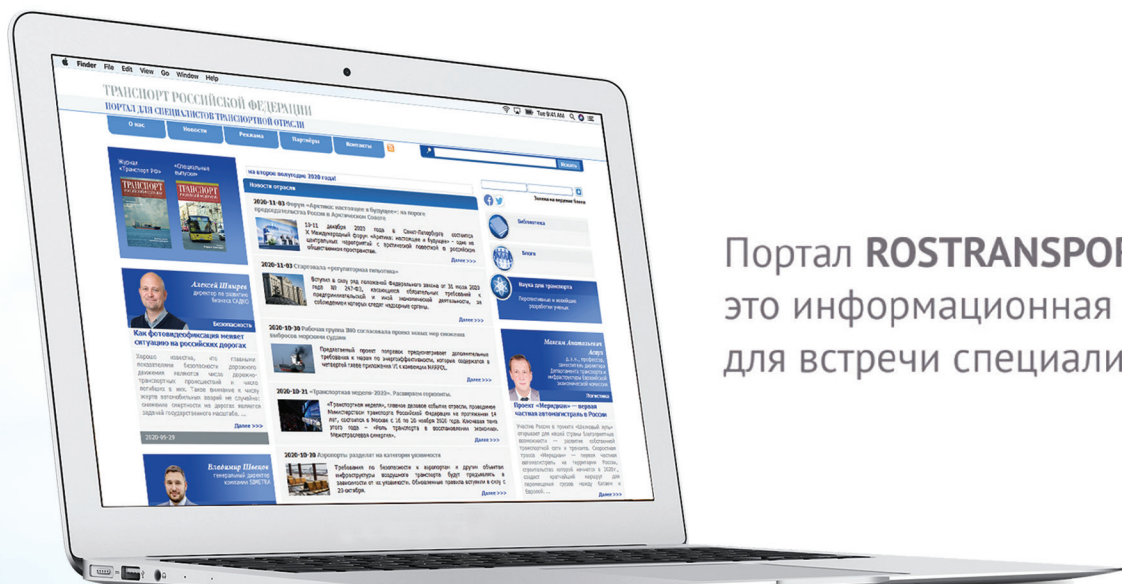
ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ



**Скоростной транспорт
в крупнейших
городах России**

**Железнодорожные тарифы:
актуальные вопросы**



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

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОРТАЛ ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ



www.rostransport.com

**ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ****Н. А. Валеев**

Методологические проблемы повышения
эффективности транспортного комплекса 3

Е. Ю. Тимофеева

Актуальные вопросы таможенного
и налогового регулирования в грузовых перевозках
в связи с антисанкционной политикой 7

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ**Д. А. Мачерет, А. Д. Разуваев, А. Ю. Ледней**

Анализ долгосрочной динамики и неравномерности
погрузки грузов на железнодорожном транспорте 12

Ф. И. Хусаинов

Актуальные вопросы теории железнодорожных
тарифов 19

БЕЗОПАСНОСТЬ**А. М. Плотников, Д. О. Гурин**

Результаты системного подхода к анализу оценки
уровня безопасности дорожного движения в округах
и регионах России 23

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ**О. С. Валинский, А. А. Воробьев, И. В. Федоров,
О. А. Конограй, Э. Ю. Чистяков**

Повышение эффективности эксплуатации
колесных пар подвижного состава 30

**А. Л. Протопопов, Э. С. Оганьян,
М. И. Воронкова**

Моделирование напряженно-деформированного
состояния сварных соединений несущих конструкций
подвижного состава 35

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА**Д. В. Осипов, П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский,
А. С. Ковшин, А. А. Корсун**

Двухтрубная тормозная система
на железнодорожном подвижном составе 38

**Д. Н. Курилкин, А. А. Романова, М. В. Тимаков,
С. Н. Чуян, Д. А. Князев**

Требования ТР ТС 001/2011 и их обеспечение
для соединения бандажа с колесным центром
составного локомотивного колеса 42

В. И. Федорова, О. А. Суслов

Разработка деградационных модулей пути
и подвижного состава 47

ТРАНСПОРТ И ГОРОД**Д. Г. Неволин, А. А. Цариков, В. Г. Бондаренко**

Градостроительные обособленности проектирования
сетей скоростного пассажирского транспорта
в крупнейших городах России 55

Аннотации 60

Abstracts 61

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

Выпускающий редактор

Андрей Гурьев

Верстка

Анна Стуканова

Литературный редактор и корректор

Элла Горелик

Переводчик

Анна Крышня

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 15.12.2022.

Отпечатано:

Издательско-полиграфическая компания
«НП-Принт»
Санкт-Петербург, наб. Обводного канала,
д. 199-201, лит. П.
www.npprint.com
тел. 611-11-07.

Заказ № 51192.

Редакционный совет

Олерский В. А. — председатель редакционного совета
журнала

Нерадько А. В. — руководитель Федерального агентства воздуш-
ного 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-иссле-
довательской работе ООО НТЦ «Комплексные системы мони-
торинга», профессор Высшей школы транспорта Института
машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургско-
го политехнического университета Петра Великого, профессор
кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорож-
ном транспорте» Российского университета транспорта

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

Белый 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 транс-
портного комплекса» и кафедры «История, философия, политоло-
гия 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. — профессор 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

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

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

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

Методологические проблемы повышения эффективности транспортного комплекса



Н. А. Валеев,
канд. экон. наук, старший
научный сотрудник
Объединенного ученого
совета ОАО «РЖД»,
доцент, АО «Научно-
исследовательский
институт
железнодорожного
транспорта»
(«ВНИИЖТ»)

Транспортный комплекс России вносит весомый вклад в ее ВВП (7 %) и обеспечение занятости населения (около 6 %). Однако его макроэкономическая роль, особенно в нашей стране со значительными расстояниями между населенными пунктами, местами производства и потребления товаров, экспортоориентированными производствами и рынками сбыта этими показателями характеризуется далеко не полностью. Транспорт существенно влияет на эффективность экономики страны, рост производства, благосостояние населения, создавая условия для эффективной производственной специализации и расширения возможностей потребительского выбора.

Макроэкономические эффекты, создаваемые транспортом, зависят от объемов, дальности и скорости перевозок как товаров, так и пассажиров и связаны с такими показателями как объем перевозок грузов, грузооборот, пассажирооборот [1].

Основные показатели деятельности транспортного комплекса

Величины данных показателей и их динамика за последнее десятилетие показаны в табл. 1 [2, 3]. Как видно из нее, рост грузооборота гораздо более динамичен, чем объема перевозок грузов, что отражает долгосрочную тенденцию увеличения дальности перевозок, имеющую фундаментальное экономическое значение и связанную с развитием межрегионального разделения труда и кооперирования производства [4, 5].

Существенное отставание динамики пассажирооборота связано с последствиями пандемии коронавируса. С учетом важности повышения пространственной мобильности населения

для социально-экономического развития [6] преодоление этого отставания будет иметь существенное макроэкономическое значение. Следует отметить, что рост пространственной мобильности населения является одной из ключевых задач, предусмотренных актуализированной Транспортной стратегией Российской Федерации [7].

Формируемые в результате деятельности транспортного комплекса [8, 9] макроэкономические и социальные эффекты, безусловно, зависят не только от объемных измерителей перевозок, но и от величины транспортных издержек грузовладельцев и пассажиров, на которые влияют эксплуатационные и инвестиционные затраты, связанные с оказанием транспортных услуг. Поэтому стратегическими документами, определяющими направления долгосрочного развития транспортного комплекса страны и его подсистем, заданы и ключевые параметры повышения эффективности и качества транспортной деятельности [7, 10].

Таблица 1. Основные объемные показатели деятельности транспортного комплекса России (магистральный транспорт общего пользования)

Показатели	2021 г.	Темп роста к 2010 г., %
Объем перевозок грузов, млн т	8044,6	103,8
Грузооборот, млрд ткм	5695,3	119,9
Пассажирооборот, млрд пасс-км	436,4	102,3

Как показывает анализ эффективности деятельности российских железных дорог, играющих ключевую роль в транспортном комплексе страны [11, 12], других его подсистем [13, 14], эффективность транспортной деятельности нуждается в поступательном повышении.

Важно, что в системообразующей компании транспортного комплекса России — ОАО «РЖД» — не только определены перспективные параметры и направления повышения эффективности деятельности (включая оценку рисков) [10, 15], но и формируется видение долгосрочных трендов стратегического развития, опирающееся на анализ глобальных социально-экономических и технико-технологических процессов [16, 17].

Методологический аспект управления эффективностью транспортного комплекса

Достижение значимого долгосрочного роста эффективности деятельности транспортного комплекса России и его подсистем требует адекватного управления эффективностью транспорта, основанного на рациональной методологии. Поэтому методологический аспект управления эффективностью транспортного комплекса в современных условиях представляет не только теоретический интерес, но и имеет важное практическое значение.

Экономическое управление транспортным комплексом должно осуществляться с учетом его многоуровневости. В современной экономической теории выделяют уже не два традиционных уровня (макро- и микроэкономику), а пять [18, с. 130]:

- «мегаэкономику (глобальную, или мировую, экономику);
- макроэкономику (экономику страны);
- мезоэкономику (экономику регионов и отраслей);
- микроэкономику (экономику предприятий, организаций и домохозяйств);
- наноэкономику (экономику отдельных индивидов)».

Признавая ценность данной классификации для целей экономического управления, следует заметить, что очень трудно (практически невозможно) разделять экономику домохозяйств и отдельных индивидов. Поэтому представляется предпочтительным рассматривать наноэкономику как экономику домохозяйств и индивидов.

С точки зрения принципа методологического индивидуализма [19], характерная черта которого «состоит в установке на субъект» [20, с. 44], важно соотношение субъектов экономической деятельности с уровнями транспортной экономики. При этом не оправдано отождествление данных субъектов с объектами управления, исходя из тезиса, «что в современной системе социально-эко-

номических институтов каждый из этих объектов выступает также субъектом, способным принимать самостоятельные решения ...» [18, с. 131]. Это хорошо видно на примере транспортного комплекса (табл. 2). Такие объекты управления как мировая транспортная система, транспортная система страны или региона, вид транспорта субъектностью не обладают, являясь системой взаимодействующих между собой транспортных организаций.

«Классическими» экономическими субъектами (по Л. Мизесу [19] и Ф. Хайеку [20]) являются индивиды. С этой точки зрения принципиально важным представляется выделение наноуровня как основы экономики. В то же время в рамках экономической деятельности — производства и обмена — реальной субъектностью обладают организации-юридические лица, являющиеся объединением индивидов-физических лиц и относящиеся к микроуровню транспортной экономики.

К микроуровню наряду с собственно транспортными компаниями, целесообразно относить и организации-контрагенты, в первую очередь грузоотправителей и грузополучателей, осуществляющих не только экономическое, но зачастую и непосредственное технологическое взаимодействие с транспортными компаниями (например, имеющих подъездные железнодорожные пути, взаимодействующие с путями

Таблица 2. Характеристики уровней транспортной экономики

Уровень	Объекты управления	Институциональные механизмы управления
Мегауровень	Мировая транспортная система	Международные правовые нормы в области транспорта
Макроуровень	Транспортная система страны	Национальные правовые нормы и принимаемые в их рамках общегосударственные регуляторные решения в области транспорта
Мезоуровень	Отрасль (вид) транспорта Транспортная система региона Системообразующие транспортные компании	Национальные, отраслевые и региональные правовые нормы и принимаемые в их рамках отраслевые и региональные регуляторные решения в области транспорта. Механизмы корпоративного управления и контрактного взаимодействия
Микроуровень	Транспортные компании Фирмы-грузоотправители, грузополучатели и другие контрагенты транспортных организаций	Механизмы корпоративного управления и контрактного взаимодействия между компаниями-субъектами транспортного рынка в рамках вышеуказанных и иных правовых норм
Наноуровень	Работники транспорта Индивидуальные транспортные предприниматели. Индивидуальные клиенты, поставщики и подрядчики транспортных предприятий	Контрактные взаимоотношения индивидов и домохозяйств с транспортными организациями в рамках вышеуказанных и иных правовых норм



общего пользования; собственные маневровые локомотивы, выезжающие на пути общего пользования, и т. п.).

При этом системообразующие транспортные компании, такие как холдинг «РЖД», охватывающий большую часть российской железнодорожной отрасли, скорее можно отнести не к микро-, а к мезоуровню.

Транспортные компании, с одной стороны, объединяющие индивидов для ведения экономической деятельности в сфере транспорта, а с другой — относящиеся к рыночным субъектам, которые во взаимодействии с другими субъектами формируют не только микро-, но и мезо-, макро- и мегауровень транспортной экономики, являются, тем самым, ключевыми элементами транспортного комплекса, управление которыми имеет решающее значение для решения стратегических задач повышения его эффективности.

При этом важно совершенствовать систему управленческого учета и отчетность транспортных компаний с учетом анализа мирового опыта [21]. Важнейшими показателями, на мониторинг, анализ и улучшение которых должно быть направлено внимание при управлении финансово-экономической эффективностью транспортных компаний, являются прибыль, рентабельность и чистый оборотный капитал.

Кроме того в качестве ключевого показателя эффективности деятельности транспортных компаний следует рассматривать коэффициент издержек [11, 12], определяемый как отношение текущих расходов и доходов. Этот показатель необходимо определять не только для компании в целом, но и по отдельным видам деятельности (бизнеса) и строить управление производственно-экономической деятельностью таким образом, чтобы поддер-

живать его значение на оптимальном уровне.

Заключение

Таким образом, выработка научно обоснованной методологии экономического управления деятельностью транспортных компаний и транспортного комплекса в целом, направленной на обеспечение высокой эффективности этой деятельности, является актуальной научной задачей, имеющей существенную практическую значимость.

Основой обеспечения непрерывного повышения эффективности деятельности транспортных компаний может быть организация управления с использованием цикла Деминга — Шухарта [22]. В работах [23–26] раскрыты его преимущества для управления различными аспектами транспортной деятельности.

С точки зрения теории динамической эффективности [27], управление

эффективностью транспортного комплекса должно ориентироваться на динамический аспект эффективности, стимулируя «предпринимательское творчество и координацию» [27, с. 31] деятельности экономических субъектов в сфере транспорта.

Для решения этой задачи при управлении эффективностью транспортной деятельности необходимо использовать методологию форсайта [28, 29] и предиктивное управление [30], позволяющие улавливать «слабые сигналы» относительно новых явлений и формирующихся трендов и своевременно реагировать на них, создавая основу для обеспечения будущей эффективности в рамках решения стратегических задач ее долгосрочного повышения. 

Литература

- Мачерет, Д. А. Методологические основы оценки экономической эффективности транспортных систем / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Экономика железных дорог. — 2022. — № 5. — С. 46–57.
- Транспорт и связь в России. 2016: Стат. сб. — М.: Росстат. — 2021. — 112 с.
- Социально-экономическое положение России. 2021 год. — М.: Росстат, 2021. — 380 с.
- Мачерет, Д. А. Рост дальности грузовых перевозок — фундаментальная тенденция экономического развития / Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. — 2015. — № 8. — С. 14–23.
- Мачерет Д. А. Теоретическое осмысление роли транспорта в обеспечении долгосрочного экономического развития / Д. А. Мачерет // Мир транспорта. — 2020. — Т. 18. — № 4 (89). — С. 6–33.
- Мачерет, Д. А. Роль плотности, мобильности населения и перемещения материальных благ в разных концепциях экономического роста / Мачерет Д. А. // Вопросы теоретической экономики. — 2021. — № 4 (13). — С. 50–78.
- Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. — М.: Министерство транспорта Российской Федерации, 2021. — 285 с.
- Мачерет, Д. А. Влияние транспорта на социально-экономическое развитие / Д. А. Мачерет // Экономика железных дорог. — 2003. — № 10. — С. 16–29.
- Мачерет, Д. А. Транспорт, экономический рост и общественное благосостояние / Д. А. Мачерет // Мир транспорта. — 2017. — Т. 15. — № 5. — С. 98–105.
- Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-Р. — М.: ОАО «РЖД», 2019. — 135 с.
- Валеев, Н. А. Управление эксплуатационными затратами железнодорожных компаний / Н. А. Валеев // Экономика железных дорог. — 2017. — № 12. — С. 26–36.
- Мачерет, Д. А. Финансово-экономические результаты работы российских железных дорог в условиях реформирования / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Финансы: теория и практика. — 2019. — Т. 23. — № 3 (111). — С. 49–63.
- Ковалева, Э. Р. Проблемы перехода гражданской авиации на инновационно ориентированную модель развития / Э. Р. Ковалева // Вестник экономики, права и социологии. — 2015. — № 3. — С. 53–59.
- Кожевникова, Н. Ю. Проблемы в сфере автотранспортных услуг на современном этапе / Н. Ю. Кожевникова // Аграрное образование и наука. — 2016. — № 6. — С. 2–6.
- Мачерет, Д. А. Перспективы роста экономической эффективности ОАО «РЖД» / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 4 (83). — С. 13–17.
- Липидус, Б. М. Опережающее развитие железнодорожного транспорта — выбор времени / Б. М. Липидус // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2018. — № 5–6. — С. 1–16.
- Рышков, А. В. ОАО «РЖД» — потребности в изменениях в эпоху перемен / А. В. Рышков, С. Б. Постников // Экономика железных дорог. — 2020. — № 1. — С. 11–29.
- Клейнер, Г. Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Часть 2 / Г. Б. Клейнер // Вопросы экономики. — 2016. — № 1. — С. 117–138.
- Мизес, Л. фон. Человеческая деятельность: трактат по экономической теории / Л. фон Мизес; пер. с англ. — Челябинск: Социум, 2008. — 878 с.
- Хайек, Ф. А. Конкуренция, труд и правовой порядок свободных людей / Ф. А. Хайек; пер. с англ. — СПб.: Изд-во «ПНЕВМА», 2009. — 200 с.
- Валеев, Н. А. Анализ международного опыта учета важнейших показателей деятельности железнодорожных компаний (на примере железных дорог США I класса) / Н. А. Валеев // Современный финансовый учет и отчетность: проблемы и перспективы развития. Труды Международной научно-практической конференции. — М.: РУТ (МИИТ), 2019. — С. 37–41.
- Нив, Г. Организация как система: Принципы построения устойчивого бизнеса Эдварда Деминга / Г. Нив; пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. — 370 с.
- Липидус, Б. М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений (системный анализ) / Б. М. Липидус. — М.: Изд-во МГУ, 2000. — 288 с.
- Мачерет, Д. А. Тяжелый груз конкуренции / Д. А. Мачерет, А. В. Рышков, И. А. Чернигина // Мир транспорта. — 2008. — Т. 6. — № 1 (21). — С. 58–65.
- Дубровина, В. И. Экономическое обоснование направлений повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок контейнеропригодных грузов: дис. ... канд. экон. наук. Специальность: 08.00.05 / В. И. Дубровина. — М., 2014. — 171 с.
- Мачерет, Д. А. Управление экономической эффективностью эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта с использованием инновационных подходов / Д. А. Мачерет, А. В. Рышков, Н. А. Валеев и др. — М.: РИОР, 2018. — 212 с.
- Уэрта де Сото, Х. Социально-экономическая теория динамической эффективности / Х. Уэрта де Сото; пер. с англ. — Челябинск: Социум. 2011. — xvi+409 с.
- Третьяк, В. П. Форсайт как технология предвидения / В. П. Третьяк // Экономические стратегии. — 2009. — Т. 11. — № 8 (74). — С. 52–63.
- Третьяк, В. П. Инновации и форсайт. Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее / В. П. Третьяк // Труды национальной научно-практической конференции. — М.: РУТ (МИИТ), 2018. — С. 26–32.
- Мачерет, Д. А. Научный инструментарий предиктивного управления эффективностью железнодорожного транспорта / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. — 2018. — Т. 77. — № 2. — С. 84–91.

Актуальные вопросы таможенного и налогового регулирования в грузовых перевозках в связи с антисанкционной политикой



Е.Ю. Тимофеева,
канд. экон. наук, доцент
кафедры таможенного
дела ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский
государственный
экономический
университет»

В последнее время правительством были приняты меры, призванные в условиях санкций недружественных стран поддержать отечественную транспортную отрасль. Они оказали благотворное влияние на работу транспорта, однако некоторые вопросы таможенного и налогового регулирования при этом требуют более подробной дополнительной регламентации.

Международные и внутренние грузоперевозки по России в условиях санкций

Возрастание санкционного давления оказало безусловное воздействие на рынок грузоперевозок и варианты организации доставки грузов, что отмечается многими аналитиками. Вместе с тем данные Росстата, характеризующие динамику основных показателей состояния и развития транспортной отрасли за 8 месяцев 2022 г., представленные в табл. 1, далеко неоднозначны [5].

Наряду с существенным сокращением грузооборота на воздушном транспорте, который традиционно занимал и занимает незначительную долю на рынке грузоперевозок, в целом по транспортной отрасли и отдельным видам транспорта наблюдается рост объемов деятельности по сравнению с соответствующим периодом прошлого года.

Объем грузооборота увеличился в целом по всем видам транспорта на 6%, по морскому транспорту — на 20%, по автомобильному — на 2,1%, в том числе коммерческий грузооборот — на 5,1%. Грузооборот железнодорожного транспорта, хотя и не достиг уровня прошлого года, но в июле и августе демонстрировал уверенный рост на 2–3%. При этом следует отметить, что в основном объемы деятельности увеличились за счет повышения объемов перевозимых грузов, поскольку рост грузооборота в тонно-километрах по железной дороге и автотранспортом несколько

отстает от динамики объемов перевозимых грузов (табл. 2).

Сокращение средней дальности перевозок в определенной степени связано с ситуацией, возникшей в связи с введением санкций со стороны Евросоюза на возможность работы российских автоперевозчиков на европейском рынке международных перевозок грузов. При этом, напротив, на дальность морских перевозок запрет на допуск российских судов в европейские порты повлиял в сторону увеличения.

Несмотря на позитивные сдвиги в показателях работы транспортной отрасли в целом, необходимо обратить внимание на аспекты экономической деятельности, связанные с международными перевозками, которые существенно отразились на работе транспортных организаций отдельных регионов России. Изменение направлений и схем организации товарных потоков привели к смещению центров генерации импортных грузопотоков в восточные регионы России. В связи с этим эксперты отмечают рост интереса к ранее недостаточно востребованным транспортным коридорам, в частности МТК «Север-Юг», связывающему Россию, Индию, Иран.

Одновременно наблюдается существенная дифференциация показателей деятельности транспорта по отдельным регионам России. Так, при росте перевозок объемов груза и грузооборота автотранспортом в целом по России в Се-

Таблица 1. Динамика грузооборота по видам транспорта*

Грузооборот, %	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
Всего по всем видам транспорта								
К предыдущему году	97,9	99,4	104,1	106,3	111,4	113,3	109,5	106,2
К предыдущему месяцу	94,6	96,0	110,4	99,1	101,8	96,6	101,2	100,9
Из него коммерческий без трубопроводного транспорта								
К предыдущему году	106,1	103,3	103,1	98,7	99,0	97,5	97,9	100,1
К предыдущему месяцу	99,3	90,7	116,5	95,2	103,1	94,0	103,1	103,0
В том числе:								
Железнодорожный								
К предыдущему году	106,1	102,6	103,2	98,8	99,7	97,3	98,3	99,8
К предыдущему месяцу	–	89,3	116,8	95,0	101,9	92,1	102,4	103,2
Автомобильный/ из него коммерческий автомобильный транспорт								
К предыдущему году	107,0/110,1	103,7/107,7	101,5/104,9	101,3/103,8	100,4/104,1	101,1/105,1	101,5/104,3	102,2/105,1
К предыдущему месяцу	–	104,8/107,3	115,0/115,8	96,9/94,7	99,8/100,4	106,7/103,5	102,9/104,5	101,8/100,8
Морской								
К предыдущему году	81,3	145,5	114,0	77,3	95,3	110,8	107,5	120,3
К предыдущему месяцу		137,8	103,3	89,0	112,8	93,0	117,6	124,0
Внутренний водный								
К предыдущему году	112,1	93,7	101,2	124,3	79,9	94,9	83,4	98,7
К предыдущему месяцу		95,6	144,0	130,2	178,1	146,5	113,8	93,7
Воздушный (транспортная авиация)								
К предыдущему году	118,6	101,7	17,6	15,3	15,2	16,4	18,3	18,7
К предыдущему месяцу	–	82,5	21,9	84,0	101,9	105,1	112,7	101,9

* Составлено по данным Росстата [1]

Таблица 2. Динамика основных показателей объемов грузоперевозок и грузооборота по видам транспорта*

Виды транспорта	Перевозка грузов		Грузооборот	
	тыс. т	в августе в % к январю 2022 г.	млн ткм	в августе в % к январю 2022 г.
Всего по всем видам транспорта	751 335,0	135,2	457 820	93,7
В том числе коммерческий	344 998,2	110,1	446 561,9	93,1
Железнодорожный	103 793,9	99,6	220 828,0	98,2
Авто мобильный/ коммерческий	546 002,1/ 140 655,3	159,3/ 143,1	26 055,3/ 14 797,2	130,2/ 129,0
Морской	2962,5	176,8	4935,2	194,1
Внутренний водный	16 668,8	831,2	9503,2	498,1
Воздушный (транспортная авиация)	48,3	41,9	138,5	18,6

* Составлено по данным Министерства транспорта РФ [2]

веро-Западном федеральном округе эти показатели сократились за первое полугодие 2022 г. на 28,5%, а грузооборот в тонно-километрах — на 52,5%, в Северо-Кавказском округе — на 20,9 и 53,8% соответственно [3].

Значительные региональные различия имеются и в динамике морских перевозок. Так, по данным Ассоциации морских торговых портов России, не-

смотря на то, что в целом можно констатировать определенную стабильность перевозок морским транспортом, для отдельных бассейнов и морских портов характерны существенные отличия (табл. 3).

Существенно сократились перевозки через порты Санкт-Петербурга, Тамани и Махачкалы Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов. Относи-

тельную стабильность можно отметить в перевозках через порты Дальневосточного бассейнов.

Изменение мест генерации импортных грузопотоков и усложнение схем доставки товаров сказываются на стоимости перевозок. Данные Министерства транспорта РФ свидетельствуют о росте тарифов на грузовые перевозки всеми видами транспорта практически по

всем регионам России как за 6 месяцев с начала 2022 г., так и по отношению к соответствующему периоду прошлого года (табл. 4–5).

Приведенные данные показывают, что тарифы растут во всех федеральных округах вне зависимости от дальности перевозки от мест генерации импортных грузов и переориентации компаний, ранее осуществлявших международные перевозки на внутренние рейсы, что должно было увеличить предложение на рынке внутренних грузоперевозок.

Однако увеличение спроса на внутренние перевозки не смог компенсировать затраты на их осуществление. Рост тарифов во многом связан с воздействием таких внешних факторов, оказывающих давление на коммерческие показатели работы транспортной отрасли, как подорожание запасных частей, сервисных услуг, ставок кредитования и др.

Помимо увеличения стоимости и дальности перевозок по территории России, усложняются и схемы доставки товаров, перевозимых через третьи страны, что приводит к повышению не только их стоимости, возрастающей за счет услуг посредников, покрытия рисков, аренды контейнеров и других затрат, но и уровня взимаемых российских таможенных пошлин и налогов, поскольку стоимость перевозки и страхования до таможенной границы ЕАЭС входит в базу исчисления таможенных пошлин и налогов.

Рост стоимости грузоперевозок сказывается на цене импортируемых товаров и оказывает давление на потребительский рынок как потребительских, так и инвестиционных товаров. В то же время восстановление товарных потоков, например в Северо-Западный федеральный округ, до прежних значений требует активизации деятельности в сфере международных перевозок. В связи с этим актуальным представляется дальнейшее расширение мер, направленных на снижение стоимости перевозок.

Меры таможенного и налогового регулирования при изменении схемы перемещения грузов

В настоящее время правительством предпринят ряд мер в направлении поддержки транспортной отрасли. Предоставляются льготные кредиты и гранты, изменены условия получения

Таблица 3. Динамика грузооборота по отдельным бассейнам и основным торговым портам за 9 месяцев 2022 г.*

Бассейны	Январь-сентябрь 2022 г., млн т	Отношение к соответствующему периоду прошлого года, %
Всего грузооборот морских торговых портов	619,2	99,5
Арктический бассейн	72,9	103,5
В том числе:		
Мурманск	41,7	100,9
Архангельск	1,8	74,2
Балтийский бассейн	182,0	97,7
В том числе:		
Усть-Луга	89,6	111,9
Большой порт Санкт-Петербург	29,4	63,3
Приморск	44,0	114,9
Высоцк	11,8	92,8
Азово-Черноморский бассейн	190,7	99,9
В том числе:		
Новороссийск	108,6	103,7
Тамань	31,2	121,1
Туапсе	15,5	78,7
Кавказ	11,2	88,8
Ростов на Дону	10,6	77,0
Каспийский бассейн	4,2	77,8
В том числе:		
Махачкала	2,2	64,2
Астрахань	1,7	97,5
Дальневосточный бассейн	169,4	100,1
В том числе:		
Восточный	60,6	105,9
Ванино	28,1	102,5
Владивосток	24,0	108,5
Находка	19,4	95,6
Пригородное	11,5	110,0

* Составлено по данным Ассоциации морских торговых портов РФ [4]

Таблица 4. Индексы тарифов на грузовые перевозки по видам транспорта в июне 2022 г. (на конец периода, в %) *

Виды транспорта	К декабрю 2021 г.	К июню 2021 г.
Транспорт в целом	109,9	104,8
В том числе:		
железнодорожный	120,1	120,1
морской	103,5	105,1
внутренний водный	116,5	117,8
автомобильный	112,1	114,3
воздушный	110,8	112,9
Транспорт (без трубопроводного)	117,6	118,1

* Данные Министерства транспорта РФ [3]

специальных разрешений, заморозены тарифы на проезд по платным дорогам. В ответ на санкции Евросоюза было принято постановление о запрете перевозок грузов по России зарубежным компаниям, которые ввели ограничения на перевозки в отношении рос-

сийских перевозчиков, а именно стран Евросоюза, Великобритании, Норвегии и Украины. Запрет касается двусторонних и транзитных перевозок, а также товаров, производимых как на территории третьего государства, так и вывозимых с нее [5]. Принятое постановле-

Таблица 5. Индексы тарифов на грузовые перевозки (без трубопроводного транспорта) по федеральным округам в июне 2022 г. (на конец периода, в %) *

Территория России	К декабрю 2021 г.	К июню 2021 г.
Российская Федерация	117,6	118,1
Центральный федеральный округ	116,9	117,6
Северо-Западный федеральный округ	115,6	115,6
Южный федеральный округ	128,0	128,2
Северо-Кавказский федеральный округ	100,2	103,1
Приволжский федеральный округ	113,4	113,9
Уральский федеральный округ	117,6	118,7
Сибирский федеральный округ	116,8	117,3
Дальневосточный федеральный округ	120,2	120,7

* Данные Министерства транспорта РФ [3]

ние меняет схему доставки грузов. Она будет осуществляться с перегрузкой на российские и белорусские транспортные средства в таможенно-терминальных комплексах Псковской, Калининградской, Ленинградской, Мурманской областях, а также в Республике Карелия и Санкт-Петербурге.

Таким образом, в перевозке международных грузов должны будут принимать участие как иностранный перевозчик, доставляющий груз из пункта отправления за пределами России до пункта пропуска, где предполагаются перецепка или перегрузка и дальнейшая доставка груза потребителю уже российским перевозчиком (рисунок 1).

Данная мера носит временный характер и распространяется только на автомобильный транспорт, однако

складывающаяся санкционная обстановка с высокой долей вероятности предполагает возможность ее продления. К тому же запрет на перевозку товаров иностранными перевозчиками по национальной территории — мера, которая используется в ряде стран, например в Китае и в последний год в Республике Беларусь, что обеспечивает более благоприятные рыночные условия для национальных перевозчиков. В связи с этим представляется целесообразным в дальнейшем проанализировать результаты ее применения и влияния на деятельность российских перевозчиков.

Вместе с тем при ее реализации возникает ряд вопросов, которые не регламентируются постановлением № 681, но требуют разрешения. Так, предусматривается ряд исключений по

58 группам товаров, на которые не распространяется данный запрет. В случае сборного груза, в составе которого имеются запрещенные и незапрещенные к перевозке товары, соответственно часть груза, который запрещен к перевозке, должна быть выгружена.

Возможность перегрузки предусмотрена в Псковской, Калининградской, Ленинградской, Мурманской областях, а также в Республике Карелия и Санкт-Петербурге. Скорее всего пункты перегрузки будут организованы на складах временного хранения или в зонах таможенного контроля, что в настоящий момент не определено.

С позиций выполнения грузовых операций здесь вопросов не возникает. Однако указанное постановление предполагает возможность выполнения транзитных перевозок, которые могут касаться в том числе перемещения грузов через территорию России с их доставкой в другие государства ЕАЭС, а также в третьи страны. В связи с этим может возникнуть необходимость оформления транзитной декларации, что предусмотрено российским законодательством при смене перевозчика при следовании груза далее по маршруту [6].

При доставке груза российским потребителем, если товар (груз) не будет помещен под процедуру выпуска для внутреннего потребления, для дальнейшего следования по маршруту также потребуются оформление таможенных документов. Такая возможность предусмотрена таможенным законодательством при перемещении товаров между пунктами внутри таможенной территории.

Однако при применении данной схемы перевозки российскими перевозчиками могут возникнуть и вопросы о возможности и правомерности применения одной из существенных мер поддержки внешнеторговых операций и международных перевозок грузов, например такой как ставка налога на добавленную стоимость (НДС) 0% в отношении автоперевозчиков, которые будут осуществлять перевозку иностранных или экспортных грузов до места назначения, причем как при двусторонних транзитных перевозках, так и при доставке грузов российскому потребителю, а также при передаче экспортных грузов иностранному перевозчику для дальнейшей его транспортировки в третьи страны.

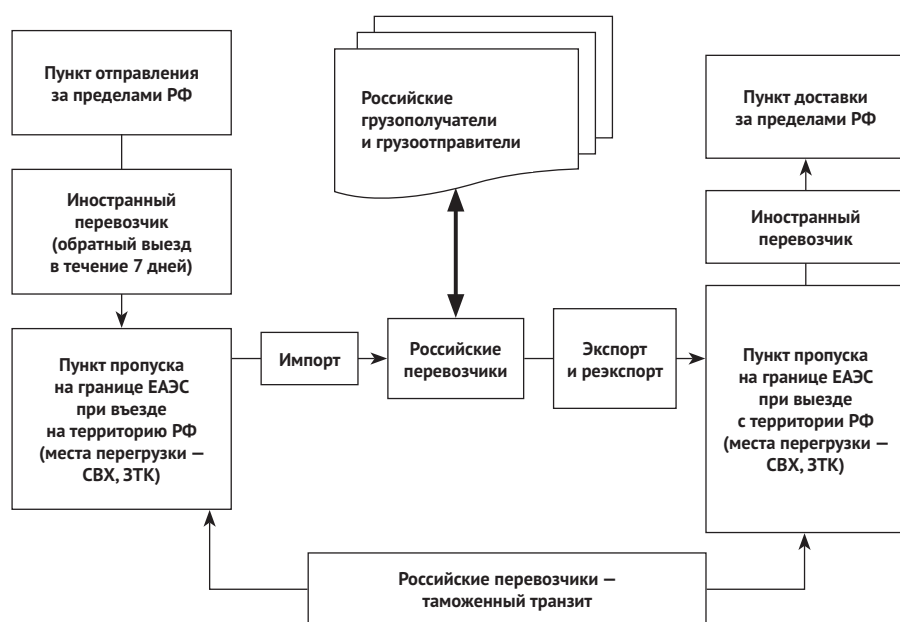


Рис. 1. Схема доставки грузов с учетом перецепки или перегрузки товаров в соответствии с постановлением Правительства РФ от 29 сентября 2022 г. № 681 (см. [5])

В соответствии с российским законодательством право применения ставки НДС 0% предоставляется в отношении услуг по международной перевозке грузов [7]. Однако под международной перевозкой в соответствии с этим же пунктом понимаются «перевозки товаров морскими, речными судами, судами смешанного (река — море) плавания, воздушными судами, железнодорожным транспортом и автотранспортными средствами, при которых пункт отправления или пункт назначения товаров расположен за пределами территории Российской Федерации» [7].

Для подтверждения права на применение ставки НДС 0% налоговым органам требуется предоставить в соответствии с пунктами 3.1, 15, 20 статьи 165 Налогового Кодекса Российской Федерации (НК РФ) такие документы как контракт или его копию на оказание услуг по международной перевозке, копии документов или электронные реестры документов, которые подтверждают ввоз или вывоз товаров и, если товары вывозятся или ввозятся в третьи страны через страну-члена ЕАЭС, дополнительно требуется копия договора между заказчиком перевозки и экспортером (импортером) товаров [7].

Исходя из определения международной перевозки, имеющейся в НК РФ, а также требований к представляемым документам для подтверждения права на применение ставки НДС 0%, к перевозкам международных грузов по территории России, которые будут осуществляться российскими перевозчиками после перецепки иностранного транспортного средства, в том числе и по процедуре таможенного транзита, не будет использоваться ставка НДС 0%, поскольку российские перевозчики не могут располагать перечисленными документами. Таким образом, данный вопрос в целях дополнительной поддержки российских перевозчиков требует урегулирования.

Также в отечественном законодательстве до последнего времени не нашли достаточного освещения вопросы таможенного и налогового регулирования смешанных перевозок со сменой лиц, ответственных за перевозку по отдельным участкам пути. Существуют фрагментарные примеры законодательного урегулирования отдельных ситуаций. Так аналогичная схема доставки товаров используется при перевозках водным транспортом при перегрузке

(перевалке) товаров с морских судов на суда, осуществляющих перевозку по внутренним водным путям от места перегрузки, производимой на территории России или до места погрузки на морские суда.

Несколько лет назад по инициативе перевозчиков, осуществляющих перевозки по внутренним водным путям, в НК РФ были внесены изменения, предусматривающие применение ставки НДС 0% в отношении организаций внутреннего водного транспорта, которые оказывают услуги при перевозках товаров, вывозимых в пределах территории Российской Федерации из пункта отправления до пункта выгрузки или перегрузки (перевалки) на морские суда или суда смешанного (река — море) плавания или иные виды транспорта [7]. Для подтверждения права на применение ставки НДС 0% при перевозках товаров внутренним водным транспортом в налоговые органы предоставляются (пункты 3.8, 15 статьи 165 НК РФ):

- контракт или его копия на оказание услуг перевозки;
- копии документов или электронных реестров, подтверждающих перевозку по России и вывоз груза из страны.

При перемещении товаров автомобильным транспортом по схеме с перецепкой (перегрузкой) товаров и помещении их под процедуру таможенного транзита проблемы с применением ставки НДС 0% также могут возникнуть, поскольку для подтверждения права на ее использование требуются контракт на предоставление услуг перевозки груза, копия транзитной декларации или реестров декларации и копии или электронные реестры транспортных документов, подтверждающих ввоз товаров на территорию России и вывоз с нее.

Соответственно российский перевозчик должен доказать, что он являлся участником международной перевозки грузов. С учетом опыта Республики Беларусь по применению аналогичной схемы доставки грузов национальными перевозчиками здесь как минимум потребуются заполнение транзитной декларации и проставление отметки в CMR о смене перевозчика. В то же время, если товар будет помещен под процедуру выпуска для внутреннего потребления в местах перецепки, то в этом случае ставка НДС 0% для перевозчика, перемещающего товар по территории России, применяться не будет.

Таким образом, по нашему мнению, требуется обеспечить комплексный подход к реализации данной схемы перевозки, а именно:

- более подробно регламентировать порядок действий как таможенных органов, так и перевозчиков при осуществлении процесса перевозки;
- определить перечень документов и порядок работы с ними при смене перевозчика с учетом транспортного, таможенного и налогового законодательства. Т

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения 12.09.2022).
2. Министерство транспорта Российской Федерации. — URL: <https://mintrans.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2022).
3. Транспорт России. Информационно-статистический бюлл. Январь–июнь 2022 г. — М., 2022. — URL: <https://mintrans.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2022).
4. Ассоциация морских торговых портов. — URL: <https://www.morport.com/> (дата обращения: 12.09.2022).
5. Постановление Правительства РФ от 30.09.2022 № 1728 О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 29 сентября 2022 г. N 681 «О некоторых вопросах осуществления международных автомобильных перевозок грузов» // Консультант Плюс. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.09.2022).
6. Приказ ФТС России от 26 мая 2011 г. № 1067 «Об утверждении Инструкции о действиях должностных лиц таможенных органов, совершающих таможенные операции и проводящих таможенный контроль при перевозках товаров автомобильным транспортом при их прибытии (убытии), помещении под таможенную процедуру таможенного транзита, а также временном хранении» // Консультант Плюс. — URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.09.2022).
7. Налоговый кодекс Российской Федерации. — Принят Государственной Думой Российской Федерации 19 июля 2000 года, одобрен Советом Федерации 26 июля 2000 г. // Консультант Плюс. — URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 12.09.2022).

Анализ долгосрочной динамики и неравномерности погрузки грузов на железнодорожном транспорте



Д.А. Мачерет,
д-р экон. наук,
первый заместитель
председателя
Объединенного ученого
совета ОАО «РЖД»,
профессор Российского
университета
транспорта
(РУТ (МИИТ))



А.Д. Разуваев,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспортной
инфраструктуры
и управление
строительным бизнесом»
РУТ (МИИТ)



А.Ю. Ледней,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Экономика
транспортной
инфраструктуры
и управление
строительным бизнесом»
РУТ (МИИТ)

Высокая и устойчивая динамика погрузки коррелирует с ее низкой неравномерностью, и соответственно экономически значимые задачи повышения динамики и снижения неравномерности погрузки должны решаться комплексно.

Погрузка грузов на железнодорожном транспорте является основой реализации грузовых перевозок — главного бизнеса отрасли, формирующего более 90 % приведенной работы сети российских железных дорог [1] и свыше 82 % доходов системообразующей компании отрасли — ОАО «РЖД» [2]. Поэтому в научных исследованиях уделяется большое внимание вопросам наращивания и улучшения структуры погрузки [3–6], а также ее эффективной организации и рациональному, экономичному использованию технических средств железных дорог при осуществлении погрузки и последующей перевозки грузов [7–9].

В то же время динамика погрузки тесно коррелирует с динамикой промышленного производства [10] и является важным макроэкономическим индикатором [11, 12]. При этом важное экономическое значение имеет не просто увеличение объемов и улучшение структуры погрузки, но и снижение ее неравномерности. Ведь неравномерность погрузки и перевозки грузов негативно воздействует на технологическую и экономическую эффективность железнодорожного транспорта [13–16]. На основании данных за 2005–2021 гг. было выявлено, что «все периоды „всплесков“ неравномерности погрузки грузов приходятся на годы сокращения объемов перевозок» [17, с. 21].

Исходя из этого, может быть выдвинута гипотеза о том, что высокая и устойчивая динамика погрузки коррелирует с ее низкой неравномерностью, и соответственно экономически значимые задачи повышения динамики и снижения неравномерности по-

грузки должны решаться комплексно. Для проверки этой гипотезы проведено исследование, охватывающее период 1960–2021 гг., основанное на данных источников [11, 18].

Анализ динамики среднесуточной погрузки

В целом за рассматриваемый период темпы прироста погрузки испытывали существенные колебания. Личнейный тренд характеризуется близким к нулю коэффициентом регрессии и низким коэффициентом детерминации (рис. 1), что можно интерпретировать как низкое качество регрессионной прямой [19].

Такие результаты могут быть связаны с тем, что описываемый долгосрочный период охватывает как существование централизованно планируемой (1960–1991 гг.), так и рыночной (1992–2021 гг.) экономики¹. Поэтому целесообразно детализировать выполненные оценки по каждому из этих двух, менее продолжительных, периодов. В результате такой детализации и коэффициент регрессии, и коэффициент детерминации существенно возрастают (рис. 2, 3), соответственно, качество регрессионной прямой повышается. Примечательно, что коэффициент регрессии, показывающий, на сколько единиц изменяется ежегодно темп прироста погрузки, для периода централизованно планируемой экономики — отрицателен, а для рыночной — положителен.

¹ В данном исследовании авторы абстрагируются от переходного периода, приходящегося на последние годы первого и первые годы второго из обозначенных периодов.

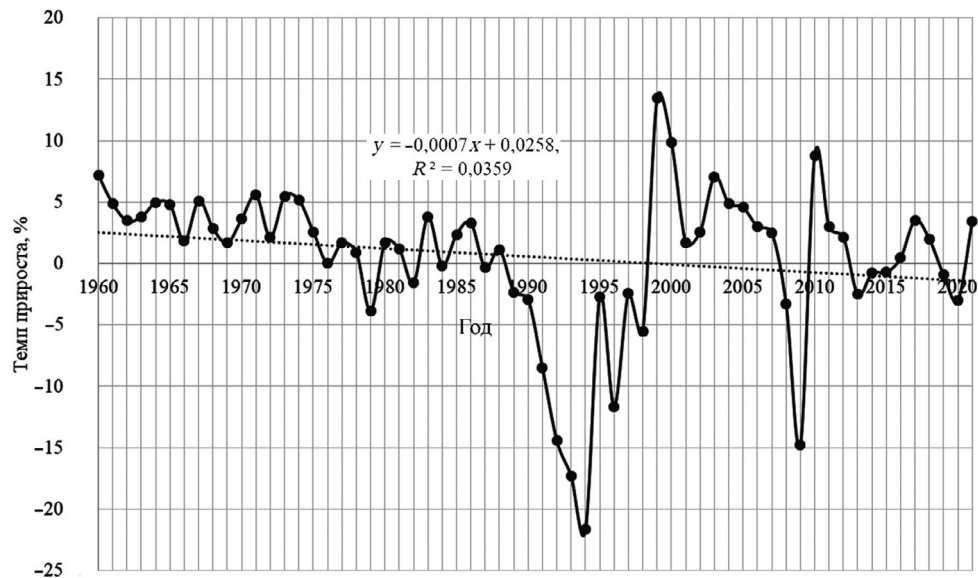


Рис. 1. Темпы прироста погрузки на сети железных дорог России (1960–2021 гг.)

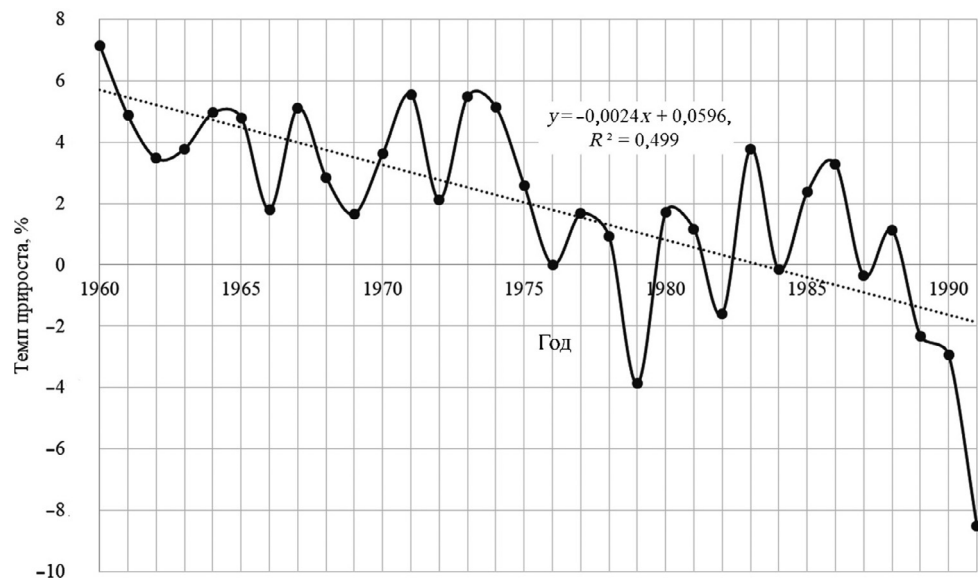


Рис. 2. Темпы прироста погрузки на сети железных дорог России (1960–1991 гг.)

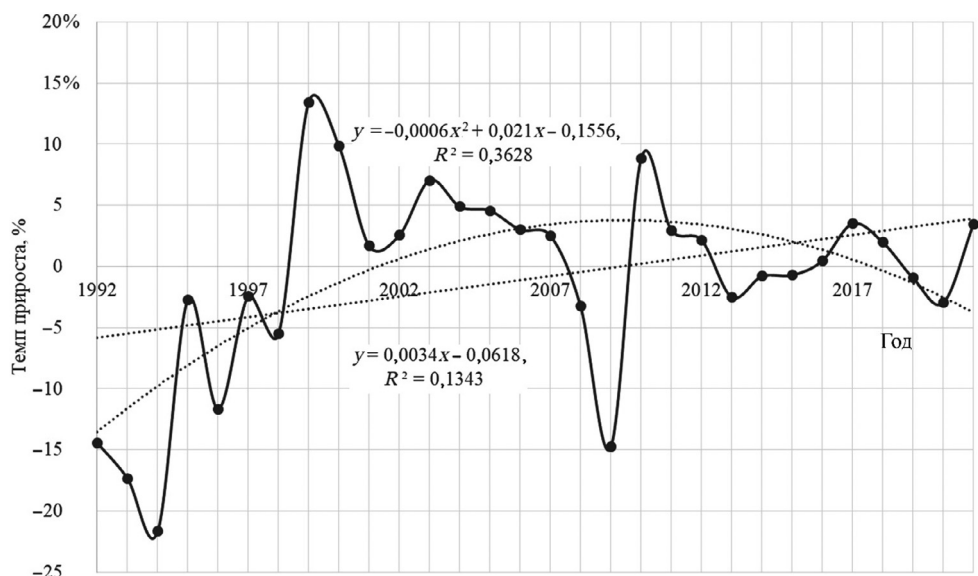


Рис. 3. Темпы прироста погрузки на сети железных дорог России (1992–2021 гг.)

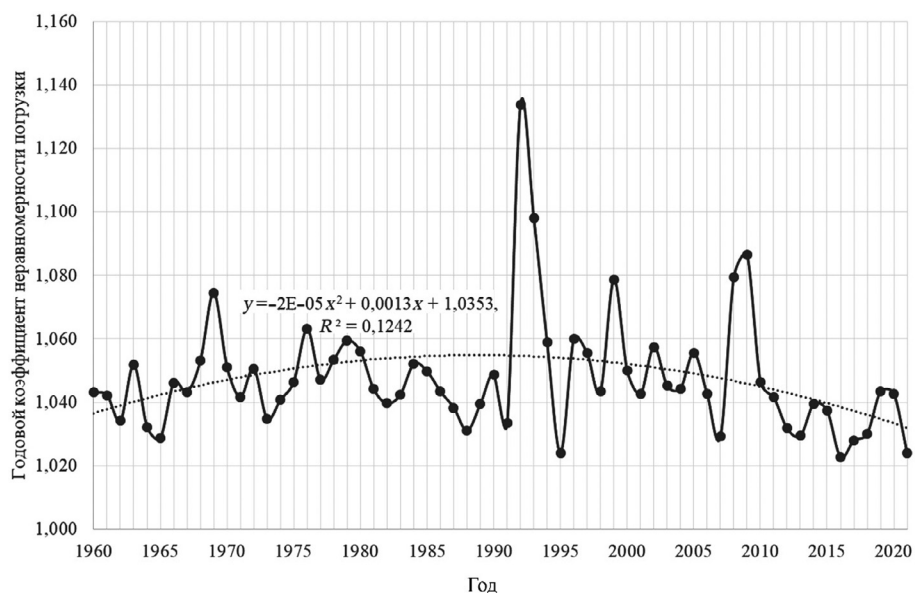


Рис. 4. Коэффициент неравномерности погрузки на сети железных дорог России (1960–2021 гг.)

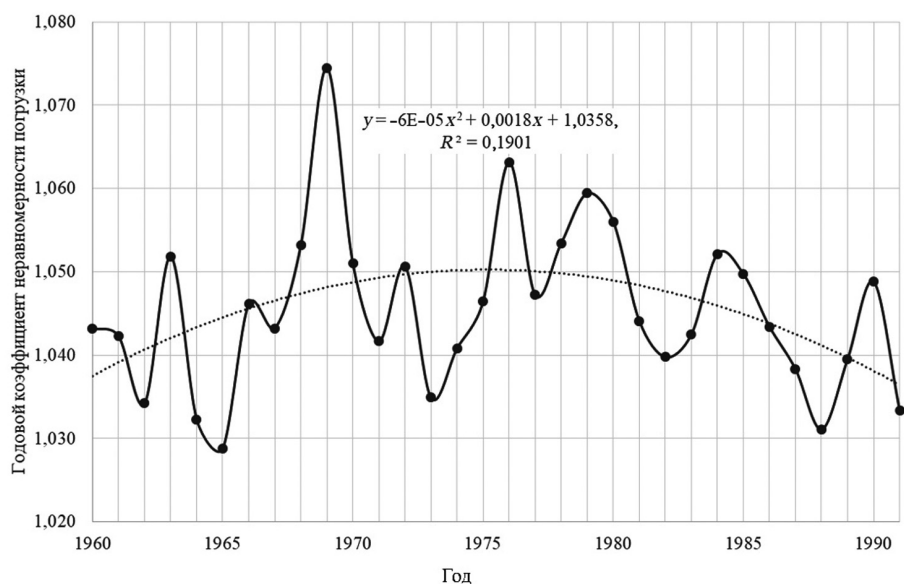


Рис. 5. Коэффициент неравномерности погрузки железных дорог России (1960–1991 гг.)

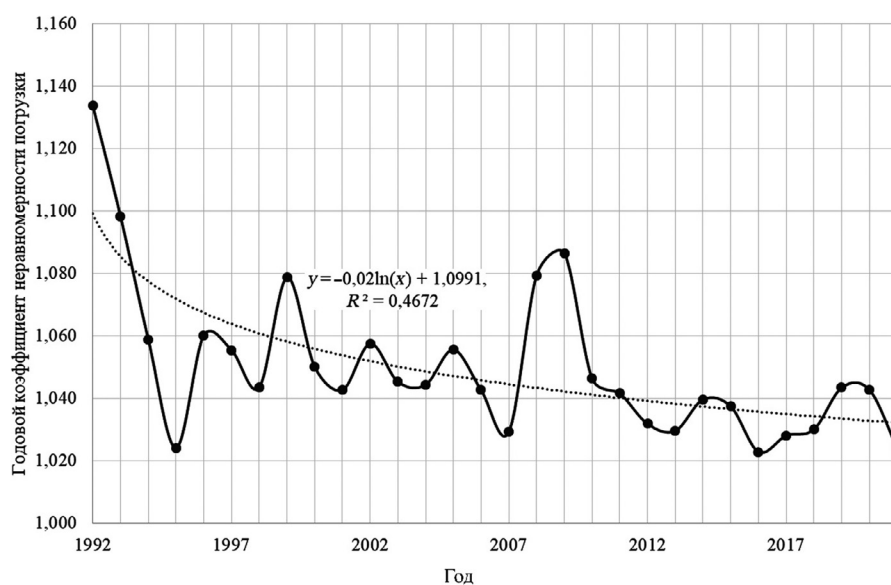


Рис. 6. Коэффициент неравномерности погрузки на сети железных дорог России (1992–2021 гг.)

В то же время, если для периода централизованно планируемой экономики коэффициент детерминации достаточно высок (0,499, что соответствует коэффициенту корреляции 0,706, т.е. свидетельствует о сильной связи), то для периода рыночной экономики при линейном тренде коэффициент детерминации составляет лишь 0,1343. Он существенно, почти в три раза, возрастает при использовании параболического уравнения вместо линейного. Это свидетельствует о нелинейности экономических процессов, происшедших в рамках рыночной экономики и отразившихся на динамике железнодорожной погрузки — весьма чутком экономическом индикаторе [11].

Анализ динамики неравномерности погрузки

Для характеристики неравномерности погрузки применяется годовой коэффициент неравномерности ($K_{\text{нер}}^{\text{погр}}$), определяемый, согласно [20], как отношение максимального месячного значения среднесуточной погрузки за конкретный год ($\bar{P}_{\text{max}}$) к среднесуточной погрузке грузов за год ($\bar{P}_{\text{год}}$):

$$K_{\text{нер}}^{\text{погр}} = \frac{\bar{P}_{\text{max}}}{\bar{P}_{\text{год}}}.$$

Динамика коэффициента неравномерности погрузки в течение рассматриваемого долгосрочного периода характеризуется высокой волатильностью — его значения колеблются от 1,02 до 1,13 (рис. 4).

При этом «всплески» неравномерности происходили не только в годы экономических трансформаций, таких как начало перехода к рыночной экономике (1992–1993 гг.) и начало восстановительного роста экономики (1999 г.) или в период мирового финансового кризиса (2008–2009 гг.), но и в условиях, казалось бы, устойчивого функционирования централизованно планируемой экономики (1969 г.). Следует отметить, что минимальные значения коэффициента неравномерности погрузки фиксируются в годы, относящиеся к периоду рыночной экономики (1995, 2016, 2021 гг.). В целом для периода централизованно планируемой экономики среднегодовое значение коэффициента неравномерности погрузки составило 1,046, а для периода рыночной экономики — практически равную величину: 1,05.

Вследствие высокой волатильности линейные тренды коэффициента не-

равномерности погрузки характеризуются низким качеством регрессионной прямой как в целом за долгосрочный период 1960–2021 гг., так и для каждого из двух выделенных, менее продолжительных, периодов.

За весь рассматриваемый период наибольший коэффициент детерминации обеспечивается при параболической зависимости (рис. 4), но и он не высок (0,124).

При выявлении тенденций для каждого из двух периодов значения коэффициента детерминации повышаются. Для периода централизованно планируемой экономики он также при параболической зависимости составляет 0,190 (рис. 5), а для периода рыночной экономики максимальным коэффициентом детерминации (0,467) характеризуется логарифмическая зависимость (рис. 6).

Полученные результаты свидетельствуют о нелинейном характере динамики неравномерности погрузки на железнодорожном транспорте. При этом в рыночный период (рис. 6), в отличие от периода централизованного планирования (см. рис. 5), выявлена достаточно четкая тенденция постепенного снижения уровня неравномерности.

Анализ взаимосвязи темпов роста и неравномерности погрузки

При проведении корреляционно-регрессионного анализа динамики погрузки и ее неравномерности для удобства формирования корреляционного поля вместо темпов прироста погрузки использованы темпы роста, однозначно соотносящиеся друг с другом. Результаты анализа показывают, что, как в целом за долгосрочный период 1960–2021 гг. (рис. 7), так и за два выделенных периода меньшей продолжительности (рис. 7, 8) коэффициент регрессии отрицателен, а это свидетельствует об обратной связи между темпом роста и уровнем неравномерности погрузки и соответственно в пользу выдвинутой выше гипотезы. В то же время коэффициент детерминации за весь изучаемый период не слишком высок (0,206), что соответствует умеренной силе связи между рассматриваемыми показателями.

В рамках выделенных периодов меньшей продолжительности параметры зависимости существенно различаются. Для периода централизованно планируемой экономики коэффициент детерминации весьма низок, что говорит о слабой связи между рассматрива-

емыми показателями (рис. 8). Период рыночной экономики характеризуется гораздо более высокими коэффициентами детерминации и регрессии (рис. 9). При этом коэффициент корреляции между анализируемыми показателями близок к 0,5, т.е. к границе между интервалами умеренной и заметной силы связи.

Таким образом, корреляционно-регрессионный анализ выявил существование обратной зависимости между темпом роста и коэффициентом неравномерности погрузки на железнодорожном транспорте. В то же время сила взаимосвязи между этими показателями, существенно различаясь для рассматриваемых периодов, не является высокой.

Наряду с корреляционно-регрессионным, целесообразно провести статистический анализ показателей с использованием сложной комбинационной группировки [21], чтобы уточнить полученные выводы.

Группировка лет описываемого периода по признакам «динамика погрузки» и «неравномерность погрузки» показана в табл. 1. Уровни динамики погрузки разделены на 6 интервалов, каждому из которых дана определенная качественная характеристика. При этом в каждом интервале выделены частота (абсолютное количество) и частость (доля, выраженная в процентах) лет с низкой и высокой неравномерностью погрузки.

При этом высоким уровнем неравномерности погрузки считается превосходящий медианный за соответствующий период, а низким — ниже медианного. (Следует отметить, что при всей волатильности неравномерности погрузки, ее медианный уровень очень устойчив. В целом за 1960–2021 гг. он составляет 1,0435, за 1960–1991 гг. — 1,0438, а за 1992–2021 гг. — 1,0434. Это свидетельствует о долгосрочной устойчивости базовых параметров системы железнодорожных грузовых перевозок.)

В целом за рассматриваемый долгосрочный период 1960–1991 гг. высокая динамика погрузки обеспечивалась преимущественно при ее низкой неравномерности, а глубокому спаду погрузки почти всегда сопутствовала высокая неравномерность (табл. 1).

Результаты аналогичной группировки для каждого из менее продолжительных периодов имеют существенные особенности.

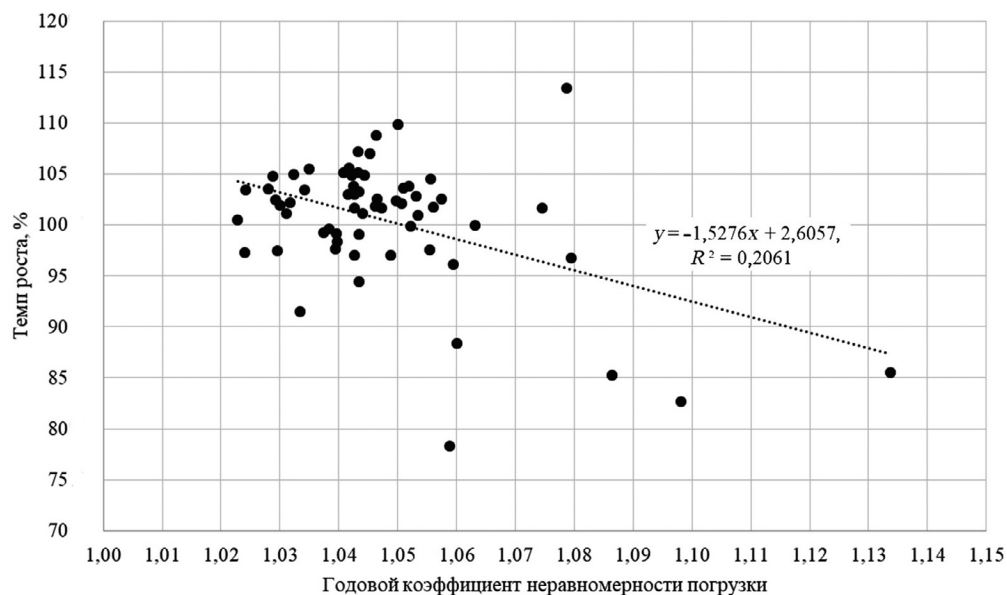


Рис. 7. Регрессионная зависимость темпа роста погрузки от коэффициента неравномерности погрузки на сети железных дорог России (1960–2021 гг.)

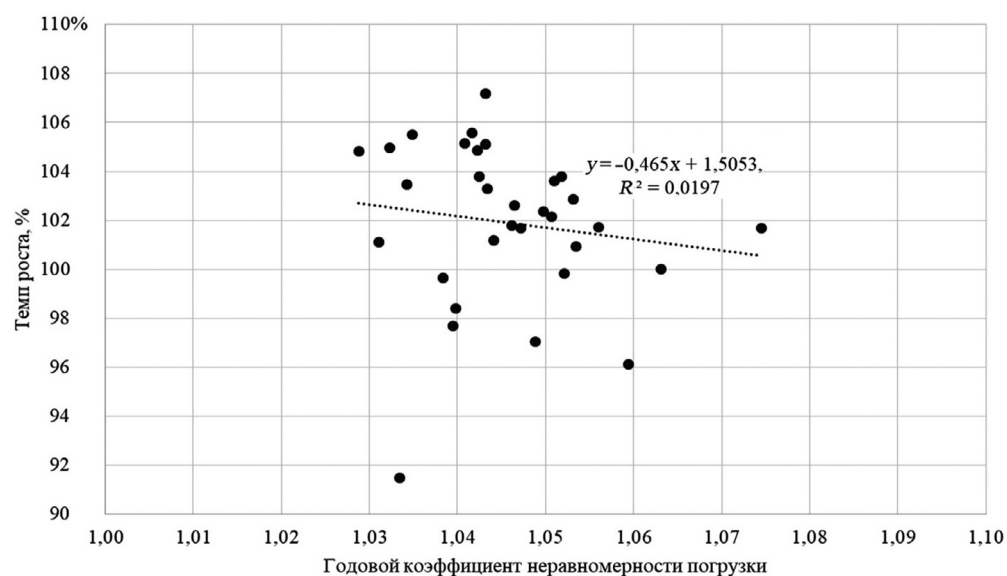


Рис. 8. Регрессионная зависимость темпа роста погрузки от коэффициента неравномерности погрузки на сети железных дорог России (1960–1991 гг.)

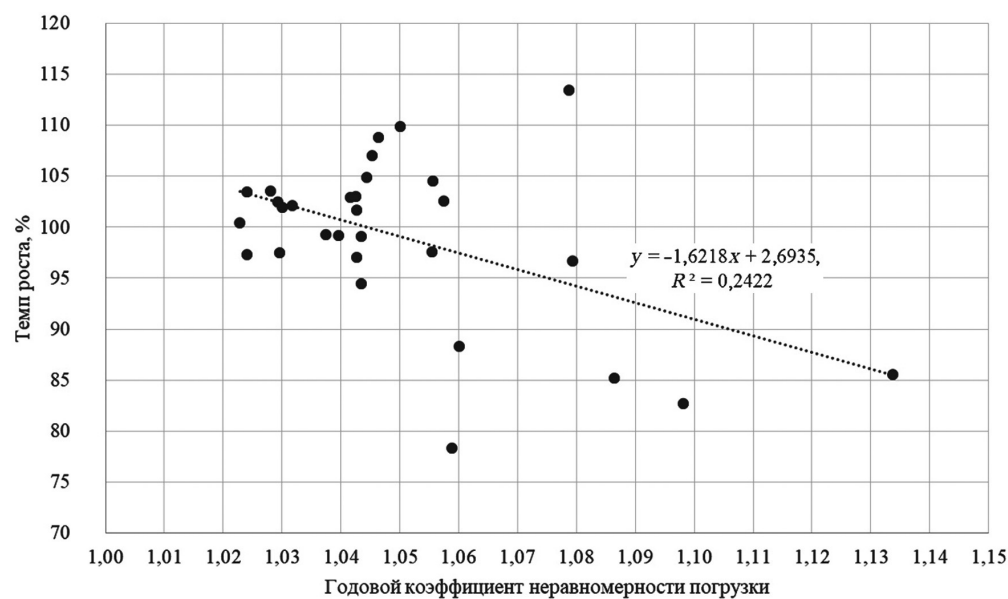


Рис. 9. Регрессионная зависимость темпа роста погрузки от коэффициента неравномерности погрузки на сети железных дорог России (1992–2021 гг.)

В период централизованно планируемой экономики четко выражено соответствие высокого роста и низкой неравномерности погрузки (табл. 2). В то же время умеренный и незначительный рост происходил в годы высокой неравномерности погрузки. Интерпретировать такие результаты следует с учетом того, что в тот период существовал серьезный дефицит транспортных мощностей и спрос на перевозки, по оценкам ряда авторов [22–24], удовлетворялся не полностью. Принимая во внимание, что рост неравномерности перевозок ограничивает их общий объем в течение года [25], можно сделать следующий вывод: высокий уровень неравномерности погрузки был одной из причин ее умеренного или незначительного, а не динамичного роста в соответствующие годы.

В период рыночной экономики высокой динамике погрузки чаще соответствовала высокая же неравномерность перевозок, а глубокий спад погрузки всегда происходил в условиях ее высокой неравномерности (табл. 3). Последнее логично связать с разбалансировкой рынка перевозок в условиях значительного падения спроса, чему, как правило, сопутствуют структурные изменения, в том числе и сезонной интенсивности погрузки, порождающие рост ее неравномерности.

Но и при высоких темпах роста погрузки возникают структурные изменения и может происходить разбалансировка спроса и предложения, которые также способствуют росту неравномерности. Впрочем, частость лет, когда в рыночных условиях высокий рост погрузки сопровождался ее низкой неравномерностью, также значительна. В то же время незначительным и умеренным изменениям погрузки, как правило, сопутствовал низкий уровень неравномерности.

При всех различиях результатов, полученных с использованием метода статистической группировки для периодов централизованно планируемой и рыночной экономики, можно сделать важные обобщающие выводы:

- глубокому спаду погрузки, как правило, сопутствует высокий уровень ее неравномерности;
- высокий рост погрузки может достигаться как при высокой, так и при низкой неравномерности; в то же время в условиях дефицита транспортных

Таблица 1. Распределение лет за период 1960–2021 гг. по характеристикам динамики и неравномерности погрузки грузов на сети железных дорог России

Характеристика динамики погрузки	Количество лет, всего	В том числе			
		с низкой неравномерностью погрузки		с высокой неравномерностью погрузки	
		Количество лет	Доля, %	Количество лет	Доля, %
Высокий рост (+3 % и выше)	22	14	63,6	8	36,4
Умеренный рост (от +1 до +3 %)	16	6	37,5	10	62,5
Незначительный рост (от 0 до +1 %)	3	1	33,3	2	66,7
Незначительный спад (от 0 до –1 %)	5	4	80	1	20
Умеренный спад (от –1 до –3 %)	7	5	71,4	2	28,6
Глубокий спад (–3 % и ниже)	9	1	11,1	8	88,9

Таблица 2. Распределение лет за период 1960–1991 гг. по характеристикам динамики и неравномерности погрузки грузов на сети железных дорог России

Характеристика динамики погрузки	Количество лет, всего	В том числе			
		с низкой неравномерностью погрузки		с высокой неравномерностью погрузки	
		Количество лет	Доля, %	Количество лет	Доля, %
Высокий рост (+3 % и выше)	13	11	84,6	2	15,4
Умеренный рост (от +1 до +3 %)	10	1	10	9	90
Незначительный рост (от 0 до +1 %)	2	–	–	2	100
Незначительный спад (от 0 до –1 %)	2	1	50	1	50
Умеренный спад (от –1 до –3 %)	3	2	66,7	1	33,3
Глубокий спад (–3 % и ниже)	2	1	50	1	50

Таблица 3. Распределение лет за период 1992–2021 гг. по характеристикам динамики и неравномерности погрузки грузов на сети железных дорог России

Характеристика динамики погрузки	Количество лет, всего	В том числе			
		с низкой неравномерностью погрузки		с высокой неравномерностью погрузки	
		Количество лет	Доля, %	Количество лет	Доля, %
Высокий рост (+3 % и выше)	9	3	33,3	6	66,7
Умеренный рост (от +1 до +3 %)	6	5	83,3	1	16,7
Незначительный рост (от 0 до +1 %)	1	1	100	–	–
Незначительный спад (от 0 до –1 %)	3	3	100	–	–
Умеренный спад (от –1 до –3 %)	4	3	75	1	25
Глубокий спад (–3 % и ниже)	7	–	–	7	100

мощностей неравномерность погрузки сдерживает ее увеличение;

- относительная стабильность динамики погрузки в рыночных условиях коррелирует с ее невысокой неравномерностью.

Заключение

Обеспечение устойчивой позитивной динамики погрузки на железнодорожном транспорте и повышение ее равномерности имеют важное значение как для эффективного функционирования самой железнодорожной отрасли, так и для обеспечения высокого качества транспортного обслуживания товаропроизводителей и удовлетворения спроса на перевозки.

Проведенное исследование установило нелинейный характер долгосрочной динамики как темпов прироста погрузки, так и уровня ее неравномерности. При этом выявлено существование обратной связи между темпом роста и коэффициентом неравномерности погрузки за долгосрочный период и сопутствие высокого уровня неравномерности погрузки и ее глубоких спадов. Следовательно, задачи обеспечения положительной динамики и равномерности погрузки грузов должны рассматриваться как взаимоподдерживающие и решаться системно.

В то же время проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал, что связь между темпом роста и коэффициентом неравномерности погрузки не является сильной, а применение метода статистической группировки выявило возможность обеспечения в отдельные годы значительных темпов роста погрузки при высоком уровне ее неравномерности. Это свидетельствует о целесообразности продолжения исследования неравномерности погрузки грузов на железнодорожном транспорте при различных характеристиках ее динамики.

Литература

1. Мачерет, Д.А. Стратегические перспективы роста железнодорожных перевозок в России с учетом мировых тенденций / Д.А. Мачерет // Экономика железных дорог. — 2017. — № 6. — С. 13–22.
2. Финансовая отчетность ОАО «РЖД» за 2021 год по РСБУ. — URL: <https://company.rzd.ru/ru/9471#RFRS> (дата обращения 11.08.2022 г.).

3. Лапидус, Б.М. Опережающее развитие железнодорожного транспорта — выбор времени / Б.М. Лапидус // Бюлл. Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». — 2018. — № 5–6. — С. 1–16.
4. Хусаинов, Ф.И. Влияние структуры погрузки и грузооборота на доходность грузовых перевозок ОАО «РЖД» / Ф.И. Хусаинов // Транспорт Российской Федерации. — 2018. — № 3 (76). — С. 29–32.
5. Мачерет, Д.А. Оценка долгосрочной перспективности структуры грузовых железнодорожных перевозок / Д.А. Мачерет // Вестн. Науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2021. — Т. 80. — № 4. — С. 233–239.
6. Мачерет, Д.А. Долгосрочный ретроспективный анализ неравномерности погрузки грузов на железнодорожном транспорте / Д.А. Мачерет, А.Д. Разуваев, А.Ю. Ледней // Транспорт Российской Федерации. — 2022. — № 1–2 (98–99). — С. 31–35.
7. Шенфельд, К.П. Задача распределения порожних вагонов под погрузку в современных условиях / К.П. Шенфельд, Е.А. Сотников, В.А. Ивницкий // Вестн. Науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2012. — № 3. — С. 3–7.
8. Елисеев, С.Ю. Как сократить простои грузовых вагонов в ожидании погрузки / С.Ю. Елисеев, А.А. Шатохин // Экономика железных дорог. — 2016. — № 3. — С. 72–79.
9. Виноградов, С.А. Развитие перевозок грузов в интермодальных транспортных грузовых единицах / С.А. Виноградов, М.И. Мехедов, А.В. Хомов, К.И. Шведин // Железнодорожный транспорт. — 2022. — № 2. — С. 7–11.
10. Рышков, А.В. Исследование экономической конъюнктуры железнодорожного транспорта (методология, анализ, оценки): дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / А.В. Рышков. — М.: Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), 2009. — 355 с.
11. Мачерет, Д.А. Динамика железнодорожных перевозок грузов как макроэкономический индикатор / Д.А. Мачерет // Экономическая политика. — 2015. — Т. 10. — № 2. — С. 133–150.
12. Смирнов, С.В. Динамика индикаторов реального сектора российской экономики (конец 1920-х — 2014 г.) / С.В. Смирнов // Вопросы статистики. — 2015. — № 10. — С. 57–69.
13. Хачатуров, Т.С. Экономика транспорта / Т.С. Хачатуров. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1959. — 587 с.
14. Сотников, Е.А. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков / Е.А. Сотников, К.П. Шенфельд // Вестн. Науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2011. — № 5. — С. 3–9.
15. Мачерет, Д.А. Влияние сезонной неравномерности перевозок на эффективность транспортной инфраструктуры / Д.А. Мачерет, А.Ю. Ледней // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 6 (85). — С. 4–9.
16. Соколов, Ю.И. Фактор неравномерности в экономике грузовых перевозок / Ю.И. Соколов, И.М. Лавров, М.В. Ишханян, О.А. Аверьянова // Экономика железных дорог. — 2020. — № 6. — С. 39–47.
17. Мачерет, Д.А. Экономическое значение долгосрочных изменений структуры и неравномерности железнодорожных грузовых перевозок / Д.А. Мачерет, А.Д. Разуваев, А.Ю. Ледней // Экономика железных дорог. — 2022. — № 4. — С. 15–30.
18. Объем погрузки основных грузов на железнодорожном транспорте. — URL: <https://rosstat.gov.ru/transport> (дата обращения: 12.07.2022 г.).
19. Хусаинов, Ф.И. Экономическая статистика железнодорожного транспорта. Очерки / Ф.И. Хусаинов. — М.: Издат. Дом «Наука», 2016. — 100 с.
20. Мачерет, Д.А. Совершенствование методического инструментария оценки сезонной неравномерности перевозок / Д.А. Мачерет, А.Ю. Ледней // Вестн. Науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2019. — Т. 78. — № 6. — С. 323–327.
21. Шеремет, Н.М. Общая теория статистики / Н.М. Шеремет. — М.: Учеб.-методич. центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. — 360 с.
22. Галабурда, В.Г. Маркетинг на транспорте / В.Г. Галабурда. — М.: МИИТ, 1992. — 108 с.
23. Белов, И.В. Экономическая теория транспорта в СССР: Исторический опыт, современные проблемы и решения, взгляд в будущее / И.В. Белов, В.А. Персианов. — М.: Транспорт, 1993. — 415 с.
24. Хусаинов, Ф.И. Советские железные дороги: миф о «золотом веке» / Ф.И. Хусаинов // Экономическая политика. — 2013. — № 5. — С. 39–61.
25. Мачерет, Д.А. Экономическая оценка сезонной неравномерности перевозок: монография / Д.А. Мачерет, А.Д. Разуваев, А.Ю. Ледней. — М.: Прометей, 2022. — 142 с.

Актуальные вопросы теории железнодорожных тарифов



Ф. И. Хусаинов,
канд. экон. наук,
эксперт Национального
исследовательского
университета «Высшая
школа экономики»
(НИУ ВШЭ)

В 2019 г. протоколом по результатам совещания у премьер-министра Минэкономразвития и ФАС было поручено разработать, представить и ввести в действие «новую модель государственного тарифного регулирования в области железнодорожных грузовых перевозок». Модель должна была быть представлена в правительство в конце 2021 г., а вступить в силу в виде действующего документа и системы тарификации — с 1 января 2026 г.

На какое-то время обсуждение новой тарифной системы застопорилось и возникло ощущение, что это все отложилось «в долгий ящик». Однако, в июне 2022 г. Минэкономразвития (которое теперь отвечает за формирование тарифов) инициировало новое обсуждение этой темы, разослав в причастные властные структуры, общественные объединения и крупнейшие компании проект «Плана-графика мероприятий по проработке основных принципов формирования новой модели государственного тарифного регулирования железнодорожных грузовых перевозок».

В обсуждение включились разные ведомства — прежде всего ФАС России, как главный орган, отвечающий сегодня уже не за разработку, а за применение железнодорожных тарифов, и общественные экспертные организации. Так, например, в августе 2022 г. прошло обсуждение этого вопроса на заседании комитета по тарифам Совета потребителей по вопросам деятельности ОАО «РЖД».

Таким образом, в экспертном пространстве возобновилось обсуждение не просто частных Прейскуранта № 10–01, а и самих идеологических и концептуальных основ будущей тарифной системы, которое согласно плану-графику предшествует уже более конкретным задачам — разработке параметрической модели, методологии расчета составляющих тарифа и т. п. В этой связи целесообразно вспомнить, каковы были основные противоречия и узловые точки, обсуждаемые ранее, и какие из них, вероятно, станут предметом обсуждения в рамках предстоящих дискуссий.

В настоящей статье сделана попытка рассмотреть четыре важнейших теоре-

тических, концептуальных, вопроса, без ответа на которые невозможно построение новой системы тарифов.

Необходимость прозрачности структуры тарифа

Важнейшими условиями появления эффективной системы тарифов являются ее понятность и прозрачность как для пользователей, так и для регуляторов. В отличие от конкурентного рынка, где цены не регулируются государством (за исключением некоторых очень специфических случаев), тарифы (а точнее тарифная политика) естественной монополии не имеет встроенной системы сдержек и противовесов в виде множества конкурирующих компаний, потому эту функцию в таких случаях выполняют регуляторы и общественный контроль.

Потребители и государственные органы, ответственные за регулирование, могут доверять железнодорожному тарифу только в том случае, если понимают, из каких элементов он состоит, какая его часть восполняет расходы на движенические операции, а какая — на начально-конечные. Также важно знать, какие из последних включены в тариф и не требуют оплаты через дополнительные сборы, на какие виды транспортных услуг отнесены те или иные операции, например расходы на начально-конечные операции относятся только на груженный рейс или и на порожний тоже, какая часть расходов и какая часть доходов перевозчика приходится на инфраструктурный комплекс, а какая — на локомотивный и т. д.

Без этого разделения любой установленный тариф ни у кого не вызовет

доверия. Конечно, есть такие грузовладельцы, которых интересует только сумма в рублях, которую они платят, а не методология и принципы формирования/конструирования тарифа. Но за последние годы участники рынка прошли долгий путь с точки зрения профессионального погружения в тарифную проблематику. Если 20 лет назад их интересовала только величина тарифа, то сегодня они в большинстве своем понимают, что необходимо видеть «начинку» тарифа и принципы его построения хотя бы для того, чтобы при появлении в будущем новых тарифных инициатив можно было оценить, насколько они увязываются с основным фундаментом тарифной системы.

Принципиальный и важнейший вопрос здесь — разделение тарифа на инфраструктурную и локомотивную составляющие. Без этого вся тарифная реформа будет бессмысленной. Подобное разделение позволит всем заинтересованным сторонам увидеть, какой из таких комплексов с какой рентабельностью работает.

При этом данное разделение важно не только для потребителей услуг железнодорожного транспорта, но и для самого монополиста. Ведь не случайно, что одна из аксиом теории корпоративного управления заключается в возможности отдельно учитывать доходы и расходы по отдельным видам деятельности, если она есть. И данная аксиома появилась не случайно. Весь мировой опыт говорит, что если расходы нескольких комплексов учитываются «котловым» способом, то повышение эффективности работы не просто затруднено, а даже понимание того, где именно это возможно, крайне затруднено.

Раскрытие этой информации нигде и никогда не было легкой задачей. Во всех странах, когда государственные компании, особенно монополии, хотят скрыть неэффективность технологии и размещения ресурсов, они стараются выступить против такого разделения. И, тем не менее, европейский опыт показывает, что, хотя и не с первой попытки, но общественности все-таки в конце концов удается заставить монополию раскрывать эти данные.

Понимают необходимость этого и российские регуляторы. Не случайно согласно п. 2 раздела «XVII. Транспортные услуги» Плана мероприятий по развитию конкуренции в отраслях экономики РФ и переходу отдельных сфер

естественных монополий из состояния естественной монополии в состояние конкурентного рынка на 2018–2020 гг., утвержденного распоряжением Правительства от 16 августа 2018 г. № 1697-р [1], предусматривается «выделение локомотивной составляющей тарифа в необходимой валовой выручке субъекта регулирования». То есть как минимум в регуляторных целях выделение локомотивной составляющей необходимо. (Другой вопрос — будет ли монополия выполнять требования правительства или тем или иным способом постарается избежать этого.)

Вечный спор о ценовой дискриминации

Второй важнейший вопрос теории тарифов — это степень дифференциации тарифов различных классов. У грузовладельцев к нему отношение очень разное. Отправители «дорогих» грузов платят «за себя и за того парня», что им не всегда нравится. Проблема эта сложная и, судя по всему, вообще не имеет однозначно правильного и справедливого решения, потому что одинаковый для всех тариф может привести к гораздо более негативным последствиям для экономики и для самих же грузоотправителей, чем дифференцированный, даже тогда, когда такая дифференциация кажется им несправедливой. Таким образом, здесь мы видим вечную проблему, с которой сталкиваются экономисты — справедливость против эффективности.

Мировая и отечественная тарифная практика говорит о том, что тарифы строятся на основе ценовой дискриминации — более дорогие грузы получают более высокий тариф. Есть одно исключение: в Германии в последней трети XIX в. действовала так называемая эльзас-лотарингская тарифная система, при которой тариф не зависел от цены перевозимого груза [2]. Тот факт, что помимо этого исключения нет примеров недифференцированных тарифов на железных дорогах мира, свидетельствует об одном: раз такая система не прижилась, это не случайно.

И действительно, представления о ценовой справедливости субъективны. У грузоотправителей угля и черных металлов они будут не просто разными, но, возможно, диаметрально противоположными. А эффективность — это то, что более-менее понятно всем. Потому, отвечая на вопрос о необходимости или

желательности ценовой дискриминации, экономисты чаще смотрят не на то, справедлива ли та или иная дифференциация тарифа, а на то, эффективна ли она с точки зрения, например, максимизации перевозок грузов.

Доли транспортной (тарифной) составляющей в цене продукции различны. В 1995 г., когда вступила в действие трехклассная система тарифов, именно уровень этого показателя был одним из главных ориентиров и критериев разнесения грузов по разным тарифным классам [3].

Для относительно дорогих грузов третьего класса даже при высоком уровне тарифа в абсолютных величинах доля транспортной составляющей в конечной цене продукции относительно невелика (и может быть не больше 10–15%). Для различных дешевых грузов первого класса (цемент, щебень и др.) наоборот: даже при небольших тарифах в абсолютном выражении, эта доля может превышать 25–30%, достигая иногда 45–50% (например, при перевозке угля или щебня, особенно это актуально для перевозок угля на дальние расстояния).

Таким образом, грузоотправитель более дорогого груза в абсолютном исчислении платит за одинаковую услугу больше. Но эластичность его спроса по цене в большинстве случаев существенно меньше.

Очевидно, если будет установлен какой-то средний уровень, не зависящий от платежеспособного спроса, то это приведет к росту тарифа для грузоотправителей дешевых грузов, что может сделать их перевозку невозможной, так как тариф способен будет в разы увеличить цену товара и удаленные рынки для него станут недоступными. При этом произойдет некоторое снижение транспортной составляющей в цене дорогих грузов, но вследствие того, что она и так была невелика, с точки зрения влияния на эластичность спроса это будет практически незаметным. В итоге может случиться так, что грузоотправители дорогих грузов выиграют немного, и это не повлияет на величину их продаж, а владельцы дешевых полностью прекратят перевозки.

Как справедливо отмечал в своем трактате «Человеческая деятельность» Людвиг фон Мизес, «ценовая дискриминация позволяет удовлетворить потребности, которые остались бы неудовлетворенными в ее отсутствие» [4].

Подводя итог, можно сделать следующий вывод: использование принципа «ad valorem» при формировании тарифов на перевозки грузов или, говоря на языке экономической науки, применение ценовой дискриминации, т. е. установление различных цен за одинаковые услуги, не является несправедливым. Напротив, это делает процесс ценообразования более эффективным, так как позволяет более гибко учитывать различные факторы спроса.

Именно поэтому ценовая дискриминация распространена во многих отраслях и странах. На железных дорогах таких разных и непохожих стран как Россия, США, Индия, Китай, Бразилия существует разделение грузов на тарифные классы, причем степень дифференциации в различных государствах тоже отличается — где-то разброс между максимальными и минимальными тарифами меньше, чем в России, а где-то существенно больше. Подобная практика в целом оказывается благоприятной как для продавца, так и для покупателя даже с учетом того, что среди потребителей выигрыши и потери распределяются неравномерно.

Соответственно из ценовой дискриминации следует, что и доходность, которую получает ОАО «РЖД» от перевозки разных грузов, различается. А это, в свою очередь, оказывает влияние на маркетинговую политику монополии. Например, при росте тарифа может наблюдаться снижение доходной ставки из-за того, что высокодоходные грузы «вытесняются» на другие виды транспорта. Но возможна и обратная ситуация — при квалифицированном маркетинге тарифы могут увеличиваться не сильно, но доходная ставка вырастет, например, из-за изменения структуры и/или географии вагонопотока.

Таким образом, обсуждение компромиссного варианта дифференциации тарифов по родам грузов также должно стать одним из важнейших элементов фундамента новой тарифной системы.

Можно ли совместить гибкость и стабильность тарифа?

Третий вопрос, вокруг которого сломано немало копий, — это соотношение гибкости и неопределенности в действующей тарифной системе. Идея долгосрочной (в частности, на три года) тарифной формулы была предложена



участниками рынка, реализована ФАС и два года успела продержаться. Однако внедрение формулы долгосрочной индексации шло не гладко. Даже когда приказ был подписан, утвержден и опубликован, некоторое время компания «РЖД» продолжала сопротивляться его использованию теми или иными способами. (Подробнее о том, зачем вообще существует подобный способ ценообразования см. [5].)

Например, формально согласившись с правильностью указанного подхода, монополия в обход формулы ФАС убеждала регуляторов принимать различные тарифные решения, приводившие в итоге к индексации, превышающей формульную. Так, добавленные в 2017 и 2018 гг. к общему уровню индексации надбавки «для покрытия расходов на выполнение капитального ремонта инфраструктуры» в 2% и «для финансирования мероприятий по компенсации расходов, связанных с корректировкой налогового законодательства» в 1,44% (позднее заменена на 1,5%) изначально были утверждены как временные [6, 7].

Однако затем они из временных стали постоянными. В итоге под давлением «РЖД» регуляторы вынуждены были отказать от формульного ценообразования. Грузоотправители, как правило, хотят долгосрочных и предсказуемых если не тарифов, то хотя бы правил игры, но у монополиста, очевидно, иные потребности.

Впрочем, и у монополиста есть своя сермяжная правда: в условиях быстро меняющейся конъюнктуры рынка или

тем более внешнеполитической обстановки трудно выдерживать «линию фронта» и добиваться такой динамики своих расходов, чтобы не выйти за пределы формулы ФАС. Именно поэтому компания «РЖД» выходила с разными предложениями, которые теми или иными способами де-факто увеличивали тарифы.

Справедливо ли, может задать вопрос монополия, взимать одну и ту же провозную плату за перевозку, например, с экспортера угля, если мировая цена на этот товар была вчера, условно говоря, 90 долл., а сегодня — 290 долл.? Логично, что участники логистической цепочки (включая железные дороги) могли бы претендовать на часть премии, получаемой грузовладельцем. И вопрос, по-своему, совершенно правильный.

Но как сделать систему тарифов одновременно и гибкой, и стабильной? И гибкой, и предсказуемой? Возможен ли в этой ситуации компромисс? Возможна ли такая система администрирования тарифов, чтобы и волки (РЖД) были бы сыты, и овцы (грузоотправители) целы?

В процессе обсуждения новой системы тарифов должен быть обсужден и данный вопрос. Если гибкость тарифов — это хорошо, то каковы должны быть ее пределы, чтобы монополия могла с одной стороны получать дополнительную выручку от благоприятной конъюнктуры, но с другой — не злоупотреблять этим механизмом? Ведь у монополиста нет системы сдержек и противовесов в отличие от участников

конкурентных рынков, и он может нечаянным движением пальцев раздавить бабочку — привести к закрытию целых отраслей или банкротству целых регионов.

Отказ от среднесетевой себестоимости — плюсы и минусы

Еще одно, пожалуй, самое радикальное из предложений РЖД — отказ от среднесетевой себестоимости как основы тарифа и от единых тарифов. Вместо этого предлагается, базируясь на поучастковой себестоимости, формировать тарифы по отдельным, конкретным, направлениям. Выражаясь языком экономической теории, РЖД предлагает точечную ценовую дискриминацию. (Под ценовой дискриминацией, напомним, в экономической теории принято называть установление различной цены на одну и ту же услугу или один и тот же товар, она бывает трех типов [8].)

В этой идее можно увидеть как немаловажный плюс, так и несколько минусов, точнее — рисков. И именно такой элемент новой тарифной модели РЖД, вероятно, вызовет наибольшую дискуссию со стороны как грузоотправителей, так и, вероятно, антимонопольного ведомства [9].

Сама идея не нова. Работы, посвященные территориально дифференцированным тарифам, публиковались еще в начале 1990-х годов многими известными учеными, в том числе А. В. Крейниным, Л. А. Мазо, А. П. Абрамовым и др. [10, 11]. Затем на публикации работ по этой тематике Министерством путей сообщения было наложено негласное табу. В настоящее время ситуация изменилась, и то, что долгое время было запрещено монополией, стало ею же самой и предлагаться.

Проблема данного предложения в том, что при его реализации возникнет ряд парадоксальных решений, с точки зрения построения системы стимулов для грузоотправителей. А необходимо помнить, что, с точки зрения экономиста, любой тариф — прежде всего стимул к определенному экономическому поведению и лишь во вторую очередь источник дохода. Новая система не только меняет стимулы, но в отдельных случаях делает это непредсказуемо. Например, при оценке эффекта от маршрутизации перевозок сравнивается снижение тарифа с величиной экономии от отсутствия переработки вагонопотока в пути сле-

дования. От данного критерия зависит маршрутизация, ее способ и даже разработка плана формирования поездов, т. е. это важный критерий для принятия решений.

На величину экономии от отсутствия переработки вагонопотока в пути следования по одной дороге может оказывать влияние факт маршрутизации и формирования отправительских маршрутов на подъездных путях предприятий на другой дороге. И как в таком случае справедливо отнести получившуюся экономию и разделить ее между разными дорогами (и между перевозчиком и клиентом)? Ведь маршрут, сформированный грузоотправителем «А», следуя по какому-то участку и, увеличивая здесь грузооборот и грузонапряженность, приведет к снижению себестоимости и к тому, что грузоотправителю «В», работающему на этой дороге, можно уменьшить тариф. Но когда перевозка маршрута прекратится (например, изменится география грузопотоков), для грузоотправителя «В», который ни сном ни духом ничего об этом не знал, тариф должен быть повышен.

Отметим, что эта проблема не является нерешаемой или необъясняемой с научной точки зрения, но предполагаем, что ОАО «РЖД» как перевозчик столкнется с трудностями по объяснению грузоотправителю причин того, почему он должен платить больше из-за того, что кто-то другой изменил схемы следования своих грузов. И таких вопросов в сложной системе, в которой, как говорится, все зависит от всего, будет довольно много.

Выбор между способом построения тарифа — по среднесетевой себестоимости для сети в целом или на основе поучастковой для отдельных направлений — будет еще одной темой дискуссии, которая развернется при обсуждении концепции новой тарифной системы.

Заключение

Подводя итог, укажем, что в отличие от предыдущих изменений последних лет на этот раз новации затронут не только отдельные детали и элементы, но и фундаментальные теоретико-методологические основания существующей системы тарифов.

По нашему мнению, обсуждение теоретических вопросов станет не менее актуальным, чем конкретно-приклад-

ных, касающихся только величины тарифа для тех или иных грузов. ■

Литература

1. План мероприятий («Дорожная карта») по развитию конкуренции в отраслях экономики Российской Федерации и переходу отдельных сфер естественных монополий из состояния естественной монополии в состояние конкурентного рынка на 2018–2020 годы. — Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 16 августа 2018 г. № 1697-р. — М.: Минстрой России, 2018. — 128 с.
2. Абрамов, А. П. Затраты железных дорог и цена перевозки / А. П. Абрамов. — М.: Транспорт, 1974. — 256 с.
3. Лапидус, Б. М. Экономические проблемы управления железнодорожным транспортом России в период становления рыночных отношений. — 2-е изд. / Б. М. Лапидус. — М.: Издательство Московского государственного университета, 2001. — 288 с.
4. Мизес, Л. фон. Человеческая деятельность: Трактат по экономической теории / Л. фон. Мизес.; пер. с англ. — М.: Экономика, 2000. — 878 с.
5. Хусаинов, Ф. И. Логика антитраста и тарифная формула / Ф. И. Хусаинов // РЖД-Партнер. — 2021. — № 17. — С. 18–21.
6. Хусаинов, Ф. И. О долгосрочной динамике железнодорожных грузовых тарифов на 2019–2023 гг. / Ф. И. Хусаинов // Экономика железных дорог. — 2018. — № 10. — С. 12–19.
7. Хусаинов, Ф. И. Тариф-2019: какие решения приняты? / Ф. И. Хусаинов // РЖД-Партнер. — 2019. — № 1–2. — С. 28–30.
8. Хусаинов, Ф. И. Ценовая дискриминация в системе железнодорожных грузовых тарифов / Ф. И. Хусаинов // Экономика железных дорог. — 2011. — № 7. — С. 41–49.
9. Хусаинов, Ф. И. Тарифные предложения РЖД: перед революцией? / Ф. И. Хусаинов // РЖД-Партнер. — 2020. — № 9–10. — С. 26–28.
10. Абрамов, А. П. Региональные тарифы: панацея или иллюзия? / А. П. Абрамов // Железнодорожный транспорт. — 1992. — № 1. — С. 60–63.
11. Крейнин, А. В. Территориальная дифференциация грузовых тарифов / А. В. Крейнин, Л. А. Мазо, А. Л. Вольфсон // Железнодорожный транспорт. — 1992. — № 10. — С. 56–62.

Результаты системного подхода к анализу оценки уровня безопасности дорожного движения в округах и регионах России



А. М. Плотников,
д-р техн. наук, профессор-консультант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)



Д. О. Гурин,
соискатель, системный администратор управления информационных систем и технологий СПбГАСУ

Уровень безопасности дорожного движения в России многие годы выходит за рамки разумного. Существенно снизить число погибших от дорожно-транспортных происшествий в населенных пунктах позволяет системный подход к использованию знаний о научном потенциале цифровой оценки уровня безопасности дорожного движения на одноуровневых перекрестках дорог.

Одним из важнейших направлений внутренней политики Российской Федерации является решение задачи обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД). Задача ОБДД в стране системно влияет на смертность в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), определяющих социальный, материальный и демографический ущерб.

Анализ объективно-переменной информации, касающейся знаний о возможностях научного потенциала по ОБДД в существующей инфраструктуре дорожной среды с техническими средствами организации движения в округах и регионах России позволяет отсеивать избыточную часть, выделять основную, проводить оценку возможностей на допустимый уровень ОБДД и формировать альтернативы для принятия решений по достижению требуемого порога [1]. В комплексе этот процесс отражает суть системного подхода к анализу оценки уровня безопасности дорожного движения (БДД) в Федеральных округах (ФО) и регионах Российской Федерации.

В настоящее время в области БДД для ФО и регионов РФ характерны риски неконтролируемого роста автомобилизации населения и углубляющийся разрыв между темпами увеличения количества автомобилей и развития улично-дорожной сети (УДС).

В границах населенных пунктов в ФО и регионах нашей страны и вне их существует разнообразный удельный вес (вклад) в статистику ДТП с погибшими по сегментам комплекса: водитель-автомобиль-дорожная среда [2, 3]. Например, в Санкт-Петербурге дорожная

среда ограничивается пределами городской улично-дорожной сети. При этом, в Санкт-Петербурге и ему подобных на УДС, генерирующих места концентрации ДТП, удельный вес погибших в их населенных пунктах может достигать 100 % от общей смертности в городе.

Подтверждает изложенное многолетняя статистика ДТП в Санкт-Петербурге, получаемая от Управления ГИБДД ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области, где перечень основных мест концентрации ДТП с погибшими на УДС состоит только из адресов улиц, фиксирующих Х- и Т-образные одноуровневые регулируемые и нерегулируемые светофорной сигнализацией перекрестки (ОРП и ОНП) [4–6].

Регионы в ФО, подобные Ленинградской области, кроме ДТП с погибшими в их населенных пунктах на ОРП и ОНП в границах УДС, имеют еще и вклад от ДТП вне населенных пунктов с различным удельным весом числа погибших по местам их концентрации и причинам смертности. Долевая часть погибших (вне населенных пунктов, формируемая на перегонах дорог между соседними населенными пунктами) равна разности между общим числом погибших в конкретном регионе и в населенных пунктах этого региона. Однако ДТП вне населенных пунктов в этой статье не исследуются.

На снижение общего числа ДТП на дорогах направлены «Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы» (утвержденная Распоряжением Правительства РФ № 1-р от 8 января 2018 г.) и Указ Президента Российской Феде-

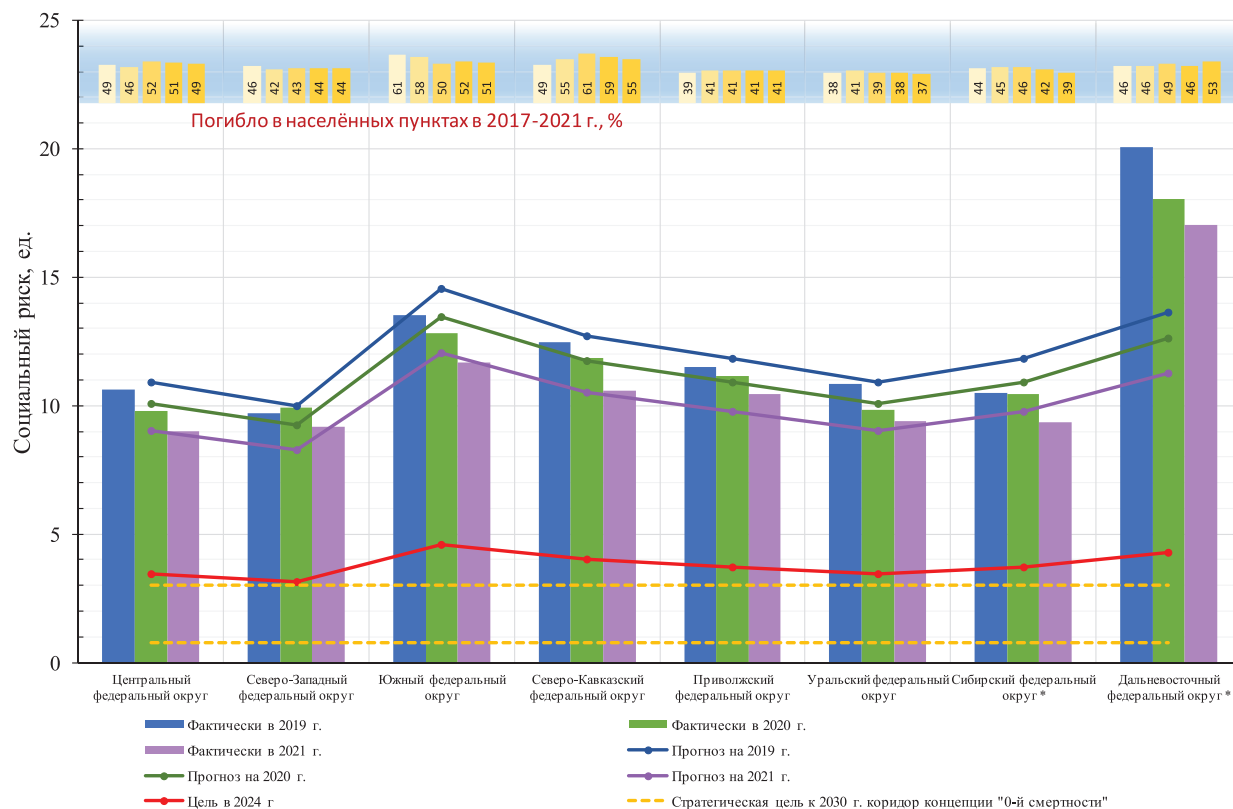


Рис. 1. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в восьми ФО Российской Федерации: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

рации № 204 от 07.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.» с программой «Безопасные и качественные автомобильные дороги». В стратегии БДД определены конкретные целевые задачи: тактическая — достичь до 2024 г. уровень «социального риска» с погибшими не более четырех на 100 тыс. населения и стратегическая — выйти на «нулевую смертность» в дорожно-транспортных происшествиях к 2030 г.

Постановление Правительства Российской Федерации № 1288 от 31.10.2018 г. «Об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации» прогнозирует и конкретизирует для каждого субъекта страны сокращение числа очагов аварийности в 2 раза и снижение уровня смертности в 3,5 раза к 2024 г. с коэффициентами снижения по годам относительно 2017 г.

На рис. 1 представлен системный подход к анализу оценки уровня БДД в восьми ФО по следующим целям: тактической — к 2024 г. (красная линия), стратегической — к 2030 г. с интервалом ее коридора (желтый пунктир), прогнозным (цветные линии), фактическим социальным рискам с погибшими на 100 тыс. населения (цветные столбцы) в период 2019–2021 г., с используемой информацией распределения доли

погибших в населенных пунктах за 2017–2021 г. (%), представленной в виде мини-диаграмм, столбцами верхней строки (желтый цвет).

Системный подход к анализу оценки уровня БДД в ФО базируется на предложенном выше разделении мест ДТП без учета погибших вне населенных пунктов и информации ежегодной статистики аварийности в ДТП на дорогах России Главного управления по обеспечению БДД Министерства внутренних дел РФ [7].

Темпы снижения социального риска, демонстрируемые на рис. 1, оставляют желать лучшего. Если в 2019 г. практически все ФО давали фактические показатели социального риска с погибшими лучше прогнозного значения, то уже по итогам 2021 г. во многих из них реальная величина социального риска оказалась больше (хуже) прогнозного. Это говорит о неиспользовании знаний о научном потенциале возможностей от информации по цифровой диагностике реального состояния оценок уровня БДД на ОРП и ОНП в ФО и их регионах.

Особняком стоит Дальневосточный ФО, где показатели социального риска экстремально высокие и значительно больше прогнозных значений, предусмотренных Федеральной программой БДД в Российской Федерации на 2018–2024 гг. Пунктирными желтыми

линиями обозначена стратегическая цель, представленная цифровым коридором 0,75–3 ед. [4–6] для концепции «0-й смертности». Войти в коридор с «0-й смертностью» на уровне тактической цели к 2024 г. (красная линия) не удастся ни одному из ФО, но некоторые из них приближаются к этой цели.

При этом резерв для повышения оценки уровня БДД скрыт в информационном распределении каждого столбца мини-диаграммы верхней строки (рис. 1), где дана динамика изменений с погибшими в населенных пунктах в 2017–2021 гг. от общего количества погибших в ФО.

Вскрыть и применять резерв БДД в каждом ФО способна суверенитетная «Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов» [5, 6]. Ее математический и понятийный аппараты позволяют проводить малозатратную диагностику цифровой оценки уровней требований к безопасности движения (УТБД) в формализованных и визуализированных моделях схем организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ), для действующих (модернизированных или разработанных) в их X- и T-образных ОРП и ОНП на дорогах в ФО и регионах — по Правилам дорожного движения в регионах России и в рамках нор-

матива безопасности движения ОДМ 218.4.005–2010 [8–11].

Цель диагностики — дать руководителям ФО и регионов страны информацию знаний (и возможностей) о (от) научно-обоснованном (ого) потенциале (а) цифровой оценки уровня БДД в действующих ОРП и ОНП, полученных от инвентаризации (аудита) и ранжирования их эквивалентных цифровых оценок УТБД в соответствующих формализованных и визуализированных моделях СОД с КЗ, разработанных по «Методологии...» с инновационными технологиями [12–14].

Ранжированные оценки УТБД позволяют сравнить их с пороговым значением (≤ 12 ед.) на допустимость и паспортизировать. Если же оценки УТБД превышают 12 ед., то необходимо совершенствовать модели СОД с КЗ путем минимизации в них КЗ. «Методология...» с ее когнитивными возможностями минимизации конфликтов в моделях СОД с КЗ на их ОРП и ОНП универсальна для управления уровнем БДД во всех ФО и регионах Российской Федерации и может служить обоснованием для тактического (до 2024 г.) и стратегического (до 2030 г.) планирования материальных затрат на необходимую реконструкцию инфраструктуры ОРП и ОНП.

Например, теоретически «Методология...» способна уменьшать число

погибших в ДТП на УДС во всех ФО до нуля, на величины данных рис. 1 в долях «погибли в населенных пунктах в 2017–2021 гг.,%» за 2021 г.: 49, 44, 51, 55, 41, 37, 39, 53 — обнулить эти цифры.

На рис. 2–9 представлен системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах восьми ФО, открывающий возможные их резервы в снижении ДТП. Визуальный анализ прогнозных оценок уровня БДД по регионам демонстрирует их разные возможности выполнить Постановление Правительства Российской Федерации № 1288: достичь целевого уровня социального риска с погибшими в 2024 г. — не более 4 погибших на 100 тыс. населения (красные линии).

Например, в региональных областях Центрального ФО, согласно рис. 2, во Владимирской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Рязанской, Тверской и Тульской достичь целевого уровня социального риска с погибшими не удастся. Аналогичную конкретику с другими регионами, не достигающими цель до 4 погибших, видно из рис. 3–9.

Одновременно на рис. 2–9 демонстрируются и успешные прогнозы по регионам в решении не только тактической задачи по достижению прогнозных оценок социального риска с погибшими в 2024 г., но и стратегической задачи с досрочным в 2024 г. приближением или вхождением в область

ее достижения к 2030 г. с коридором (0,75–3 ед.) концепции «0-й смертности». К регионам-«досрочникам» относятся: Белгородская, Ивановская и Костромская области, г. Москва, Республика Коми, Астраханская область, г. Севастополь, Вологодская, Калининградская и Мурманская области, г. Санкт-Петербург, Ненецкий автономный округ, Чеченская республика, Астраханская область, Республика Татарстан, Свердловская и Челябинская области, Ямало-Ненецкий автономный округ, Кемеровская, Новосибирская, Омская и Томская области, Хабаровский край, Чукотский автономный округ.

Системно анализируемые регионы ФО, в которые входят города со статусом федерального значения: Москва (см. рис. 2), Санкт-Петербург (см. рис. 3) и Севастополь (см. рис. 4), демонстрируют возможность двум столицам досрочно в 2024 г. войти в коридор концепции «0-й смертности», а Севастополю только приблизиться к нему. При этом все три города демонстрируют особо высокие концентрации погибших в пределах населенных пунктов в 2017–2021 гг., которые представлены на рис. 2–4 в виде мини-диаграмм столбцами верхних строк, дающих соответствующие усредненные за 5 лет значения: 97, 77, 96, 45 и 99% от общего числа погибших на ОРП и ОНП, работающих на УДС в Москве, Санкт-Петербурге и Севастополе.

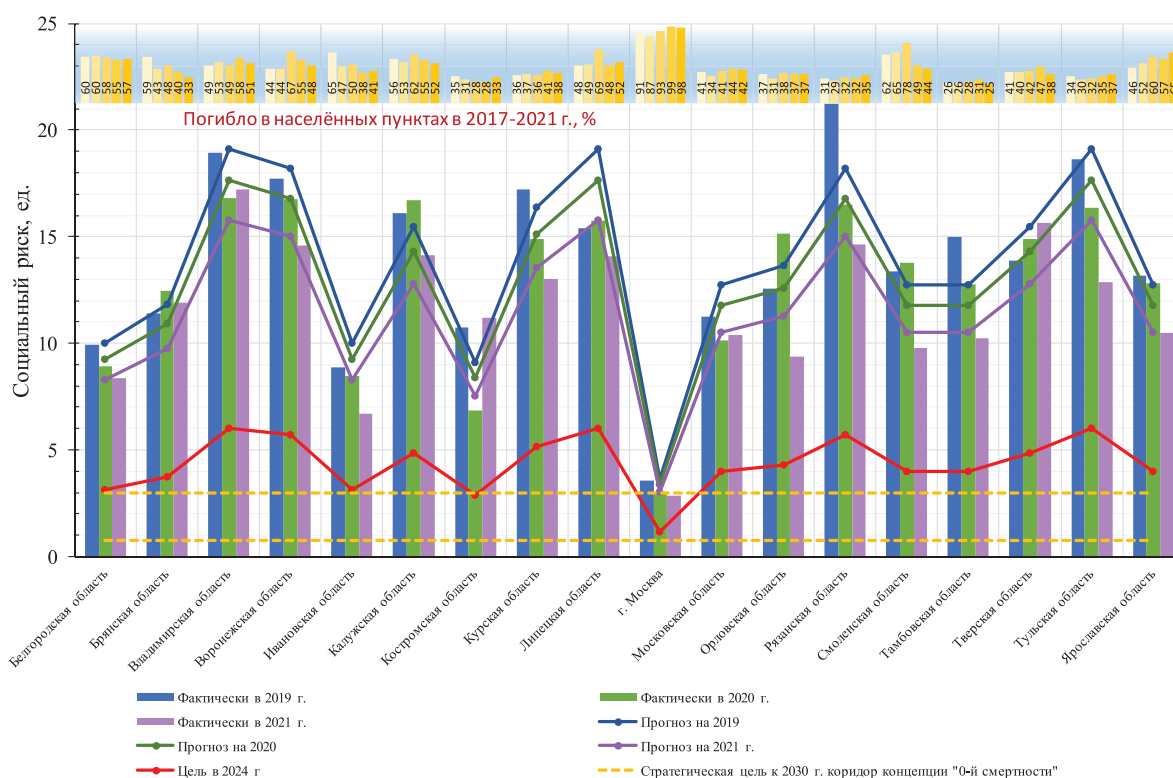


Рис. 2. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Центрального ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

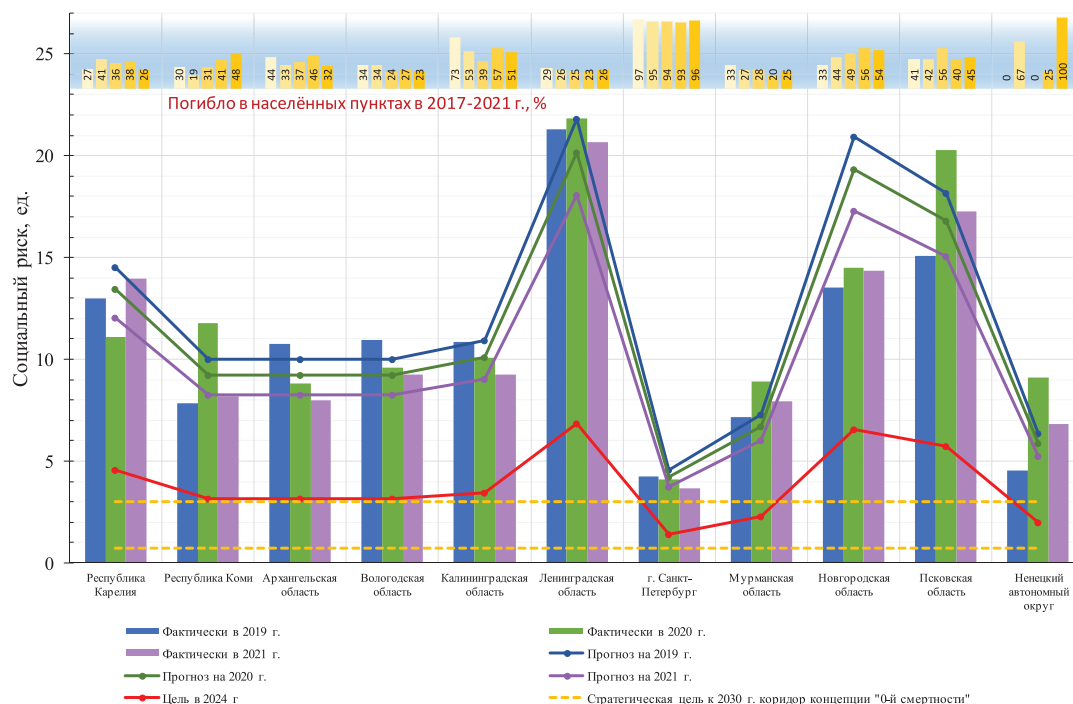


Рис. 3. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Северо-Западного ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

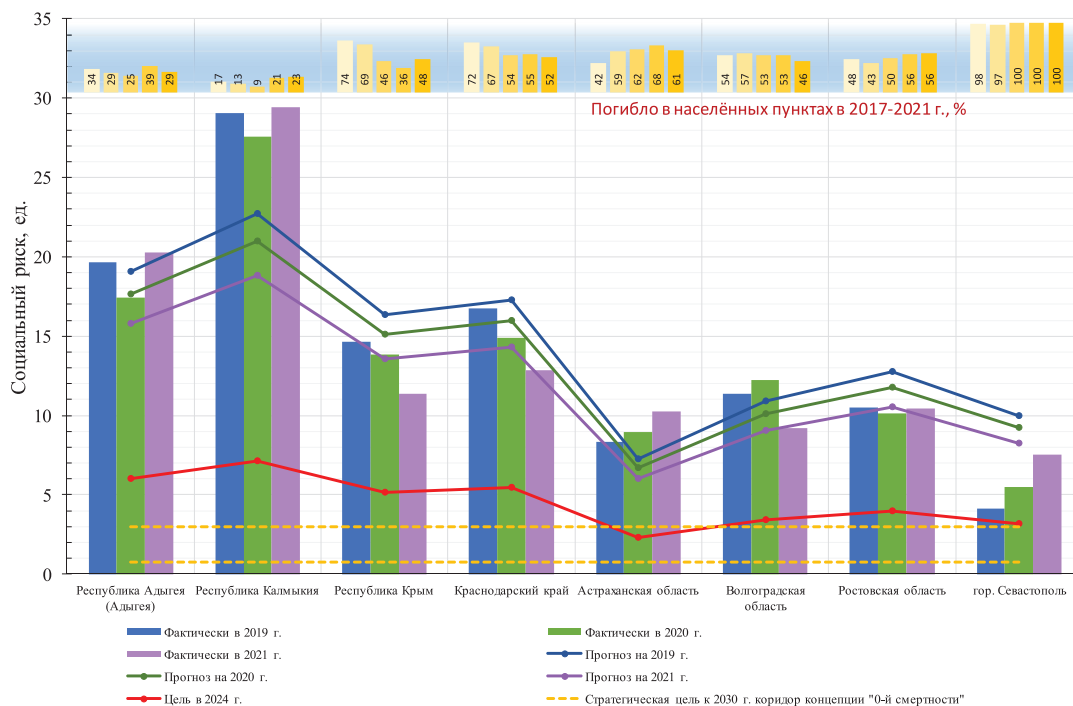


Рис. 4. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Южного ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

Например, статистика мест концентрации ДТП на УДС в мегаполисе Санкт-Петербург от Управления ГИБДД ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области содержит только перечень адресов ОРП, ОНП (редко и пешеходных переходов), на которых за 2017–2021 гг. число погибших в абсолютных и относительных единицах имеет соответствующий вид: 2017 г. — 232 чел. и 97%; 2018 г. — 227 чел. и 95%; 2019 г. — 227 чел. и 94%; 2020 г. — 354 чел. и 93%; 2021 г. — 197 чел. и 96%. Эта статистика

дает хорошее совпадение с распределением погибших в населенных пунктах в 2017–2021 гг. для Санкт-Петербурга (см. рис. 3) и подтверждает, что основные места концентрации ДТП в мегаполисе сосредоточены в границах УДС на ОРП и ОНП.

Поэтому, если на базе методологического аппарата [5, 6, 10], в форс-мажоре рассчитать для всей УДС в Санкт-Петербурге существующие цифровые оценки УТБД в моделях СОД с КЗ на их ОРП и ОНП, то полученные знания о на-

учном потенциале ранжированных оценок УТБД позволят управлять снижением на рис. 3 численностью погибших в населенных пунктах в 2017–2021 гг. от существующей величины среднего их значения 96,45% — вплоть до нуля.

Социально-экономический ущерб от ДТП, например, в 2021 г. на УДС в Санкт-Петербурге от гибели 197 чел. составил около 1,82 млрд руб. (9,258 млн руб. × 197 чел. ≈ 1,82 млрд руб.). Расчет ущерба от ДТП использует ОДМ 218.4.004–2009 («Руководство по уstra-

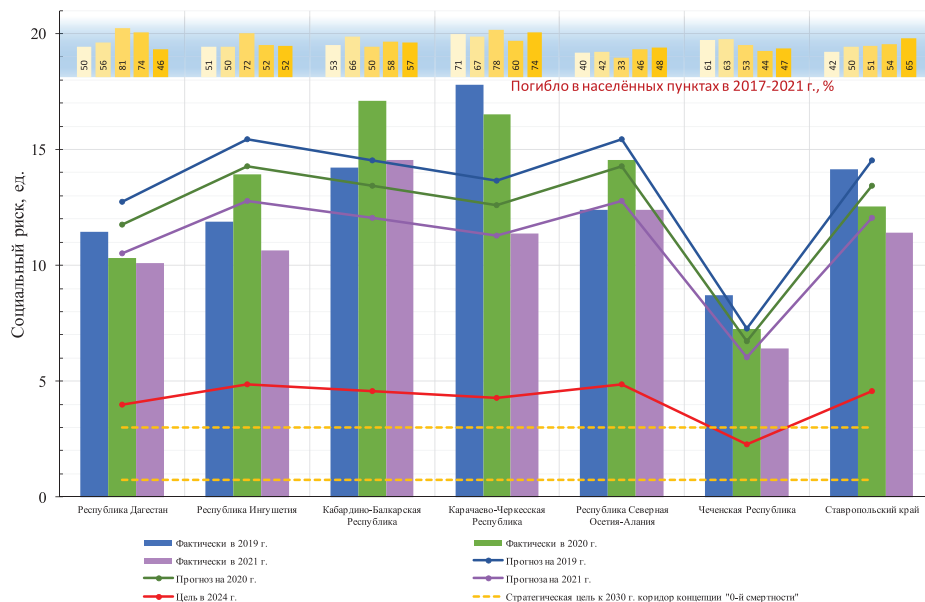


Рис. 5. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Северо-Кавказского ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

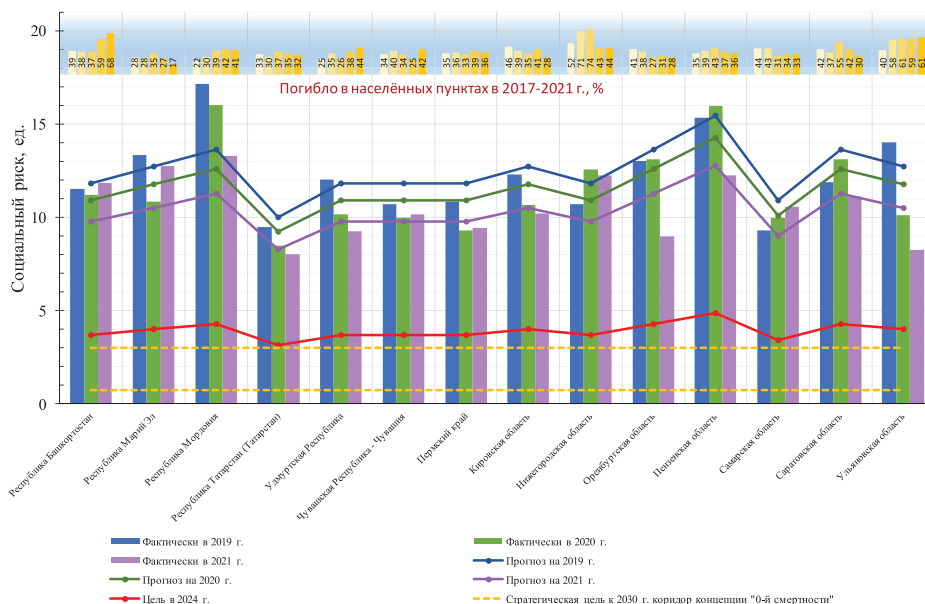


Рис. 6. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Приволжского ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

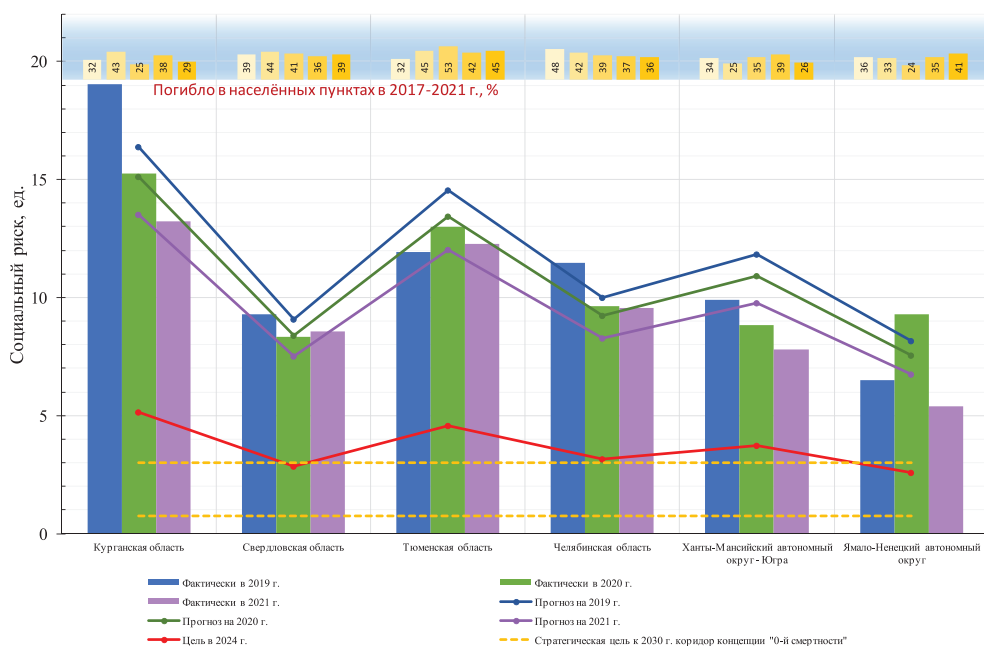


Рис. 7. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Уральского ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

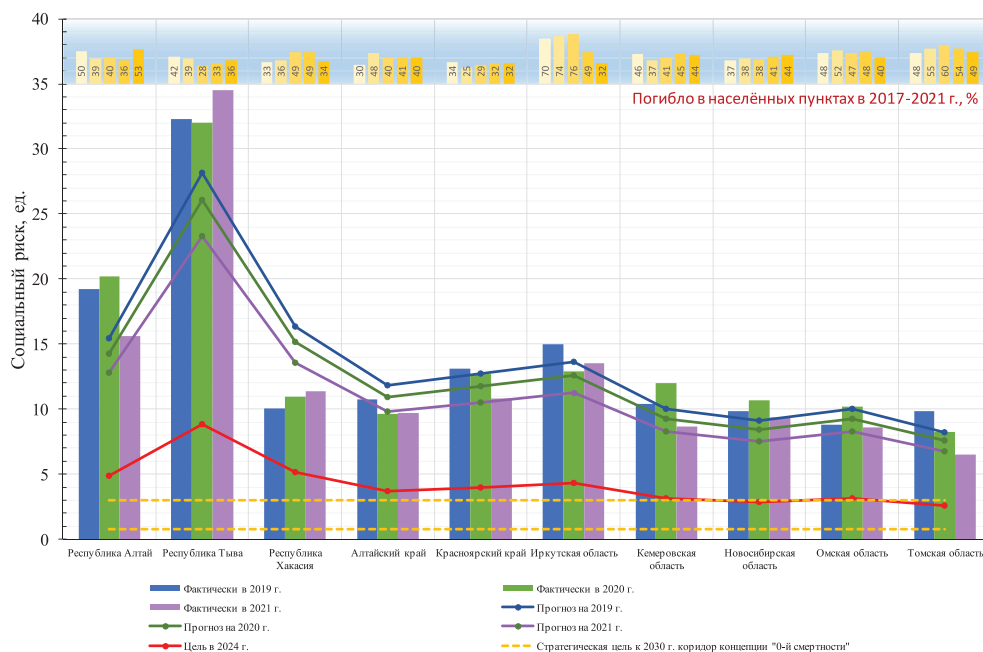


Рис. 8. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Сибирского ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска



Рис. 9. Системный подход к анализу оценки уровня БДД в регионах Дальневосточного ФО: сравнение спрогнозированного и фактического социального риска

нению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог», где рекомендуемый (из табл. 10.4 указанного отраслевого дорожного методического документа) ущерб от ДТП составляет (млн руб.): при гибели человека — 9,258; при ранении человека — 0,282; при гибели ребенка — 11,200.

Системный подход к анализу знаний о научном потенциале диагностических оценок УТБД в моделях СОД с КЗ на их ОРП и ОНП позволяет управлять снижением численности погибших на рис. 2 и 4 в Москве и Севастополе, как изложено для Санкт-Петербурга.

При этом «Приоритет безопасности дорожного движения по отношению к потерям времени (задержкам) при движении транспортных средств и (или) пешеходов», поставленный статьей 2 с п. 3 в Федеральном законе от 29.12.2017 г. № 443-ФЗ (ред. от 11.06.2021 г. и 01.07.2021 г.) «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» однозначно способствует решению задачи повышения уровня оценок БДД, что и способен осуществлять их эквивалент оценки УТБД в моделях СОД с КЗ, используемых на ОРП и ОНП дорог во всех регионах ФО.

В настоящее время поправка Федерального закона № 443-ФЗ успешно внедряется в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в целях достижения требуемых Постановлением Правительства Российской Федерации № 1288, что и визуализирует рис. 3 красной линией. Тактической целью к 2024 г. для Санкт-Петербурга и Ленинградской области является достижение соответствующих уровней «социального риска» с погибшими на 100 тыс. населения (т.е. уровней смертности): 1,43 и 6,85 чел., относительно уровней смертности в 2017 г.: 5 и 24 чел.

Для Ленинградской области и подобных ей регионов ФО, представлен-

ных на рис. 2–9, достижение плановых показателей требует, кроме необходимого использования на первых этапах системного подхода к использованию знаний о научном потенциале диагностической цифровой оценки УТБД в местах концентрации ДТП на ОРП и ОНП по их формализованным и визуализированным моделям СОД с КЗ, еще и разработку специальной методики с исследованием и систематизацией причин ДТП с рекомендациями их ликвидации на дорогах вне населенных пунктов.

Например, для Кабардино-Балкарской Республики (КБР), входящей в Северо-Кавказский ФО, относительный показатель «социального риска» с погибшими на 100 тыс. населения со значением 16 человек за 2017 г., которое необходимо снизить до 4,57 чел., что и продемонстрировано красной линией на рис. 5. Однако это не решает задачу «Стратегии БДД в Российской Федерации на 2018–2024 годы», где показатель социального риска с погибшими не более 4 чел. Для успешного решения народно-хозяйственной задачи с намеченными целевыми показателями необходимо объединить потенциал науки (СПбГАСУ [5, 6]) и производства (ООО «Элсистер», КБР, г. Нарткала, [15]) в целях практического внедрения ее не только в КБР, но и во всех других регионах страны.

* * *

Драйвером в решении задачи существенного (в широком диапазоне вплоть до уровня «0-й смертности») снижения смертности населения от ДТП в населенных пунктах в ФО и регионах Российской Федерации служат знания о научном потенциале цифровой оценки БДД, полученные малозатратной диагностикой цифровых уровней требований к безопасности движения (УТБД) с мест концентрации ДТП на ОРП и ОНП по их действующим формализованным и визуализированным моделям СОД с КЗ в указанных населенных пунктах.

Результаты малозатратной диагностики в виде ранжированных оценок УТБД должны быть доступны для органов государственной власти населенных пунктов в ФО и регионах России, поскольку они открывают возможности для тактического и стратегического планирования мероприятий по достижению заданных показателей смертности в ДТП на одноуровневых пересечениях дорог до 2024 г., вплоть до «0-й смертности» в 2030 г.

Малозатратная диагностика цифровых оценок УТБД по формализованным и визуализированным моделям СОД с КЗ на их ОРП и ОНП в населенных пунктах Российской Федерации не требует трудоемких затрат для получения информации об интенсивности движения транспортно-пешеходных потоков в полевых условиях, как это регламентировано ГОСТ Р 52289–2019 (см. раздел 7.2.14, условия 1–4).

Для создания динамического механизма по существенному снижению числа ДТП в населенных пунктах России при решении задач «Стратегии БДД в Российской Федерации на 2018–2024 годы» необходимо:

- регулярно, например, один раз в три года проводить плановую малозатратную диагностическую инвентаризацию (аудит) с проверкой цифровых оценок УТБД в моделях СОД с КЗ, действующих на их ОРП и ОНП, которые генерируют места концентрации ДТП;
- паспорттировать допустимые по нормативам оценки УТБД с внесением их в документацию по эксплуатации ОРП и ОНП.

Литература

1. Стабин, И.П. Автоматизированный системный анализ / И.П. Стабин, И.С. Моисеев. — М.: Машиностроение, 1984. — 312 с.
2. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасев. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. — 279 с.
3. Плотников, А.М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках: учеб. пособие для вузов / А.М. Плотников. — СПб.: Нестор-История, 2010. — 110 с.
4. Плотников, А.М. Цифровая диагностика оценки социального риска с погибшими на одноуровневых пересечениях дорог в России / А.М. Плотников, Д.О. Гурин, М.Р. Васюхин // Вестник гражданских инженеров. — СПб., 2021. — № 2 (85). — С. 232–239.
5. Плотников, А.М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов: дис. д-ра техн. наук, специальность 05.22.10 / А.М. Плотников. — СПб.: С.-Петерб. гос. архитектурно-строительный ун-т

(СПбГАСУ), 2016. — 475 с. — <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/plotnikov-anatoliy-mihaylovich>

6. Плотников, А.М. Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках (Теория и практика) / А.М. Плотников. — СПб.: ООО «Экспертные решения», 2014. — 404 с.
7. Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации. ГИБДД МВД России. — <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 1 апреля 2022 г.).
8. Плотников, А.М. О текущих результатах деятельности по достижению целевого уровня безопасности дорожного движения в регионах России / А.М. Плотников, С.В. Жанказиев, Д.О. Гурин // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 5 (84). — С. 45–49.
9. Плотников, А.М. Методика оценки безопасности дорожного движения на одноуровневых пересечениях дорог / А.М. Плотников // Вестн. гражданских инженеров. — СПб., 2018. — № 6 (71). — С. 201–207.
10. Плотников, А.М. Искусственный интеллект в цифровой оценке организации и безопасности движения на одноуровневых перекрестках / А.М. Плотников // Вестн. науки и образования Северо-Запада России. — 2022. — Т. 8. — № 1. — С. 1–12.
11. Плотников, А.М. Расчетная оценка безопасности движения на одноуровневых пересечениях дорог / А.М. Плотников, Д.О. Баландин // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 2 (81). — С. 36–39.
12. Плотников, А.М. Методология оценки безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях / А.М. Плотников // Вестн. гражданских инженеров (СПб.). — 2016. — № 3 (56). — С. 227–232.
13. Плотников, А.М. Патент на изобретение № 2486599 РФ. Способ регулирования транспортных потоков на перекрестке / А.М. Плотников, П.А. Кравченко, М.А. Плотников. — Заяв. и опубл. 27.06.2013. — Бюл. № 18.
14. Плотников, А.М. Патент на полезную модель № 159669 РФ. Система автоматического управления дорожным движением на одноуровневом регулируемом перекрестке / А.М. Плотников. — Заяв. и опубл. 20.02.2016. — Бюл. № 5.
15. Плотников, А.М. Автоматизированная система управления дорожным движением «Мегаполис»: учеб. пособие / А.М. Плотников, Р.М. Архестов. — СПб.: СПбГАСУ, 2021. — 112 с.

Повышение эффективности эксплуатации колесных пар подвижного состава



О. С. Валинский,
профессор кафедры
«Электрическая
тяга» ФГБ ОУ ВО
«Петербургский
государственный
университет путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
заместитель
генерального
директора — начальник
дирекции тяги
ОАО «РЖД»



А. А. Воробьев,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
«Наземные транспортно-
технологические
комплексы» ПГУПС



И. В. Федоров,
старший преподаватель
кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ПГУПС



О. А. Конограй,
старший преподаватель
кафедры «Логистика
и коммерческая работа»
ПГУПС



Э. Ю. Чистяков,
старший преподаватель
кафедры «Строительные
материалы и технологии»
ПГУПС

Важной актуальной задачей на российских железных дорогах является увеличение срока службы колесных пар вагонов. Разработанные мероприятия позволят это сделать без ущерба для безопасности движения поездов и дополнительных затрат, но потребуют внесения изменений в нормативно-правовую базу.

Введение

На пространстве колеи 1520 мм наблюдается острый дефицит колес подвижного состава, который связан прежде всего с их низким фактическим сроком службы. Частые обточка по причине дефектов поверхности катания, в частности, износа гребня, при запрете на наплавку гребней быстро делают толщину обода колеса ниже допустимой величины, и колесо списывается [1]. Как показывают проведенные в соответствии с ГОСТ 33783–2016 [2] расчеты, ресурс колеса, определяемый согласно требованиям ТР ТС 001/2011 [3], по моменту образования трещин в 3–5 раз ниже фактического срока службы колеса, обусловленного износом и контактно-усталостными повреждениями (выщербинами) элементов поверхности катания колеса [4, 5].

Для повышения ресурса колес целесообразно рассмотреть несколько достаточно простых мероприятий, которые возможно реализовать без существенных затрат. Это использование колес, изготовленных из стали Л под грузовыми вагонами и измерение толщины обода колеса вне зон выщербин.

Использование колес, изготовленных из стали Л, под грузовыми вагонами

Для грузовых вагонов в соответствии с ГОСТ 10791–2011 [6] применяются колеса, изготавливаемые из сталей 2 и Т, для пассажирских — из сталей 1, 2, Л. В последние годы сталь Л стала основной для изготовления колес пассажирских вагонов. При этом использо-

вание колес из стали Л под грузовыми вагонами ГОСТ 10791–2011 не предусматривает.

Согласно РД ВНИИЖТ 27.05.01–2017 [7], минимальная толщина обода колеса грузового вагона в эксплуатации должна составлять не менее 22 мм, а для пассажирского — согласно «Руководящему документу по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм» [8] данная величина должна быть не менее 30 мм. Колеса пассажирских вагонов из стали марки 2 с толщиной обода менее 30 мм могут применяться для грузовых вагонов, а колеса из стали марки Л приходится списывать, так как их использовать под грузовыми вагонами не представляется возможным.

В соответствии с ГОСТ 10791–2011 механические характеристики колес из стали марки Л выше, чем из стали марки 2. Также и исследования, проведенные кафедрой «Наземные транспортно-технологические комплексы» ПГУПС [9], показали, что характеристики сопротивления абразивному изнашиванию у стали марки Л выше, чем у стали марки 2. По характеристикам сопротивления контактной усталости (стойкости против образования выщербин) сталь марки Л превосходит колесные стали марок 2 и Т. То есть сталь Л имеет лучшие из всех колесных сталей параметры сопротивления контактной усталости, что весьма важно, так как наряду с износом гребня возрастает количество отцепок вагонов по дефекту типа «выщербина». При этом колеса из

стали марки 2 с худшими, чем у колес из стали марки Л, характеристиками можно использовать под грузовыми вагонами.

Таким образом, технических препятствий для применения колес из стали марки Л под грузовыми вагонами не существует. Имеется только формальная причина, определяемая ГОСТ 10791–2011. Представляется целесообразным внести в этот ГОСТ и РД ВНИИЖТ 27.05.01–2017 изменения и разрешить использование колес из стали марки Л для грузовых вагонов с осевой нагрузкой не более 23,5 тс.

Измерение толщины обода колеса вне зоны выщербины

На поверхностях катания колес железнодорожного подвижного состава часто появляются дефекты в виде откола кусочков металла, называемые «выщербины» (рис. 1). Они имеют различное происхождение, в основном это дефекты контактно-усталостного происхождения [5].

В отличие от износа колес из-за истирания, который происходит на поверхности и сопровождается образованием мелких пылевидных частиц износа, выщербина образуется вследствие развития усталостной трещины, возникающей на глубине 4–6 мм под поверхностью катания, которая распространяется в направлении поверхности катания и приводит к отколу значительного куска металла.



Рис. 1. Выщербина на поверхности катания колеса

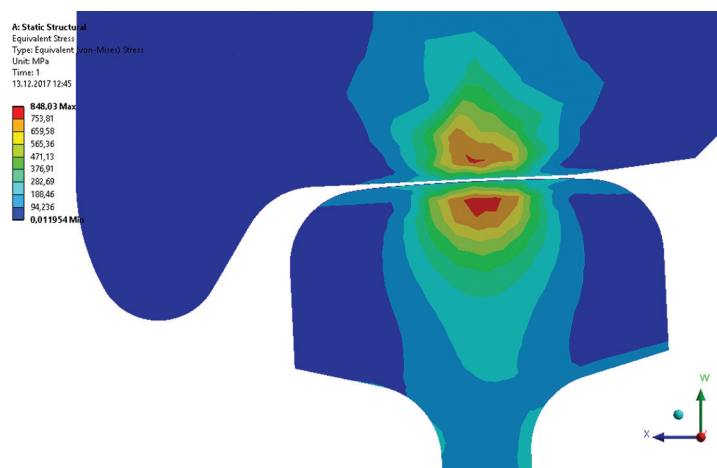


Рис. 2. Распределение эквивалентных напряжений в контакте «колесо – рельс»

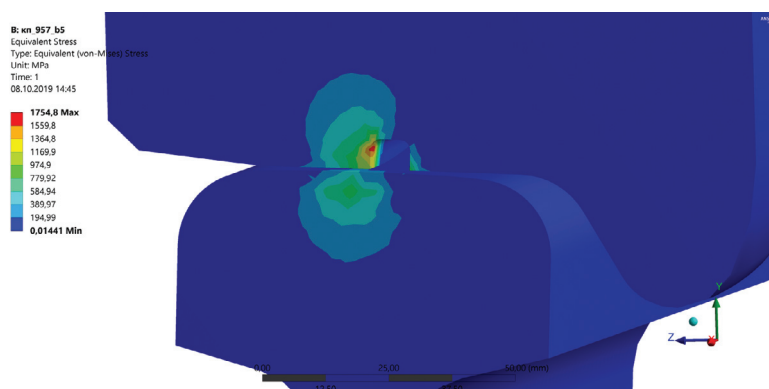


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в колесе с номинальной толщиной обода и выщербиной глубиной 6 мм

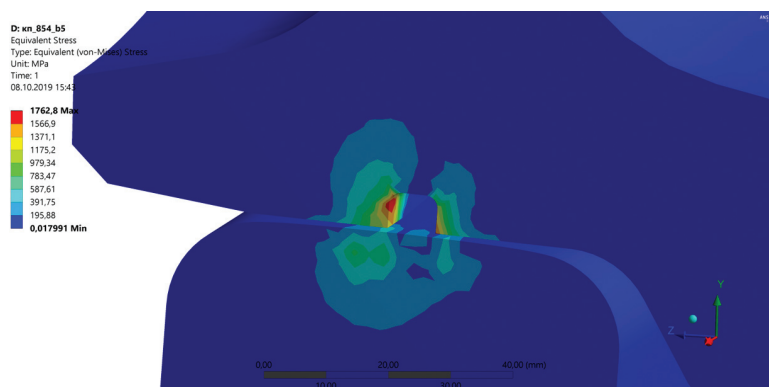


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений в колесе с минимальной толщиной обода 22 мм и выщербиной глубиной 6 мм

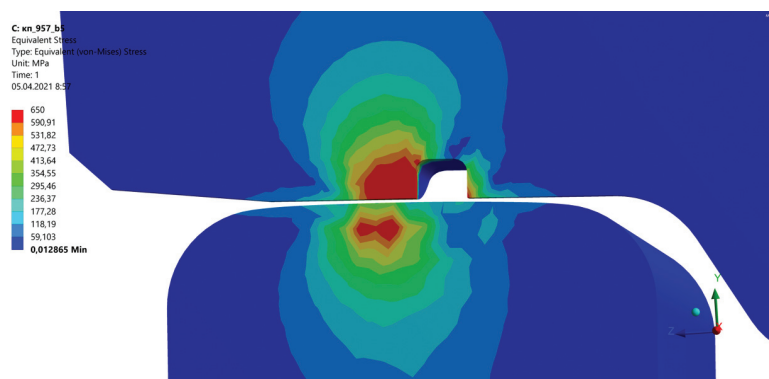


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений в колесе с номинальной толщиной обода и выщербиной глубиной 6 мм при учете пластических деформаций

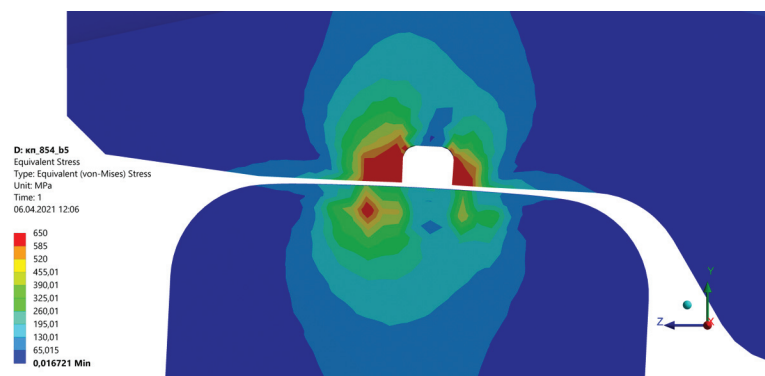


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений в колесе с минимальной толщиной обода 22 мм и выщербиной глубиной 6 мм при учете пластических деформаций

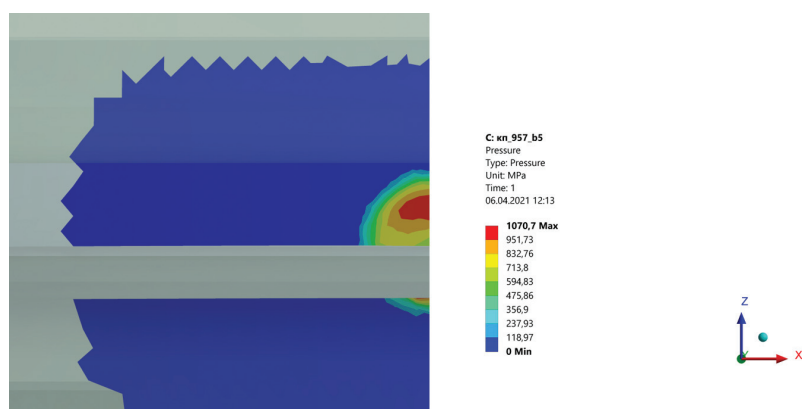


Рис. 7. Распределение контактных давлений в системе «колесо — рельс» для колеса с номинальной толщиной обода и выщербиной глубиной 6 мм при учете пластических деформаций

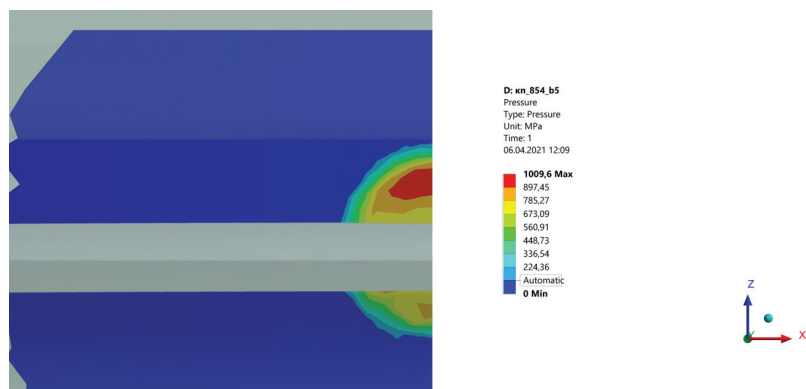


Рис. 8. Распределение контактных давлений в системе «колесо — рельс» для колеса с минимальной толщиной обода 22 мм и выщербиной глубиной 6 мм при учете пластических деформаций

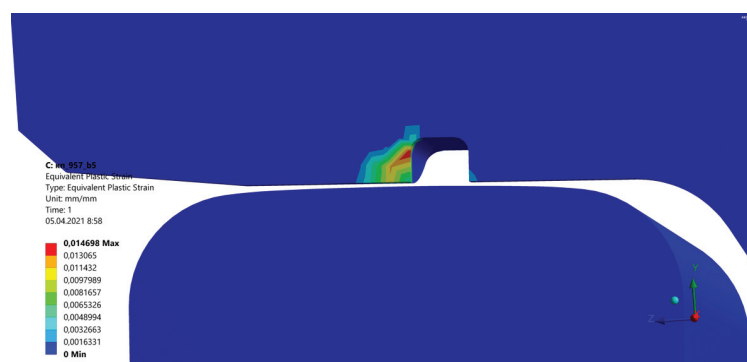


Рис. 9. Распределение пластических деформаций в колесе с номинальной толщиной обода и выщербиной глубиной 6 мм

На глубине 4–6 мм под поверхностью катания действуют максимальные эквивалентные напряжения, которые способствуют накоплению усталостных повреждений в структуре материала и вызывают образование усталостной трещины, дающей при развитии выщербину. Максимальные давления реализуются на поверхности, но максимальные эквивалентные напряжения действуют под поверхностью (рис. 2).

Наличие выщербины изменяет распределение напряжений и давлений в контакте «колесо — рельс». Образуется П-образный профиль поверхности катания, что приводит к существенному увеличению напряжений и давлений в системе «колесо — рельс» [10].

Распределение условных упругих эквивалентных напряжений (определяемых по теории Мизеса) у колеса с номинальной толщиной обода при наличии выщербины глубиной 6 мм показано на рис. 3, у колеса с минимально допустимой толщиной обода 22 мм — на рис. 4.

Как видно из рисунков, условные упругие напряжения в зоне выщербины при номинальной толщине обода составляют 1754 МПа, а при толщине обода 22 мм — 1752 МПа, то есть напряжения в зоне выщербины от толщины обода практически не зависят. Контактные давления в системе «колесо — рельс» с учетом выщербины при толщине номинальной толщины обода составляют 1346 МПа, при минимальной толщине обода 22 мм — 1617 МПа.

Вертикальная нагрузка на колесо при расчетах принималась 0,621 от осевой нагрузки [11], равной 23,5 тс (максимально допустимой нагрузки на ось для колесных пар с колесами, имеющими плоский конический диск).

Так как напряжения в зоне выщербины существенно превышают предел текучести колесной стали, был произведен более точный, чем в работе [10] расчет напряжений и давлений в системе «колесо — рельс» с учетом пластических деформаций. Расчет производился методом конечных элементов [12, 13] с использованием пакета прикладных программ Ansys Workbench. При этом принималось, что поведение материала колеса описывается диаграммой Прандтля [14]. Предел текучести колесной стали принимался равным 650 МПа.

Распределение эквивалентных напряжений, определяемых по теории

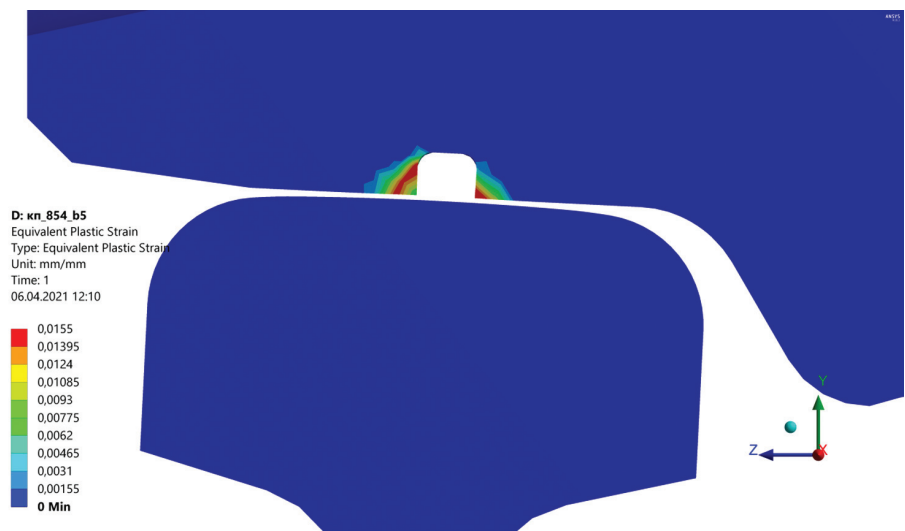


Рис. 10. Распределение пластических деформаций в колесе с минимальной толщиной обода 22 мм и выщербиной глубиной 6 мм

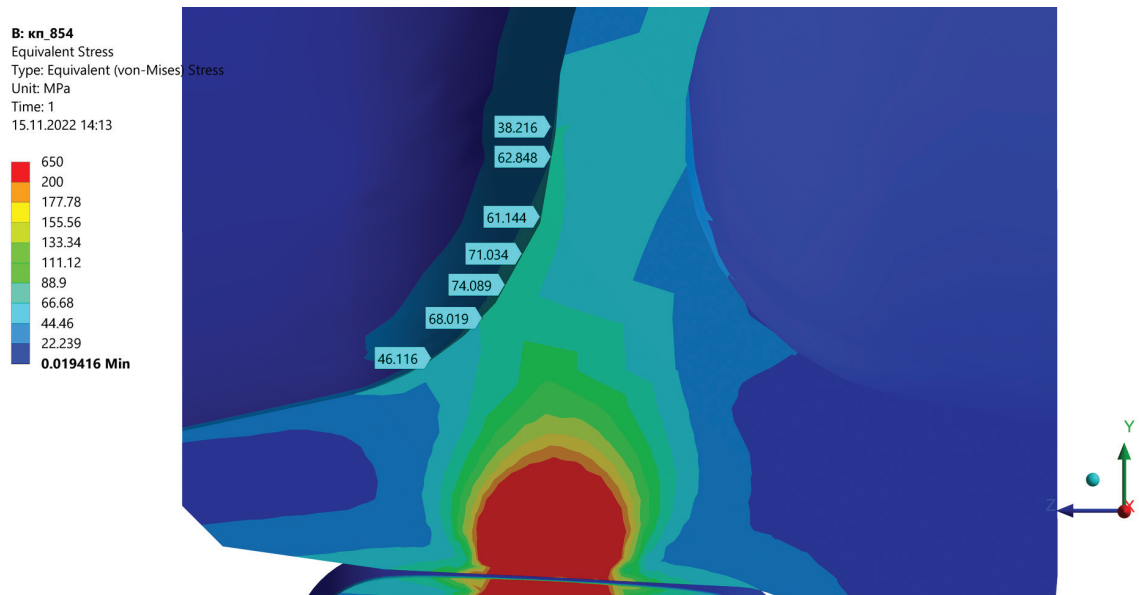


Рис. 11. Распределение эквивалентных напряжения в зоне перехода от диска к ободу колеса при отсутствии выщербины

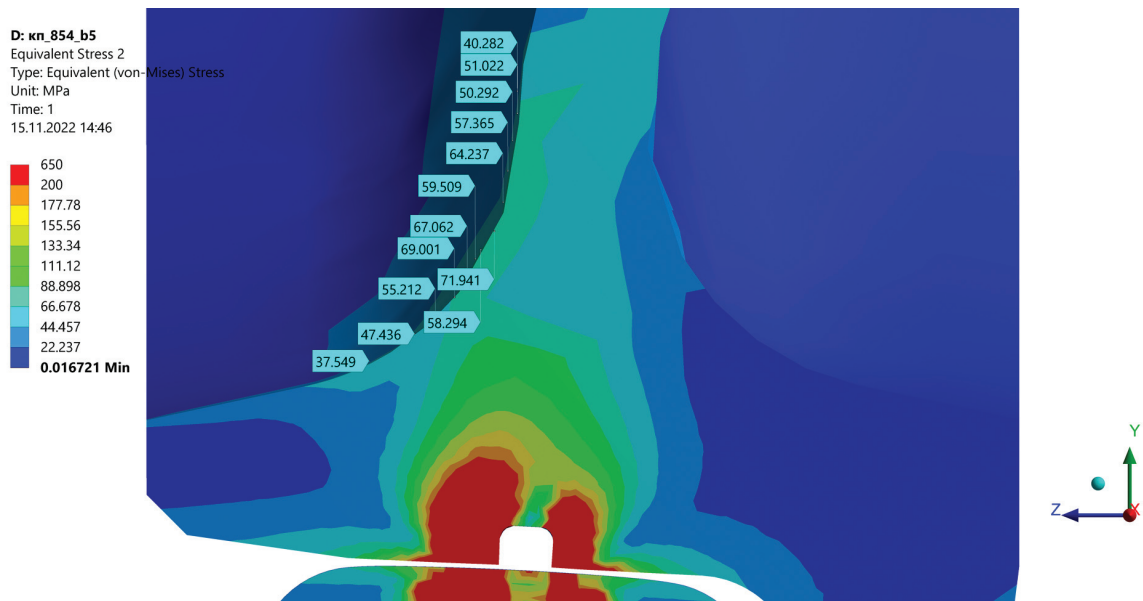


Рис. 12. Распределение эквивалентных напряжения в зоне перехода от диска к ободу колеса при наличии выщербины

Мизеса, в зоне контакта колеса и рельса с учетом выщербины при учете пластических деформаций для колеса с номинальной толщиной обода показано на рис. 5, для колеса с минимальной толщиной обода 22 мм — на рис. 6. Распределение контактных давлений для колеса с номинальной толщиной обода иллюстрирует рис. 7, для колеса с минимальной толщиной обода — рис. 8. Распределение пластических деформаций в зоне контакта приведено на рис. 9 и 10.

Как видно из рис. 5 и 6, максимальные эквивалентные напряжения по теории Мизеса в зоне контакта колеса и рельса достигают 650 МПа (величины предела текучести материала), максимальные контактные давления в системе «колесо — рельс» для колеса с номинальной толщиной обода составляют 1070 МПа, а для колеса с минимальной толщиной обода 22 мм — 1009 МПа. Максимальные пластические деформации в зоне выщербины для колеса с номинальной толщиной обода составляют 0.0147 (1,47%), для колеса с минимальной толщиной обода — 0.0155 (1,55%).

Таким образом, можно сделать вывод, что эквивалентные напряжения, контактные давления и пластические деформации в зоне контакта колеса и рельса при наличии выщербины у колес с номинальной и минимальной толщинами обода практически совпадают. Влияние выщербины распространяется на незначительную область колеса обода в районе выщербины.

В процессе эксплуатации колеса глубина выщербины на поверхности катания становится меньше из-за износа поверхности катания, что понижает влияние выщербины на напряжения и давления в системе «колесо — рельс».

Усталостная прочность колес, в соответствии с [11], оценивается по зоне перехода от диска к ободу колеса. Распределение эквивалентных напряжений в зоне перехода от обода к диску для колеса с минимальной толщиной обода без выщербины показано на рис. 11, при наличии выщербины — на рис. 12.

Как видно из рис. 11 и 12, наличие выщербины практически не влияет на напряженное состояние в зоне перехода от диска к ободу колеса.

Для снижения потребности в колесах у грузовых вагонов представляется це-

лесообразным производить измерение толщины обода колеса вне выщербин, так как влияние выщербины на колесо с номинальной и минимальной толщинами обода практически одинаково. Внедрение предлагаемого мероприятия исключит преждевременную браковку колес по дефекту «тонкий обод».

Заключение

Разработанные мероприятия позволяют снизить дефицит колес вагонов без ущерба для безопасности движения поездов. Их внедрение может быть осуществлено путем внесения изменений в существующие нормативные документы и практически не требует затрат на них.

Литература

1. Орлова, А. М. Библиографические исследования вопросов интенсивности износа и механизмов образования усталостного выкрашивания рабочей поверхности обода в зависимости от типа подвижного состава, осевой нагрузки, рельефа и профиля пути (прямые, кривые, подъёмы и уклоны), скоростей движения и пробега. Постановка задач для расчетных и экспериментальных исследований для профиля ГОСТ 10791: отчет по теме 80. Часть 1 / А. М. Орлова, А. А. Воробьев. — СПб.: ПГУПС, 2014. — 165 с.
2. ГОСТ 33783–2016. Колесные пары железнодорожного подвижного состава. Методы определения показателей прочности. — М.: Стандартинформ, 2016 г. — 68 с.
3. ТР ТС 001/2011. Технический регламент Таможенного Союза. О безопасности железнодорожного подвижного состава — М.: ЗАО «Кодекс», 2018. — 66 с.
4. Орлова, А. М. Разработка расчетной методики оценки ресурса колес. Оценка ресурса колес ОАО «ВМЗ» с учетом результатов испытаний образцов в зависимости от свойств материала, конструкционной скорости, осевой нагрузки, варианта репрезентативного маршрута и параметров промежуточных технологических обточек с целью восстановления профиля колеса. Сравнение результатов расчета ресурса колес с фактическими данными в условиях эксплуатации: отчет по теме 80. Часть 7 / А. М. Орлова, А. А. Воробьев. — СПб.: ПГУПС, 2017. — 23 с.

5. Воробьев, А. А. Прогнозирование ресурса и совершенствование технологии ремонта колес железнодорожного подвижного состава: дисс. на соискание учен. степени. д-ра техн. наук / А. А. Воробьев. — СПб.: ПГУПС, 2018. — 289 с.
6. ГОСТ 10791–2011. Колеса цельнокатанные. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2012. — 53 с.
7. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами грузовых вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. РД ВНИИЖТ 27.05.01–2017. — М.: ВНИИЖТ, 2018. — 242 с.
8. Руководящий документ по ремонту и техническому обслуживанию колесных пар с буксовыми узлами пассажирских вагонов магистральных железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Утв. Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества. Протокол от 4–5 ноября 2015 г. № 63. — М.: Транспорт, 2015. — 281 с.
9. Воробьев, А. А. Испытания колесных стальных на износ и контактную усталость / А. А. Воробьев, Д. Е. Керенцев, И. В. Федоров. — Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2017. — Вып. 4. — С. 628–636.
10. Федоров, И. В. Исследование напряженного состояния в контакте «колесо — рельс» при наличии выщербины / И. В. Федоров, А. А. Воробьев, И. К. Самаркина, О. А. Конограй, Т. Г. Бунькова. — Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2019. — Т. 16. — Вып. 4. — С. 562–572.
11. Нормы расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) с изменениями и дополнениями. — М.: ГосНИИВ–ВНИИЖТ, 1996. — 318 с.
12. Трушин, С. И. Метод конечных элементов. Теория и задачи: учеб. пособие / С. И. Трушин. — М.: «АГВ», 2008. — 256 с.
13. Сакало, В. И. Контактные задачи железнодорожного транспорта / В. И. Сакало, В. С. Коссов. — М.: Машиностроение, 2004. — 496 с.
14. Филин, А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Том 1. Соппротивление материалов с элементами теории сплошных сред и строительной механики / А. П. Филин. — М.: Наука, Гл. ред. физ. — мат. лит., 1976. — 832 с.

Моделирование напряженно-деформированного состояния сварных соединений несущих конструкций подвижного состава



А. Л. Протопопов,
канд. техн. наук,
ведущий научный
сотрудник АО «Научно-
исследовательский
и конструкторско-
технологический
институт подвижного
состава» (АО «ВНИКТИ»)



Э. С. Оганьян,
д-р техн. наук, главный
научный сотрудник
АО «ВНИКТИ»



М. И. Воронкова,
инженер 1-й категории
АО «ВНИКТИ»

Сварные конструкции должны удовлетворять установленным требованиям к прочности и динамическим качествам. Формирование сварного соединения — это сложный нелинейный физический процесс, в результате которого появляются остаточные напряжения, влияющие на усталостную и статическую прочность конструкции в данной зоне, что определяет безопасность конструкции в процессе эксплуатации. При этом отсутствуют требования к механизмам определения напряжений в зонах сварных соединений.

Целью настоящей работы является определение остаточных напряжений в зоне таврового сварного шва, наиболее часто применяемого для соединения элементов железнодорожных конструкций. Для исследования напряженно-деформированного состояния конструкции рамы платформы разработана ее конечно-элементная модель, созданы виртуальные модели сварных соединений с имитацией сварочного процесса соединения ее деталей.

Постановка задачи

На стадии проектирования конструкций с помощью метода конечных элементов выявляется общее напряженно-деформированное состояние (НДС) всей изучаемой сварной конструкции (рис. 1, 2). На этом этапе расчета формируется конечно-элементная модель конструкции без учета геометрии сварных швов. Расчеты выполняются в линейной квазистатической постановке. После исследования общего напряженного состояния конструкции в целом выявляются ее наиболее нагруженные и ответственные сварные зоны. При анализе НДС всей конструкции железнодорожной платформы сложно с необходимой точностью определить напряжения в отдельных сварных швах, особенно с учетом геометрии шва и предполагаемых дефектов сварки.

В свете данной проблемы анализировались различные подходы [1, 2]. Изучались фрагменты конструкции рамы платформы с учетом реальной

геометрии сварных швов в наиболее нагруженных зонах сварных соединений элементов (рис. 3) с применением современного программного комплекса моделирования и анализа процессов сварки Simufact Welding [3].

Исследования на этом этапе расчета выполнялись при следующих условиях:

1) используется модель с разбивкой методом конечных элементов отдельного фрагмента конструкции платформы при учете моделирования геометрии сварных швов, геометрии соединяемых деталей, согласно конструкторской документации;

2) применяется программный комплекс моделирования и анализа процессов сварки с учетом всего объема данных по сварному шву (температура, возможные непровары, напряжения, деформации);

3) учитываются остаточные напряжения в зоне термического влияния с ухудшением механических свойств материала конструкции.

Общий вид сварного шва в исследуемой зоне конструкции показан на рис. 4.

Характеристика расчетной модели

Рама платформы несущей сварной конструкции, воспринимающая весь комплекс эксплуатационных нагрузок, выполнена из стали 09Г2С. Механические свойства основного металла и шва — сталь 09Г2С, ГОСТ 19281–2014 [5], класс прочности — не ниже 325, предел текучести — $\sigma_t = 325$ МПа. Подготовка деталей под сварку, выполнение сва-

рочных работ, применяемые сварочные материалы, методы сварки соответствуют требованиям ГОСТ 33976–2016 [6]. Сварочные материалы обеспечивают механические свойства металла шва не ниже механических свойств основного металла. Параметры и размеры сварных швов, кромок под сварку, а также допускаемые отклонения элементов швов соответствуют ГОСТ 14771–76 [4] для электродуговой сварки в среде защитных газов.

Основой для решения задачи сварки является моделирование источника тепла, представляющего собой математическое описание распределения введенной энергии от сварочной дуги внутри ванны расплава, представленной в виде двух полуэллипсоидов (рис. 5).

При дуговой сварке использовалась модель движущегося эллипсоидального источника тепла 3D-Goldak (гауссова объемная модель) (рис. 5, 6).

В начальный период сварки происходит нагрев металла (рис. 6), и в процессе последующего остывания напряжения изменяются по величине, знаку, характеру распределения в том или ином сечении и являются временными.

Временные напряжения по мере остывания постепенно переходят в остаточные, которые будут присутствовать в металле в течение всего дальнейшего периода эксплуатации. На рис. 7 показано распределение остаточных напряжений в зоне сварного шва по окончании сварочного процесса при остывании до 30 °С.

Заключение

В результате проведенной работы пришли к следующим выводам:

1) была создана конечно-элементная модель рамы железнодорожной



Рис. 1. Рама железнодорожной платформы (вид снизу)

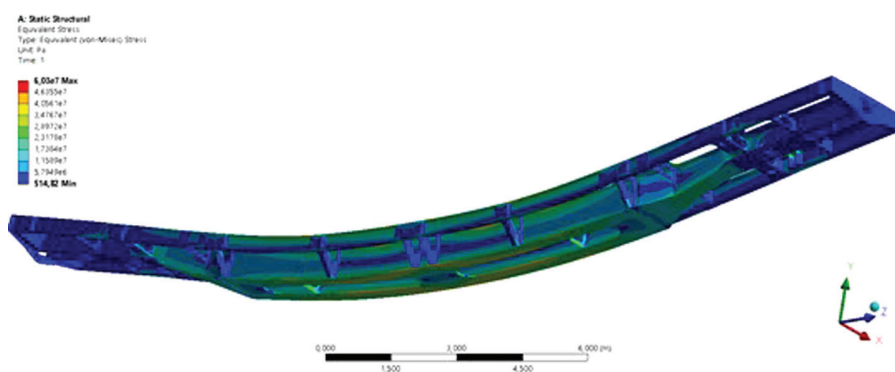


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние сварной конструкции рамы платформы

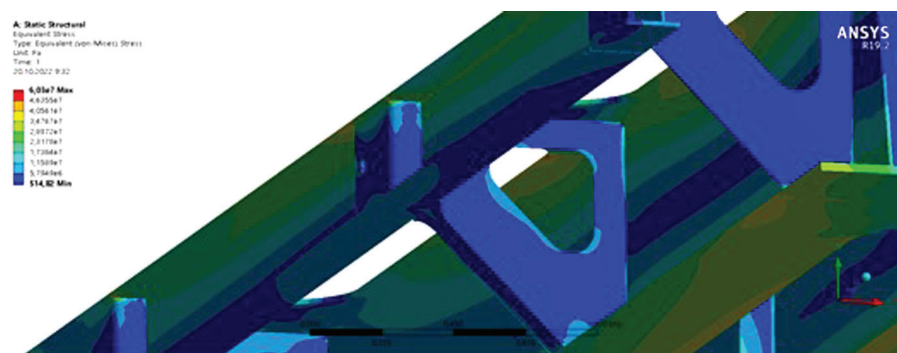


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние ребра жесткости рамы платформы

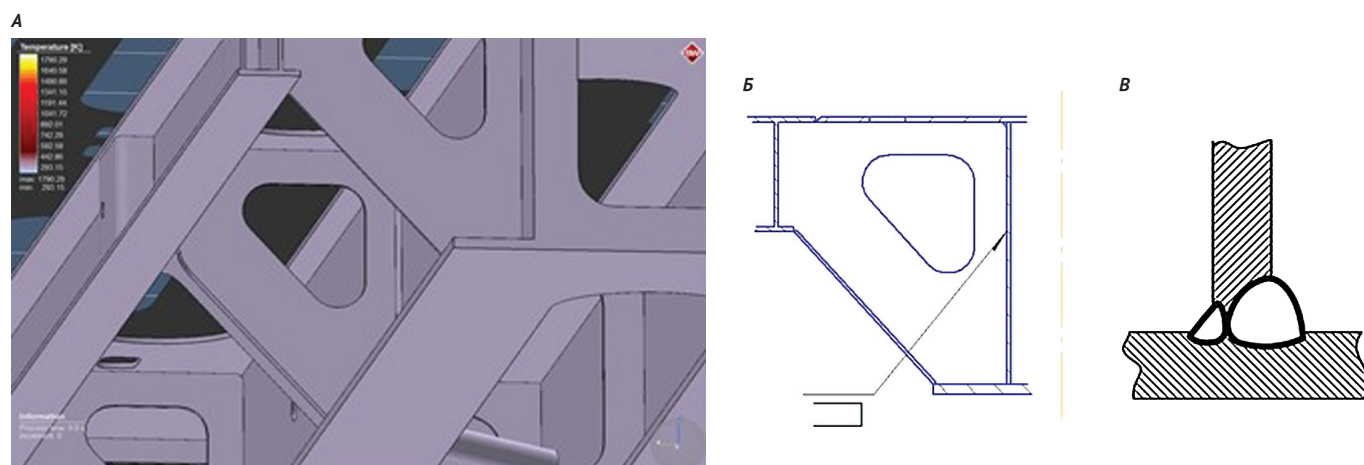


Рис. 4. Геометрические модели исследуемой зоны конструкции: А — фрагмент рамы платформы; Б — ребро жесткости; В — общий вид сварного шва по ГОСТ 14771–76 [4]

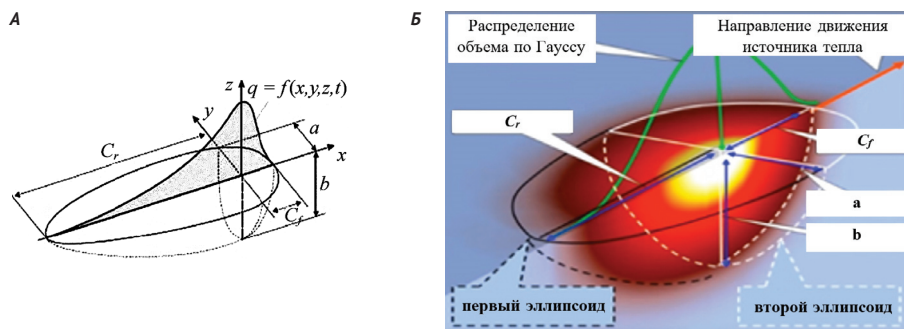


Рис. 5. Источник тепла: А – геометрия объемного гауссова двойного эллипсоидального источника; Б – 3D-Goldak (гауссова объемная модель)

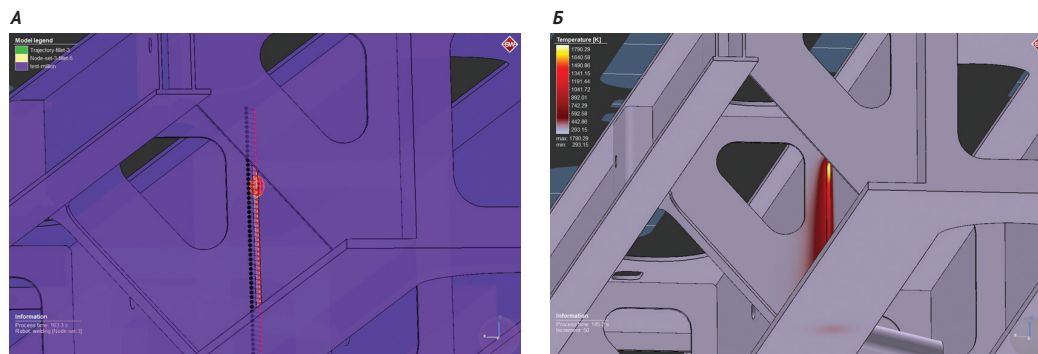


Рис. 6. Моделирование источника тепла (гауссова объемная модель) при электродуговой сварке в зоне исследования: А – промежуточный вид сварного шва в процессе моделирования; Б – законченный вид сварного шва

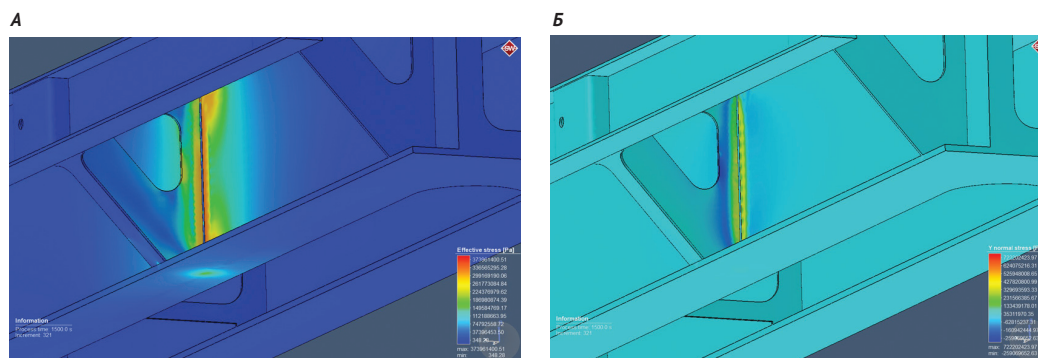


Рис. 7. Распределение остаточных напряжений по окончании сварочного процесса: А – максимальные эквивалентные напряжения по Мизесу $\sigma_{\max} \approx 330$ МПа; Б – максимальные главные продольные (вдоль сварного соединения – по стрелке) $\sigma_{\max y} \approx 350$ МПа, $\sigma_{\min y} \approx -150$ МПа

платформы с учетом соединения элементов конструкции сварными швами;

2) для углубленного анализа НДС рамы промоделирован сварочный процесс с формированием сварного шва в соединении наиболее нагруженных элементов конструкции, с определением остаточных напряжений в зоне сварки;

3) расчеты показали возможность применения численных методов изучения сварочных процессов для уточнения НДС в зоне сварных швов с целью оценки сопротивления усталости конструкции. На примере исследования НДС рамы железнодорожной платформы показано, что при использовании традиционного метода сварки максимальные остаточные напряжения в зоне сварного шва могут достигать предела текучести материала элементов конструкции, которые должны учитываться

для определения уровня среднего напряжения цикла нагружения данного элемента конструкции;

4) результаты расчетов могут уточняться с учетом типа шва, режима сварки, а также по данным экспериментальных исследований.

Литература

1. Гучинский, Р.В. Сопоставление детерминистических подходов к оценке усталости сварных соединений экипажной части / Р.В. Гучинский // Техника железных дорог. – 2022. – № 3. – С. 50–57.
2. Aarbogh, H. M. Experimental validation of finite element codes for welding deformations / H. M. Aarbogh, M. Hamide, H. G. Fjær, A. Mo, M. Bellet // Journal of Materials Processing Technology. –

2010. – Vol. 210. – N 13. – P. 1681–1689.

3. Simufact Welding. – URL: <https://www.simufact.com/simufactwelding-welding-simulation.html> (дата обращения: 1 апреля 2021 г.)
4. ГОСТ 14771–76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М.: Стандартинформ, 2007. – 39 с.
5. ГОСТ 19281–2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2021. – 51 с.
6. ГОСТ 33976–2016. Соединения сварные в стальных конструкциях железнодорожного подвижного состава. Требования к проектированию, выполнению и контролю качества. – М.: Стандартинформ, 2017. – 54 с.

Двухтрубная тормозная система на железнодорожном подвижном составе



Д. В. Осипов,
аспирант ФГБОУ
ВО «Иркутский
государственный
университет путей
сообщения» (ИрГУПС)



П. Ю. Иванов,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроподвижной
состав» ИрГУПС



Е. Ю. Дульский,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Вагоны
и вагонное хозяйство»
ИрГУПС



А. С. Ковшин,
инженер ИрГУПС



А. А. Корсун,
аспирант ИрГУПС

Пневматические автоматические тормоза с однострубно́й системой питания, применяемые на отечественном железнодорожном подвижном составе, являются в целом надежной системой, обеспечивающей требуемый уровень безопасности движения. В то же время она имеет ряд недостатков и нуждается в модернизации.

Существуют различные факторы, влияющие на тормозную эффективность, такие как: степень износа тормозных колодок, их фрикционные свойства [1], быстродействие тормозной системы и др. Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность торможения, при этом редко принимающийся во внимание, является истощимость тормозной сети поезда. Данный недостаток приводит к потере контроля управления подвижным составом в процессе торможения [2].

Основная причина истощения тормозов — отсутствие выдержки времени между торможениями, которая необходима для полной зарядки запасного резервуара в режимах управления автоматическими тормозами во время выполнения циклических торможений. В настоящее время питание сжатым воздухом запасных резервуаров происходит через воздухораспределители, где воздушный поток теряет свое давление, проходя через различные калиброванные отверстия и фильтры. Помимо этого в воздухораспределителе имеются несколько камер, на заполнение которых нужно дополнительное время с целью подготовки системы к работе.

С целью сокращения времени зарядки запасный резервуар нуждается в дополнительном питании [3–5].

Для более полного понимания поставленного вопроса необходимо рассмотреть устройство и принцип действия применяемой однострубно́й тормозной системы (рис. 1), а также двухтрубно́й тормозной системы (рис. 2) в упрощенном виде [6, 7].

При данной системе мотор-компрессор (МК) заполняет сжатым воздухом главный резервуар (ГР). Далее через кран машиниста (КРМ) воздух поступает в тормозную магистраль (ТМ), после чего получает питание воздухораспределитель (ВР) и запасный резервуар (ЗР). Между тормозным цилиндром и запасным резервуаром давление контролируется воздухораспределителем, управление которым, в свою очередь, осуществляется путем изменения давления в тормозной магистрали при помощи крана машиниста. При изменении давления в сторону его повышения или понижения в тормозной магистрали, система переходит соответственно в режим отпуска или торможения.

Общий принцип работы двухтрубно́й тормозной системы аналогичен та-

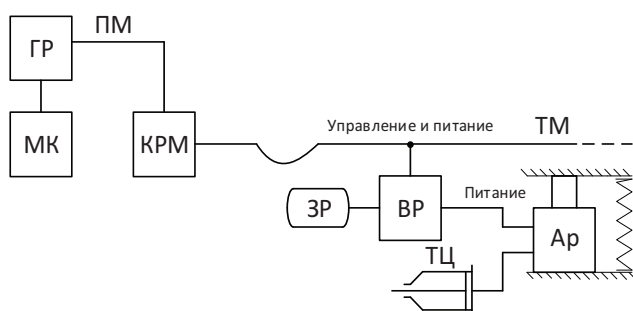


Рис. 1. Упрощенная схема однострубно́й пневматической тормозной системы отечественного грузового подвижного состава

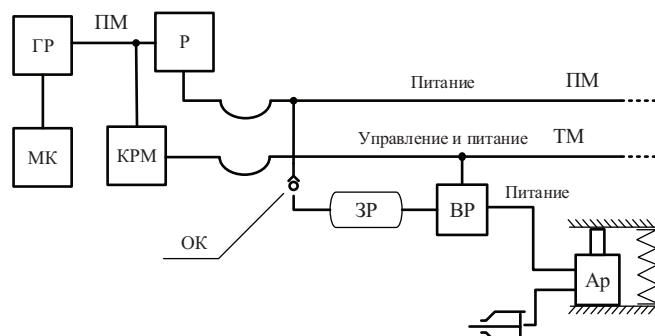


Рис. 2. Упрощенная схема двухтрубно́й пневматической тормозной системы для отечественного грузового подвижного состава

ковому для классической однострунной. При этом вторая труба прокладывается от главного резервуара через весь поезд, являясь продолжением питательной магистрали, которая не выполняет функции управления, служа источником дополнительного питания. Обратный клапан (ОК) обеспечивает заполнение запасного резервуара из питательной магистрали (ПМ), перекрывая одновременно выход воздуха из него при снижении давления в питательной магистрали в случае ее обрыва. Также такая система обеспечивает повышенное давление в запасном резервуаре по сравнению с тормозной магистралью, что приводит к увеличению скорости срабатывания тормозов.

Проведенное математическое моделирование доказывает, что двухтрубная тормозная система, обеспечивающая питание запасного резервуара, понижает время выдержки после отпуска тормозов и наполнения тормозных цилиндров, уменьшая таким образом вероятность истощения тормозной системы и сокращая подготовительный тормозной путь [7].

Все перечисленные факторы положительно влияют на увеличение средней и максимальной скоростей движения поезда и технико-экономическую эффективность перевозочного процесса [8]. Несмотря на это, результаты, полученные при выполнении математического моделирования, требуют подтверждения путем проведения сравнительных испытаний на стенде для одно- и двухтрубной пневматических тормозных систем.

Для работы двухтрубной тормозной системы необходимо наличие высокопроизводительного пневматического редуктора, который служит для подачи воздуха в питательную магистраль. Устройство отрегулировано на давление выше, чем в тормозной магистрали с целью обеспечения нужной скорости подпитки запасных резервуаров.

Для унификации системы был проведен поиск и выполнен сравнительный анализ готовых технических решений [9]. В результате выяснилось, что они не удовлетворяют требованиям пропускной способности сжатого воздуха из-за малого проходного сечения канала и не могут быть использованы для питания двухтрубной тормозной системы.

После анализа опыта применения аддитивных технологий в машиностроительной и судостроительной отраслях [10, 11] было принято решение разработать рабочий прототип высокопроизводительного пневматического редуктора с помощью технологий компьютерного моделирования и 3D-печати.

Описанный в работе [10] метод изготовления изделий при помощи металлического (порошкового) 3D-принтера довольно дорогой и энергоемкой, так как стоимость оборудования и исходного материала весьма высока. Более перспективным методом 3D-печати с целью изготовления прототипа является применение FDM технологии, при которой печать осуществляется пластиковым прутом. Преимущество такого метода заключается в сокращении трудоемкости изготовления, уменьшении сроков проектирования и изготовления

деталей, снижении себестоимости проектирования и изготовления деталей, экономии материалов при изготовлении прототипа [11].

Для создания редуктора использовали программное обеспечение «КОМПАС-3D» с разработкой моделей всех элементов пневматического редуктора. Далее они были распечатаны из материалов ABS, FLEX и PETG на 3D-принтерах марки Picasso Designer PRO250 и FlyingBear Ghost 5. Устройство редуктора и готовое техническое изделие изображены на рис. 3 и 4. Принцип работы редуктора аналогичен принципу работы устройств, описанных в работе [9].

Для подтверждения работоспособности прототипа изделия и в целом двухтрубной тормозной системы необходимо проведение испытаний. Для этого стенд с тормозным оборудованием (рис. 5, а) был модернизирован под двухтрубную систему (рис. 5, б).

Помимо этого для получения характеристик зависимости изменения давления от времени в рассматриваемой системе следует к питательной и тормозной магистралям, запасному резервуару, тормозному цилиндру, рабочей и золотниковой камерам воздухораспределителя подключить датчики. Они преобразуют давление сжатого воздуха в электрический сигнал, который поступает в микроконтроллер на основе платы arduino nano (рис. 6), где полученные сигналы обрабатываются и предоставляются пользователю в виде графиков, отображаемых в реальном времени на персональном компьютере с одновременной записью на съемный носитель

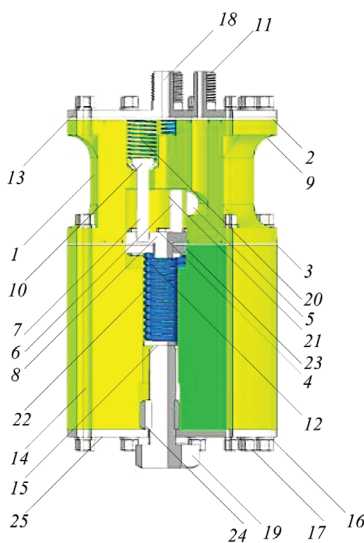


Рис. 3. Устройство высокопроизводительного пневматического редуктора для двухтрубной тормозной системы грузового поезда

- 1 – верхняя часть корпуса; 2 – прокладка; 3 – манжета; 4 – болт M4; 5, 6, 7 – клапаны; 8 – шайба ограничительная; 9 – нижняя часть корпуса; 10 – накладка клапана; 11 – отверстие питательной магистрали поезда; 12 – гайка M4; 13 – крышка верхняя; 14 – отверстие под шпильку M5; 15 – шайба опорная металлическая; 16 – шайба M5; 17 – гайка M5; 18 – отверстие питательной магистрали локомотива; 19 – болт регулировочный; 20 – пружина; 21 – рабочая камера; 22 – пружина регулировочная; 23 – опорная шайба; 24 – гайка M24; 25 – крышка нижняя



Рис. 4. Пневматический редуктор для питания двухтрубной тормозной системы грузового поезда
1 – быстросъемное соединение для питания тормозной магистрали; 2 – быстросъемное соединение для подвода питания; 3 – болт регулировочный

microSD. Редуктор питательной магистрали настроен на давление 7 кгс/см².

После проведения эксперимента были получены зависимости давления в исследуемой системе для режимов зарядки, отпуска и торможения от времени (рис. 7). Для сравнения неистощимости тормозной системы при одно- и двухтрубном питании в тормозном цилиндре была создана утечка.

Для наглядности характеристики, полученные для одно- и двухтрубной тормозных систем, необходимо привести к общему началу координат. Проанализировав сравнительные характеристики скорости и величины заполнения запасного резервуара (рис. 8), а также тормозных цилиндров (рис. 9) в одно- и двухтрубной системах для грузового поезда, выявили, что в ходе применения ступени торможения (разрядка тормозной магистрали составляет 1,5 кгс/см²)

при использовании двухтрубной системы запасной резервуар разряжается на незначительную величину и существенно медленнее, чем при классической системе питания.

При использовании однострунной системы питания наблюдается нехватка энергии сжатого воздуха, так как давление в тормозном цилиндре не достигло 2 кгс/см² в связи с наличием утечек в системе. При этом двухтрубная система показала максимальную эффективность работы, так как давление в тормозном цилиндре достигло необходимых 2 кгс/см². Кроме того тормозной цилиндр при одинаковой величине разрядки тормозной магистрали при двухтрубной системе заполняется на величину 0,22 МПа, что показывает ее эффективность на 30% выше, чем у однострунной системы. Время заполнения тормозного цилиндра до давления

2 кгс/см² при наличии утечки в двухтрубной системе уменьшается на 30 с, в то время как давление в тормозном цилиндре при однострунном питании не достигло целевого показателя.

Также было выявлено, что давление в золотниковой камере воздухораспределителя в двухтрубной системе достигает давления тормозной магистрали на 13 с быстрее, чем в однострунной системе, а давление в рабочей камере — на 40 с быстрее (рис. 10).

По результатам экспериментальных исследований двухтрубная тормозная система превосходит по эффективности работы однострунную. Ее внедрение в эксплуатацию на отечественный подвижной состав позволит снизить истощимость тормозной сети поезда и повысить скорость срабатывания тормозов, тем самым уменьшив подготовительный тормозной путь. Это в свою очередь приведет к повышению безопасности движения поездов и увеличению технической и участковой скорости движения поездов [12].

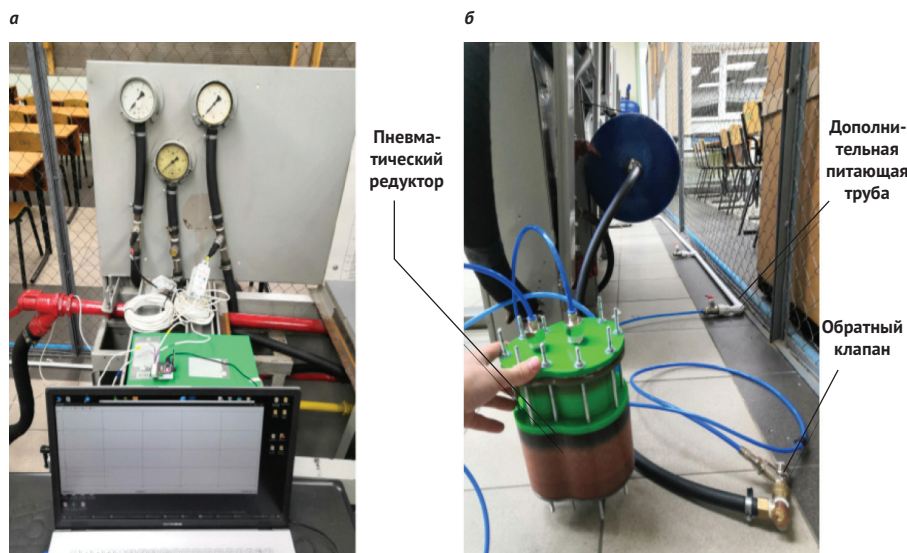


Рис. 5. Стенд для испытания двухтрубной тормозной системы:
а – основной стенд; б – модернизация стенда до двухтрубной системы

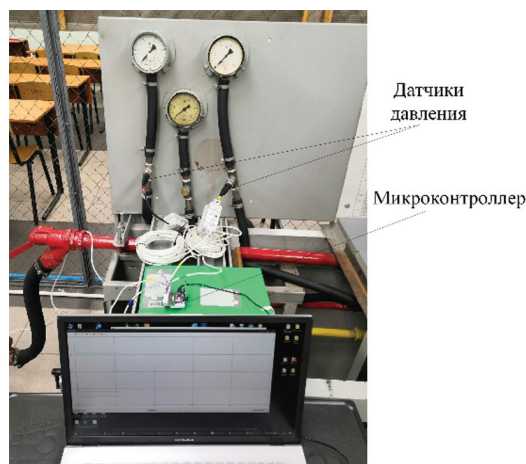


Рис. 6. Испытательный стенд с подключенными датчиками давления и микроконтроллером

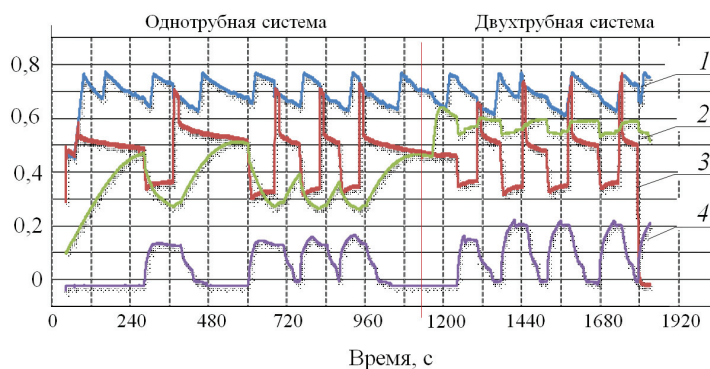


Рис. 7. Кривые зависимостей давления в исследуемой системе в зависимости от времени:
1 – питательная магистраль; 2 – запасной резервуар; 3 – тормозная магистраль; 4 – тормозной цилиндр

Литература

1. Иванов, П. Ю. Исследование температуры тормозных колодок с разной степенью износа в процессе фрикционного торможения / П. Ю. Иванов, А. М. Худонов, Е. Ю. Дульский и др. // Вестн. Уральск. гос. ун-та путей сообщения. — 2020. — № 3 (47). — С. 27–34. — <https://doi.org/10.20291/2079-0392-2020-3-27-34>. — EDN LBPVTF.
2. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава. — Утв. Приказом Минтранса России № 151 от 03.06.2014. — М.: Центрмг, 2014. — 188 с.
3. Murtaza, M. A. Parametric study of a railway air brake system / M. A. Murtaza, S. B. L. Garg // Proceedings of the Institu-

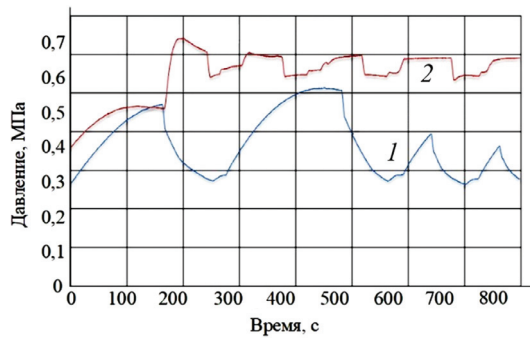


Рис. 8. Сравнительная характеристика скорости и величины заполнения запасного резервуара при одно- (1) и двухтрубной (2) тормозных системах грузового поезда

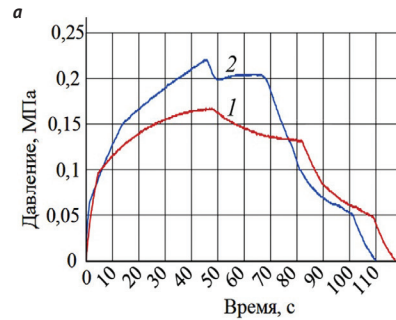


Рис. 9. Сравнительная характеристика скорости (а) и величины заполнения (б) тормозного цилиндра при однотрубной (1) и двухтрубной (2) тормозной системе

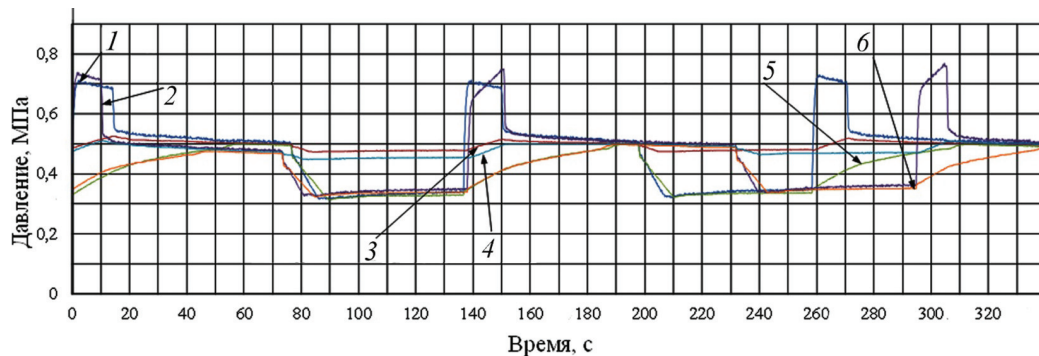
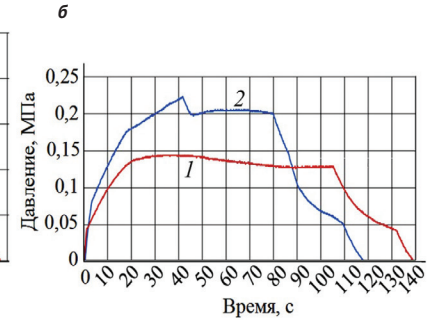


Рис. 10. Сравнительная характеристика скорости заполнения золотниковой и рабочей камер воздухораспределителя при одно- и двухтрубной тормозных системах для грузового поезда: 1 — тормозная магистраль, 3 — рабочая камера, 5 — золотниковая камера при однотрубной системе; 2 — тормозная магистраль, 4 — рабочая камера, 6 — золотниковая камера при двухтрубной системе

tion of Mechanical Engineers. Pt F: Journal of Rail and Rapid Transit. — 1992. — Vol. 206 (1). — P. 21–36. — https://doi.org/10.1243/pime_proc_1992_206_214_02.

4. Murtaza, M. A. Transients during a railway air brake release demand / M. A. Murtaza, S. B. L. Garg // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Pt F: Journal of Rail and Rapid Transit. — 1990. — Vol. 204 (1). — P. 31–38.
5. Иванов, П. Ю. Зарубежный опыт повышения эффективности пневматических тормозов / П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский, Н. И. Мануилов, А. М. Худоногов, А. А. Хамнаева, А. А. Корсун Н. Н., Новиков, С. В. Трескин // Локомотив. — 2020. — № 11 (79). — С. 36–37.
6. Иванов, П. Ю. Патент № 2740624 С1 Российская Федерация, МПК В60Т 13/26 (2006.01). Двухтрубная тормозная система железнодорожного подвижного состава. Заявка № 2020121882, 26.06.2020 / П. Ю. Иванов, А. А. Хамнаева, А. М. Худоногов, Дульский Е. Ю. и др. — Заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей

сообщения» (ФГБОУ ВО ИргУПС). — Оpubл.: 18.01.2021, бюл. 2. — Федеральная служба по интеллектуальной собственности Российской Федерации, 2021. — EDN LUPQFR.

7. Иванов, П. Ю. Сравнительный анализ тормозных систем подвижного состава с однотрубным и двухтрубным питанием / П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский, А. А. Хамнаева, А. А. Корсун, С. В. Трескин // Вестн. РГУПС. — 2020. — № 3. — С. 35–42. https://doi.org/10.46973/0201-727X_2020_3_35.
8. Иванов, П. Ю. Снижение энергопотребления электровоза при управлении пневматическими тормозами грузового поезда / П. Ю. Иванов, А. А. Хамнаева, А. М. Худоногов // Материалы III Международ. науч.-практич. конференции «Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта». — Омск: ОмГУПС, 2018. — С. 143–151.
9. Крылов, В. И. Приборы управления тормозами / В. И. Крылов, В. В. Крылов, В. Н. Лобов. — М.: Транспорт, 1982. — 136 с.
10. Кононова, Е. Е. Предпосылки внедрения технологий аддитивного производства на предприятия машиностроительной

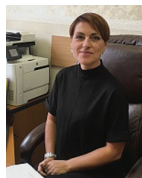
отрасли в условиях проектно-ориентированного бизнеса / Е. Е. Кононова, А. А. Муравьев, Н. С. Маркова, О. А. Грачева // Перспективные технологии проектного менеджмента в региональной и отраслевой индустрии: Материалы I Всероссийской науч. — практич. конференции. Орел, 25–26 апреля 2019 г. — Орел: Орловск. гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2019. — С. 228–232. — EDN EKSPZL.

11. Дектярев, А. В. Особенности применения аддитивных технологий в судостроительном производстве при серийном изготовлении продукции на примере тумблера выключателя судового / А. В. Дектярев, П. Р. Гришин, А. В. Пчелинцев, В. Н. Морозов // Вестн. молодежной науки. — 2020. — № 1 (23). — С. 4. — EDN RFQYTI.
12. Иванов, П. Ю. Теоретические исследования особенностей моделирования процесса фрикционного торможения поездов / П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский, А. А. Хамнаева, А. А. Корсун // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2020. — № 4 (68). — С. 150–158. — [https://doi.org/10.26731/1813-9108.2020.4\(68\).150-158](https://doi.org/10.26731/1813-9108.2020.4(68).150-158). — EDN ZPBFRK.

Требования ТР ТС 001/2011 и их обеспечение для соединения бандаж с колесным центром составного локомотивного колеса



Д. Н. Курилкин,
канд. техн. наук,
заведующий кафедрой
«Локомотивы
и локомотивное
хозяйство» ФГБОУ
ВО «Петербургский
государственный
университет путей
сообщения Императора
Александра I» (ПГУПС)



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



М. В. Тимаков,
аспирант ПГУПС



С. Н. Чуян,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Железнодорожный путь»
ПГУПС



Д. А. Князев,
канд. техн. наук,
заместитель заведующего
отделом АО «Научно-
исследовательский
и конструкторско-
технологический
институт подвижного
состава» (ВНИКТИ)

На основании требований нормативной базы в настоящее время актуальными задачами являются разработка методики оценки прочности посадки бандаж с гарантированным натягом на колесный центр, определение и обоснование критерия ее предельного состояния, а также расчет суммарной наработки от начала эксплуатации до его достижения.

Введение

Технический Регламент Таможенного Союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) [1] в п. 3 статьи 4 содержит указание о ее подтверждении комплексным исследованием. Помимо осуществления комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании и применения апробированных технических решений подпункт «в» предусматривает установление назначенных сроков службы и (или) ресурса продукции; подпункт «г» — проведение комплекса расчетов, основанных на апробированных методиках; подпункт «е» — выявление критериев предельных состояний продукции.

С этой точки зрения посадка с гарантированным натягом бандаж на колесный центр представляет определенный интерес. В п. 7.3.5 ГОСТ 33783–2016 [2] имеется указание на то, что для определения прочности соединения бандаж с колесным центром проводят испытания с торможением, при этом используют один из режимов:

- длительное торможение в течение 25–30 мин при тормозной мощности 30–37 кВт для подвижного состава с составными колесами со скоростью до 120 км/ч;
- ряд экстренных торможений (до семи) для подвижного состава с со-

ставными колесами со скоростью свыше 120 км/ч.

В связи с развитием численных методов, в том числе на их основе вычислительных комплексов, способных выполнять конечно-элементные расчеты, представляется возможным разработать методику расчета, провести ее верификацию и на ее основе в соответствии с требованиями [1] установить критерии предельного состояния и назначить ресурс для соединения бандаж и колесного центра.

Согласно [1], предельным является такое состояние продукции, при котором ее дальнейшая эксплуатация или восстановление ее работоспособного состояния недопустимо (нецелесообразно).

Критерием предельного состояния в соответствии с ГОСТ 27.002–2015 [3] является признак или совокупность признаков состояния объекта, установленные в документации на него. Для соединения бандаж с колесным центром к такому состоянию относится проворот бандаж относительно колесного центра (возникающий из-за полного ослабления посадки).

Согласно [3] ресурс есть суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния, причем наработка может быть измерена в часах, километрах пробега, числах рабочих циклов и т.п.

Таким образом, ресурс соединения бандажа с колесным центром может оцениваться, например, количеством экстренных торможений подряд в серии или количеством энергии, непрерывно поступающей в бандаж при длительном торможении, измеряемой в килоджоулях, киловаттах в 1 ч или иных кратных и дольных единицах.

Предварительный аналитический расчет

В качестве объекта для исследования было выбрано составное локомотивное колесо тепловоза. Его параметры представлены в табл. 1.

Исходя из этих данных можно рассчитать, сколько энергии и за какое время необходимо подвести к бандажу, чтобы вследствие теплового расширения произошли полная потеря натяга и нарушение посадки.

Для расчета в запас следует принять следующие определенные допущения:

- отсутствие теплообмена между бандажом и окружающей средой;
- пренебрежение потерями на тепловое излучение;
- отсутствие теплопроводности в контакте «бандаж — колесный центр»;

• равномерный прогрев бандажа по всему объему;

• наличие торможения с постоянной скоростью при постоянной силе прижатия колодок.

Тогда, в силу принятых допущений, за время торможения выделится энергия E , равная произведению доли тормозной мощности, подводимой к бандажу, $\alpha_R \cdot W_T$, на время торможения t_d :

$$E = \alpha_R \cdot W_T \cdot t_d. \quad (1)$$

Полностью преобразованная в количество теплоты Q_T эта энергия нагреет бандаж на температуру ΔT , которую можно рассчитать из уравнения

$$E = Q_T = c \cdot m \cdot \Delta T. \quad (2)$$

Разность температур, при которой полностью исчезнет натяг, можно оценить из формулы

$$\Delta T = \frac{\delta}{D_{к.ц} \cdot \alpha_T}. \quad (3)$$

Результаты расчета по формулам (1)–(3) в принятых допущениях представлены в табл. 2.

Полученные результаты удовлетворительно совпадают с данными [2] (приложение Д), где отмечено ослабление посадки при схожих условиях торможения на 84 %.

Уточнение расчетов с использованием конечно-элементного моделирования

Для уточнения расчетов было применено конечно-элементное моделирование в программном комплексе MSC.Software MENTAT+MARC. Нужно отметить, что MSC.Marc является универсальной конечно-элементной программой, ее использование особенно эффективно для проведения углубленного анализа высоконелинейного поведения конструкций, куда относятся и контактные задачи, и решения задач теплопередачи. С помощью MSC.Marc возможно решение задач, по условиям которых конструкции подвергаются большим линейным и угловым перемещениям, материалы имеют свойства нелинейные или зависящие от истории нагружения либо температуры, присутствует сложное контактное взаимодействие частей конструкции. Основные

Таблица 1. Характеристики исследуемого колеса

Параметр	Единицы измерения	Обозначение	Значение
Диаметр колеса по кругу катания	мм	D	1050
Диаметр колесного центра	мм	$D_{к.ц}$	900
Диаметральный натяг (по ГОСТ 11018–2011 [4])	мм	δ	1,08÷1,44
Масса бандажа нового/изношенного	кг	m	275/165
Коэффициент теплового расширения	K^{-1}	α_T	$1,18 \cdot 10^{-5}$
Удельная теплоемкость стали	Дж/(кг· K^{-1})	c	450
Тормозная мощность	Вт	W_T	49 627
Коэффициент отвода тепла в бандаж	–	α_R	0,7

Таблица 2. Результаты аналитического расчета

Бандаж	$\Delta T, ^\circ C$	$Q_T, кДж$	$t_d, с$
Диаметральный натяг 1,44 мм			
Полномерный	136	16 407	472
Изношенный	136	12 305	354
Диаметральный натяг 1,08 мм			
Полномерный	102	9 784	282
Изношенный	102	7 338	211

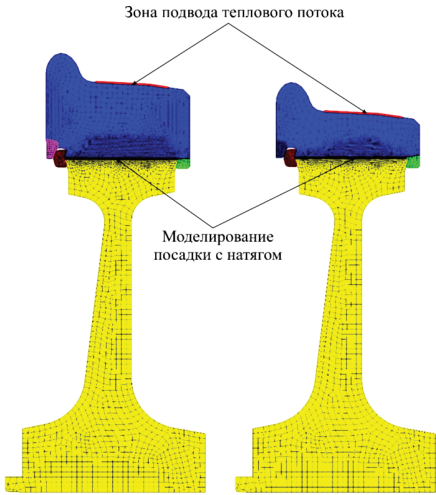


Рис. 1. Конечно-элементные модели составного колеса локомотива

особенности при проведении нелинейного анализа с помощью решателя MSC. Marc заключаются в следующем:

- адаптивное управление нагрузкой (трение, теплопередача);
- возможность задания пользователем шага по нагрузке и времени;
- 2D- и 3D-контакты;
- модели трения (в том числе «покой — скольжение»);
- установившийся и переходной процессы в теплопередаче;
- нелинейная теплопроводность;
- конвективный теплообмен и излучение.

В силу осевой симметрии задачи, предпочтение было отдано моделиро-

Таблица 3. Модуль Юнга металла колеса в зависимости от температуры

Температура, °C	0	200	400	600	800
Модуль Юнга, Па	$2,11 \cdot 10^{11}$	$1,91 \cdot 10^{11}$	$1,71 \cdot 10^{11}$	$1,51 \cdot 10^{11}$	$1,35 \cdot 10^{11}$

Таблица 4. Коэффициент линейного расширения металла колеса в зависимости от температуры

Температура, °C	0	200	400	600	800
Коэффициент линейного расширения, K^{-1}	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-5}$	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5. Удельная теплоемкость металла колеса в зависимости от температуры

Температура, °C	0	200	400	600	800
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·K)	440	505	570	635	700

Таблица 6. Теплопроводность металла колеса в зависимости от температуры

Температура, °C	0	200	400	600	800
Теплопроводность, Вт/(м·K)	47,3	44,1	39,3	32,9	25

Таблица 7. Коэффициент Пуассона металла колеса в зависимости от температуры

Температура, °C	0	200	400	600	800
Коэффициент Пуассона	0,283	0,289	0,295	0,301	0,310

ванию на базе 2D-моделей с целью экономии машина-времени. Модели с полномерным и изношенным бандажами представлены на рис. 1.

2D-модель с полномерным бандажом построена на базе 3400 элементов

размером $5 \div 1$ мм, класса «quad4», типа «10» для полного интегрирования в осесимметричной постановке, образованных 3700 узлами. 2D-модель с изношенным бандажом — на базе 2900 элементов размером $5 \div 1$ мм, класса «quad4»,

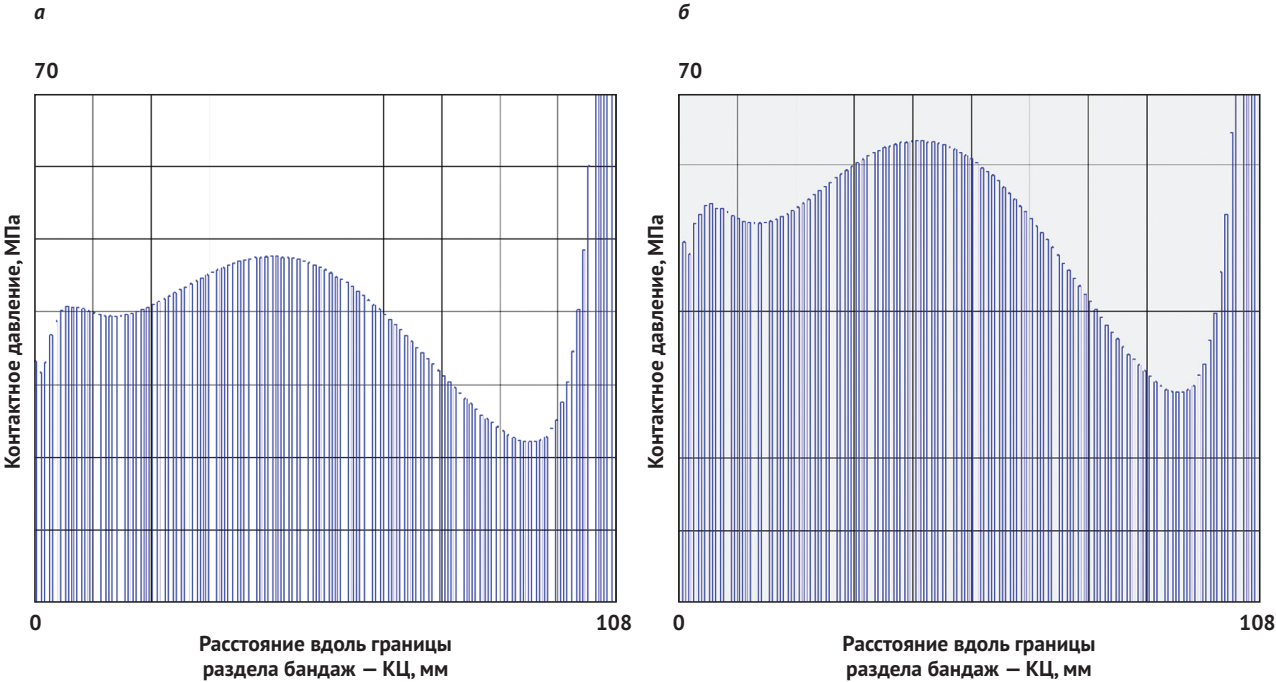


Рис. 2. Распределение контактного давления в полномерном бандаже в начале торможения при диаметральных натягах 1,08 (а) и 1,44 мм (б)

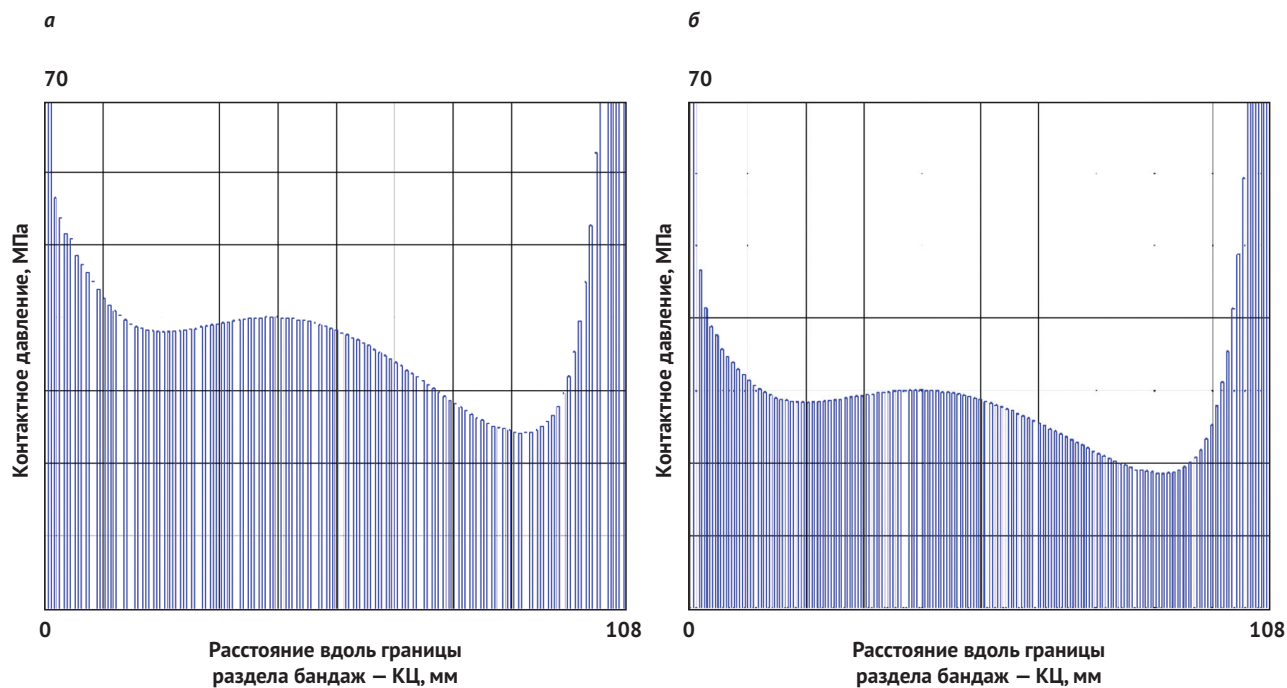


Рис. 3. Распределение контактного давления в изношенном бандаже в начале торможения при диаметральных натягах 1,44 (а) и 1,08 мм (б)

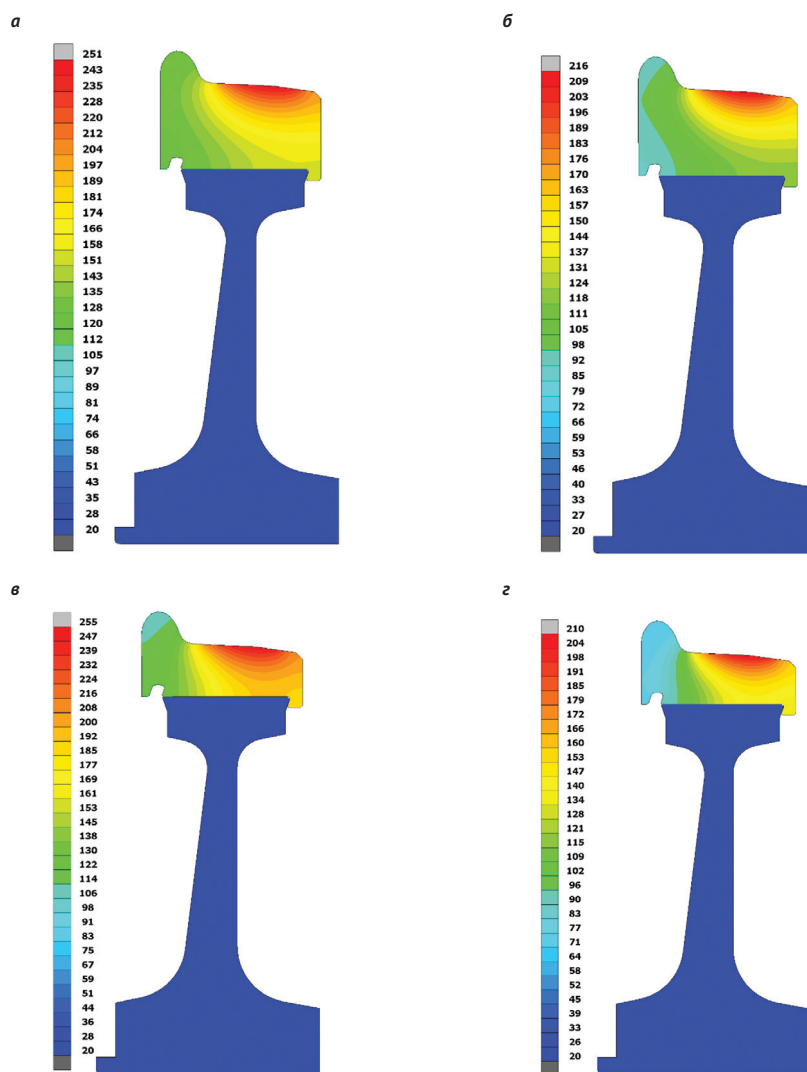


Рис. 4. Распределение температуры в бандаже в момент, когда контактное давление равно нулю: а – 500 с при полномерном бандаже с диаметральной натягом 1,44 мм; б – 380 с при полномерном бандаже с диаметральной натягом 1,08 мм; в – 320 с при изношенном бандаже с диаметральной натягом 1,44 мм; г – 220 с при изношенном бандаже с диаметральной натягом 1,08 мм

Таблица 8. Время длительного торможения, разность температур между серединами торцов бандажа и колесного центра, подводенная энергия ($t_d / \Delta T / E$)

Бандаж	Диаметральный натяг	
	1,44 мм	1,08 мм
Полномерный	500 с / 150 °C / 17 370 кДж	380 с / 105 °C / 11 115 кДж
Изношенный	320 с / 145 °C / 13 200 кДж	220 с / 114 °C / 7 640 кДж

типа «10» для полного интегрирования в осесимметричной постановке, сформированных 3000 узлами. Между бандажом и колесным центром задавались диаметральный натяги 1,08 и 1,44 мм. Тепло подводилось по поверхности катания в зоне шириной 80 мм.

В результате решения с течением времени менялась картина распределения вдоль посадочной поверхности контактных давлений и отслеживался интервал времени, за который контактное давление становилось практически равным 0 МПа, что свидетельствовало о полной потере натяга вследствие теплового расширения бандажа (тепловое расширение колесного центра отсутствовало из-за принятых изначально допущений).

Свойства материала, представленные в табл. 3–7, задавались в соответствии с [5–7].

На рис. 2–3 представлены картины распределения контактных давлений при полномерном и изношенном бандажах при различных диаметральных натягах.

В конце торможения для всех расчетов картина распределения контактного давления одинакова — в каждой точке оно равно нулю, однако интервал времени, когда достигается это состояние различен. На рис. 4 показаны картины распределения температур в этот момент. В табл. 8 приведены результаты конечно-элементного расчета.

Тормозная мощность 49 627 Вт, принятая в расчете в табл. 1, соответствует равномерному движению локомотива с равновесной скоростью 55 км/ч на уклоне 30‰ при номинальной статической нагрузке от колес на рельсы 25 тс и может быть пересчитана на другой уклон с другой равновесной скоростью. В этом случае поменяется время торможения, но количество теплоты, необходимое для нагрева бандажа до полной потери натяга, по-прежнему будет зависеть от состояния бандажа и диаметрального натяга и может выступать как мера ресурса прочности посадки бандажа на колесный центр при торможении.

С практической точки зрения из закона сохранения энергии можно оценить перепад высоты на уклоне, спуск с которого приведет к полной потере натяга при принятых допущениях.

При номинальной статической нагрузке от колесной пары на рельсы 25 тс на каждое колесо приходится $M = 12,5$ т приведенной массы. Спуск такого колеса с высоты Δh приведет к потере потенциальной энергии в количестве $\Delta E = M \cdot g \cdot \Delta h$, которая будет поглощена колодкой и бандажом. С учетом (1)–(3) можно записать следующее:

$$\alpha_R \cdot M \cdot g \cdot \Delta h = c \cdot m \cdot \frac{\delta}{D_{\text{к.п.}} \cdot \alpha_T}. \quad (4)$$

Тогда теоретическая оценка в запас перепада высоты Δh по (4) дает диапазон значений от 60 м для изношенного бандажа при диаметральном натяге 1,08 мм до 140 м для полномерного бандажа при диаметральном натяге 1,44 мм.

Закключение

В результате проведенных исследований пришли к таким выводам:

1) произведенная подобным образом оценка прочности посадки бандажа на колесный центр соответствует требованиям регламента [1] в части п. 3 статьи 4;

2) при эксплуатации колеса в режиме длительного торможения признаком наступления предельного состояния прочности посадки является проворот бандажа относительно колесного центра;

3) под ресурсом прочности посадки бандажа на колесный центр предлагается понимать количество теплоты, поступающее непрерывно в бандаж, которое способно довести посадку до предельного состояния (проворота) для локомотивов с конструкционной скоростью до 120 км/ч;

4) возможно определить уклоны, на которых не рекомендуется применение локомотивов с составными колесами при одиночном следовании или в составе сплотки, в силу возможности на-

ступления 100%-ной потери прочности посадки и возникновения проворота;

5) в рассмотренном примере ресурс прочности посадки бандажа на колесный центр при принятых исходных данных изменяется от 7640 до 17 370 кДж, а диапазон перепада высот на уклоне, лимитирующих использование составного колеса, — от 60 до 140 м;

6) для обобщения результатов расчетов прочности посадки бандажа на колесный центр и оценки ее ресурса целесообразно осуществить верификацию расчетов с их дальнейшим уточнением;

7) для локомотивов с конструкционными скоростями свыше 120 км/ч необходимо провести комплекс расчетов экстренного многократного (до семи в серии) торможения [2].

Литература

1. ТР ТС 001/2011. О безопасности железнодорожного подвижного состава: Технический регламент Таможенного Союза. — М.: ЗАО «Кодекс», 2018. — 66 с.
2. ГОСТ 33783–2016. Колесные пары железнодорожного подвижного состава. Методы определения показателей прочности. — М.: Стандартинформ, 2016. — 62 с.
3. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2016. — 29 с.
4. ГОСТ 11018–2011. Колесные пары тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2012. — 35 с.
5. Report UIC/ERRI B169/RPT1. — International Union of Railways, European Rail Research Institute.
6. Standard S-660. Wheel designs. Locomotive and freight car. Analytic evaluation // AAR Manual of Standards and Recommended Practices. — 2009. — P. 103–108.
7. Standard S-669. Analytic evaluation of locomotive wheel designs. Adopted: 2011 // AAR Manual of Standards and Recommended Practices Wheels and Axles. — 2011. — P. 125–142.

Разработка деградационных модулей пути и подвижного состава



В. И. Федорова,
канд. техн. наук,
начальник отдела
НИАЦ АО «Научно-
исследовательский
институт
железнодорожного
транспорта» (ВНИИЖТ),
доцент кафедры
«Вагоны и вагонное
хозяйство» ФГБОУ
ВО «Петербургский
государственный
университет путей
сообщения Императора
Александра I» (ПГУПС)



О. А. Суслов,
д-р техн. наук,
технический эксперт НЦ
«РСТМ» АО «ВНИИЖТ»

Вопросы улучшения показателей надежности, экономичности, маневренности и ремонтпригодности грузового подвижного состава в настоящее время весьма актуальны. Не менее важными аспектами являются продление срока службы узлов и деталей вагонов и расширение допустимых режимов их эксплуатации.

Возможные варианты освоения заданных и дополнительных перевозок в ОАО «РЖД» могут включать в себя комплекс мероприятий по повышению массы и длины поезда, осевой нагрузки, пропускной способности линий, прочие мероприятия, приводящие к увеличению маршрутной скорости грузовых поездов. При этом для выбора оптимальной схемы необходимо проведение комплексного технико-экономического анализа, включающего в себя увязку способа повышения пропускной способности и выбора конструкции пути и схем его технического обслуживания (стратегия ТОиР) с фактическими и прогнозными объемами перевозок, возможностями обеспечения их тягой.

Реализация данного подхода с требуемыми качеством, сроками и комплексностью решений невозможна без применения современных цифровых технологий моделирования, прогнозирования и анализа, т. е. создания цифрового двойника (ЦД) оптимизируемой системы. Наличие такого инструмента позволяет в кратчайшие сроки и с минимальными затратами предлагать заказчику обоснованные решения.

Согласно ГОСТ Р 57700.37–2021, ЦД — это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с ним и/или его составными частями [1]. При этом система «вагон — путь» является идеальной для построения ЦД, однако эта задача является достаточно непростой, так как включает в себя большое количество переменных со стороны как вагона, так и пути. Кроме того, здесь может иметь место феномен «третьего» тела, что влечет за собой большое количество расчетов и анализа.

Постановка задач исследования

Реализация цели по построению ЦД грузового вагона и пути включала в себя следующие основные задачи:

- построение расчетной модели железнодорожной линии с необходимой степенью детализации по имеющимся данным средств диагностики и базам паспортных данных (климатические условия, план, профиль, неровности пути, тип рельсов, шпал, скреплений, балласт, профили рельсов, стрелочные переводы, земляное полотно, мосты, прочие объекты железнодорожного пути);
- построение расчетных моделей железнодорожных экипажей (грузового, пассажирского, тягового подвижного состава с учетом многообразия их конструктивных решений, технического состояния и режимов эксплуатации);
- формирование эксплуатационных условий с учетом данных вагонопотока (типы вагонов, их загрузка и техническое состояние) и поездопотока (масса поездов, режимные карты, типы локомотивов);
- расчет силовой (продольной, поперечной и вертикальной) динамики взаимодействия в системе «колесо — рельс» на полученной модели линии в заданных эксплуатационных условиях;
- расчет напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе данных силовой динамики взаимодействия (подготовка уточненных конечно-элементных и прочих типов моделей с применением нейронных сетей на основе BIG DATA);
- формирование данных о силовой нагруженности характерных элементов, сечений, точек железнодорожного пути;

- прогнозирование деградации состояния элементов пути и подвижного состава (расчет остаточного ресурса, надежности, прочности, устойчивости, безопасности движения, уровней рисков);
- экономическая оценка полученных результатов (расчет стоимости жизненного цикла объектов подвижного состава и пути, иных экономических показателей);
- оптимизационные расчеты.

Модель железнодорожного пути

Работа по разработке ЦД пути в АО «ВНИИЖТ» началась еще в 2017 г., когда данные решения принимались как что-то сложно реализуемое. Но спустя несколько лет заложенные труды были реализованы в ряде проектов, в том числе в одном из крупнейших по теме «Оптимизация взаимодействия в системе „колесо — рельс“, разработка и актуализация нормативных документов ОАО „РЖД“ в рамках повышения несущей способности и эксплуатационного ресурса верхнего строения пути», заказ-

чиком которого являлся департамент технической политики компании.

Внедрение предиктивных стратегий — трудоемкий и длительный процесс, а максимальный эффект от него достигается на наиболее фондо- и ресурсоемких элементах железнодорожной инфраструктуры, к которым относится путь. Но применяемая научно-методическая база разработки нормативных документов, регламентирующих диагностику и техническое обслуживание пути, слабо ориентирована на применение прогнозных моделей и ЦД [2]. Такое несоответствие требует устранения, и к таким шагам относятся исследования, направленные на разработку прогнозных моделей, которые должны стать основой ЦД железнодорожного пути.

На рис. 1 представлена возможная схема системы планирования технического обслуживания и ремонтов объектов железнодорожной инфраструктуры, основанная на использовании прогнозного моделирования. Ее первый уровень включает диагностику и описывает фактическое устройство и тех-

ническое состояние инфраструктуры на основе данных мобильных и стационарных диагностических комплексов, баз данных различных АСУ хозяйств. Данные диагностического уровня передаются на второй, аналитический, ядро которого — комплексная прогнозно-аналитическая модель взаимодействия объектов инфраструктуры и подвижного состава. Основная задача модели — прогнозирование изменения состояния всех объектов инфраструктуры в процессе их эксплуатации с учетом влияния как начального ее состояния, так и возможных мероприятий технического обслуживания и регламентированных ремонтов.

На основе полученных прогнозов и расчетов определяются показатели, характеризующие надежность объектов, риски и экономическую составляющую эксплуатации. Они являются критериями для оптимизации и выбора наиболее эффективного перечня мероприятий, который передается на третий уровень системы — планирование. Здесь разрабатываются директивные



Рис. 1. Схема системы планирования технического обслуживания и ремонтов объектов железнодорожной инфраструктуры с применением прогнозного моделирования

Таблица 1. Парк вагонов по родам с выражением долевой части от общего числа вагонов

Род вагона	Количество вагонов в парке, ед.	Доля от общего парка вагонов, %
Полувагон	602 097	47,9
Цистерна	253 686	20,2
Платформа	191 935	15,3
Хоппер	126 200	10,0
Крытый	63 769	5,1
Прочие	19 405	1,5
Итого	1 257 092	100,0

Таблица 2. Выбранные прототипы вагонов для проведения многовариантного моделирования

Модель вагона	Количество вагонов в парке, ед.	Доля от общего парка вагонов, %
Полувагон 12-132	139 295	15,47
Полувагон 12-9853	79 222	6,30
Полувагон 12-196	52 704	4,19
Цистерна 15-1547	20 461	4,08
Цистерна 15-9993	339	0,04
Хоппер 19-9549	13 180	1,05
Платформа 13-6964-01	12 377	0,99

Таблица 3. Параметры среднего пробега вагонов и коэффициента порожнего пробега

Модель вагона	Средний порожний пробег, км	Средний пробег, км	Коэффициент порожнего пробега	Отцепки вагонов за 4 месяца 2022 г. в ТР-2/Парк РФ
Полувагон 12-132	802 912,3	2 095 684,3	0,39	35 638/139 295
Полувагон 12-9853	438 810,9	925 565,6	0,47	18 747/79 222
Полувагон 12-196	350 918,4	789 571,3	0,44	7 166/52 704
Цистерна 15-1547	368 037,0	767 237,4	0,48	4 409/20 461
Цистерна 15-9993	12 360,4	23 203,5	0,53	–/339
Хоппер 19-9549	39 100,5	88 436,7	0,46	3 323/13 180
Платформа 13-6964-01	18 532,1	512 948,5	0,04	2 241/12 377

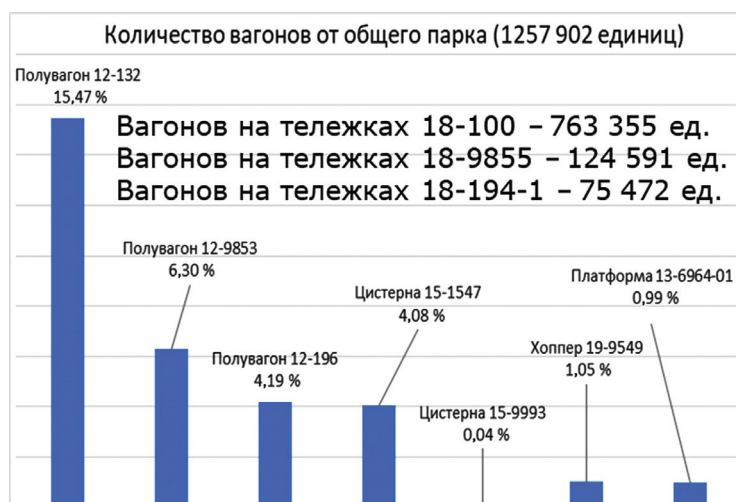


Рис. 2. Модели вагонов прототипов для проведения многовариантного моделирования

планы их исполнения с различной глубиной по времени и детализации — от декадных/месячных планов работы линейных предприятий до генеральных планов комплексной модернизации инфраструктуры на несколько лет.

В работе [3] была показана математическая модель, заложенная в разработку нейросетевой модели железнодорожного пути, в которой учтены степень износа элементов верхнего строения пути в зависимости от сил, возникающих в системе «колесо — рельс». Ее целевой прогноз может применяться для следующих отказов и неисправностей:

- выход из строя рельсов (по дефектам контактно-усталостного происхождения), узлов скреплений, шпал;
- накопление неисправностей типа просадка, перекося, уровень, а также по ширине колеи, рихтовке, в балластном слое и основной площадке земляного полотна.

Модель грузового вагона

Разработка цифровой модели грузового вагона состоит из 8 этапов:

- выбор прототипов для построения модели;
- разработка математических и динамических моделей;
- разработка твердотельных моделей для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) и построения кривой износа узлов и элементов;
- анализ данных по отказам узлов и деталей вагонов для оценки жизненного цикла на основе определения НДС;
- проведение многовариантных расчетов вагонов в совокупности с различными конструкциями и техническим состоянием элементов пути;
- разработка и обучение нейросетевой модели;
- анализ средств и методов диагностики подвижного состава для привязки к модели предиктивного анализа узлов и деталей вагонов;
- апробация и верификация полученных данных на полигоне железной дороги.

Для определения прототипов был выполнен анализ данных из ОАО «РЖД» о парке грузовых вагонов, который по состоянию на 1 июня 2022 г. насчитывал 1 257 092 ед. Из них полувагоны составили 47,9%, цистерны — 20,2%, платформы — 15,3%, хопперы — 10%, крытые — 5,1%, прочие — 1,5% (табл. 1).



Рис. 3. Общий вид выбранных (некоторых) вагонов для проведения моделирования

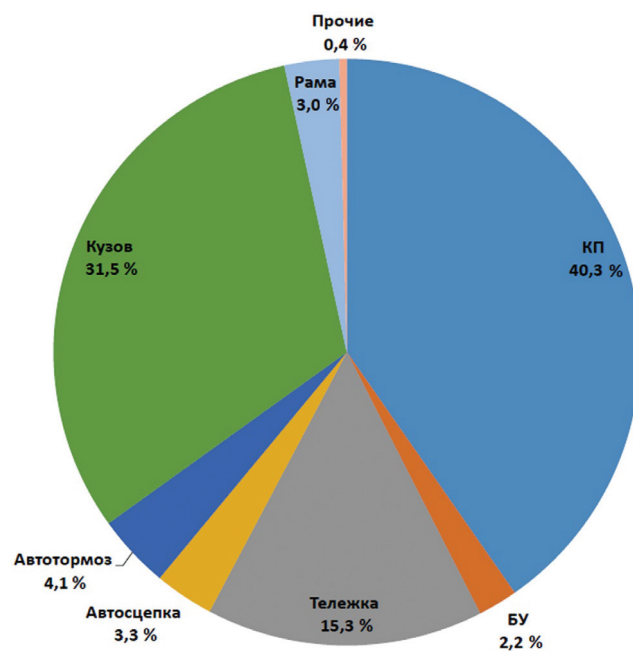


Рис. 4. Распределение отцепок в TOP грузовых вагонов в зависимости от узла за 6 месяцев 1922 г.

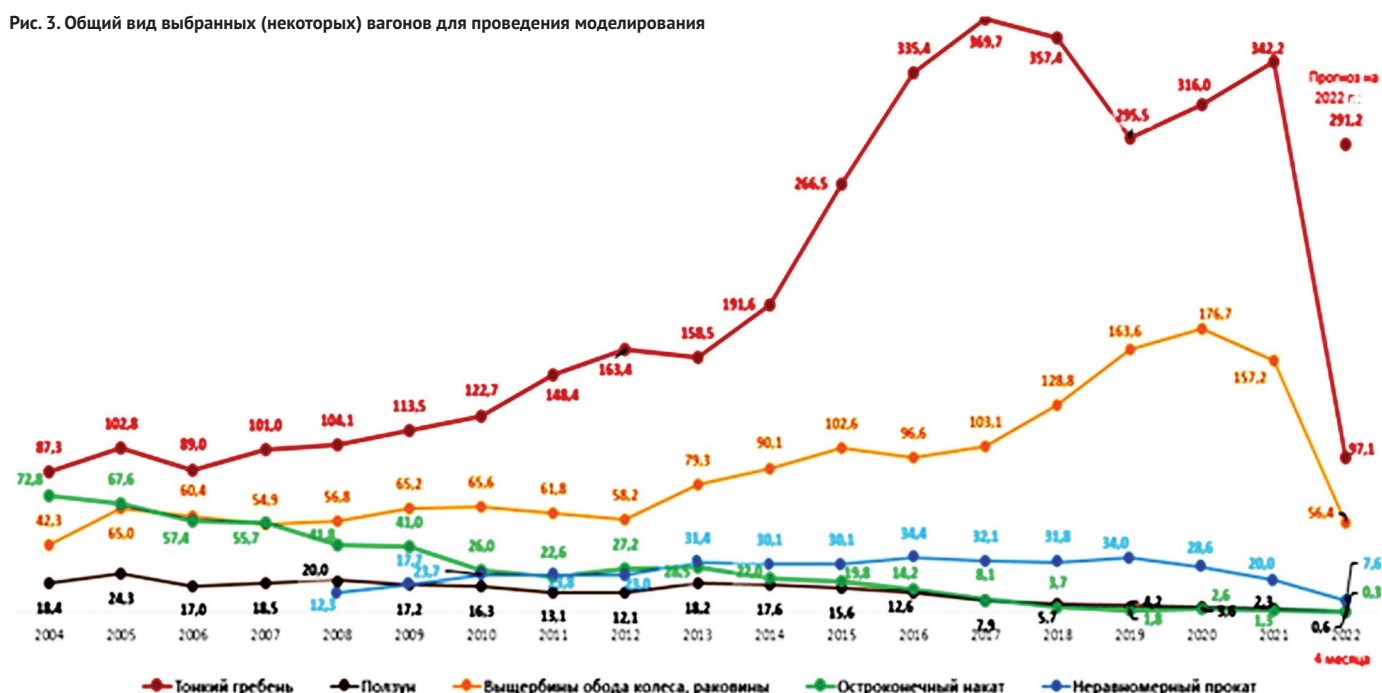


Рис. 5. Статистика отцепок в TOP вагонов по неисправности колесных пар

Было определено, что в исследовании необходимо учесть наиболее эксплуатируемые вагоны, причем как с тележкой модели 18-100 или аналогов (осевая нагрузка 23,5 тс/ось), так и с тележкой моделей 18-9588 и 18-194-1 (25 тс/ось). Таким образом, из общего парка был выделен определенный ряд моделей подвижного состава (табл. 2, рис. 2). На рис. 3 представлен общий вид некоторых из выбранных вагонов.

Для выбранных типов вагонов были определены средний общий пробег и коэффициент порожнего пробега за период 2021 г. — 6 месяцев 2022 г. (табл. 3).

На основе выполненного анализа данных по отцепкам вагонов в текущий отцепочный ремонт (ТОР) были определены основные неисправности, возникающие в эксплуатации в зависимости от узла и/или детали (рис. 4).

Основной причиной отцепок является колесная пара (КП) — 40,3%, на кузов приходится 31,5%, на тележку — 15,3%. Остальные узлы составляют менее 5%.

По неисправностям КП износ гребня составляет 57% от общего числа отцепок, выщербины — 33% (рис. 5). Таким образом, можно сделать вывод о том, что подвергнуть прогнозу износ колес (по гребню) — актуальная задача, и не-

Состав модели и параметров, учитываемых в твердотельной модели взаимодействия пути и подвижного состава										
Часть модели		Модель пути								
Влияющий параметр	Вид конструкции пути		Фактическое состояние верхнего/нижнего строения пути							
	Путь на перегонах и станциях		Стрелочные переводы		ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ					
	Радиус участка, м	Возвышение, мм	Тип конструкции верхнего/нижнего строения пути	Номер проекта	Профиль головки рельса	Подушка	Геометрические неровности пути	Коэффициенты трения по головке/боковой грани рельса	Неисправности элементов верхнего строения пути	Деформативность пути
	4 варианта: (15000, 1000, 650, 200)	3 варианта: (0, 70, 160)	2 варианта ВСП на жб шпалах (подклад, бесподклад)	4 варианта (1/11 и 1/9 дерево и жб)	3 варианта: (новый + 2 шт. с износами)	3 варианта (110, 120, 170)	3 варианта (110, 120, 170)	2 варианта (0,1, 0,45)	4 варианта (без неисправностей+ 3 варианта с разным сочетанием долей неработающих скреплений, шпалобрусьев)	3 варианта (состояние после ремонта + 3 состояния в состоянии до предела допустимое состояния)
	Звеньевой путь: 1 вариант ВСП на дер шпалах (1 тип скреп)									
Наименование переменной "УМ" для учета параметров, значений/диапазоны переменной для учета в модели	ПЕРЕМЕННЫЕ ДЛЯ ОБЯЗАТЕЛЬНОГО УЧЕТА									

Рис. 6. Параметры пути для моделирования движения в ПК «Универсальный механизм»

Модель подвижного состава									
Часть модели	Тип подвижного состава								
	Локомотив	Электропоезд	Пасс. вагон	Грузовой вагон	Поезд				
Влияющий параметр	Скорость движения, км/ч	Модель	Скорость движения, км/ч	Модель тележки	Тип кузова	Нагрузка на ось, тс	Скорость движения, км/ч	Масса, т	Режим движения
	Модель	Модель	Модель	Модель тележки	Тип кузова	Нагрузка на ось, тс	Скорость движения, км/ч	Масса, т	Режим движения
Наименование переменной "УМ" для учета параметров, значений/диапазоны переменной для учета в модели	6 вариантов (4 грузовых, 2 пассажирских)	3 варианта: 15, 25, 40, 60, 80, 100, 120	7 вариантов: 15, 25, 40, 60, 80, 100, 120	2 варианта (ВЗ 3-х элеваторный)	5 вариантов: 18-9855 (25) 18-100 (23.5) 18-194 (25)	4 варианта: Полувагон Цистерна Хоппер Платформа	3 варианта: Порожний груженный 1,2,груженный	3 варианта: 4500, 6400, 7100, 206400, 2X7100	5 вариантов: 4500, 6400, 7100, 206400, 2X7100
	Данные типы подвижного состава моделируются с учетом фактического состояния								
Тип диагностического средства или АСУ, для автоматизированного получения фактического значения переменной									
Базы данных АСУ ОП, АСУ ОД									

Фактическое состояние грузового подвижного состава									
Наименование переменной "УМ" для учета параметров, значений/диапазоны переменной для учета в модели	Тип профиля колеса	Толщина tread и прокат (профиль из документации), мм	Дефекты на поверхности катания типа полуш. выщербина	Диаметр колеса, мм	Фрикционные клинья*	Зазоры в буксовом проеме	Пятикопый узел	Зазоры/иснос в ось/узел*	
	7 вариантов: -ГОСТ 10767 (нов-эталон) -Унисон (рем 27) -Унисон (нов 30) -Унисон (рем 30) -Унисон (рем 27) -Орденвизановский-приработанный	4 варианта: 26 мм 25 мм 24 мм 23 мм	6 вариантов: (полушуга 0,5 мм, 1,0 мм, 1,5 мм, выщербины - 45,65,80мм)	5 вариантов: 1- Все колеса с D=650 мм; 2- Все колеса с D=650 мм; 3- 494 -650 4- 494 -650 5- 494 -650 6- 494 -650 7- 494 -650 8- 494 -650 9- 494 -650 10- 494 -650	3 варианта: 1 - трапециев (с углом между парами до 14 град) 2 - параллельнопаралл				

Рис. 7. Параметры подвижного состава для моделирования движения в ПК «Универсальный механизм»

которые компании-операторы уже это делают [4].

В то же время построение ЦД на основе только КП нецелесообразно, поэтому также были рассмотрены узлы и детали тележки. Как уже отмечалось, на работу приходится 15,3%, и за 4 месяца 2022 г. было отцеплено 63396 вагонов, в том числе по следующим причинам:

- завышение/занижение фрикционного клина относительно поверхности наддрессорной балки — 34,6%;
- несоответствие зазоров скользяна — 27,3%;
- излом пружин — 14,8%;
- трещина/излом колпака скользяна — 11,4%;

- излом опорной прокладки в буксовом проеме — 5,9%;
- трещина/излом боковой рамы и наддрессорной балки — 6,1%.

Таким образом, были определены основные элементы вагона, по которым на первом этапе в рамках создания цифрового грузового вагона 1.0 следует разрабатывать прогнозные модели

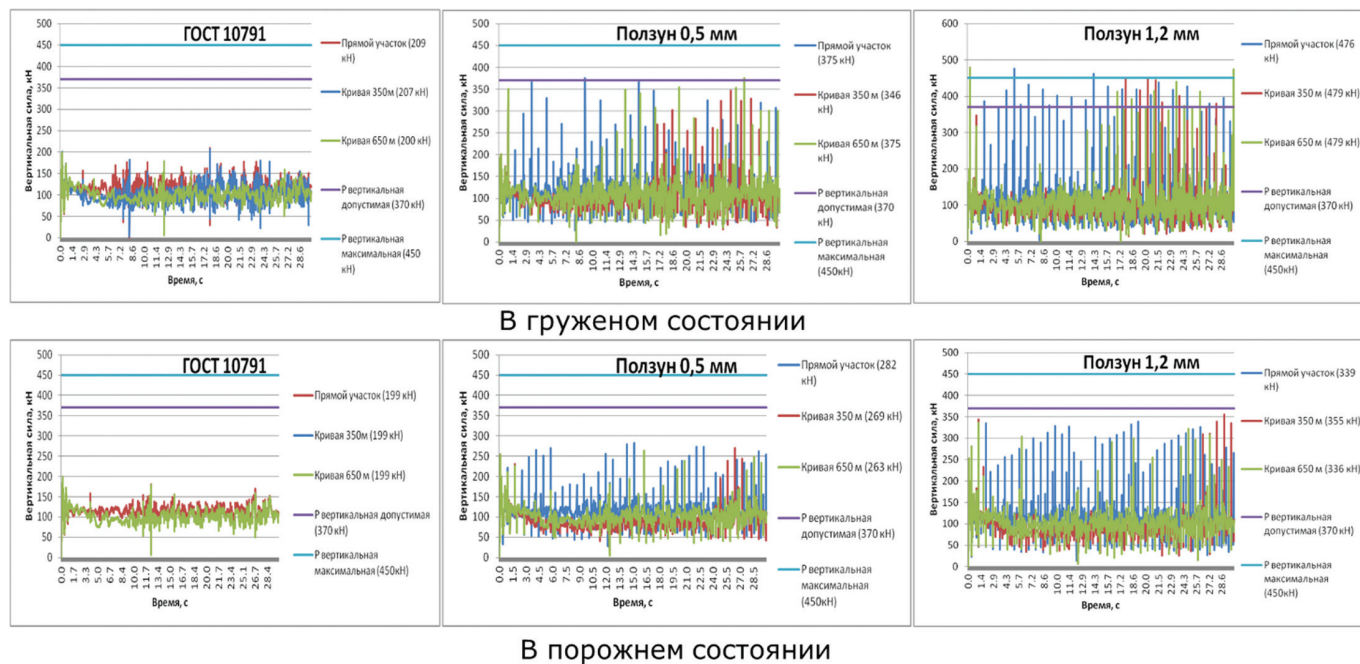


Рис. 8. Пример полученных результатов вертикальной силы при моделировании полувагона модели 12-132 с железнодорожным путем, имеющим неровности, соответствующие 2-й степени отступления (в норме)



Рис. 9. Схема исследований для построения моделей взаимодействия пути и подвижного состава и прогнозных моделей расчета деградации их узлов и элементов

износа и/или выхода из эксплуатации.

Разработка матрицы многовариантных расчетов

На основе проведенных научных исследований, как экспериментальных, так и расчетных [5–8], была разработана матрица расчетов при взаимодействии пути и подвижного состава. В среднем общий объем расчетов насчитыва-

ет порядка 5 млн различных случаев, в которых учтены технические состояния верхнего строения пути и подвижного состава. Для формирования модели пути и подвижного состава был принят ряд варьируемых параметров (рис. 6, 7).

Разработка динамической модели движения вагона

В настоящее время были проведены расчеты на трех моделях полувагонов:

- 12-132 на тележках модели 18-100;
- 12-196 на тележках модели 18-194-1;
- 12-9853 на тележках модели 18-9855.

Моделирование выполнено с использованием программного комплекса «Универсальный механизм». Параметры взаимодействия вагона и пути, а также описание моделей приведены в работах [8, 9]. Примером на рис. 8 служат результаты расчета полувагона модели 12-132 в порожнем и груженом состояниях с КП в новом состоянии

и с ползуном 0,5 и 1,2 мм на прямом участке пути и в кривых радиусами 650 и 350 м. Исследования и расчеты, согласно выбранной матрице многовариантных расчетов продолжают и будут опубликованы в других работах.

Полученные параметры и базы данных, которые снимаются и рассчитываются по результатам моделирования (боковые и вертикальные силы в системе «колесо — рельс», трение и силы в узле «фрикционный клин — надрессорная балка», линейные силы в пружинах рессорного подвешивания, силы в узле «букса (адаптер) — боковая рама», ускорения по трем осям в буксовом узле и др.), используются для обучения нейросетевой модели (рис. 9).

Принцип построения математической модели деградации

Выполненный анализ показателей надежности состояния элементов конструкции железнодорожного пути и подвижного состава согласно ГОСТ 27.002–2015, обычно указывает на ограничения числа параметров, в том числе параметра потока отказов λ (число отказов на 1 млн км или 1 млн т/брутто пропущенного тоннажа), который по данным эксплуатации можно рассчитать по формуле

$$\lambda = n / (N \cdot \Sigma L), \quad (1)$$

где: n — число отказов узлов и деталей за заданный период времени; N — общее число рассматриваемого количества единиц вагонов и или узлов и деталей; ΣL — пробег изучаемого вагона или пропущенный тоннаж рельсов.

Основным соотношением, которое положено в деградационную модель, свойства которого значимо не меняются в процессе анализируемого времени эксплуатации, является следующее выражение:

$$D_i^t = \sum_i d_i \cdot n_i, \quad (2)$$

где D_i^t — ресурс i -го элемента или узла подвижного состава или элементов верхнего строения пути по какому-либо отказу или неисправности, исчерпанный за период эксплуатации t ; d_i — мера исчерпания ресурса i -го элемента или узла в одном цикле нагружения (нагруженность элемента или узла); n_i — число циклов нагружения, воспринимаемое

i -м элементом или узлом в процессе эксплуатации.

В свою очередь, для определения прогнозного срока службы элемента или узла может быть использовано выражение:

$$[n_i] = \frac{[D_i]}{d_i}, \quad (3)$$

в котором $[n_i]$ — нормативное (прогнозное) число циклов нагружения, допускаемое для восприятия i -м элементом или узлом, по условию его перехода в нерабочее или предотказное состояние, согласно нормативному расчету ресурса по ГОСТ; $[D_i]$ — нормативное (прогнозное) значение ресурса i -го элемента или узла по какому-либо отказу.

Переход от числа циклов нагружения к показателям времени службы или величине пробега осуществляется в зависимости от вида элемента или узла с учетом того, что является для данного элемента циклом нагружения — пробег или пропущенный тоннаж.

Остаточный ресурс i -го узла или элемента в свою очередь определяется следующим выражением:

$$\Delta D_i = [D_i] - D_i^t. \quad (4)$$

Таким образом, для решения задачи определения срока службы i -го элемента или узла вагона, а также конструкции пути по какому-либо отказу или неисправности необходимо разработать алгоритм для получения показателей d_i и $[D_i]$.

Основные целевые прогнозы накладываются для неисправностей и отказов, связанных с исчерпанием ресурса в процессе эксплуатации, то есть зависящих от циклического воздействия при движении вагона по железнодорожному пути.

Нагруженность элемента или узла по какому-либо отказу или неисправности выражает значение d_i , которое определяет меру исчерпания. Основным фактор, от которого зависит значение нагруженности, — это силовая нагрузка: напряжение или ускорение, передаваемое на конструкцию вагона (конкретного узла) при движении и на путь при движении вагона.

В современной практике теории надежности, например, для металлов (и иных изделий, обладающих свойствами сплошного тела), основным показателем повреждаемости является значение $(\sigma)^2$, где σ — напряжение в ци-

кле. В свою очередь, напряжения есть функция от сил, передаваемых на объект, и его размеров. Если рассматривать узлы и элементы одинаковых формы и размера, напряженность будет определять значение силы, действующей на элемент или узел:

$$d_i = [f(F, \sigma)^2]^{\lambda/2}, \quad (5)$$

где F , σ — вектор вибродинамических сил или напряжений, действующих на элемент или узел в одном цикле нагружения; λ — степенной коэффициент, учитывающий условия работы и физические характеристики элемента (показатель потока отказности).

Таким образом, для получения значений d_i необходимо проведение всех видов расчетов, которые положены в матрицу многовариантности с последующим определением искомых параметров в узлах и деталях, которые описаны выше.

Основная задача прогнозных расчетов — получение временных или иных оценок длительности эксплуатации вагона и железнодорожного пути до появления отказа или неисправности узла или элемента. Исходными данными для прогнозирования являются параметры d_i и $[D_i]$.

Значение d_i характеризует условия эксплуатации конструкции вагона и пути, $[D_i]$ — свойства. Выполнение прогнозных расчетов выполняется в следующей последовательности (пример для железнодорожного пути):

1) на основе анализа эксплуатационных условий участка методами математического моделирования или натурных измерений определяются значения боковых и вертикальных сил и напряжений на участке, действующих на путь от подвижного состава; на основе полученных результатов — повреждаемость d_i для прогнозируемого отказа или появления неисправности в i -м узле или элементе;

2) на основе величины $[D_i]$ и d_i определяется число циклов $n_i = [D_i]/d_i$, которое будет воспринято i -м узлом или элементом до появления в нем рассматриваемого отказа или неисправности пути.

Значения n_i переводятся во временные или физические оценки (пропущенный тоннаж), позволяющие выполнить прогнозирование даты прове-

дения работ по устранению неисправностей или отказов.

Срок эксплуатации до появления отказа или неисправности (лет) рассматривается так:

$$t_i = \frac{n_i \cdot P_i}{10^6 \cdot \Gamma_i}, \quad (6)$$

где Γ_i — грузонапряженность на рассматриваемом участке, млн т/км в год.

Тоннаж, пропущенный до появления отказа или неисправности (млн т брутто) находим следующим образом:

$$T_i = \frac{n_i \cdot P_i}{10^6}. \quad (7)$$

Вторая задача прогнозирования — определение количества выхода из строя элементов верхнего строения пути или числа появления отказов пути на заданном этапе эксплуатации — m_i^k (шт./км в год):

$$m_i^k = \left[a_i(d_i n_i)^5 + b_i(d_i n_i)^4 + c_i(d_i n_i)^3 + d_i(d_i n_i)^2 + e_i(d_i n_i) + f_i \right], \quad (8)$$

здесь $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$ — степенные коэффициенты к функции аппроксимации кривой надежности для i -го вида отказа или выхода из строя элемента верхнего строения пути; k — расчетный год эксплуатации; T_k — суммарный тоннаж, пропущенный по участку в k -й год эксплуатации.

Коэффициент готовности определяется по формуле

$$K_{\text{готов}}^k = 1 - \sum m_i^k \cdot \gamma_i^m,$$

в которой γ_i^m — весовой коэффициент для рассматриваемой неисправности или выхода элементов верхнего строения пути из строя, 1/шт./км в год.

По аналогичной методике производится расчет прогноза для узлов и элементов вагона, в котором учитываются свои переменные, такие как средний пробег вагона в год, коэффициент порожнего пробега, интенсивность накопления дефектов, а также в зависимости от вида и технической характеристики вагона берутся силы, напряжения и ускорения в искомых узлах и деталях, которые в вагоне подвержены оценке и прогнозу.

Заключение

В работе был проведен анализ научно-исследовательских и научно-при-

кладных работ в области определения и оценки взаимодействия пути и подвижного состава, который позволил выявить основные направления для оценки элементов верхнего строения пути и элементов вагонов. На основании эксплуатационных данных по грузовому подвижному составу и железнодорожному пути определены переменные для математической модели прогнозирования деградации пути, получены основные вагоны-прототипы и построена матрица многовариантных расчетов.

Разработан алгоритм расчета накопления неисправностей деталей, узлов и элементов верхнего строения пути, геометрии рельсовой колеи и грузового вагона, учитывающий условия эксплуатации и действующие нормативные требования к системе технического обслуживания.

Реализованная по представленному алгоритму прогнозная модель позволяет определять показатели, характеризующие накопление выхода из строя как элементов верхнего строения пути, так и неисправностей геометрии рельсовой колеи. Модель прогнозирования износа узлов находится в стадии доработки ввиду незаконченности выполнения расчетов динамического моделирования.

Для апробации и верификации разработанных моделей подготовлено два опытных сцепа по три вагона в каждом: полувагон модели 12-296, 12-196 и 12-9853. Один опытный сцеп уже сейчас начал курсировать на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» г. Щербинка, а второй, будет направлен на Восточный полигон. Задача опытного сцепа — регистрировать показатели напряжений и сил в основных элементах ходовых частей и рамы вагона. В дополнение к этому там же производится монтаж 12 стационарных измерительных постов, которые позволят в режиме 24/7 регистрировать боковые и вертикальные силы от проходящих составов. ■

Литература

1. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. — М.: Российский ин-т стандартизации, 2021. — 11 с.
2. Суслов, О.А. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта пути / О.А. Суслов // Путь и пу-

товое хозяйство. — 2021. — № 1. — С. 11–13.

3. Суслов, О.А. Перспективные подходы к прогнозному моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников / О.А. Суслов, В.И. Федорова // Вестн. науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2021. — Т. 80. — № 5. — С. 251–259. — <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-5-251-259>
4. Сайт Первой грузовой компании (ПГК). — Управление продуктом. Транспорт. — URL: <https://habr.com/ru/company/pgk/blog/569686/> (дата обращения: 01.08.2022 г.)
5. Богданов, В.М. Техническое состояние вагона и износ гребней колес / В.М. Богданов, И.Д. Козубенко, Ю.С. Ромен // Железнодорожный транспорт. — 1998. — № 8. — С. 23–25.
6. Захаров, С.М. Математическое моделирование влияния параметров пути и подвижного состава на процессы изнашивания колеса и рельса / С.М. Захаров, Ю.С. Ромен // Вестн. науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2010. — № 2. — С. 26–30.
7. Захаров, С.М. Анализ влияния параметров экипажей и пути на интенсивность износа в системе колесо — рельс на основе полного факторного эксперимента / С.М. Захаров, Д.Ю. Погорелов, В.А. Симонов // Вестн. науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2010. — № 2. — С. 31–35.
8. Орлова, А.М. Разработка улучшенного профиля колеса для грузового вагона. Теоретическое обоснование / А.М. Орлова, Р.А. Савушкин, В.И. Федорова. — Вестн. науч.-исслед. ин-та железнодорожного транспорта. — 2018. — № 77(5). — С. 269–279. — <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-5-269-279>
9. Саидова, А.В. Оценка износа колес грузовых вагонов при существующих нормативах выпуска трехэлементных тележек с осевой нагрузкой 23,5 тс из ремонта / А.В. Саидова, В.И. Федорова, Ю.Б. Житков, И.В. Федоров, А.Н. Гришаев. — Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2021. — Том 18. — Вып. 1. — С. 52–61. — <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2021-1-52-61>

Градостроительные обособленности проектирования сетей скоростного пассажирского транспорта в крупнейших городах России



Д.Г. Неволин,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
«Проектирование
и эксплуатация
автомобилей» ФГБ
ОУ ВО «Уральский
государственный
университет путей
сообщения (УрГУПС)



А.А. Цариков,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Проектирование
и эксплуатация
автомобилей» УрГУПС



В.Г. Бондаренко,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Проектирование
и эксплуатация
автомобилей» УрГУПС

Взрывной рост уровня автомобилизации населения городов России заставил специалистов и ученых иным образом взглянуть на проблемы пассажирского транспорта. Многочасовые заторы и проблемы в развитии улично-дорожной сети потребовали создания приоритетных условий для движения городского пассажирского транспорта.

Особенно эффективным мероприятием для борьбы с заторами можно считать развитие скоростного пассажирского транспорта, который является достойной альтернативой поездкам на личных легковых автомобилях. Однако, как показала современная ситуация, в городах Российской Федерации и постсоветского пространства наибольшее внимание было уделено строительству метрополитенов, несмотря на наличие альтернативных более дешевых видов скоростного пассажирского транспорта.

Закономерности территориального развития городов

Существующие крупные и крупнейшие города России исторически развивались по особому сценарию, отличающемуся от других городов мира, особенно от Западной Европы. Пространственное освоение территории в наших городах происходило в соответствии с едиными закономерностями, в результате которых был получен их современный облик.

До революции города Российской Империи имели компактную застройку и занимали достаточно небольшую территорию. Так, Екатеринбург представлял собой прямоугольник размерами 3 × 5,5 км, территория которого была плотно застроена и не имела пустырей. Более подробно градостроительные особенности России начала XX в. описаны в работах [1, 2].

В период индустриализации города бывшего СССР начали территориально

расти взрывными темпами. Так в Екатеринбурге (в то время Свердловске) стали появляться промышленные гиганты, такие как Уралмаш, Верх-Исетский завод, Завод химического машиностроения и др. Именно в этот период территории крупнейших городов России вырастают до невероятных размеров и перестают быть компактными.

Уникальность некоторых крупных и крупнейших городов России, в том числе на постсоветском пространстве, заключается в том, что они осваивали территории по двум берегам достаточно крупных рек, таких как Енисей, Обь, Иртыш, Днепр, Ангара, Волга и др. Пространственный анализ городов мира с населением менее 2 млн жителей показал, что подобная закономерность не наблюдается практически ни в одной стране мира. Большинство городов мира построено на двух берегах небольших рек, которые имеют ширину не более 400 м. Конечно же, в мировой практике можно отметить города, расположенные на двух континентах (Стамбул), освоившие пространство островов в океане (Нью-Йорк), а также построенных на реках с шириной 2 км и более. Но это в большинстве случаев огромные мегаполисы с численностью населения более 10 млн жителей.

В мировой практике градостроительства многие населенные пункты, построенные вблизи крупных рек (таких как Енисей), предпочитали осваивать только один берег, не вкладывая серьезных средств в строительство мостовых переходов.

Таким образом, крупные и крупнейшие российские города в результате исторического пути их развития получили оригинальную форму и схему застройки, которая состоит из районов, сформированных до революции, из квартальной жилой застройки 1930-х–1950-х годов, а также из микрорайонов, строительство которых началось после 1960 г. Вышеперечисленные районы имеют разные плотность улично-дорожной сети и ширину улиц в красных линиях, а следовательно, различные условия для организации на них пассажирского транспорта.

Анализ крупнейших городов России с точки зрения формы освоения территории

Учитывая вышесказанное, можно констатировать, что большинство крупнейших городов Российской Федерации в своем территориальном развитии трансформировались из правильных прямоугольных форм в несколько иные фигуры. В этой связи авторами была предпринята попытка провести анализ крупнейших городов с точки зрения их современной формы освоения территории.

Как известно, любые населенные пункты в идеальных условиях растут

равномерно во всех направлениях и образуют форму, близкую к окружности или квадрату. В реальной ситуации развитию территории города мешают естественные и искусственные препятствия. Горы и тяжелый рельеф местности, реки и озера, железнодорожная и другая инфраструктура могут тормозить освоение отдельных территорий. То есть естественный процесс развития города в идеальных условиях идет равномерно во всех направлениях от центра к периферии. Однако на некоторых направлениях образуются препятствия, которые меняют форму городской застройки. Таким образом, в наибольшем

Классификация крупнейших городов России с точки зрения формы освоения территории

Город	Население, млн	Форма	Размеры города	Река, ее ширина
Москва	12,7	Эллипс	38 × 30 км $K_c = 1,27$	Москва, 300 м
Санкт-Петербург	5,4	$\frac{3}{4}$ эллипс	31 × 25 км $K_c = 1,24$	Нева, до 600 м Большая Невка, до 250 м
Новосибирск	1,6	Эллипс рассеченный	32 × 27 км $K_c = 1,2$	Обь, 1100 м Иня, 150 м
Екатеринбург	1,5	Эллипс	25 × 17 км $K_c = 1,47$	Исеть, 120 м
Казань	1,25	$\frac{3}{4}$ эллипс	22 × 16 км $K_c = 1,37$	Волга, до 6000 м Казанка, до 800 м
Нижний Новгород	1,25	Полуэллипс рассеченный	20 × 19 км $K_c = 1,05 (2,1)$	Волга, до 6000 м Ока, 1000 м
Челябинск	1,2	Эллипс	35 × 20 км $K_c = 1,7$	Миасс, до 200 м
Самара	1,15	Трапеция	21 × 11 км	Волга, 2000 м Самара, 1000–2500 м
Омск	1,15	Эллипс рассеченный	27 × 16 км $K_c = 1,68$	Иртыш, 1300 м Омь, 100 м
Ростов-на-Дону	1,13	Полуэллипс	23 × 11 км $K_c = 1,02 (2,1)$	Дон, до 1300 м Малый Донец, до 300 м
Красноярск	1,1	Эллипс рассеченный	28 × 11 км $K_c = 2,5$	Енисей, до 2500 м Кача, 40 м
Воронеж	1,058	Эллипс рассеченный	18 × 14 км $K_c = 1,28$	Воронеж, до 1500 м Дон, до 150 м
Пермь	1,05	Полуэллипс	28 × 8,3 км $K_c = 3,37 (1,68)$	Кама, 1100 м Мулянка, до 350 м
Уфа	1,05	Гантель	23 × 2,5–9 км	Белая, до 400 м Уфа, до 300 м
Волгоград	1,009	Город-линия	59 × 2–8 км	Волга, 4000 м

Примечание: K_c — коэффициент сжатия эллипса.

количестве случаев форма освоения территории представляет собой эллипс неправильной формы. К классическим примерам города в форме эллипса относятся Москва (в границах территории до момента присоединения к ней новых административных районов Подмосковья), Екатеринбург и Челябинск. Через эти города протекают реки, имеющие небольшую ширину.

Как видно из таблицы, максимальная ширина реки у таких городов не превышает 300 м. Небольшая ширина реки позволяет строить через нее значительное количество мостов, в результате чего улицы, расположенные с разных сторон реки, образуют непрерывную целостную структуру. Кроме того, жилые районы на берегах реки при такой структуре сети взаимодействуют между собой (рис. 1, А).

В ряде случаев пространственному развитию города мешают широкие реки или моря. В этой связи в отдельную группу стоит выделить Санкт-Петербург и Казань. Они имеют форму эллипса только на 3/4. Причиной является для первого города наличие Финского залива, а для второго — изгиб Волги в месте его размещения (рис. 1, Б).

В отдельную группу необходимо отнести города, рассеченные на части

крупными реками. Мы обозначили их как города в форме эллипса, рассеченные рекой. К такой форме освоения территории отнесены Красноярск, Новосибирск, Омск и Воронеж.

Большие реки приводят к серьезным проблемам при строительстве мостов через них. Потому две части одного города соединяются между собой с помощью всего нескольких мостов, тем самым разрывая районы населенного пункта. Кроме того, широкие реки создают огромные разрывы (до 5 км) между застроенными территориями.

Как указывалось выше, наличие крупных рек вблизи населенного пункта зачастую приводит к тому, что противоположная часть берега не осваивается. В этом случае территория города образует собой форму полуэллипса. Яркими примерами таких городов являются Ростов на Дону, Нижний Новгород и отчасти Пермь. Нижний Новгород в данной классификации, можно считать полуэллипсом, рассеченным пополам Окой (рис. 1, Е).

Крупнейшие российские города образуют собой и нестандартные фигуры. Так, г. Самара под воздействием рек Самары и Волги получил свое развитие в форме трапеции (рис. 1, Д). Уфа под действием рек Уфы и Белой превратилась в некое подобие гантели (рис. 1, Г).

Влияние формы освоения территории на развитие скоростного пассажирского транспорта

Города России с населением более 1 млн жителей на современном этапе их развития остро нуждаются в развитой системе скоростного пассажирского транспорта. Комплексные транспортные схемы, разработанные еще в начале 1970-х годов, планировали в качестве скоростного пассажирского транспорта только метрополитен с классической схемой линий в виде треугольника. Исключением можно считать схему метро-трамвая, реализованного в Волгограде.

Однако, если внимательно изучить территориальные формы крупнейших городов России, видно, что классическая схема из трех линий, пересекающихся в виде треугольника, подходит далеко не всем городам. Точнее, классическая схема применима в большей мере в городах, построенных в форме эллипса и $\frac{3}{4}$ эллипса.

Особые формы освоения пространства городами России оказали

существенное влияние на развитие пассажирского транспорта. Особенно интересным в этом отношении является Волгоград. По территориальному освоению его необходимо отнести к городу-линии. По ряду обстоятельств до-революционный Царицын, похожий по структуре на другие города Российской Империи, в результате поглощения населенных пунктов Красноармейск, Старая отрада, Ельшанка, Бекетовка превратился в современный Волгоград (рис. 1, В).

Линейные города в мировой практике известны в достаточно большом количестве, но все они расположены вдоль морского побережья. Очень часто таковые возникают из-за наличия крутых гор, расположенных в непосредственной близости к берегу моря. Градостроителям трудно осваивать территории с гористой местностью, поэтому они вытягивают город в одну линию. Волгоград является оригинальным поселением, поскольку освоение его территории происходило вдоль реки на протяжении 59 км, в то время когда есть возможность строить здания вглубь побережья.

Линейная форма освоения территории привела к тому, что достаточно большое количество районов Волгограда оказалось связано с центральной его частью только одной линией пассажирского транспорта (рис. 1, В). При этом понадобилось организовывать значительное количество маршрутов протяженностью 40–50 км и более. Три года назад, до момента сокращения маршрутной сети, в Волгограде было организовано 140 маршрутов общей протяженностью 5700 км [3]. Для обслуживания пассажиров при подобной схеме маршрутной сети необходимо большое количество подвижного состава.

Столь значительная протяженность города привела к появлению еще одной более сложной проблемы в работе пассажирского транспорта. Это «невывыно-симо большое» время сообщения между периферийными районами города. Понятно, что для перемещения из одной части города в другую на расстояние в 60 км может потребоваться 3–4 ч и то при условии отсутствия заторов.

Для решения данной проблемы следует развивать скоростные виды пассажирского транспорта. Учитывая огромные линейные размеры Волгограда, здесь необходим пассажирский транс-

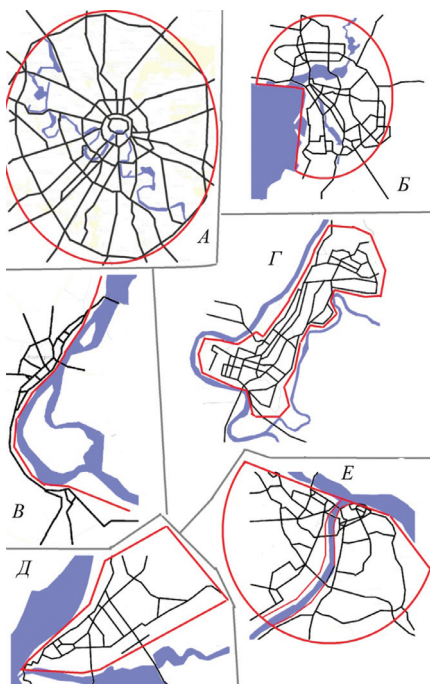


Рис. 1. Графический пример городов различной формы освоения территории: А — Москва; Б — Казань; В — Волгоград; Г — Уфа; Д — Самара; Е — Нижний Новгород

порт с высокой скоростью сообщения, для строительства которого потребуются небольшие финансовые вложения.

Нужно отметить, что скорость сообщения метротрамвая, организованного в Волгограде, составляет 25 км/ч. Это означает, что даже если достроить его линию до Красноармейского района, время сообщения из одной части города в другую составит 2–2,5 ч, что является неприемлемым в соответствии со Сводом правил СП-42.13330.2016 [4].

Скорость сообщения отечественных метрополитенов — 40–45 км/ч, но даже она недостаточна для нормального транспортного обслуживания в Волгограде. Хорошим решением мог бы стать такой вариант скоростного трамвая, который бы смог перемещаться со средней скоростью 45–50 км/ч. Однако для этой скорости необходимо остановочные пункты размещать на расстоя-

нии 3–4 км и не иметь помех от других участников движения.

Крайне неудачной, на наш взгляд, следует считать треугольную схему скоростного транспорта в городах в форме эллипса, рассеянного пополам рекой. Особенно в тех случаях, когда большая сторона эллипса проходит вдоль реки, пересекающей город. Подобная схема требует строительства двух метромостов (а в случае с Воронежем — трех) и не позволяет проложить линии через все пассажирообразующие направления (рис. 2). Именно крупные реки, проходящие через такие города как Воронеж, Красноярск, Омск и Новосибирск, разрывают ткань города, изменяя направления ее пассажиропотоков.

В классической геометрии оперируют таким понятием как коэффициент K_c , который характеризуется отношением длины большой стороны к меньшей.

Чем выше данный коэффициент, тем более вытянутым является эллипс. В таблице приведены его значения для всех городов-миллиоников России.

Так, для Красноярска $K_c = 2,5$. Это означает, что классическая схема из трех линий здесь будет крайне неэффективной. В Воронеже, Омске и Новосибирске этот коэффициент равен соответственно 1,28, 1,68 и 1,2. Пространственно данные города не так вытянуты вдоль реки, как Красноярск, но и здесь, по мнению авторов, требуется индивидуальная проработка схемы скоростной сети, а также выбора вида скоростного транспорта.

Например, в Праге через город протекает река Влтава, которая имеет ширину 200–300 м. Достаточно узкая река позволила городу построить 13 мостов, соединив в достаточной мере разные берега. В Праге эксплуатируется классическая схема метрополитена, состоящая из трех линий (рис. 2), которые пересекаются в исторической части города и отделены друг от друга одной-двумя станциями.

В Красноярске и Новосибирске пересечению линий в одном районе мешает река, поэтому три пересадочных узла были запланированы в разных частях города. Фактически расстояние между станциями пересадок составляет здесь 4–6 км. В Новосибирске пересечение желтой и зеленой линий и того хуже, так как расположено на территории, которую в ближайшие 20 лет осваивать не планируется (на окраине города за промышленной зоной).

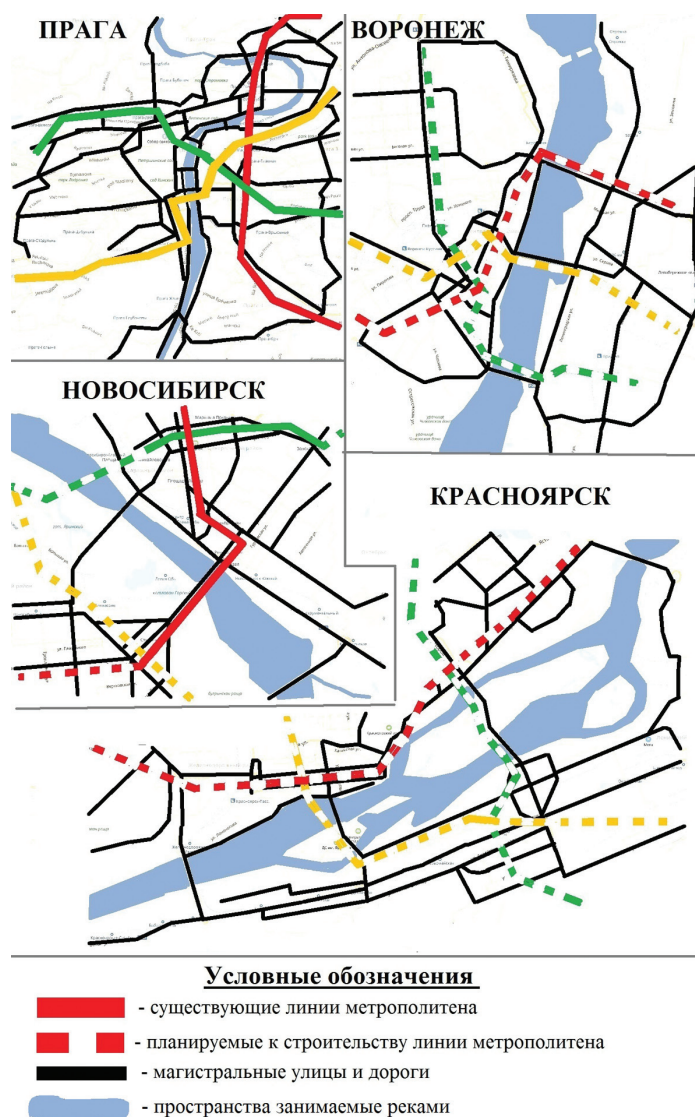


Рис. 2. Схема размещения линий скоростного пассажирского транспорта в городах в форме рассеянного эллипса

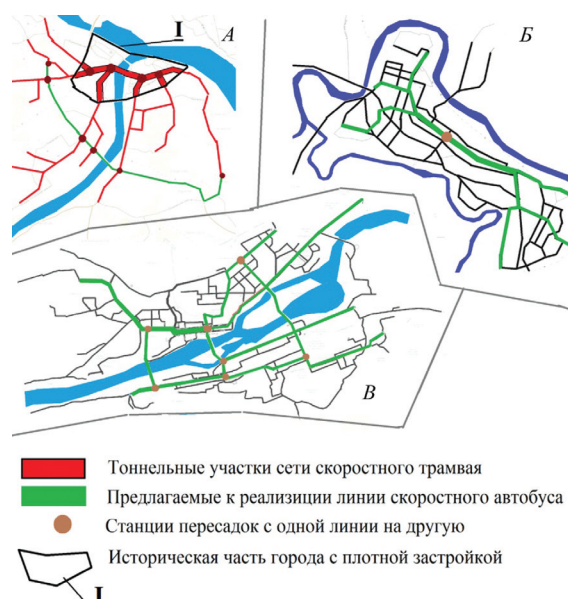


Рис. 3. Предлагаемая схема развития скоростного транспорта в крупнейших городах России (объяснение в тексте)

В Воронеже удалось спроектировать пересечение трех линий в центральной части города, но строительство трех метромостов вызывает огромные вопросы к такой схеме. При этом все три линии на правом берегу реки Воронеж проходят по территориям, не позволяющим нагрузить их пассажирами. Так, имеющиеся у авторов данные о пассажиропотоках общественного транспорта Воронежа говорят о том, что если даже всех пассажиров удастся пересадить в метро, то в сечении метромостов пассажиропотоки составят 2000–2500 пассажиров в час в одном направлении. Понятно, что такие пассажиропотоки будут приносить метрополитену колоссальные убытки.

Справедливости ради необходимо отметить, что классическая схема скоростного пассажирского транспорта в форме треугольника из трех линий эффективно работает в Киеве, который также имеет форму эллипса, рассекаемого многоводным Днепром. Однако отличительной чертой территории Киева является то, что большая сторона эллипса проходит перпендикулярно реке, а не параллельно, как в российских городах. При этом чем больше территория города вытянута вдоль реки, тем менее эффективна классическая схема.

Нежелательно использование классической схемы скоростного транспорта и в городах, построенных в форме полуэллипса. Особенно в таких, как Нижний Новгород, который пополам делится рекой Ока. В городах данной формы пассажиропотоки образуются по радиальным направлениям, связывающим центр с периферийными районами. При этом чем больше полуэллипс будет вытянут вдоль реки, тем менее эффективна здесь будет классическая схема.

В Нижнем Новгороде исторически всегда было развито трамвайное и троллейбусное движение, которое стало реальным конкурентом для имеющегося метрополитена. Наличие двух линий трамвая, расположенных параллельно линии метро, привело к тому, что объем перевозок пассажиров здесь в несколько раз ниже, чем планировалось при расчетах. По мнению авторов, некорректный выбор вида скоростного транспорта и его трассировки привела к тому, что в Нижнем Новгороде до сих пор не решены проблемы с транспортными перемещениями. Более подробно данная проблема рассмотрена в работе [5].

Мировой опыт строительства скоростного пассажирского транспорта

в городах, схожих по форме освоения территории с Нижним Новгородом, показывает, что в нем необходимо создание радиальных линий от центра к периферии. Учитывая существующие пассажиропотоки городского транспорта, в данном случае скорее подошла бы схема скоростного трамвая, нежели метро. Пример такой схемы представлен на рис. 3, А.

Аналогичным образом трамвайное движение «придушило» метрополитен в Самаре. Неправильный выбор вида транспорта и его траектории привела к тому, что объем перевезенных пассажиров в метро оказался в 3,5 раза меньше, чем в Екатеринбурге, при сопоставимой длине.

Учитывая, что Самара построена в форме трапеции (см. рис. 1, Д), классическая схема, состоящая из трех линий, здесь также неэффективна. Для города такой формы геометрически подходит система скоростного транспорта, состоящая из двух диагоналей, которые выходят из углов трапеции.

Для Уфы с ее территорией в форме гантели больше подходит система скоростного трамвая или скоростного автобуса, нежели традиционный метрополитен. При этом все маршруты скоростных видов транспорта в городе можно проложить через одну точку (рис. 3, Б).

По мнению авторов, наиболее эффективным видом транспорта для Красноярска является скоростной автобус. Как видно из рис. 3, В, в нем целесообразно организовать несколько параллельных линий на правом и левом берегах Енисея. Именно скоростной автобус позволит связать между собой все районы города и беспрепятственно преодолеть мостовые переходы.

Заключение

Специалисты и эксперты еще в начале 1970-х годов отмечали излишнюю увлеченность проектировщиков системами метрополитена, указывая на отсутствие средств на реализацию подобных планов [6]. Кроме того, транспортными учеными справедливо было отмечено, что это отодвинуло на второй план предложения по развитию скоростных трамвайных систем [7] и экспрессных линий автобуса [8].

Таким образом, крупнейшим городам России необходимо полностью пересмотреть концепцию развития скоростных видов пассажирского транспорта. Она должна позволить городам

в кратчайшие сроки ввести в эксплуатацию системы скоростного транспорта, которые могли бы охватить не менее 70% территории города. Растягивание же строительства подобных систем на 20–30 лет полностью дискредитирует такие предложения и сделает данное мероприятие не эффективным. ■

Литература

1. Зитте, К. Художественные основы градостроительства / К. Зитте. — М.: Стройиздат, 1993. — 255 с.
2. Мазаев, Г.В. Планировочная организация уличной сети городов с прямоугольной формой плана / Г.В. Мазаев // Акад. вестн. УралНИИпроект РААСН. — 2019. — № 1. — С. 16–20.
3. Цариков, А.А. Анализ основных показателей развития сетей и маршрутов пассажирского транспорта городов России / А.А. Цариков, А.В. Бачинина, О.Ю. Тапасева // Инновационный транспорт: науч.-публицист. изд. — Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2017. — № 2 (24). — С. 20–27.
4. Свод правил СП-42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Актуализ. ред. СНиП 2.07.01–89*. — М.: Стандартинформ, 2019. — 86 с. — Изменения № 1–4 внесены изготовителем базы данных по тексту. — М.: Стандартинформ, 2019; М.: ФГБУ «РСТ», 2022.
5. Ваксман, С.А. Противоречивая политика развития скоростных рельсовых систем в крупных городах России с 1980 по 2010 гг. / С.А. Ваксман, А.А. Цариков // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XVIII Междунар. (двадцать первой Екатеринбургской) науч. — практич. конференции. — Екатеринбург: изд-во АМБ, 2012. — С. 153–156.
6. Фатеев, И. А. О проектах комплексных схем развития пассажирского транспорта крупных городов / И.А. Фатеев // В помощь проектировщику-градостроителю. Комплексные транспортные схемы городов. — Киев: Будівельник, 1974. — С. 6–13.
7. Хиценко, В.В. Скоростной трамвай / В.В. Хиценко. — Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1976. — 180 с.
8. Болоненков, Г.В. Организация скоростных автобусных сообщений в городах / Г.В. Болоненков. — М.: Транспорт, 1977. — 160 с.

Надир А. Валеев, канд. экон. наук, старший научный сотрудник Объединенного ученого совета ОАО «РЖД», доцент, АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» («ВНИИЖТ»)

Методологические проблемы повышения эффективности транспортного комплекса // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 3–6.

Отмечена роль транспортного комплекса России в создании макроэкономических эффектов. Обосновано, что эффективность транспортной деятельности нуждается в поступательном повышении, основанном на научной методологии. Предложены характеристики уровней транспортной экономики. Сделан вывод о необходимости управления эффективностью транспортного комплекса, с использованием положений теории динамической эффективности, методологии форсайта и инструментария предиктивного управления.

Ключевые слова: транспортный комплекс, методология, уровни транспортной экономики, динамический аспект эффективности, экономические субъекты, форсайт, предиктивное управление.

Контактная информация: valeev.nadir@vniizht.ru

Елена Ю. Тимофеева, канд. экон. наук, доцент кафедры таможенного дела

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Актуальные вопросы таможенного и налогового регулирования в грузовых перевозках в связи с антисанкционной политикой // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 7–11.

Санкционное давление и введение ответных мер оказало существенное воздействие на условия работы транспортной отрасли. Изменение схем доставки грузов и их перемещения через таможенную границу, увеличение дальности и затрат на осуществление перевозок требует применения мер по таможенному и налоговому регулированию, обеспечивающих поддержку работы российских транспортных организаций.

Ключевые слова: грузоперевозки, схемы доставки, таможенное и налоговое регулирование, ставка НДС, транзит.

Контактная информация: eytimofeeva@yandex.ru

Дмитрий А. Мачерет, д-р экон. наук, профессор, первый заместитель председателя Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» (АО «ВНИИЖТ»), профессор Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ))

Алексей Д. Разуваев, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ)

Анастасия Ю. Ледней, канд. экон. наук, доцент кафедры «Экономика транспортной инфраструктуры и управление строительным бизнесом» РУТ (МИИТ)

Анализ долгосрочной динамики и неравномерности погрузки грузов на железнодорожном транспорте // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 12–18.

Выдвинута и подтверждена на основе долгосрочного анализа с использованием статистических и математических методов гипотеза о том, что высокая и устойчивая динамика погрузки коррелирует с ее низкой неравномерностью, и, соответственно, экономически значимые задачи повышения динамики и снижения неравномерности погрузки должны решаться комплексно. При этом установлено, что глубокому спаду по-

грузки, как правило, сопутствует высокий уровень ее неравномерности; высокий рост погрузки может достигаться как при высоком, так и при низкой неравномерности, но в то же время, в условиях дефицита транспортных мощностей неравномерность погрузки сдерживает ее рост; относительная стабильность динамики погрузки в рыночных условиях коррелирует с ее невысокой неравномерностью.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, неравномерность погрузки грузов, темп прироста погрузки, долгосрочная динамика погрузки, корреляционно-регрессионный анализ динамики погрузки, метод статистической группировки.

Контактные данные: macheretda@rambler.ru

Фарид И. Хусаинов, канд. экон. наук, эксперт Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)

Актуальные вопросы теории железнодорожных тарифов к предстоящей дискуссии // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 19–22.

Рассмотрены некоторые ключевые теоретические вопросы построения системы железнодорожных тарифов, обсуждение которых будет влиять на дизайн новой системы тарифов на грузовые железнодорожные перевозки. Проанализированы проблемы прозрачности структуры тарифов, ценовой дискриминации, формульного ценообразования. Отдельно рассмотрен вопрос об отказе от среднесетевой себестоимости как основы построения грузовых тарифов.

Ключевые слова: грузовые железнодорожные перевозки, железнодорожные тарифы, ценовая дискриминация.

Контактная информация: f-husainov@yandex.ru

Анатолий М. Плотников, докт. техн. наук, профессор-консультант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

Дмитрий О. Гурин, соискатель, системный администратор управления информационных систем и технологий СПбГАСУ

Результаты системного подхода к анализу оценки уровня безопасности дорожного движения в округах и регионах России // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 23–29.

Уровень безопасности дорожного движения в округах и регионах Российской Федерации многие годы выходит за рамки разумного. Существенно снизить число погибших от дорожно-транспортных происшествий в их населенных пунктах позволяет системный подход к использованию знаний о научном потенциале цифровой оценки уровня безопасности дорожного движения на одноуровневых перекрестках дорог.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, «социальный риск» гибели в дорожно-транспортных происшествиях, одноуровневые регулируемые и не регулируемые светофорами перекрестки дорог.

Контактная информация: pampsb@yandex.ru

Олег С. Валинский, д-р техн. наук, профессор кафедры «Электрическая тяга» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)», заместитель генерального директора — начальник дирекции тяги ОАО «РЖД»

Александр А. Воробьев, д-р техн. наук, ведущий кафедрой «Наземные транспортно-технологические комплексы» ПГУПС

Игорь В. Федоров, старший преподаватель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС

Ольга А. Конограй, старший преподаватель кафедры «Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Эдуард Ю. Чистяков, старший преподаватель кафедры «Строительные материалы и технологии» ПГУПС

Повышение эффективности эксплуатации колесных пар подвижного состава // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 30–34.

Целью работы является разработка мероприятий, направленных на ликвидацию дефицита колес вагонов. Применяются методы теории упругости, теории пластичности, методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных (метод конечных элементов). Разработаны мероприятия, позволяющие снизить дефицит колес вагонов. Разработанные мероприятия позволяют снизить потребность в колесах вагонов и таким образом уменьшить их дефицит без ущерба для безопасности движения поездов. Внедрение предлагаемых мероприятий может быть осуществлено путем внесения изменений в существующие нормативные документы и практически не требует затрат на их внедрение.

Ключевые слова: колесо, колесная пара, колесная сталь, метод конечных элементов, конечно-элементная модель.

Контактная информация: nttk@pgups.ru

Андрей Л. Протопопов, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»),

Эдуард С. Оганьян, д-р техн. наук, главный научный сотрудник АО «ВНИКТИ»,

Марина И. Воронкова, инженер 1 категории АО «ВНИКТИ»

Моделирование напряженно-деформированного состояния сварных соединений несущих конструкций подвижного состава // Транспорт РФ. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 35–37.

Сварные конструкции должны удовлетворять требованиям к прочности и динамическим качествам, установленным действующими нормативно-техническими документами. Формирование сварного соединения — это сложный и нелинейный физический процесс, в результате которого появляются остаточные напряжения, влияющие на усталостную и статическую прочность конструкции в данной зоне, что определяет безопасность конструкции в процессе эксплуатации. При этом отсутствуют требования к механизмам определения напряжений в зонах сварных соединений. Целью данной работы является определение остаточных напряжений в зоне таврового сварного шва, наиболее часто применяемого для соединения элементов железнодорожных конструкций. Для исследования напряженно-деформированного состояния конструкции рамы платформы разработана ее конечно-элементная модель, созданы виртуальные модели сварных соединений с имитацией сварочного процесса соединения ее деталей.

Ключевые слова: сварка, конечный элемент, остаточные напряжения, напряженно-деформированное состояние.

Контактная информация: protopopov-al@vnikti.com

Дмитрий В. Осипов, аспирант ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ИрГУПС)

Павел Ю. Иванов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроподвижной состав» ИРГУПС

Евгений Ю. Дульский, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ИРГУПС

Андрей С. Ковшин, инженер ИРГУПС

Антон А. Корсун, аспирант ИРГУПС
Двухтрубная тормозная система на железнодорожном подвижном составе // *Транспорт РФ*. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 38–41.

Проведен сравнительный анализ однотрубной и двухтрубной тормозной систем. Выполнено прототипирование нового пневматического прибора с использованием аддитивных технологий. На основании проведенных испытаний обоснован технический эффект от применения тормозной системы с двухтрубным питанием на отечественный грузовой подвижной состав.

Ключевые слова: пневматические автоматические тормоза с однотрубной системой питания, пневматические автоматические тормоза с двухтрубной системой питания, аддитивные технологии, высокопроизводительный пневматический редуктор, прототипирование, тормозная эффективность, стоимость тормозной системы, тормозной путь.

Контактная информация: osipovDnor@mail.ru

Дмитрий Н. Курилкин, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)

Анна А. Романова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС

Максим В. Тимаков, аспирант ПГУПС

Сергей Н. Чуян, канд. техн. наук, доцент кафедры «Железнодорожный путь» ПГУПС

Дмитрий А. Князев, канд. техн. наук, заместитель заведующего отделом АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКИ)

Требования ТР ТС 001/2011 и их обеспечение для соединения бандажа с колесным центром составного локомотивного колеса // *Транспорт РФ*. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 42–46.

Целью работы является разработка на основании требований существующей нормативной базы методики оценки прочности посадки бандажа с гарантированным натягом на колесный центр, определение её предельного состояния, обоснование критерия предельного состояния и расчет суммарной наработки от начала эксплуатации до его достижения. Апробированы аналитические методы расчета, базирующиеся на известных физических законах и описывающие наблюдаемые физические явления в сопоставлении с расчетами методом конечных элементов, используемых для уточнения результатов аналитических расчетов. Исследованы посадка с гарантированным натягом бандажа на колесный центр, напряженно-деформированное состояние сопрягаемых элементов и рассчитаны контактные давления в соединении, обеспечивающие необходимую прочность посадки. Рассмотрено влияние на безопасность эксплуатации изменения температуры, вызванное нагревом бандажа при длительном торможении. Определена разность температур между серединами торцов бандажа и обода колесного центра, при которой контактное давление становится равным нулю. Для выбранных исходных данных рассчитан ресурс прочности посадки, оцененный в кДж для разового длительного или многократного экстренного торможения.

Ключевые слова: локомотивное составное колесо, прочность посадки, предельное состояние, ресурс, тепловая задача, аналитические и конечно-элементные расчеты.

Контактная информация: temev@mail.ru

Вероника И. Федорова, канд. техн. наук, начальник отдела НИИЦ АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС)

Nadir A. Valeev, Cand. Sc. Econ., associate professor, senior associate of the Joint Scientific Council, Russian Railways JSC, Railway Research Institute JSC (VNIIZhT)

Methodological problems of increasing the transport system efficiency // *Transport of the Russian Federation*. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 3–6.

The role of the Russian transport system in creating macroeconomic effects is noted. The article substantiates that transport efficiency needs to be gradually increased based on scientific methodology. Characteristics of transport economy levels are described. The author concludes that the transport system efficiency needs to be managed with the use of dynamic efficiency theory, foresight methodology, and predictive management toolkit.

Keywords: transport system, methodology, transport economy levels, dynamic aspect of efficiency, economic subjects, foresight, predictive management.

Contacts: valeev.nadir@vniizht.ru

Elena Yu. Timofeeva, Cand. Sc. Econ., Associate Professor of the Customs Department St. Petersburg State University of Economics

Topical issues of customs and tax regulation in freight transportation in connection with anti-sanction policy // *Transport of the Russian Federation*. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 7–11.

Sanctions pressure and the introduction of retaliatory measures have had a significant impact on the transport industry conditions. Changing the patterns of cargo delivery and movement across the customs border, increasing the distances and costs of transportation requires measures for customs and tax regulation to support the operation of Russian transport organizations.

Keywords: cargo transportation, delivery patterns, customs and tax regulation, VAT rate, transit.

Contacts: eytimofeeva@yandex.ru

Dmitrii A. Macheret, Dr. Sc. Econ., professor, first deputy chairman of the Joint Scientific Council, Russian Railways JSC (VNIIZhT JSC), professor of the Russian University of Transport (RUT (MIIT))

Aleksey D. Razuvaev, Cand. Sc. Econ., Associate Professor of the Department of Economics of Transport Infrastructure and Construction Business Management, RUT (MIIT)

Anastasia Yu. Ledney, Cand. Sc. Econ., Associate Professor of the Department of Economics of Transport Infrastructure and Construction Business Management, RUT (MIIT)

Analysis of cargo loading long-term dynamics and unevenness on the railway trans-

порт // *Transport of the Russian Federation*. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 12–18.

The hypothesis that high and steady loading dynamics correlates with its low unevenness has been put forward and confirmed on the basis of the long-term analysis with the use of statistical and mathematical methods. Thus, economically significant problems of increasing the loading dynamics and decreasing the loading unevenness should be solved using a comprehensive approach. It has been established that a deep decline in loading is usually accompanied with its high unevenness; a high rate of loading growth can be achieved both at high and low unevenness, but at the same time, under the conditions of transport capacity shortage, unevenness of loading restrains its growth. A relative stability of loading dynamics in the market conditions correlates with its low unevenness.

Keywords: railway transport, cargo loading unevenness, loading growth rate, long-term loading dynamics, correlation and regression analysis of loading dynamics, statistical grouping method.

Contacts: macheretda@rambler.ru

Дмитрий Г. Неволин, докт. техн. наук, профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС),

Алексей А. Цариков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» УрГУПС,

Виктор Г. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» УрГУПС

Градостроительные обособленности проектирования сетей скоростного пассажирского транспорта в крупнейших городах России // *Транспорт РФ*. — 2022. — № 4–5 (101–102). — С. 55–59.

Проведен анализ развития территорий крупнейших городов России с точки зрения формы освоения пространства. На его основе предложена классификация форм освоения территории. Представлены рекомендации по выбору и развитию скоростного пассажирского транспорта в зависимости от формы освоения территории.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, градостроительство, формы освоения территории, проектирование транспортных сетей.

Контактная информация: zarikof@mail.ru

Topical issues in the theory of railway fares for the forthcoming discussion // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 19–22.

Some key theoretical issues of the development of a railway fare system, the discussion of which will influence the design of a new system of fares for railway freight transportation, have been reviewed. The problems of fare structure transparency, price discrimination, and pricing formula have been analyzed. The article considers separately the abandoning of the average net cost as the basis for freight rate structure.

Keywords: railway freight transportation, railway tariffs, price discrimination.

Contacts: f-husainov@yandex.ru

Anatoly M. Plotnikov, Dr. Sc. Eng., visiting professor of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

Dmitry O. Gurin, postgraduate degree seeker, System Administrator of the Department of Information Systems and Technologies, SPbGASU
System approach to the analysis of safety level assessment of road traffic in districts and regions of Russia // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 23–29.

For many years, the road safety in the districts and regions of the Russian Federation has been beyond reason. A system approach to the use of knowledge of the scientific potential of the road safety digital assessment at single-level intersections can significantly reduce the death rates from road traffic accidents in their localities.

Keywords: road safety, “social risk” of death from road traffic accidents, single-level controlled and uncontrolled intersections.

Contacts: pampspb@yandex.ru

Oleg S. Valinsky, Dr. Sc. Eng., professor of the Electric Traction Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS), Deputy General Director — Head of Traction Directorate, JSC Russian Railways

Aleksandr A. Vorobyov, Dr. Sc. Eng., head of the department, Mechanical Handling and Road Building Machines, PGUPS

Igor V. Fedorov, senior lecturer, Railway Car Facilities, PGUPS

Olga A. Konograi, senior lecturer, Logistics and Commercial Work, PGUPS

Eduard Yu. Chistyakov, senior lecturer, Construction Materials and Technologies, PGUPS

Increasing the rolling stock wheelset operation efficiency // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 30–34.

The aim of the study is the development of measures to liquidate the deficiency of wagon wheels. Methods of elasticity theory, plasticity theory, and methods of numerical solution of partial differential equations (finite element method) are used. Measures have been developed to reduce the deficiency of wagon wheels. The developed activities will reduce the need for wagon wheels and thus reduce their deficiency without compromising the train traffic safety. The offered measures may be implemented by means of changes in the existing regulatory documents basically at no cost for their implementation.

Keywords: wheel, wheelset, wheel steel, finite element method, finite element model.

Contacts: nttk@pgups.ru

Andrey L. Protopopov, Cand. Sc. Eng., leading researcher, Design and Technology Institute of Rolling Stock (JSC VNIKTI),

Eduard S. Oganyan, Dr. Sc. Eng., principal researcher, JSC VNIKTI,

Marina I. Voronkova, 1st category engineer, JSC VNIKTI

Modeling stress-strain state of welded joints of rolling stock supporting structures // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 35–37.

Welded structures should meet the requirements for strength and dynamic qualities established by the current regulatory and technical documents. Formation of a welded joint is a complex and non-linear physical process resulting in residual stresses that affect the fatigue and static strength of the structure in this zone, which determines the safety of the structure during operation. Nevertheless, there are no requirements for welded joint stress determining mechanisms. The purpose of this study is to determine the residual stresses in the area of a T-beam welded joint, most commonly used to connect elements of railway structures. A finite-element model of the platform frame structure was developed to study the stress-strain state, and virtual models of welded joints with simulation of the welding process of its parts connection were created.

Keywords: welding, finite element, residual stresses, stress-strain state.

Contacts: protopopov-al@vnikti.com

Dmitry V. Osipov, postgraduate student, Irkutsk State Transport University (ISTU)

Pavel Yu. Ivanov, Cand. Sc. Eng., associate professor, Electric Rolling Stock department, ISTU

Evgeny Yu. Dulsky, Cand. Sc. Eng., associate professor, Railway Car Facilities, ISTU,

Andrey S. Kovshin, engineer, ISTU

Anton A. Korsun, postgraduate student, ISTU
Double-tube braking system on the railway rolling stock // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 38–41.

A comparative analysis of single-tube and double-tube braking systems is made. Prototyping of a novel pneumatic device using additive technologies has been performed. On the basis of the conducted tests the technical effect of applying double-tube braking system on the domestic freight rolling stock is substantiated.

Keywords: pneumatic automatic brakes with single-tube supply system, pneumatic automatic brakes with double-tube supply system, additive technologies, high-performance pneumatic reducer, prototyping, braking efficiency, wear of the braking system, braking distance.

Contacts: osipovDnor@mail.ru

Dmitry N. Kurilkin, Cand. Sc. Eng., associate professor of the department, Locomotives and Locomotive Facilities, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)

Anna A. Romanova, Cand. Sc. Eng., associate professor, Railway Car Facilities, PGUPS

Maksim V. Timakov, postgraduate student, PGUPS

Sergey N. Chuyan, Cand. Sc. Eng., associate professor of the department, Railway Track, PGUPS

Дмитрий А. Князев, Cand. Sc. Eng., Deputy Department Manager Design and Technology Institute of Rolling Stock (VNIKTI)

Requirements of TR CU /2011 and their ensuring for connection of the tyre with the wheel center of the composite locomotive wheel // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 42–46.

The purpose of the study is to develop on the basis of requirements of existing regulatory base a method of assessment of tyre fit strength with guaranteed tension on wheel center, to determine its limiting state, to justify the limiting

state criterion and calculation of total operating time from the beginning of operation till its achievement. Analytical methods of calculation based on the known physical laws and describing the observed physical phenomena have been tested against calculations by the finite element method which are used for specification of analytical calculation findings. The fitting with guaranteed tightness of tyre on the wheel center, stress-strain state of mating elements have been studied and the contact pressures in the joint which provide the required strength of the fit have been calculated. The effect of temperature changes caused by tyre heating during prolonged braking on operational safety has been considered. The temperature difference between the centers of tyre ends and the wheel center rim, at which the contact pressure becomes equal to zero, has been determined. For the selected source data, the fit durability estimated in kJ for a single long-term or multiple emergency braking, has been calculated.

Keywords: locomotive composite wheel, fit durability, limit state, resource, thermal problem, analytical and finite element calculations.

Contacts: temev@mail.ru

Veronica I. Fedorova, Cand. Sc. Eng., head of the department, Railway Research Institute JSC (VNIIZhT), associate professor of the department, Railway Car Facilities, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)

Oleg A. Suslov, Dr. Sc. Eng., technical expert, Rails, Welding, Transport Materials Science Center, VNIIZhT JSC

Developing track and rolling stock degradation modules // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 47–54.

The basic tasks of the project “Optimization of interaction in the “wheel — rail” system, methodology of models development for forecasting degradation and exhaustion of service life of track elements and freight rolling stock, as well as measures already implemented to equip the stationary stations of track impact registration and prepare experimental coupling of six open cars are presented.

Keywords: Track degradation, digital model, freight car, wheel — rail system, railroad track.

Contacts: nika.veronika-fedorova@yandex.ru

Dmitry G. Nevolin, Dr. Sc. Eng., professor of the department, Design and Operation of Automobiles, the Ural State University of Railway Transport (UrGUPS),

Aleksey A. Tsarikov, Cand. Sc. Eng., associate professor of the department, Design and Operation of Automobiles, UrGUPS,

Viktor G. Bondarenko, Cand. Sc. Eng., associate professor of the department, Design and Operation of Automobiles, UrGUPS,

Urban development aspects of designing networks of high-speed passenger transport in the largest cities of Russia // Transport of the Russian Federation. — 2022. № 4–5(101–102) — P. 55–59.

An analysis of the development of the territories of the largest cities of Russia from the point of view of the form of space development has been conducted. On its basis, a classification of territory development forms is proposed. Recommendations on the choice and development of high-speed passenger transport depending on the form of territory development are given.

Keywords: passenger transport, urban development, forms of territory development, designing transport networks.

Contacts: zarikof@mail.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