

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ПРАКТИКЕ, ЭКОНОМИКЕ

**МТК «Север — Юг»
как фактор
безопасности
страны**

**От личного
автомобиля
к общественному
транспорту**

**Порты-хабы
на реках России**

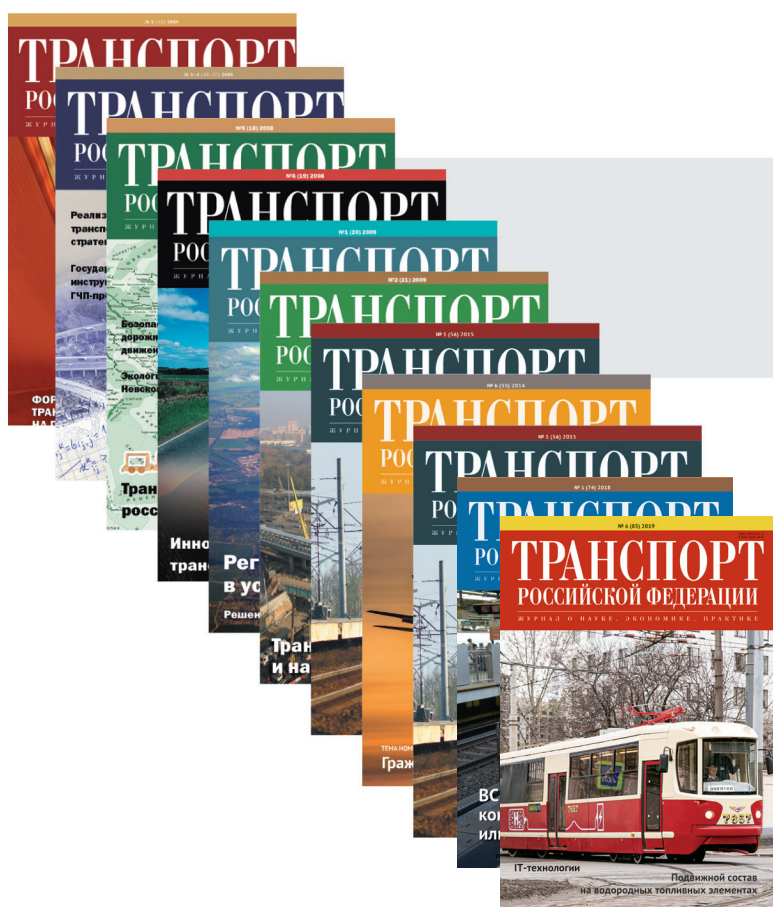
**Математические
модели
для подбора
персонала**



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
- по телефону: **8 (495) 970-74-09**,
- по электронной почте: **info@rosacademtrans.ru**



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>

№ 4 (119) 2025

Содержание

ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ

С. Н. Васильев, С. С. Гончаренко.
Управление развитием МТК «Север — Юг»
как фактор обеспечения безопасности и подтверждения
статуса великой державы России в XXI в. 3

А. М. Жидкова, Е. О. Ольховик, О. В. Соляков.
Организация портов-хабов на внутренних водных путях
России 12

ПРАВО

С. В. Еремин, В. В. Донченко, А. С. Морозов.
О совершенствовании законодательного регулирования
транспортного обслуживания населения в городах
и городских агломерациях России 18

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

А. Д. Разуваев, Д. А. Мачерет.
Сравнительный анализ развития традиционной
и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры.. 23

Э. С. Сулейманов, Э. Д. Умеров.
Методика расчета оптимального тарифа
на перевозку пассажиров городским транспортом
(на примере г. Симферополя) 28

БЕЗОПАСНОСТЬ

А. М. Трунаев.
Способы и средства повышения безопасности
на железнодорожных переездах, перспективы
их развития 33

ПЕРЕВОЗКИ

М. А. Марченко, О. Д. Покровская.
Метод повышения провозной способности
Восточного полигона на основе увеличенного интервала
между пакетами поездов 38

ИНФРАСТРУКТУРА

Я. В. Бурылин, А. Н. Попов, В. Г. Сенченко.
Развитие портовой инфраструктуры для обеспечения
безопасного судоходства 42

А. В. Сычева.
Многофункциональное подрельсовое устройство
для укладки временного железнодорожного пути
на неподготовленную поверхность 46

НАУКА И ТРАНСПОРТ

Н. Ф. Красюков, Э. С. Оганьян.
Пассивная безопасность рабочего места машиниста
с использованием виртуальной модели человека 51

А. Ю. Ганшкевич, Ф. О. Фадеев.
Вибрационная диагностика узлов механизмов подъемно-
транспортных машин с применением имитационного
и натурного моделирования 54

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

Д. Н. Шевченко, Е. Г. Максаев, О. В. Измеров.
Модернизация сферических резинометаллических
шарниров для экипажной части локомотива 57

Л. В. Цыганская, Д. Г. Бейн.
Исследование эксплуатационных отказов длиннобазных
вагонов-платформ 62

А. А. Ковалев, А. В. Окунев, А. В. Микава.
Диагностика и техническое обслуживание
поддерживающих устройств контактной сети
на протяжении жизненного цикла 65

ГОРОД И ТРАНСПОРТ

А. А. Локтев, Л. А. Илларионова, Р. Р. Хакимзянов.
Мероприятия по снижению акустического шума
в городской среде 69

КАДРЫ

Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина, И. Х. Хасанов.
Модель прогнозирования кадрового потенциала
автотранспортного комплекса региона 73

Ю. В. Белозуб.
Математическое моделирование при подборе персонала
в гражданской авиации 77

РЕЦЕНЗИЯ

М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов, В. Е. Меркин.
Освоение подземного пространства мегаполисов.
История и перспективы развития 80

Аннотации 81

Abstracts 83



Транспорт Российской Федерации

*Журнал о науке, практике,
экономике*

УЧРЕДИТЕЛИ

ФГБОУ ВО ПГУПС,
ОО «Российская академия транспорта»

ИЗДАТЕЛЬ

ОО «Российская академия транспорта»

Главный редактор

Александр Мишарин

Заместитель главного редактора

Олег Валинский

Исполнительный директор

Илья Потапов

Шеф-редактор Андрей Гурьев

Арт-директор Сергей Тюрин

Корректор Виктория Филиппова

Переводчик Илья Потапов

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 долж-
ны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций
на соискание ученых степеней
доктора и кандидата наук».

При перепечатке опубликованных ма-
териалов ссылка на журнал «Транспорт
Российской Федерации. Журнал о на-
уке, практике, экономике» обязательна.

Адрес редакции:

г. Москва, ул. Маши Порываевой, 34.

<https://rotransport.elpub.ru/jour>

info@rosacademtrans.ru

www.rosacademtrans.ru

Тел.: 8 (495) 970-74-09.

Редакция журнала не несет ответствен-
сти за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 15.08.2025.

Отпечатано:

Типография Speedy Print

ИП Кириченко А. В.
101000, г. Москва,
ул. Маросейка, 9/2, строение 8.

Заказ №

Редакционный совет

Мишарин А.С., президент Российской академии транспорта, председатель редакционного совета, главный редактор журнала «Транспорт РФ», д. т. н.

Валинский О.С., ректор ПГУПС, заместитель председателя редакционного совета, к. т. н.

Барышников С.О., ректор ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, д. т. н.

Пашков К.А., заместитель Министра транспорта Российской Федерации, д. м. н.

Ефимов В.Б., президент Союза транспортников России, д. э. н.

Гапанович В.А., президент ОПЖТ, к. т. н.

Ефимова О.В., ученый секретарь РАТ, д. э. н.

Редакционная коллегия

Белозеров В.Л. — д. э. н., председатель
Общественного совета при Ространснадзо-
ре, член Президиума РАТ

Бороненко Ю.П. — д. т. н., заведующий
кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»
ПГУПС, генеральный директор
АО «НВЦ „Вагоны“»

Буровцев В.В. — д. э. н., ректор ДВГУПС,
председатель Дальневосточного региональ-
ного отделения РАТ

Валинский О.С. — к. т. н., ректор ПГУПС

Галкин А.Г. — д. т. н., ректор УрГУПС,
председатель Уральского регионального
отделения РАТ

Гаранин М.А. — д. т. н., ректор СамГУПС,
председатель Самарского регионально-
го отделения РАТ

Дудкин Е.П. — д. т. н., профессор ПГУПС,
руководитель НОЦ «Промышленный
и городской транспорт»

Дунаев О.Н. — д. э. н., председатель
подкомитета по транспорту и логисти-
ке комитета РСПП по международному
сотрудничеству, директор Центра
стратегического развития логистики

Евсеев О.В. — д. т. н., вице-президент РАТ

Ефанов Д.В. — д. т. н., профессор
Высшей школы транспорта Института
машиностроения, материалов и транспорта
СПбПУ, профессор РУТ (МИИТ)

Журавлева Н.А. — д. э. н., заведую-
щая кафедрой «Экономика транспор-
та» ПГУПС, директор ИПЭБУ ПГУПС

Киселев И.П. — д. и. н., почетный
профессор ПГУПС

Козлов П.А. — д. т. н., вице-президент РАТ

Костылев И.И. — д. т. н., заведующий
кафедрой «Теплотехника, судовые котлы

и вспомогательные установки» ГУМРФ
им. адм. С. О. Макарова

Кочетков А.В. — д. т. н., председатель
Поволжского регионального отделения РАТ

Малыгин И.Г. — д. т. н., директор Инсти-
тута проблем транспорта РАН, член Прези-
диума РАТ

Мачерет Д.А. — д.э.н., профессор РУТ
(МИИТ), первый заместитель председателя
объединенного ученого совета ОАО «РЖД»

Огай С.А. — д. т. н., председатель Восточ-
ного регионального отделения РАТ

Пимоненко М.М. — к. ф-м. н., директор
Северо-Западного информационно-аналити-
ческого центра «АЙЛЮТ», доцент кафедры
«Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Потапов И.П. — исполнительный дирек-
тор РАТ

Пугачев И.Н. — д.т.н., заместитель директо-
ра по научной работе Хабаровского федераль-
ного исследовательского центра Дальнево-
сточного отделения РАН, профессор ДВГУПС

Розенберг Е.Н. — д. т. н., первый замести-
тель генерального директора АО «НИИАС»

Розенберг И.Н. — д. т. н., член-корреспондент
РАН, научный руководитель РУТ (МИИТ)

Соколов Ю.И. — д. э. н., директор Института
экономики и финансов РУТ (МИИТ), предсе-
датель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О.Я. — д.т.н., профессор кафе-
дры конструкции и технической эксплуата-
ции судов СПбГМТУ

Титова Т.С. — д. т. н., проректор ПГУПС

Трофименко Ю.В. — д. т. н., вице-пре-
зидент РАТ, председатель Дорожно-
транспортного отделения РАТ, заведую-
щий кафедрой «Техносферная безопас-
ность» МАДИ

Н. Н. Якунин — д. т. н., профессор, заведу-
ющий кафедрой автомобильного тран-
спорта Оренбургского государственного
университета

Управление развитием международного транспортного коридора «Север — Юг» как фактор обеспечения безопасности и подтверждения статуса великой державы России в XXI в.



С. Н. Васильев,
д-р физ.-мат. наук,
академик Российской
академии наук, главный
научный сотрудник
Института проблем
управления им. В. А. Трапез-
никова РАН,



С. С. Гончаренко,
канд. экон. наук,
президент Евроазиатского
транспортного
инновационного центра

«Этот транспортный коридор внесет осязаемый практический вклад в обеспечение глобальной продовольственной безопасности. Потребуется формирование крупных логистических и производственных кластеров» — В. В. Путин, 17 марта 2023 г.

Обострение глобального противостояния России и коллективного Запада, спровоцировавшего на Украине начало очередного мирового военного конфликта, требует кардинальной перестройки всех отечественных отраслей и сфер деятельности для повышения их эффективности. Любой национальный стратегический проект обязан обеспечивать безопасность государства. Требование касается и международных транспортных коридоров (МТК), проходящих по территории России, включая «Север — Юг».

Он должен способствовать и обеспечению национальной безопасности страны, и закреплению ее статуса — Великой державы в условиях провокаций, демонстративно агрессивных заявлений по перестроению административной структуры мира, провокаций НАТО на Балтике, в Черном и Средиземном морях с их перспективой в Мировом океане.

Условия России о сохранении мира изложены 15 декабря 2021 г. Провокации стран НАТО противодействуют внешнеэкономическим связям России, включая МТК «Север — Юг». Но современные возможности России кардинально изменились относительно кризиса 90-х годов прошлого столетия.

Происходящие в мировой системе критические деформации требуют принципиально новых подходов России ко всем отраслям промышленности

и сферам деятельности. Они необходимы для проведения Россией мощного экономического рывка с целью сокращения опасного для безопасности страны значительного (более чем пятикратного) разрыва величины валового внутреннего продукта по паритету покупательной способности с основными мировыми конкурентами — США и Китаем.

Новая парадигма развития международного транспортного коридора «Север — Юг»

В сложившихся условиях России необходимо принципиально по-новому оценить роль и возможности МТК «Север — Юг», причем не только железнодорожной, но особенно водной (речной, морской и океанской) составляющей. При этом следует учитывать, что водный транспорт органически и неразрывно связан с другими видами транспорта, в первую очередь с железнодорожным и автомобильным, в составе единой транспортной системы страны и регионов, а также международных транспортных направлений, включая МТК «Север — Юг».

Таким образом, России придется определить и переформатировать свою роль на МТК и свой экономический статус в мире. В предлагаемой новой парадигме развития МТК «Север — Юг» Россия должна стать грузообразующим (грузозарождающим) и грузопоглощающим



Рис. 1. Новая геоэкономическая и логистическая парадигмы развития МТК «Север — Юг»

центром мирового уровня. То есть отказаться от самопровозглашенного ранее упрощенного понятия «транспортного моста между Европой и Азией», не соответствующего ни ее ресурсному потенциалу, ни мощи, ни целям [1].

Новая парадигма способна и обязана подтвердить миссию России как великой державы, гаранта мира и безопасности (включая продовольственную), а также развития стран-участниц МТК «Север — Юг». Транспортная логистика в новой парадигме развития коридора фактически охватывает страны половины мира, включая:

- южное направление (основное) — через прикаспийский регион, Иран к его южным портам, далее, разветвляясь в страны Южной Азии, Персидского залива, Красного моря, Восточной Африки;
- средиземноморское направление — через Босфор и Дарданеллы в страны Западной Азии, Северной Африки, Южной Европы и Красного моря;
- атлантические направления — одно через Балтийское море, второе через Мурманск, Северный Ледовитый океан в Атлантический океан к странам Европы, Западной Африки, Центральной и Южной Америки (рис. 1).

На всех направлениях основными и в то же время проблемными участками являются: река, море, океан. Мировая история и ее перспективы обязывают Россию выйти широким охватом в Мировой океан [2–10].

Ядром МТК «Север — Юг», его грузообразующим (грузозарождающим) и грузопоглощающим центром должна стать

европейская часть России в ареале Единой глубоководной системы (ЕГС). Эта часть страны представляет обширный и густо населенный макрорегион площадью 3,5 млн км² с населением 110 млн человек. Сердцевина данного пространства охватывается ареалом ЕГС, т. е. обширной речной сетью, представляющей древовидную структуру, стволom которой является р. Волга с большим количеством ответвлений — крупных (Дон, Кама, Ока), средних и малых рек.

Здесь сосредоточены многочисленные промышленные объекты различного профиля, уровня технологичности, масштабы выпуска продукции; ведущие НИИ и КБ, значительные сельскохозяйственные площади с благоприятным климатом. Также сконцентрирована большая часть населения России, определяющая не только потенциал рабочей силы, т. е. производительный потенциал, но и потенциал потребительный — рынок спроса на товары народного потребления.

Имеющийся экономический и человеческий потенциал гарантируют возможность выпуска продукции любого вида как для обеспечения внутренних потребностей, так и для масштабного экспорта. Возвращение Украины в состав России дополнит потенциал как промышленной и сельскохозяйственной продукцией, так и транспортом: морскими портами, судами, железнодорожными и автомобильными магистралями, трубопроводами.

Именно разветвленная речная сеть питает жизнь, обеспечивает перевозки, сохраняет среду обитания. Она является

источником существования жизни населения и хозяйственной деятельности данного макрорегиона.

Эти возможности пространства ЕГС появились не сейчас. По берегам обширной водной системы со времен Великого Волжского пути, соединяющего Англию, Голландию, Норвегию и другие страны с древним Востоком (Персией, Индией и др.), формировались хозяйственные и торговые центры. Сюда стекались люди, товары, деньги. Здесь бурлила хозяйственная, обменная жизнь. Главными торговыми центрами на речной волжской сети являлись Санкт-Петербург, Нижний Новгород и Астрахань.

В Астрахани существовали индийское и персидское (иранское) подворья, построены церкви и храмы — православные, мусульманские, еврейский, католический, протестантский, буддийский. Главным же торговым центром на Великом Волжском пути была знаменитая Нижегородская ярмарка¹.

Сейчас практику международной торговли можно и нужно возрождать, охватывать многие города по великой реке, по берегам всей единой глубоководной системы, а также северных рек данного макрорегиона. Соответственно, расширять и многообразить хозяйственную деятельность обширного пространства.

Грузовой потенциал является основой для любого транспортного коридора, включая МТК «Север — Юг». Его можно предварительно определить только в результате целенаправленных исследований, разработкой и реализацией комплексной маркетинговой стратегии, переходящей в производственные задания.

Центральному аппарату управления страны совместно с регионами необходимо разработать и реализовать такую стратегию для выпуска нужной и непременно конкурентоспособной на мировом и отечественном рынках продукции. Совместный поиск товарных ниш, соответствующих возможностям каждого из регионов отправления, позволит каждому товаропроизводителю получить обоснованный, многолетний производственный заказ.

Подобные стратегии реализовывали все успешно развивавшиеся страны — послевоенные Германию и Японию, ставшие на определенном этапе мировыми экономическими и торговыми

¹ Образно описал это историческое место В. А. Сологуб в своих заметках «Тарантас. Путевые впечатления» (СПб., 1845).

мировыми лидерами, постколониальную Индию и особенно Китай.

Маркетинговая стратегия КНР не имеет равных по продуманности, масштабности, глубине и эффективности. Тотальный мировой поиск и освоение товарных ниш любой емкости, целенаправленная и последовательная доводка показателя конкурентности («качество — цена») экспортной продукции позволили Китаю стать мировым экономическим лидером.

Научно-обоснованные транспортно-экономические балансы необходимы как для разработки национальной транспортной стратегии, так и стратегии развития любых транспортных коридоров, включая международные. Так, например, для разработки Транспортной стратегии РФ на период до 2020 г. использовались межрегиональные транспортно-экономические балансы (разработка Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН [11]) и учитывались перспективные заявки базовых грузовладельцев. Для разработки Транспортной стратегии на период до 2030 г. и далее межрегиональные транспортные балансы не разрабатывались. Ограничились лишь перспективными соображениями грузовладельцев.

Предстоящая задача настолько обширна и сложна, что непременно потребует использования множества наработанных и новых научных методик, проектных решений, цифровых технологий, роботизации, искусственного интеллекта.

Транспорт — основа международного транспортного коридора «Север — Юг»

Экономическое ядро МТК «Север — Юг» может реализовать свою стратегию только при наличии развитой транспортной системы с ее выходом в мировое пространство. Железные дороги и автотранспорт достаточно развиты и напряженно работают. Значительным неиспользуемым пока в должной мере резервом обладает самый экономичный и экологически чистый водный транспорт — речной и морской. Инцидент с танкерами в Керченском проливе — не вина водного транспорта, а пренебрежительное отношение к нему (недопустимо эксплуатировать суда, давно отслужившие положенный срок, пренебрегать ветро-волновой обстановкой при отправлении судов в рейс и при следовании по маршруту и т. д.).

Государство уделяет серьезное внимание речному судоходству. Однако предстоит еще очень большая работа по дноуглублению, берегоукреплению, залесению береговых линий. Она также исключит разрушительные паводки. Это потребует много времени, трудовых ресурсов (они есть), инвестиций.

Необходимо обеспечить рывок в судостроении. Масштабность объемов грузов, их разнообразие для транспортировки водным транспортом в условиях развития МТК «Север — Юг» диктуют соответствующие требования к проектированию, строительству и эксплуатации судов. Потребуются грузовые суда самого разного класса. Для ускоренного прохода грузов по реке между шлюзованными участками нужны суда с высокими скоростными параметрами, включая суда на подводных крыльях, воздушной подушке, экранопланов. Это является актуальной задачей нижегородских судостроителей, в том числе конструкторского бюро имени Р. Е. Алексеева, имеющих значительный научный задел и практику создания таких судов.

Одна из основных проблем — энергоэффективность. Высокоскоростные суда востребованы как в мирное время, так и в боевых условиях. Они являются необходимыми для морских театров военных действий, включая Черное и Балтийское моря и не исключая перспективы — Охотское и Японское моря.

Для повышения эффективности речных проводок, включая большие средние и даже малые реки, была бы оправданной более широкая проработка баржебуксирных технологий, которые широко применяются в США и Европе. Чтобы работали на широкую транспортировку грузов средние и малые реки, потребуется расширение дислокации речных причалов, их приближение к сельскому и промышленному производителю-потребителю.

Необходимо внедрение новых погрузочно-разгрузочных технологий, включая накатные. Последние являются безперегрузочными для контейнеропригодной продукции на всем протяжении маршрута от производителя к конечному потребителю в стране и за рубежом. За счет исключения стивидорных операций обеспечивается ускорение и удешевление продвижения продукции по цепи поставок. Для грузовых перевозок и речных путешествий нужны суда различных классов от крупных до мелкосидящих в зависимости от глубо-

ководности реки. Опыт строительства таких судов также имеется у волжских судостроителей.

Таким образом, будут востребованы суда различных классов, грузоподъемности и пассажироместимости, осадки, скоростей, с судовыми движителями на различных физических принципах, различной высоты судна с учетом судовых надстроек и т. д. Причем флот должен быть не только разнообразным, но и многочисленным. И здесь как нельзя лучше воедино сошлись требования и возможности. На всей протяженности МТК «Север — Юг» объектов судостроения более чем достаточно на любые запросы и требования. Возможности судостроения обеспечены в полном объеме научными, проектными организациями, судостроительными заводами, научно-образовательными комплексами водно-транспортного профиля.

При этом физические параметры экспортной продукции должны быть максимально совместимы с параметрами судов и характером перевозки. Это снизит цену доставляемой продукции конечному потребителю. То есть должна произойти транспортно-промышленная кластеризация, нацеленная на общий результат — конкурентоспособность отечественной продукции на мировом рынке.

Серьезным фактором заинтересованности зарубежных партнеров в повышении экономических связей с регионами РФ могла бы стать организация их консигнационных складов в наших речных и морских портах. На данных площадках возможно также формирование совместных производств из привозного сырья в форме промышленных свободных экономических зон. Это могло бы компенсировать в определенной степени ограниченность навигационного периода на ЕГС.

Обеспечить круглогодичное прохождение транскаспийского участка МТК «Север — Юг» между Россией и Ираном без ледовой проводки до Астрахани по Волго-Каспийскому судоходному каналу (188 км) позволило бы строительство порта Лагань в Калмыкии, расположенного южнее кромки замерзания Каспия. Регион также получил бы значительный импульс экономического развития, если бы вблизи порта было построено крупное производство глубокой нефте- и газопереработки. Оно бы существенно пополнило и экспортный потенциал России на МТК «Север — Юг».

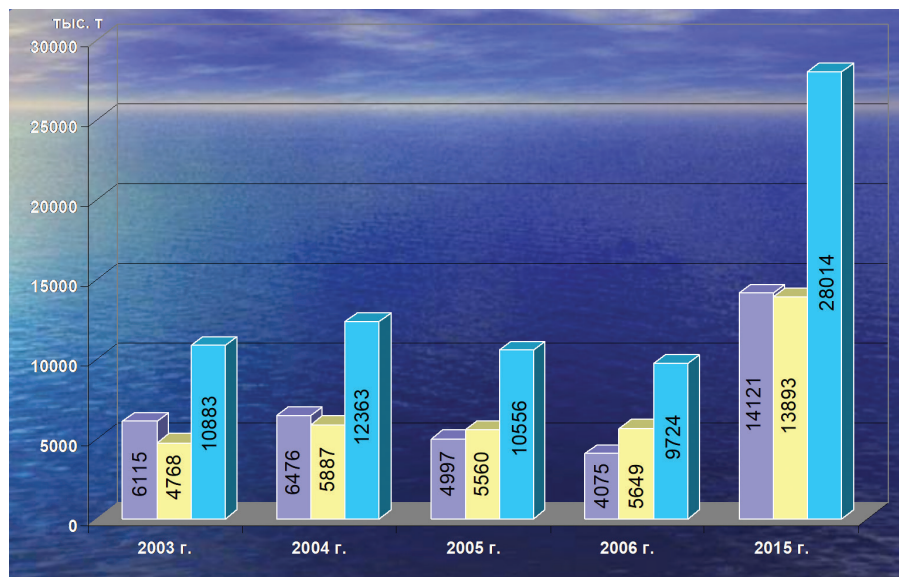


Рис. 2. Динамика грузооборота по Волго-Донскому водному пути

Целесообразно было бы избежать при развитии коридора проектов, не имеющих научно-обоснованных доказательств их реальности, эффективности и нужности. К таковым можно отнести проект по каналу «Евразия», инициированный Казахстаном и поддержанный Китаем в их собственных интересах. Но канал не имеет необходимых водных ресурсов. Для целесообразности строительства второй нитки Волго-Донского судоходного канала изначально нужно учесть то, что пропускные способности Волго-Донского судоходного пути вдвое превышают десятилетиями существующий грузовой поток. Перспективная достаточность канала обоснована в свое время ЦНИИЭВТ (рис. 2) и подтверждается нынешним грузопотоком по Волго-Донскому водному пути.

Экзотичным, научно необоснованным и способным нанести серьезный экономический ущерб стране является проект по организации круглогодичной навигации по Волго-Донской дуге и по Волге до Самары. Бороться с природой не нужно, к ней нужно приспосабливаться.

Торговые партнеры Каспийского участка международного транспортного коридора «Север — Юг»

Страны Каспийского участка (ближнего зарубежья) в рамках единого государства образовали многовековые экономические, социальные, культурные и даже родственные связи. Все государства СНГ имеют общий язык общения — русский, который был общим в границах единого государства. В единой общегосударственной системе с единой

образовательной основой отработаны промышленно-сырьевые цепочки, налажены тесные технологические кооперационные связи с производственными смежниками из всех республик. Создана единая технологическая основа в системе научных и проектных организаций, разработаны единые технологические стандарты на все виды продукции.

В каждой республике имелись предприятия-монополисты, в продукции которых нуждались предприятия из других регионов СССР. Насколько экономически взаимосвязаны и зависимы страны-участницы СНГ, говорят различные документы, в том числе Сводный пакет предложений по инвестиционным проектам, намечаемым для реализации в Содружестве Независимых Государств (№ 1 1996 г. одобрен на заседании Коллегии МЭКа 25 октября 1996 г.; № 2 1997 г. рассмотрен на заседании МЭКа 2 июля 1997 г.).

Поэтому наиболее надежным (с наименьшими издержками и трудностями) подходом к развитию экономического потенциала каждого из прикаспийских государств является возрождение на новом технологическом, экономическом и правовом уровне производственных и научных связей. Это стало бы самым надежным фактором обеспечения грузовой базой МТК «Север — Юг» как для России, для самих Прикаспийских республик, так и для всех стран-участниц коридора. Вопрос о целесообразности более плотного экономического и политического сотрудничества указанных стран поднимался неоднократно в руководстве России. Он актуален и сейчас.

Значимым фактором взаимовыгод-

ного развития каспийских и соседних с ними государств и развития международной торговли МТК «Север — Юг» может явиться формирование в данном регионе принципиально нового, интегрального экономического центра на основе общих ресурсов: сырьевых, производственных, трудовых с выпуском готовой продукции многих товарных групп.

Таким центром мог бы стать Кругокаспийский транспортно-промышленный пояс [12–21]. По своему потенциалу он мог бы стать вторым на МТК «Север — Юг» и явился бы международным региональным экономическим центром Евразии. Пояс мог бы стать основой для устойчивого мира в многонациональном, многоконфессиональном, с внутренними разногласиями взрывоопасном регионе при постоянном провоцировании столкновений извне. Проект не новый, он докладывался на Байкальском международном экономическом форуме в 2006 г., на международных научных конференциях. Реализация данного проекта могла бы принять организационно-правовую форму Кругокаспийской многоотраслевой транспортно-промышленной кластерной платформы (рис. 3).

Платформа может содержать следующие межгосударственные кластеры:

- газовый (от добычи, оборудования, энергетического использования до глубокой переработки);
- нефтяной (от добычи, оборудования до глубокой переработки);
- машиностроительный (многопрофильный, в основном на привозном металле);
- судостроительный широкого профиля (уникальные природно-климатические условия и географическое расположение);
- приборостроительный (широкого профиля);
- воднотранспортный (каспийский бассейн с выходом в ЕГС);
- курортно-туристический;
- рыбоконсервный;
- сельскохозяйственный (многопрофильный);
- пищевой;
- кожевенный (обувной, шубно-меховой);
- текстильный (шерстяные, хлопчатобумажные, шелковые ткани, изделия из них);
- целлюлозно-бумажный и деревопереработки (на привозном российском сырье);
- общетранспортный (кругокаспийские железнодорожная и автодорожная

Стратегическое партнерство России и Ирана на международном транспортном коридоре «Север – Юг»

Только Россия и Иран являются незаменимыми участниками на МТК «Север – Юг». Россия своим расположением и отношением к соседу способна обеспечить беспрепятственный выход Ирана на европейских торговых партнеров. Без Ирана не может состояться выход России к Индийскому океану для экономических связей со странами Южной Азии и Восточной Африки.

Прямая морская связь по Каспию между Россией и Ираном обеспечивает надежность функционирования данного МТК в случае осложнений прохождения грузов по западному (кавказскому) или восточному (центрально-азиатскому) сухопутным обходам Каспийского моря. Поэтому Иран сосредоточил усилия и финансы на строительстве нескольких морских портов на южном каспийском побережье, а не на железнодорожном участке между Астарой и Рештом. Тем более, что Иран считает достаточным наличие транскаспийского варианта и восточного каспийского обхода. При этом учитываются не всегда добрососедские отношения между Ираном и Азербайджаном.

Исторически Россия и Иран необходимы друг другу не только для ведения торговли, хотя она имеет вековые традиции. Эти государства, несмотря на разницу государственного устройства и другие особенности, обеспечивают безопасность друг друга. Учитывая исторически непреходящую экономическую, политическую и военную агрессивность Запада против России и Ирана, 17 января 2025 г. заключен договор о всеобъемлющем стратегическом партнерстве между Российской Федерацией и Исламской Республикой Иран.

Следует учитывать, что взаимодействие данных стран в рамках грузоперевозок носило различный характер. Иранская сторона — непростой и не всегда надежный партнер. Здесь возникали серьезные проблемы в пропуске грузов. Длительный период задержки строительства железнодорожного участка Решт — Астара — лишь один из примеров.

В настоящий период под воздействием объективных обстоятельств российско-иранское взаимодействие укрепляется. В этой связи с учетом объективной необходимости стратегического партнерства на долгосрочную перспективу начали возникать предложения по строительству Россией трансиранской

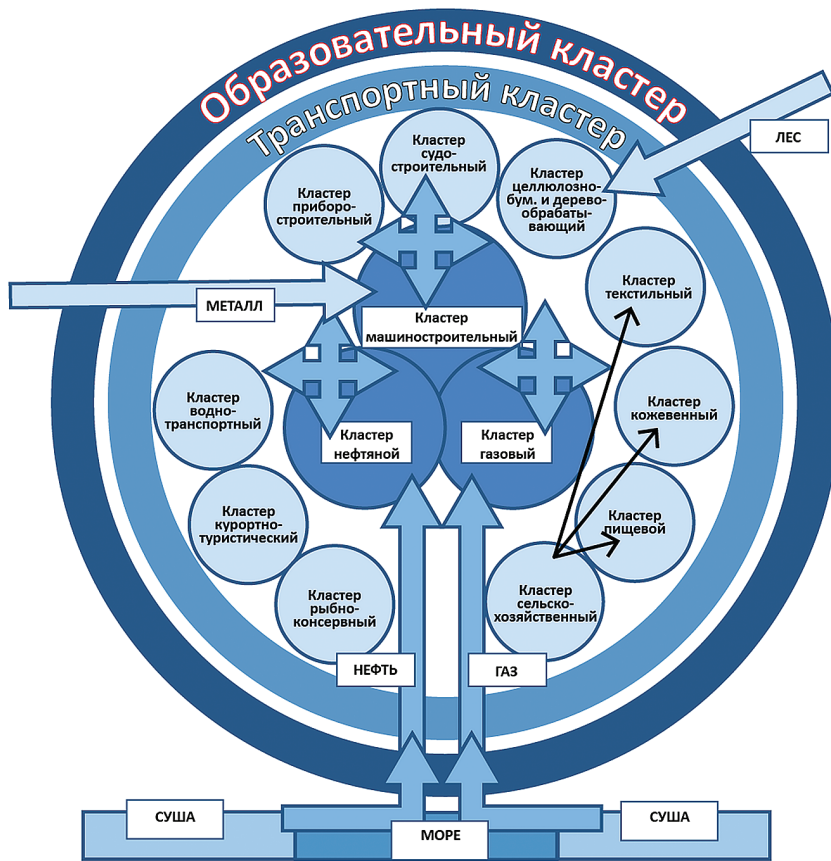


Рис. 3. Кругокаспийская международная, многоотраслевая транспортно-промышленная кластерная платформа

магистралей с ответвлениями, кругокаспийская сеть международных аэропортов);

- образовательный (многоотраслевая средняя и высшая школа на едином языке обучения).

Многообразие общих возможностей региона впечатляет — остается завозить лишь металл из России и Казахстана и древесину из России.

Функционирование данной многоотраслевой платформы (включая промышленное и сельскохозяйственное производство, интегрированное в масштабах региона образовательную систему) должно будет обеспечиваться интегрированной транспортной инфраструктурой.

Каждый кластер имеет полное ресурсное обеспечение и производственные наработки и может базироваться на совокупности трансграничных особых экономических зон, способных активно привлекать как национальный капитал каспийских государств, так и иностранный частный. Трансграничными в данном регионе могут являться особые экономические зоны, граничащие не только по суше, но и по морю. Море в данном случае не является

границей раздела, а пространством экономического единения. Данный регион имеет уникальные природно-климатические и территориальные условия для судостроения, изолированную от внешнего негативного проникновения акваторию.

Для укрепления экономических связей стран каспийского региона в речных портах ЕГС могут быть выделены площадки под организацию консигнационных складов. Начальным примером являются выделения Ирану в долгосрочную аренду частей портовых площадей в астраханском морском порту. Подобные консигнационные площадки могли бы быть организованы и в российских портах на Балтике и Черном море.

Для развития МТК «Север – Юг» на каспийском участке представляется оправданным формирование на Каспии Российской судоходной компании (Российского каспийского пароходства). Возможно также создание Объединенного каспийского пароходства. Одно другого не исключает.

К участию в Кругокаспийском транспортно-промышленном поясе мог бы подключиться и Иран, исходя из его экономических интересов.

железнодорожной магистрали с шириной колеи 1520 мм для выхода на порты Индийского океана.

Предполагается, что компенсировать свои затраты Россия будет через льготные тарифы, согласованные с Ираном. Однако, учитывая высокие затраты на строительство, особенности взаимодействия с Ираном по долгосрочной компенсации, а также возможности внутривнутриполитических проблем в данной стране (Сирия, Ливия и другие тому примеры), не исключено возникновение проблем как с ожидаемой компенсацией за счет тарифов, так и с пропуском российских грузов по магистрали.

В этой связи представляется оправданным проанализировать целесообразность разработки и оснащения российских железнодорожных составов, работающих в международном сообщении, колесными парами с изменяющейся шириной колеи в процессе движения при пересечении границ. Это целесообразно также с учетом того, что переход с колеи 1520 на 1435 мм и обратно необходим не только на границе с Ираном, но также с Китаем и Европой. Это оправдано и при движении составов из Ирана в различных направлениях, например, на запад через Ирак в сторону Сирии, на средиземноморское побережье. Такие же возможности и при движении на восток в Пакистан, Индию и т. д. Строить магистрали российской колеи во всех возможных зарубежных направлениях непосильно и нецелесообразно для России.

Не исключена возможность формирования в южном иранском порту мощного российско-иранского зернового хаба, ориентированного на потребности Большого Юга.

Аналогичные хабы иных товарных групп (целлюлозно-бумажная продукция, фанера, ДСП и ДВП и др.), также ориентированных на потребности стран Большого Юга, можно было бы разместить в наиболее дружественных России странах Персидского залива (например, Йемене). Это повысит возможности экономического развития принимающей страны, усилит стремление к постоянству отношений.

Торговые партнеры дальнего зарубежья

Геоэкономическая и логистическая парадигма России по развитию МТК «Север — Юг» охватывает большое число государств по трем направлениям:

- южное: азиатские страны — Иран, Индию, Пакистан, Шри-Ланку, Мьянму, Малайзию, Сингапур, Индонезию, ОАЭ, Оман, Катар, Саудовскую Аравию, Йемен; страны Восточной Африки как на побережье Индийского океана, так и Красного моря;

- средиземноморское: Турция, страны восточного побережья, африканские страны — Египет, Ливия, Алжир, Марокко; государства европейского побережья Средиземноморья;

- атлантическое: страны Африки от Марокко до Южно-Африканской Республики; страны американского материка — Куба, Никарагуа, Мексика, Венесуэла, Бразилия и др.

При этом на южном направлении расположены три столпа БРИКС: Россия, Индия, Южно-Африканская республика; на атлантическом — Россия, Южно-Африканская Республика, Бразилия.

Россия, как мировой партнер, не навязывает условий, не выставляет требований ни в политической, ни в экономической, ни в каких иных сферах. Наша страна принципиально придерживается равноправия во взаимодействии между всеми государствами вне зависимости от величины их территории, численности населения, иных особенностей. Этих же принципов придерживаются все государства добровольного объединения БРИКС.

Данные, приведенные сайтом «Внешняя торговля России» на основе данных Федеральной таможенной службы России за период 2018–2020 гг. показывают, что во многих странах основной потребностью в поставках из России являются продовольственные товары (в первую очередь зерновые), а также сельскохозяйственное и минеральное сырье. Это показывает, что указанный экспорт из России является жизненно необходимой продукцией для многих стран. Без продовольствия и средств плодородия почвы население данных стран всегда будет испытывать большие трудности.

Это накладывает на Россию роль гаранта выживаемости значительной части населения небогатых стран. В соответствии с такой миссией Россия должна серьезно наращивать сельскохозяйственное производство, поднимать урожайность продукции, повышать ее сбережение и пр., т. е. усиленно развивать агропромышленный сектор.

Для другого большого количества стран жизненно важными статьями

российского экспорта являются нефть и нефтепродукты. Без этого развитие производства и самих стран является затрудненным.

Исключительно важным для выживания населения многих стран Африки и Южной Азии с жарким климатом является их снабжение пресной водой. Это требование неотложно на всю обозримую перспективу. Мировые запасы пресной воды сосредоточены в России, Северной Америке и Бразилии. Отсюда потребуются формировать экспортные поставки пресной воды в остро нуждающиеся страны. И это также является миссией России, задачей ее водного транспорта по всем направлениям МТК «Север — Юг».

Пассажирская составляющая южного направления

При формировании МТК «Север — Юг» ранее не рассматривалась перспектива пассажирских перевозок, включая внутренний российский и международный туризм. Три водотранспортных направления коридора представляют значительные возможности организации речного, морского, океанского круиза.

Наиболее разнообразной, интересной и пока не раскрытой по возможностям является обширная речная сеть Единой глубоководной системы, объединенная с Каспийским морем. Здесь имеются перспективы для любых видов туризма: познавательного, оздоровительного, спортивного, религиозного, экологического, исторического, делового и др. Именно путешествие по реке представляет повышенный интерес в качестве оздоровительного процесса. Данные путешествия полезны для людей динамичного труда, особенно с наличием стрессовых ситуаций, жителей переполненных городов, насыщенных суетой и выхлопными газами автомобильного транспорта.

Речное путешествие по пространству с мягким умеренным климатом — это оздоровительная находка для жителей жарких стран. Например, жители юга Ирана предпочитают проводить отдых на курортах южного каспийского побережья. МТК «Север — Юг» может им предложить не менее привлекательное оздоровительное пространство на реках Единой глубоководной системы.

Каспий — это уникальная курортная зона с минеральными целебными водами и грязевыми источниками мирового уровня. Зона Каспия — это перспективное пространство туристического бизнеса самого разнообразного профиля.

Военные вопросы

Для реализации равных возможностей в Мировом океане России необходимо умножить военно-морской флот, а также опередить в размещении там подводных беспилотников, в том числе находящихся в «спящем режиме». Для защиты российских судов на Балтике достаточно построить и выпустить рой «москитного флота» скоростных, маневренных малых ракетных кораблей, чтобы Балтийское море превратилось в мышеловку с узкой горловиной Датских проливов и стало не только морем подрыва трубопроводов и разрыва кабелей, но и коллективной могилой для кораблей блока НАТО. Подобное возможно осуществить и для Черного моря. Это будет существенным дополнением к береговым «Бастионам» и другим средствам сдерживания и отражения. Наличие в акваториях «калибров» не только успокоит море, но и заставит остепениться европейскую сушу.

Представляется оправданным наполнить «москитным флотом» и российские базы в дружественных государствах Средиземноморья. Они могли бы защищать судоходство в Аравийском море, в зоне Красного моря и Восточной Африки [21].

Малые ракетные корабли (соответствующей мореходности) не только защитили бы торговые суда от пиратства, но и явились бы серьезным противовесом американскому военному флоту в указанных регионах. Торговому флоту всегда была и будет необходима защита ВМФ в ближней и тем более в дальней морской и океанской зонах. Такое освоение Мирового океана закрепит великодержавность России.

Для массового выпуска относительно дешевых кораблей имеется многочисленная корабле- и судостроительная база по всему ареалу ЕГС. Здесь размещены судостроительные заводы, строящие и суда, и корабли. На них строят суда: буксирные — 9 предприятий, ледоколы — 3, наливные — 5, пассажирские и грузопассажирские — 6, промысловые — 6, сухогрузы — 11, суда технические и вспомогательные — 19, судовое оборудование — 89¹.

Многие из этих заводов являются регионо- и градообразующими предприятиями с трудовыми ресурсами, исто-

рически накопившими необходимые компетенции. Трудовые ресурсы могут быть наращены молодой сменой, включая студентов (в первую очередь воднотранспортных вузов и техникумов), с производственной оплачиваемой практикой и непременным возрождением трехлетней отработки по распределению после окончания учебного заведения. Рекомендации по пополнению трудовыми резервами в транспортной сфере изложены в рекомендациях конференции «Повышение роли транспортного образования и управления в развитии экономики и обеспечении безопасности России», проведенной в Центральном доме ученых в 2021 г. [22].

Представляется оправданным также проанализировать целесообразность размещения на маршрутах отечественных судов в Мировом океане российских газозовов в качестве плавучих бункеро-вочных баз.

Выводы и первоочередные задачи

1. В результате геополитического и геоэкономического обострения, достигшего военного противостояния, Евросоюз и США вышли из состава стратегических торговых партнеров России на обозримую перспективу.

2. Появление и укрепление новых региональных экономических центров в Азии, Африке, Латинской и Центральной Америке, тесно связанных своими потребностями и возможностями с Россией, в состоянии компенсировать выпадение из торгового приоритета стран Евросоюза и способствовать структурному преобразованию экспорта России в сторону усиления его высокотехнологичной составляющей.

3. МТК «Север — Юг» становится ключевым транспортным фактором, обеспечивающим торговое взаимодействие России с новыми экономическими центрами на разных континентах в трех воднотранспортных направлениях.

4. Европейская часть России на пространстве, охватываемом ЕГС (речной сети Волги и Дона), по объективным основаниям меняет статус пассивного транзитного моста между Европой и Азией на самостоятельный стратегический центр зарождения и поглощения мировых грузовых потоков.

5. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. отстает от требований национальной безопасности и обеспечения экономического рывка в условиях нарастания

мирового экономического и военно-политического противостояния.

В таких условиях первоочередными задачами являются:

1. Разработка и реализация последовательно концепции и стратегии формирования Европейской части России в качестве экономического ядра МТК «Север — Юг» — грузообразующего (грузозарождающего) и грузопоглощающего центра мирового уровня.

Данная цель настолько актуальна, а задача ее достижения настолько сложна и многогранна, что потребуются отдельный указ президента Российской Федерации с подключением к научным исследованиям, проектным решениям, мероприятиям по реализации правительства, РАН, руководства регионов, академической и отраслевой науки, научно-образовательных комплексов, представителей промышленности и бизнеса.

Для решения задачи потребуются:

- общегосударственная научно-обоснованная постановка цели и задач, ориентированных на достижение экономического уровня России, соответствующего мировой лидирующей тройки (иного пути обеспечения национальной безопасности нет);

- разработка и реализация национальной маркетинговой стратегии с охватом мирового экономического пространства в масштабе МТК «Север — Юг» с поиском зарубежных товарных ниш, соответствующих перспективным возможностям регионов для определения производственного заказа регионам, отраслям, предприятиям;

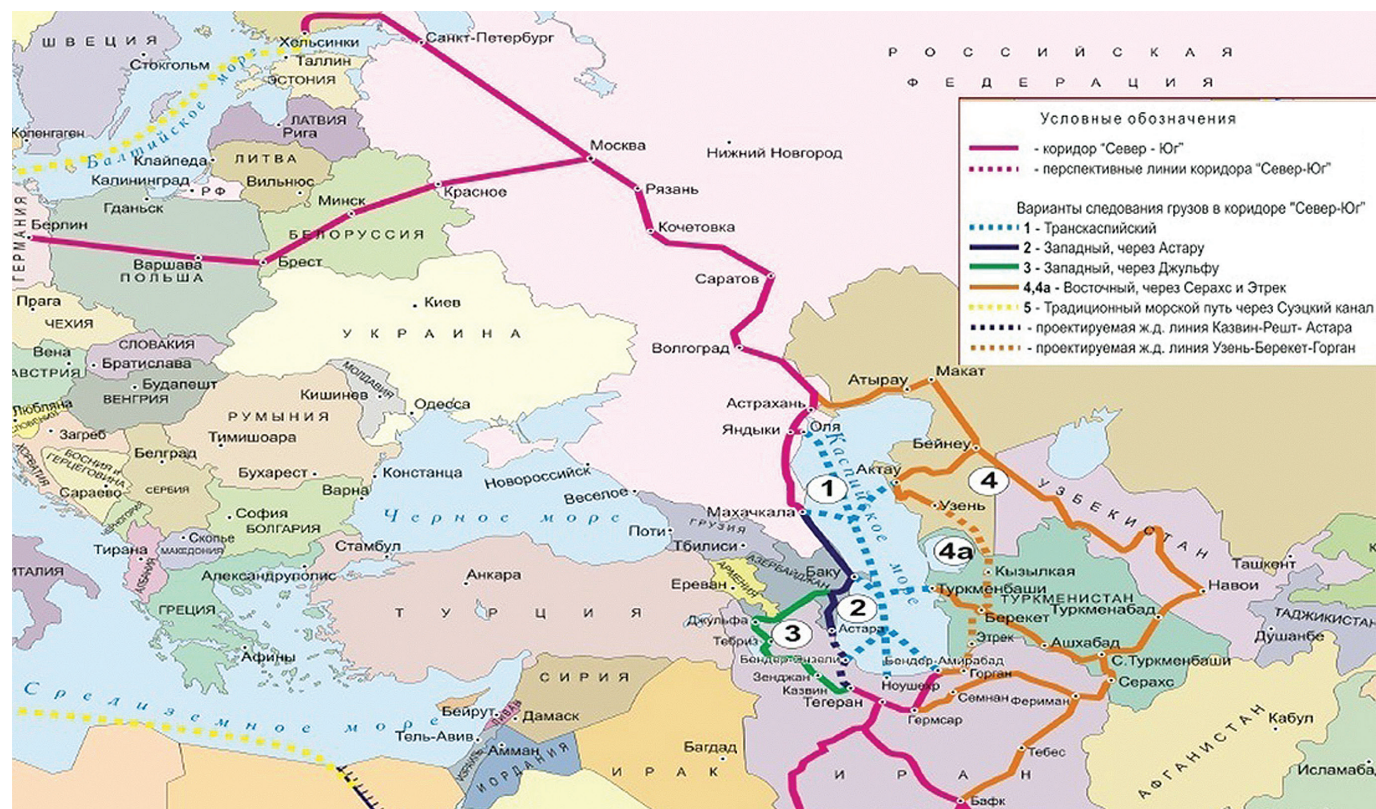
- разработка новой генеральной схемы размещения производительных сил России с акцентом на европейскую часть страны;

- формирование на основе маркетинговой стратегии перспективных производственных заданий регионам и отраслям для реализации новой геоэкономической и логистической парадигмы развития МТК «Север — Юг».

Одновременно следует отметить, что производственная инфраструктура в макрорегионе Европейской части страны в целом имеется. Необходима ее модернизация. Кроме того, на местах есть базовая социальная, жилищная инфраструктура.

2. Разработка и реализация концепции и стратегии формирования Кругокаспийского транспортно-промышленного пояса на МТК

¹ Регистр РАУ-ПРЕСС: товары и услуги — производители СССР. Регистр составлен Российско-Американским университетом в период допуска американских экспертов к отечественной информационной базе. Реестр составлен по всем отраслям промышленности СССР с полной дислокацией предприятий, основной продукцией и телефонами для связи. М.: Информационное агентство РАУ-ПРЕСС, 1991. Т. 1: от А до О. С. 1–525; Т. 2: от П до Я. С. 531–1110.



«Север – Юг» как регионального экономического центра Евразии.

Задача может быть принята только при положительном решении глав государств Каспийского региона и выполнена с подключением к ее решению правительств, национальных академий наук, бизнеса. Необходимость активного развития международной экономической кооперации и политической стабильности остро актуальна.

Сырьевые и трудовые ресурсы в данном макрорегионе полностью имеются. Исторические экономические и социокультурные связи способствуют решению данной задачи.

3. Государственная политика по восстановлению и развитию транспортного потенциала страны в МТК «Север – Юг» должна проводиться целенаправленно, последовательно и интенсивно.

Наибольшие резервы в развитии имеются у водного транспорта. Главные государственные мероприятия по их реализации связаны с дноуглублением основных русел. Для повышения эффективности водного транспорта представляется оправданным:

- Расширение участия речного транспорта в региональной логистике за счет дноуглубительных работ, берегоукрепления, расширения сети причалов на средних и малых реках с их приближением к местным грузоотправителям и грузо-

получателям. Работа широкомасштабная, трудоемкая, требующая новых технологических подходов и экологических ограничений, но необходимая. Мероприятия потребуют совместного участия воднотранспортных служб всех уровней, администраций регионов, воднотранспортных научных и образовательных центров.

- Подготовка портовых зон речных и морских портов России к новым условиям обработки грузов с возможностью выделения отдельных площадок для организации консигнационных складов перспективным зарубежным торговым партнерам. Порты могли бы стать транспортно-логистическими распределительными центрами, обеспечивающими не только приемку и отправку грузов, но и региональную торговлю привезенными товарами (возможный начальный шаг по организации в регионах «торговых домов» ведущих иностранных поставщиков).

Склады длительного хранения в определенной степени компенсируют навигационные ограничения на ЕГС. Консигнационные склады могут обеспечить круглогодичную торговую связь иностранных поставщиков с иностранными потребителями через морские российские портовые базы. То же самое потребует от иностранных партнеров — выделение в портах аналогичных площадок для российского базирования.

Организация баз пополнения запасов, судоремонта, ремонта и бункеровки российским топливом в портах ведущих торговых партнеров России — важный фактор обеспечения надежного судоходства.

- Подготовка воднотранспортных средств доставки, включая широкий спектр судов для эксплуатации на реках различных глубин, морских и океанских зонах. Гарантированное выполнение обеспечивается наличием достаточного числа организаций и предприятий судостроительного комплекса, начиная от мозговых центров Санкт-Петербурга и Нижнего Новгорода до десятков проектных организаций и судостроительных производств, а также научно-образовательных центров по всему ареалу ЕГС.

- Обеспечение безопасности морской доставки, требующей сопровождения, в том числе дистанционного, торговых судов кораблями военно-морского флота в морских и океанских зонах. Черноморский опыт периода СВО, а также угрозы, поступающие от балтийских стран, доказывают необходимость готовности к таким событиям. Создание и использование высокоскоростных судов типа экранопланов с ракетным вооружением, приспособленных также для переброски десанта, для противодействия пиратским нападениям является требованием настоящего времени. Научный задел судостроителей Нижнего Новгорода должен быть задействован для решения

данной задачи. Настоящее и обозримое будущее требует дополнительного ускорения развития ВМФ России.

Трудовые ресурсы для исполнения приведенных пунктов в европейской части России имеются.

4. Необходимо доработать Транспортную стратегию Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. в соответствии с требованиями национальной безопасности в условиях глобального нарастающего экономического и военно-политического вызова со стороны стран НАТО [22]. 

Источники

- Гончаренко С. С., Кузьмичев И. К., Костров В. Н. Новый подход по развитию воднотранспортной составляющей МТК «Север – Юг» // Транспорт. Горизонты развития. 2023. № 3. С. 1–6.
- Васильев С. Н., Гончаренко С. С., Персианов В. А., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую // Вестник транспорта. 2016. № 9. С. 2–8.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Конкурентная борьба на морских и океанских трассах // Вестник транспорта. 2016. № 12. С. 2–10.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Эффективность как основа конкурентоспособности судоходных компаний // Вестник транспорта. 2017. № 1. С. 2–7.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Топливная составляющая – главная затратная статья судоходных компаний // Вестник транспорта. 2017. № 2. С. 2–9.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Общественные предпосылки создания российской морской судоходной контейнерной линии на Южном морском пути // Вестник транспорта. 2017. № 4. С. 2–8.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Основой создания российской судоходной контейнерной линии на Южном морском пути может стать только эксклюзивная отечественная грузовая база // Вестник транспорта. 2017. № 5. С. 2–9.
- Васильев С. Н., Персианов В. А., Гончаренко С. С., Фадеев Е. А. Транспортная стратегия России до 2030 г. должна получить океанскую составляющую. Только готовая лесопромышленная и целлюлозно-бумажная продукция должна являться необходимой составляющей грузовой базы российской судоходной контейнерной линии на Южном морском пути // Вестник транспорта. 2017. № 6. С. 12–22.
- Гончаренко С. С. Шесть стратегических направлений актуализации транспортной стратегии России в условиях геополитического и геоэкономического противостояния // Экономический профессиональный журнал. 2022. Т. 2. № 4. С. 13–14.
- Гончаренко С. С. Шесть стратегических направлений актуализации транспортной стратегии России в условиях геополитического и геоэкономического противостояния // Вестник транспорта. 2022. № 10. С. 2–14; № 11. С. 2–10.
- Прогнозирование транспортной системы России: обоснование стратегических направлений с использованием экономико-математического инструментария. Новосибирск: ИЭиОПП, 2003. 48 с.
- Гончаренко С. С. Каспийский порт Оля: настоящее и будущее // Промышленная политика. 2004. № 8. С. 29–33.
- Кругокаспийский транспортно-промышленный пояс (ККТПП) // Транспортно-промышленное освоение Сибири Дальнего Востока и пограничных регионов – системный фактор прорывного развития экономики России, ее интеграции в мировую систему («Горизонт 10–2030»). Ч. 2. М. – Новосибирск: Институт проблем управления им. Трапезникова РАН, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Евразийский транспортный инновационный центр, 2006. С. 96–175.
- Гончаренко С. С., Суслов В. И., Малов В. Ю., Есикова Т. Н. Кругокаспийский транспортно-промышленный пояс (ККТПП) – проект цивилизационного 23 масштаба // Промышленная политика в Российской Федерации. 2007. № 10. С. 22–78.
- Гончаренко С. С. Транспортно-промышленная интеграция прикаспийских стран: проблемы, возможности, перспективы // Деловой ритм Поволжья. 2011. Июль – август. С. 50–54.
- Васильев С. Н., Гончаренко С. С. Транспортный фактор в решении проблемы управления крупномасштабными межгосударственными территориально-производственными комплексами (на примере Каспийского региона) // Материалы 5-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011)». М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2011. С. 40–55.
- Гончаренко С. С. Экономико-политические предпосылки транспортно-промышленной интеграции каспийских и соседних с ними стран. / Транспортно-промышленный потенциал стран Каспийского региона: состояние, проблемы, перспективы интеграции: монография. Под редакцией: Васильева С. Н., Межевича В. Е., Наумкина В. В., Гончаренко С. С., Персианова В. А. М.: Комитет Совета Федерации РФ по естественным монополиям, ИПУ РАН, ИВ РАН, ЕАТИЦ, ИЭОПП СО РАН, МГАВТ, ВГАВТ, 2012. Т. 1. С. 21–64.
- Гончаренко Е. С. Российские участки международных транспортных коридоров как объект экономического исследования: дис. ... канд. экон. наук. М.: Государственный университет управления, 2016. 188 с.
- Васильев С. Н., Гончаренко С. С., Персианов В. А., Цвиркун А. Д. Задачи стратегического управления в крупномасштабных межрегиональных проектах (на примере прикаспийского транспортно-промышленного комплекса) // Материалы 9-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем, MLSD-2016». М.: ИПУ РАН, 2016. С. 16–22.
- Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния: коллективная монография в 2-х частях / под ред. Васильева С. Н., Суслова В. И., Кузьмичева И. К. и др. Новгород: Волжский гос. ун-т водного транспорта, 2023.
- Гончаренко С. С. Транспортная стратегия России. Открытое письмо президенту Российской Федерации // Вестник транспорта. 2021. № 5. С. 11–15.
- Повышение роли транспортного образования и управления в развитии экономики и обеспечении безопасности России / под общ. ред. Васильева С. Н., Кузьмичева И. К., Гончаренко С. С. и др. М. – Новгород: Центральный дом ученых, Волжский государственный университет водного транспорта, Евразийский транспортный инновационный центр, 2021. 224 с.

Организация портов-хабов на внутренних водных путях России



А. М. Жидкова,
руководитель проектов
Крыловского государственного
научного центра, ведущий специалист
по управлению проектами
управления научной и
инновационной деятельности
Государственного университета
морского и речного флота
имени адмирала
С. О. Макарова (ГУМРФ),



Е. О. Ольховик,
д-р техн. наук, профессор
кафедры судостроения
и энергетических
установок ГУМРФ,



О. В. Соляиков,
канд. техн. наук, доцент
кафедры эксплуатации
водного транспорта
Российского университета
транспорта (МИИТ)

Формирование новых связей между видами транспорта способствует их собственному развитию и транспортной системы в целом. Перспективной идеей повышения эффективности и увеличения объема перевозок грузов в России является создание новых транспортно-логистических центров, обеспечивающих стыковку внутреннего водного и железнодорожного транспорта.

Транспортная система представляет совокупность связанных между собой составляющих элементов: грузовой базы, транспортных средств, путей сообщения, объектов инфраструктуры, правил управления и организации перевозок. Уровень развития транспортной системы определяется состоянием взаимных связей ее элементов и их внутренними и внешними взаимодействиями. Если один из элементов имеет условно более низкий уровень связи, то вся система естественным путем приводится к этому уровню.

Под внутренними взаимодействиями понимается организация согласованной работы между элементами системы отдельного вида транспорта. Внешние взаимодействия связываются с грузовой базой и корреспонденцией грузов с одного вида транспорта на другой и могут быть проанализированы [1]. Каждый вид транспорта, формируя собственную подсистему, состоит из своего уникального набора таких элементов, обладающих определенными преимуществами и недостатками. Логистическое взаимодействие между видами транспорта позволяет повысить эффективность работы транспортной системы в целом и обеспечить соответствие критериям, предъявляемым к перевозке груза.

В настоящее время наиболее актуальной задачей является развитие транспортной системы за счет укрепления связанности (региональной, межрегиональной, транзитной) ее подсистем и внедрения или совершенствования интеллектуальных функций управления при поддержании и улучшении обслуживания.

Снижение мультимодального или интермодального потенциала транспортной системы и соответственно эффективности перевозок отдельными

видами транспорта происходит по причине низкого уровня согласованности, наличия разницы в уровне связей или их отсутствия. Например, при невозможности перегрузки грузов с внутреннего водного транспорта (ВВТ) на железнодорожный и обратно эта связь является несформированной.

Образуется определенный разрыв, в результате которого часть грузов, которые могли бы на отдельном этапе перевозиться по внутренним водным путям, остаются на железной дороге. Так, водный транспорт недополучает потенциальный грузопоток, а на железной дороге возникают проблемы, связанные с недостаточной провозной способностью.

Проблемы диспропорций в темпах и масштабах развития подсистемы ВВТ и ее дисбаланс по сравнению с другими видами транспорта представлены в работах авторов [2–4].

Одним из сдерживающих факторов развития внутреннего водного транспорта является также отсутствие цифровых решений и интеллектуальных транспортных систем. На современном этапе требуется создание принципиально новых сервисов для грузовладельцев, перевозчиков и пассажиров, повышение эффективности, доступности и качества транспортных услуг, а также безопасности движения на водных путях за счет применения высокоавтоматизированных и автономных систем.

Доля ВВТ в общем грузообороте страны в 2024 г. составила 1,01 %. Это минимальное значение данного показателя более чем за 50 лет [5].

Совершенствованию видов транспорта и их инфраструктуры уделяют внимание перспективные документы, определяющие транспортную политику государства. Так, Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. указывает: «Формиро-

вание сети транспортно-логистических центров на территории РФ способствует развитию транспортного комплекса. Существенными положительными эффектами от развития транспортно-логистических центров могут стать снижение доли транспортных затрат в себестоимости конечной продукции, развитие транзитного потенциала Российской Федерации, стимулирование экспорта транспортных услуг».

Рассмотрим возможность создания связей подсистемы ВВТ с наземными видами транспорта, преимущественно с железнодорожным, на основе разработки проекта речных портов-хабов, что формирует условия для увеличения грузооборота внутреннего водного транспорта и обеспечения транспортного баланса. Актуальность данной темы подтверждается заинтересованностью Федерального агентства морского и речного транспорта. Так, заявлено о включении в национальный проект «Эффективная транспортная система» действий, направленных на создание мультимодальных узлов на базе речных портов. При этом такие мультимодальные логистические центры планируется реализовывать и развивать как в европейской, так и в азиатской части страны.

Развитие и совершенствование транспортной инфраструктуры является длительным и капиталоемким процессом, что делает неприемлемыми риски в случае отклонения от поступательного направления развития [6]. Технические и технологические решения, принятые без учета закономерностей развития рынка услуг на транспорте, рискуют оказаться невостребованными со стороны клиентов таковых услуг [7].

Удовлетворение данных потребностей возможно в том случае, когда все звенья видов транспорта смогут на качественном уровне реализовать свои услуги по перегрузке грузов, предоставляя на международном уровне конкурентоспособную инфраструктуру, способную оказывать весь спектр услуг по продвижению грузов. Это предполагает развитие транспортно-складских и перегрузочных комплексов, направленных на формирование единой системы взаимодействия, в которой транспортные центры становятся управляющими элементами такой системы [8].

Исходя из ключевых проблем на внутреннем водном транспорте и в соответствии с основополагающими национальными целями и задачами развития

Российской Федерации, зафиксированными в документах стратегического планирования, одной из основных задач по достижению планируемых результатов на водном транспорте, определено развитие грузовых перевозок, речных портов и транспортно-логистических комплексов, которое реализуется по следующим направлениям:

- интеграция внутреннего водного транспорта с железнодорожным и автомобильным, развитие внутренних и международных грузопотоков внутренним водным транспортом, в том числе в направлении морских портов;
- развитие речных портов и транспортно-логистических комплексов (мультимодальных логистических центров);
- создание и ведение новой единой статотчетности по перевозке грузов и работы речных портов, транспортно-логистических комплексов.

Целью работы является исследование возможностей создания связанности между элементами подсистем внутреннего водного и железнодорожного транспорта в их внешнем взаимодействии, возникающем за счет создания речных портов-хабов. При этом область исследований расположения портов-хабов и пе-

ревозок грузов по внутренним водным путям ограничена Единой глубоководной системой Российской Федерации (в рамках отдельных работ может быть рассмотрен потенциал водных путей восточных бассейнов и Арктической зоны, где также возможно реализовать преимущества портов-хабов).

Частными задачами являются:

- анализ инфраструктурных параметров и основных показателей транспортной работы внутреннего водного транспорта России и других развитых стран;
- выработка основных критериев выбора пунктов организации речных портов-хабов;
- разработка схемы географического (территориального) расположения речных портов-хабов с возможностью их дальнейшей интеграции с подсистемой железнодорожного транспорта;
- предложение по местоположению (населенным пунктам), где могут быть организованы речные порты-хабы;
- проработка пилотных маршрутов перевозок, включающих речные порты-хабы.

Потенциал развития внутренних водных путей Российской Федерации

Сеть внутренних водных путей России имеет разветвленную структуру, охватывающую значительную часть территории страны. Тем не менее доля ВВТ в общем грузообороте составляет чуть более 1 %, имея при этом отрицательную динамику. В то время как общая грузовая база увеличивается за последние 20 и более лет, она не переходит на речной транспорт. Это подтверждает наличие потенциала переключения части грузопотоков на внутренний водный транспорт.

Потенциал развития системы перевозок ВВТ предлагается определить методом сравнения инфраструктуры водных путей, флота и основных показателей транспортной работы (табл. 1, рис. 1, 2). Для анализа выбраны наиболее экономически развитые страны — Китай, страны Европейского союза (Германия, Франция, Нидерланды), США, Россия, осуществляющие перевозки грузов по национальным внутренним водным путям.

Принятые для сравнения параметры: протяженность национальных внутренних водных путей; объем перевозок на ВВТ; объем перевозок на 1 км внутренних водных путей; грузооборот ВВТ; на-



Рис. 1. Протяженность национальных внутренних водных путей, км

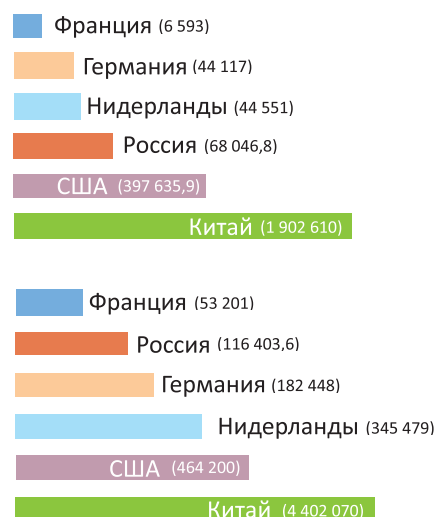


Рис. 2. Грузооборот (млн т-км) и объем перевозок (тыс. т) внутреннего водного транспорта

Таблица 1. Сравнение инфраструктуры внутренних водных путей, флота и основных показателей транспортной работы России, Китая, США и отдельных стран Европы за 2022 г.

Наименование параметра	Страна сравнения					
	Россия	Германия	Франция	Нидерланды	Китай	США
Протяженность национальных внутренних водных путей, км	101 589,5	7 675	8 501	6 297	127 968	40 233,6
Объем перевозок внутренним водным транспортом, тыс. т	116 403,6	182 448	53 201	345 479	4 402 070	464 200
Объем перевозок внутренним водным транспортом на 1 км внутренних водных путей, тыс. т	1,1458	23,7717	6,2582	54,8641	34,3998	11,5376
Грузооборот внутреннего водного транспорта, млн т-км	68 046,8	44 117	6 593	44 551	1 902 610	397 635,9
Наличие шлюзов	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Число шлюзов, судоподъемников, ед.	109	318	1799	378	96 348	192
Общее число судов, ед.	9 461	2 247	977	7 012	121 868	45 716
Число самоходных судов, ед.	3 298	748	326	1 683	7 361	35 004
Вклад в ВВП, %	2	11	10	34	6–8	6–8

Примечание. Цветом выделены минимальные (красным) и максимальные (зеленым) значения параметров среди обозначенных стран.

личие и число судоходных гидротехнических сооружений; количество судов, в том числе самоходных.

Сравнительный анализ показывает, что при достаточной развитости инфраструктуры (протяженность национальных внутренних водных путей России сравнима с Китаем и превышает остальные страны) текущий вклад внутреннего водного транспорта в ВВП в нашей стране (2 %) значительно ниже. Как видно из представленных в табл. 1 данных, при достаточной развитости инфраструктуры и флота значение объема перевозок и/или грузооборота водного транспорта России сопоставимо меньше, чем в Китае, США и отдельных странах Европы.

При этом каждая из рассмотренных стран имеет развитую систему шлюзов, которая не ограничивает, а способствует развитию судоходства, соединяя водные пути. В России это в первую очередь Единая глубоководная система Европейской части РФ, соединяющая через сеть водных путей Белое, Балтийское, Каспийское, Азовское и Черное моря и являющаяся частью международных транспортных коридоров. Это говорит о том, что внутренний водный транспорт России имеет существенный потенциал роста.

Приведенные данные отражают наличие высоких значений (количественную развитость) отдельных элементов подсистемы внутреннего водного тран-

спорта — транспортных средств, путей сообщения и объектов инфраструктуры. Примем гипотезу, что общая грузовая база также является достаточной. Таким образом, необходимо рассматривать качество имеющейся инфраструктуры, судов и внутренних водных путей и правила управления и организации перевозок. Элементы с низким уровнем должны быть приведены к среднему (общему) уровню подсистемы или выше.

Наиболее слабо развитым элементом подсистемы представляется управление и организация перевозок на внутреннем водном транспорте. При этом речной порт-хаб:

- за счет внутренних организационных и управленческих решений положительно влияет на подсистему ВВТ;
- за счет внешнего взаимодействия с другими подсистемами транспорта положительно влияет на подсистему ВВТ;
- за счет объединения внутренних и внешних организационных и управленческих решений порта-хаба положительно влияет на транспортную систему в целом.

Целевое значение доли внутреннего водного транспорта в общем грузообороте предполагается увеличить с 1,01 до 2,00 % и более. По данным Росморречфлота, создание перегрузочных комплексов увеличит перевалку груза на 20 % — до 151,1 млн т [9].

Наряду с этим на протяжении ряда лет на железнодорожном транспорте наблюдается нехватка провозной и пропускной способности (преимущественно в летне-осенний период). Особенно остро эта проблема присутствует на Восточном полигоне железной дороги [10]. Регулярно происходят сбои перевозок насыпных и контейнерных грузов. Грузовладельцы конкурируют за скорость перевозки и возможность приоритетной отправки. Интеграция железнодорожного транспорта с внутренним водным способна обеспечить положительный эффект для коммерческой работы каждого из видов транспорта.

Разработка концепции по организации работы портов-хабов

Выбор месторасположения хаба представляет собой классическую транспортно-географическую задачу, которая в качестве объекта исследования рассматривается с разных сторон в научных работах [11–13] и сводится к определению локаций, обладающих следующими характеристиками:

- хаб находится в месте пересечения основных грузопотоков (среднегодовой объем перевозок);
- наличие развитой транспортной инфраструктуры различных подсистем (плотность инфраструктурной сети);
- развитость транспортной инфраструктуры (технический уровень инфраструктурной сети).

Ряд исследований отмечают узловую природу хабов [12, 13], однако в рамках данной работы предлагается рассматривать их как отправные точки для параллельных маршрутов, что будет выступать в качестве дополнительного критерия.

Предложения по расположению портов-хабов основаны на наличии портовой инфраструктуры ВВТ и стыка железнодорожных путей. Предлагается сформировать порты-хабы по контуру водных путей в городах Пермь — Казань — Самара.

Потенциал имеющейся инфраструктуры и грузовой базы может бытькратно увеличен за счет стыкования работы железнодорожного и внутреннего водного транспорта. Их внешнее взаимодействие и переключение части грузопотока также определяет развитие элемента управления и организации каждой из подсистем, что обеспечивает положительный эффект для обоих видов транспорта. Схема железнодорожных и водных путей с обозначенными на ней вариантами транспортно-логистических центров приведена на рис. 3.

Карта-схема ограничена внутренними водными путями Единой глубоководной системы. Они относятся к опорной сети путей сообщения и имеют габариты, достаточные для организации перевозок грузов в межбассейновом сообщении. Основные крупные города-центры притяжения груза (выделены красным на рис. 3), в которых возможна организация работы транспортно-логистических центров, — Пермь, Казань, Самара.

Направления доставки груза или исходные пункты (выделены синим) — Астрахань (направление Каспийского моря), Ростов-на-Дону (направление Азовского и Черного моря), Москва (центральная часть), Санкт-Петербург (направление Балтийского моря), Архангельск (направление Белого моря). Пермь может выступать как самостоятельный порт-хаб и дополнительно — как перевалочный пункт для сбора грузов, отправляемых/получаемых со стороны Казани и Самары.

В качестве примера в табл. 2 приведена характеристика маршрутов от транспортно-логистического центра в г. Казань до основных городов — пунктов назначения.

При проработке маршрутов от портов-хабов рассматривается эксплуатация барже-буксирных составов. Перспектива организации их работы раскрыта в работах [14, 15]. Барже-буксирные составы группируются в зависимости от

Таблица 2. Характеристика маршрутов от г. Казань

Пункт назначения	Протяженность участка, км	Число шлюзованных участков, ед.	Время в пути, сут.	Период эксплуатации, сут.*
Москва**	1 280	14	5–6	205
Пермь	945	2	4	192
Санкт-Петербург	1 894	13	7–8	200
Архангельск	2 235	30	8–10	149
Астрахань	1 733	4	6–7	213
Ростов-на-Дону	1 815	22	7	213

* по данным распоряжения Росморречфлота от 29.12.2023 № БТ-527-р.

** до границы Третьего транспортного кольца.

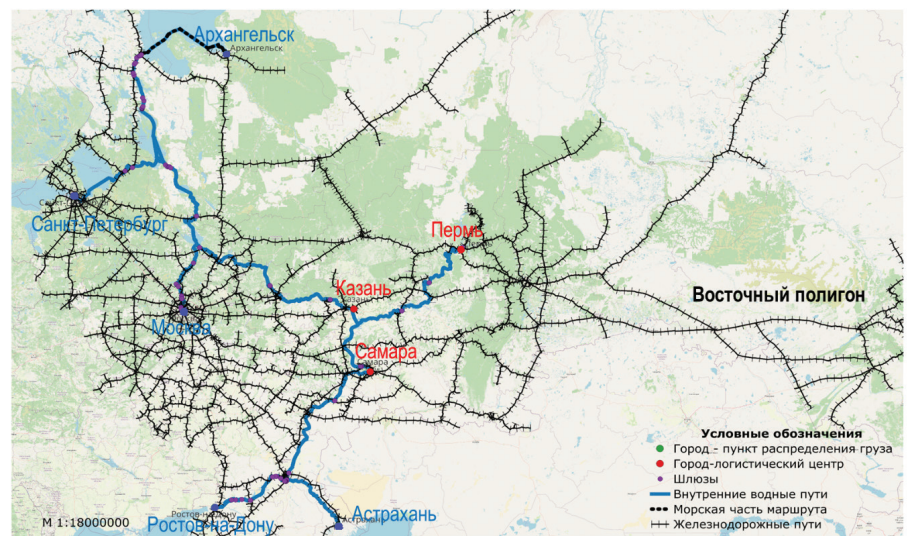


Рис. 3. Схема железнодорожных и внутренних водных путей в концепции организации речных портов-хабов

объема перевозимого груза (с ограничениями по габаритам участков водных путей), что соответствует концепции железнодорожных составов, которые также имеют возможность формирования и расформирования под заданный объем груза. Условно состав может соответствовать грузоподъемности поезда и отправляться сразу или накапливать груз в порте-хабе и перевозить его партиями большего объема.

Для составов судов (барж) их максимальный габарит ограничивается размерами шлюзов, в меньшей степени — глубинами водных путей. Таким образом, после окончания реконструкции шлюзов, реализуемой в настоящее время, их грузоподъемность может быть увеличена.

На рис. 4, 5 приводится характеристика барже-буксирных составов для маршрутов Казань — Москва и Казань — Астрахань по максимальной грузоподъемности. Параметры составов определены на основе данных типовых схем, установленных правилами движения

и стоянки судов соответствующих бассейнов.

Объективно перевозка грузов внутренним водным транспортом медленнее, чем железнодорожным, но их взаимодействие создает несомненные преимущества: перераспределение хранения за счет имеющейся площади в речных портах; разгрузка железнодорожного транспорта; интенсификация перегрузочного процесса; увеличение объема перевозок на ВВТ; улучшение качества обслуживания на железной дороге.

Взаимодействие подсистем внутреннего водного и железнодорожного транспорта, возникающее за счет создания портов-хабов, показано на рис. 6.

Создание в подсистеме ВВТ портов-хабов с возможностью перераспределения грузов с железнодорожного транспорта приводит к созданию связей по следующим элементам: грузовая база — за счет перераспределения перевозимых грузов; пути сообщения — за счет стыковочного узла; правила управления



Рис. 4. Характеристика барже-буксирных составов, эксплуатируемых на маршруте Казань – Москва



Рис. 5. Характеристика барже-буксирных составов, эксплуатируемых на маршруте Казань – Астрахань

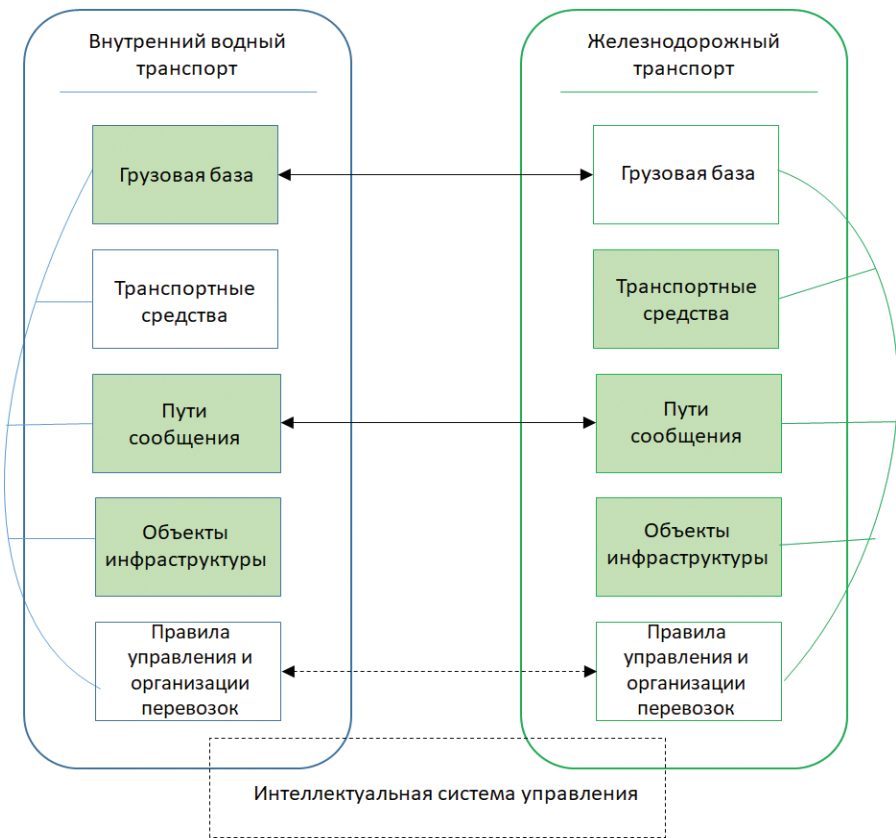


Рис. 6. Взаимодействие подсистем внутреннего водного и железнодорожного транспорта при обеспечении работы речных портов-хабов

и организации перевозок — за счет координации перемещения грузовой базы.

При этом на железнодорожном транспорте потенциально увеличивается оборачиваемость подвижного состава и обеспечивается разгрузка путей сообщения, а внутренний водный транспорт получает дополнительный объем груза.

На основе взаимодействия двух подсистем также может быть сформировано новое звено: интеллектуальная система управления — за счет возможности получения автоматической рекомендации по перераспределению грузов между подсистемами.

Существующие правила управления и организации перевозок относятся только к одной отдельной подсистеме транспорта. В то время как для полноценных мультимодальных или интермодальных перевозок логистам необходим инструмент, который бы связывал подсистемы, т. е. создал связь на новом качественном уровне (при этом на ВВТ цифровизация менее развита в сравнении с железнодорожным транспортом). Такая связь может быть организована за счет интеллектуальных систем управления.

Заключение

Реализация имеющегося потенциала подсистемы внутреннего водного транспорта Российской Федерации возможна путем создания портов-хабов, совершенствования внутренних организационных и управленческих решений и обеспечения внешнего взаимодействия с железнодорожным транспортом.

При условии ежедневной перегрузки с железной дороги на речной транспорт, а именно отправки одного грузового поезда в сутки в период навигации из порта-хаба по пяти основным направлениям, объем перевозок водным транспортом увеличится в среднем на 4,6–4,7 млн т в год, соответственно произойдет аналогичная разгрузка железнодорожного транспорта.

Для реализации такой схемы организации перевозок необходимо 96–110 барж и буксиров при условии ежедневной отправки груза в объеме одного грузового поезда (~5100 т в зависимости от направления) или 101–116 барж и 83–95 буксиров при условии накопления груза (по максимальной грузоподъемности состава на направлении). Строительство требуемого флота с учетом возможности загрузки существующих судостроительных предприятий, по нашим оценкам, займет не менее пяти лет.



Обратную загрузку составов можно обеспечить порожними контейнерами или грузами для Восточного полигона железной дороги. Также возможна проработка вопроса проектирования специальных барж для перевозки порожних контейнеров.

Кратное увеличение показателей эффективности грузовых перевозок по водным маршрутам может быть достигнуто путем развития элемента подсистемы — правил управления и организации перевозок, а в дальнейшем — качественным улучшением остальных элементов подсистемы или внедрением интеллектуальной системы управления, которая в автоматическом режиме сможет выдавать рекомендации по перераспределению грузов.

Создание интеллектуальных систем управления, реализующих возможность получения автоматической рекомендации по перераспределению грузов между подсистемами, выступает в качестве нового перспективного направления научных исследований. ■

Источники

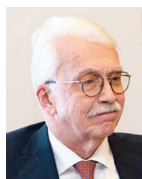
1. Селиверстов С. А. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа процесса организации транспортной системы // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2014. № 2 (24). С. 92–100.
2. Минеев В. И., Иванов М. В., Почкаева О. В. и др. О конкурентоспособности внутреннего водного транспорта // Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 67. С. 102–114.
3. Железнов С. В., Лисин А. А., Уртминцев Ю. Н. Оценка потенциала переключения части автомобильных контейнерных перевозок из морских портов на внутренний водный транспорт // Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 72. С. 180–188.
4. Дрейбанд Д. В., Коршунов Д. А., Ничипорук А. О. Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: стратегические задачи, проблемы и перспективы // Научные проблемы водного транспорта. 2022. № 74. С. 96–104.
5. Официальный сайт Единой межведомственной информационно-статистической системы. URL: <https://fedstat.ru/indicator/30990> (дата обращения: 19.05.2025).
6. Бондаренко Е. М., Гладунов В. А. Анализ влияния технологии доставки сборных грузов из Китая в Западную Сибирь на частоту использования различных видов транспорта // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (60). С. 49–57.
7. Галин А. В. Обобщенная имитационная модель процесса развития портов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 43–51.
8. Изотов О. А., Кузнецов А. Л., Соляков О. В. Управление морскими контейнерными системами перевозок сборных партий грузов: монография. М.: Моркнига, 2024. 295 с.
9. Международный форум и выставка «Транспорт России-2024»: важные события, актуальные тезисы представите-
- телей исполнительной власти страны // Речной транспорт (XXI век). 2024. № 4 (112). С. 3–14.
10. Боливар не выдержит двоих. Из-за дефицита тяги Восточный полигон РЖД везет не все. URL: <https://vgudok.com/lenta/bolivar-ne-vyderzhit-dvoih-iz-za-deficita-tyagi-vostochnyy-poligon-rzhd-vezyot-ne-vsyo> (дата обращения: 23.01.2025).
11. Ярошевич Н. Ю., Вязовская В. В. Методологические подходы к определению узловых аэропортов-хабов // Дискуссия. 2012. № 5. С. 81–87.
12. Гапочка А. А. Международные морские порты-хабы как фактор развития региона Балтийского моря: дис. канд. эк. наук. СПб., 2017. 177 с.
13. Комов М. С. Интеграция национальных транспортных комплексов в региональную транспортную систему: анализ форм и механизма // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 4. С. 14.
14. Жидкова А. М. Оптимизация конфигурации барже-буксирных составов в зависимости от габаритных и навигационных характеристик внутренних водных путей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 5. С. 722–735.
15. Жидкова А. М., Ольховик Е. О. Метод определения эффективности вариантов организации перевозок барже-буксирными составами // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2024. № 2. С. 103–115.

О совершенствовании законодательного регулирования транспортного обслуживания населения в городах и городских агломерациях России



С. В. Еремин,
д-р техн. наук, депутат
Государственной Думы,
председатель комитета
по развитию обществен-
ного транспорта Россий-
ской академии транспор-
та (РАТ),

Законодательство в сфере городского пассажирского транспорта необходимо дополнить законом, который бы обеспечил правовые основы для создания в городах страны комплексных систем транспортного обслуживания населения, в частности, через соответствующее изменение приоритетов формирования транспортной и инвестиционной политик с большей ориентацией их на использование общественного транспорта, обеспечение взаимодействия различных видов городского транспорта, развитие средств активной и индивидуальной мобильности.



В. В. Донченко,
канд. техн. наук, замести-
тель директора Центра
развития транспорта
общего пользования
Департамента передовых
инженерных школ «Акаде-
мии ВСМ» Российского уни-
верситета транспорта
(РУТ (МИИТ)), председа-
тель НТС комитета
по развитию обществен-
ного транспорта РАТ,

В России более 75 % населения (почти 110 млн человек) проживает в городах [1], причем основная масса городского населения сконцентрирована преимущественно в мегаполисах и крупных городах, которые играют ведущую роль в национальной экономике.

По данным на 2023 г., вклад только российских мегаполисов (города-миллионники) в валовый внутренний продукт (ВВП) страны оценивается в 32 %. В крупных городах сосредоточено более половины производственных фондов, на них приходится 40 % выпускаемой промышленной продукции и около 40 % привлекаемых инвестиций в основные активы предприятий разных форм собственности.

Концентрация населения и экономической деятельности в городах приводит к значительному росту в них транспортного спроса и мобильности населения. В частности, на города приходится до 70–75 % пройденных автомобиле-км и пассажиро-км. Разные виды муниципального транспорта в городах использует 42 % россиян [2]. Таким образом, транспорт является важнейшей составляющей экономики современных городов, выполняет важнейшую социальную функцию, обеспечивая жителям доступность различных объектов и территорий.

В то же время с работой транспорта в городах и движением транспортных потоков связан целый ряд серьезных

негативных последствий: изъятие городских территорий под транспортную инфраструктуру, рост транспортных задержек, разделение территорий и ухудшение их доступности, падение качества жизни в зоне транспортных объектов, рост аварийности, выбросов загрязняющих веществ, шума и климатических газов, проблемы «транспортной бедности» и социальной справедливости.

Суммарный ущерб экономике от негативных последствий транспортной деятельности в городах может быть экспертно оценен в пределах 5–7 % ВВП ежегодно. Практически все негативные последствия транспортной деятельности напрямую связаны с неконтролируемым ростом мобильности и пробега транспортных средств (в первую очередь легковых автомобилей), что является результатом многолетнего автомобиле-ориентированного развития общества и инфраструктуры.

Важнейшей устойчивой (т. е. реализующей Цели устойчивого развития ООН) альтернативой использованию личного автотранспорта для поездок в городах является использование пассажирского транспорта общего пользования (ПТОП) и средств активной и индивидуальной мобильности. В то же время их развитие сталкивается сейчас с серьезными вызовами и проблемами, существенно снижающими эффективность и качество функционирования городских транс-



А. С. Морозов,
заместитель директора
Центра развития тран-
спорта общего пользо-
вания Департамента
передовых инженерных
школ «Академии ВСМ»
РУТ (МИИТ), вице-пре-
зидент Международной
ассоциации предприятий
городского электрического
транспорта,

портных систем в целом. Причинами этих проблем являются:

- В большинстве городов городской транспорт не рассматривается как единое целое ни с функциональной, ни с территориальной точек зрения. Разные его виды слабо взаимосвязаны как между собой, так и с вело- и пешеходным движением, потенциал которых так и не раскрыт и не используется. В недостаточной мере реализуется сетевой подход к планированию и оценке эффективности городских транспортных систем.

- Территориальное планирование зачастую никак не связано с транспортным. Оценка того, как новая застройка и изменение характера землепользования влияют на транспортный спрос населения и дорожное движение, проводится крайне редко.

- Финансовые ресурсы, выделяемые на нужды городского транспорта, зачастую недостаточны по объему, носят неустойчивый характер и не проходят процесс стратегического планирования.

- На федеральном уровне отсутствуют достаточные законодательные требования или рекомендации в области развития городского транспорта. У органов местного самоуправления отсутствуют обязательства разрабатывать стратегические планы развития устойчивых транспортных систем (устойчивой городской мобильности), увязанные с городским бюджетом.

- Отсутствует ответственность органов исполнительной власти за нарушения стандарта транспортного обслуживания населения.

- Недостаточно используются механизмы управления транспортным спросом, стимулирующие его переключение с личного автомобильного транспорта на альтернативные средства обеспечения мобильности.

- Организация дорожного движения во многих городах рассматривается только как система технических мероприятий, направленная на повышение безопасности дорожного движения и пропускной способности улично-дорожной сети без ее должной увязки с целями развития транспортных систем городов.

- Ограничены инвестиции в инновационные технологии, которые могут улучшить управление транспортными и пассажирскими потоками и сделать поездки более комфортными и безопасными для пассажиров.

Во многом проблемы развития городских транспортных систем связаны с недостатками законодательного и нормативного правового регулирования работы городского транспорта.

Недостатки действующего законодательства в сфере городского транспорта

Правовые основы деятельности в области транспортного обслуживания населения определяются в значительной мере следующими федеральными законами:

- федеральный закон от 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» (устав);

- федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации».

Однако специалисты неоднократно отмечали ограниченный характер правового регулирования, устанавливаемого этими законами. Существующая парадигма регуляторного транспортного законодательства и подзаконных нормативно-правовых актов не формирует приоритетных подходов к системе транспортно-обслуживания населения [3].

Так, Устав регулирует только отношения, возникающие между перевозчиком и пассажиром при оказании услуг автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. Федеральный закон № 220-ФЗ призван регулировать отношения, возникающие при организации перевозок между органами власти и перевозчиками, а также между отдельными перевозчиками, в частности, связанные с установлением, изменением, отменой маршрутов регулярных перевозок, допуском юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к осуществлению регулярных перевозок, использованием объектов транспортной инфраструктуры, а также с организацией контроля за осуществлением регулярных перевозок.

Специалистами и отраслевыми экспертами отмечались также определенные системные недостатки федерального закона № 220-ФЗ:

Закон во многом был разработан с целью защиты интересов перевозчиков на рынке перевозок пассажирским автомобильным транспортом общего пользования, при этом вопросы обеспечения качества обслуживания населения в нем практически не рассматривались.

Принятый в законе концептуальный подход к организации перевозок пассажиров как к бизнесу, а не социальной услуге приводит к фрагментации маршрутных сетей на выгодные и невыгодные маршруты и не позволяет решить задачу функционирования ПТОП как единой системы жизнеобеспечения городов, гарантирующую доступность рабочих и учебных мест, бытовых и социальных объектов для проживающих в городах. В результате формируется устойчивое отношение к перевозкам, как к бизнесу, деятельность которого не обязательна и не гарантирована. В смысловой части закона заложен остаточный принцип бюджетного финансирования пассажирских перевозок.

Не учитываются в достаточной мере существенные различия городских (агломерационных) и междугородных перевозок, специфика их планирования, организации и осуществления.

- Закон сформирован по отраслевому принципу, отделяющему автомобильный и городской наземный электрический транспорт от прочих видов транспорта (метрополитен, железнодорожный, водный, авиационный), что препятствует единому подходу к планированию, управлению и финансированию транспортной системы в целом и создает контрпродуктивную конкуренцию видов транспорта, снижая эффективность перевозок.

- Положения закона создают условия для формирования модели прямой конкуренции за пассажира, стимулируют развитие малого бизнеса и перевозок автобусами малого и особо малого класса («бизнес ради бизнеса»), сокращения перевозок городским электрическим транспортом, что, в итоге приводит к росту эксплуатационных затрат, ДТП, загрязнения воздуха и времени в пути, способствует снижению качеству жизни в городах.

- Закон игнорирует необходимость управления и финансирования транспортных систем агломераций в рамках единой межмуниципальной модели. В конструкции закона отсутствуют механизмы для межмуниципального взаимодействия, интегрированного управления такими системами.

- Закон направлен только на организацию регулярных перевозок пассажирским транспортом общего пользования, вырывая этот вид перевозок из общего контекста транспортного обслуживания населения в мультимодальных пасса-

жирских транспортных системах. Таким образом, вне сферы рассмотрения остаются вопросы формирования и обеспечения мобильности населения в целом, в том числе с использованием других видов транспорта и передвижения (средства индивидуальной мобильности (СИМ), такси, индивидуальные автомобили, пешее передвижение и т. п.).

- Наличие в законе перевозок по «нерегулируемым тарифам» противоречит необходимости соблюдения в городах норматива ценовой доступности, потребности в доступном общественном транспорте, как системе жизнеобеспечения, создает в связи с этим социальную напряженность и неравенство, противоречит конституции и национальным целям. В современном городе доступ к местам работы, учебы и социальной сфере принципиально не может быть обеспечен без общественного транспорта. Результаты работы ПТОП в этом контексте представляют собой не товар или услугу в привычном понимании, от которых можно отказаться или выбрать альтернативу, а систему жизнеобеспечения, аналогичную системам водоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения, доступность которых (физическая и ценовая) гарантируется государством. Присутствие на общей инфраструктуре улично-дорожной сети и остановках ПТОП любого дублирующего коммерческого сервиса, работающего по нерегулируемым тарифам, отнимает финансовый ресурс у транспортной системы, работающей по регулируемым тарифам, и передает прибыль по отдельным маршрутам коммерческим перевозчикам, оставляя государству только убыточные перевозки, что приводит к прямым потерям бюджетов или росту регулируемых тарифов.

- Включение в закон с 1 марта 2024 г. понятий «регионального стандарта транспортного обслуживания» и «регионального комплексного плана транспортного обслуживания» создали разночтения и дополнительные сложности, так как полномочия по установлению нормативов стандарта закреплены на уровне региона, в то время как мероприятия по достижению указанных нормативов определяются полномочиями муниципальных образований. При этом механизмы взаимодействия этих уровней власти по достижению нормативов и ответственность за их нарушение не определены. В результа-

те данного противоречия невозможно четко установить перечень и целевые значения показателей регионального стандарта транспортного обслуживания [4]. Из норм закона нельзя определить, в какой степени нормативы стандарта являются обязательными и каковы последствия их несоблюдения для конкретного жителя региона или города.

Помимо этого, существующее федеральное законодательство в сфере транспорта:

- не формулирует цель организации транспортного обслуживания населения — это не позволяет создать систему организационных положений, способных обеспечить эффективные и безопасные перевозки пассажиров в городах и городских агломерациях;

- не устанавливает ответственность органов исполнительной власти и перевозчиков за нарушения стандарта транспортного обслуживания населения, в том числе не предписывает устанавливать эффективные формы мониторинга и контроля качества, не определяет ответственность за достоверность и несоблюдение реестров, установленных расписаний движения на маршрутах и т. п.;

- не определяет понятие перевозок ПТОП как единой системы связанных друг с другом маршрутов, расписаний, тарифов, гарантий качества, предоставляемой населению в форме государственной услуги. Вместо этого пассажирский транспорт рассматривается как «перевозка» — услуга, предоставляемая коммерческой организацией от входа в транспортное средство до выхода из него. Объединение отдельных «поездов» в систему давно назрело, однако присутствует в законодательстве лишь в виде паллиативов и только по отдельным элементам.

Следует также учитывать, что проблема организации транспортного обслуживания населения шире, чем только обеспечение эффективной работы пассажирского транспорта общего пользования. Проблему транспортного обслуживания населения следует рассматривать в мультимодальном контексте с учетом взаимодействия различных видов транспорта и передвижения (общественный транспорт, личный транспорт, велотранспорт, СИМы, транспорт совместного пользования, пешеходное движение) и достижения конечной цели — обеспечения эффективной, равнодоступной, безопасной и экологичной мобильности для всех пользова-

телей. Необходимо говорить о создании системы эффективной и качественной логистики пассажиродвижения.

Автомобилеориентированное развитие городской среды приводит к тому, что действующий Градостроительный кодекс РФ позволяет проектировать и строить новые жилые кварталы, генерирующие высокий транспортный спрос и необеспеченные необходимой доступностью пассажирского транспорта общего пользования, результатом чего становится массовая застройка, ориентированная на использование личных автомобилей. Это приводит к перегруженности улично-дорожных сетей, вызывая рост социальной напряженности из-за роста потерь времени населения, ухудшения экологической ситуации и общего качества жизни в новостройках. Важным стратегическим принципом политики, направленной на сокращение перегруженности улично-дорожных сетей, является необходимость устранения избыточного транспортного спроса, который связан с монофункциональными моделями плотной застройки новых городских территорий и возникновением вследствие этого новых объемов дорожного движения [5].

Еще одним мощным стимулом повышения спроса на использование личных автомобилей становится интенсивное развитие дорожной инфраструктуры в городах и в пределах городских агломераций. Если строительство и обустройство межрегиональных трасс являются необходимыми элементами территориальной связности, то реконструкция и расширение улично-дорожной сети в городах зачастую происходит в ущерб инфраструктуре городского общественного транспорта и активной мобильности: демонтируются системы городского наземного электрического транспорта, очень сложно формируются выделенные полосы общественного транспорта, остановки располагаются в местах, неудобных для пассажиров.

Практически не создается инфраструктура для велодвижения и движения СИМ. Если учесть, что общественным транспортом регулярно пользуется большое количество жителей городов, то фактически для них нарушается конституционный принцип свободы передвижения и снижается транспортная доступность к объектам общественной инфраструктуры (поликлиники, спортивные сооружения, объекты культуры и отдыха).

Фактором, задавшим негативный тренд качества транспортного обслуживания населения, стало фактическое устранение во многих случаях региональных и местных органов власти от управления городским транспортом и передача этой важнейшей функции перевозчикам. Законодательное закрепление в ФЗ № 220 такого положения окончательно оформило перевод социально значимой функции транспортного обслуживания населения на коммерческую основу.

К началу 2020-х потенциал инфраструктуры общественного транспорта был практически исчерпан, и точечные инициативы федерального правительства в виде субсидирования закупки подвижного состава к существенному улучшению ситуации в сфере ПТОП не привели. В итоге использование общественного транспорта зачастую становится для людей показателем низкого социального статуса, ведь им пользуются пенсионеры и прочие «неуспешные граждане» («транспорт для бедных», а не «транспорт для всех»), что в свою очередь порождает дальнейший рост автомобилизации общества.

Предложения по совершенствованию законодательства

Вышесказанное свидетельствует о необходимости дополнения действующего законодательства новым федеральным законом, регулирующим широкий круг вопросов, связанных с правоотношениями в области функционирования городских транспортных систем и организации транспортного обслуживания населения. Национальные законы аналогичного характера имеются во многих развитых странах (Франция, Германия, Великобритания и др.). Принятие такого законопроекта под условным названием «О городском транспорте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» является определяющим для достижения национальных целей России.

Гарантии качества транспортного обслуживания населения, устранение стимулов расширения использования личного автотранспорта, развитие новых форм мобильности в городах — все это позволит кардинально улучшить доступ к рынкам труда и сбыта, обеспечит возможности для самореализации населения, станет основой роста качества жизни в городах, уменьшит смертность от ДТП, заболеваемость

и смертность, связанную с загрязнением воздуха.

Социальное равенство (адресная гарантия качества транспортного обслуживания для каждого жителя городской агломерации независимо от района и места проживания, возраста, социального положения и т.д.) обеспечит снижение социальной напряженности. Принятие законопроекта будет способствовать реализации в России принятых ООН целей устойчивого развития, касающихся качества жизни в городах и снижения негативных воздействий на окружающую среду и климат.

Основная идея предлагаемого законопроекта состоит в установлении ответственности органов государственной власти за создание условий для обеспечения качества транспортного обслуживания населения в городах и городских агломерациях в соответствии с установленными требованиями и нормативами, в том числе за счет совершенствования системы управления и финансирования пассажирского транспорта общего пользования.

Целью законопроекта должно являться установление правовых основ и норм в сфере формирования устойчивой мобильности населения и эффективных решений по ее обеспечению в соответствии с установленными требованиями к качеству предоставляемых транспортных услуг. К предметам правового регулирования законопроекта целесообразно отнести правоотношения, возникающие в связи с планированием, организацией, регулированием и осуществлением деятельности по обеспечению мобильности и транспортному обслуживанию населения.

Основные положения предлагаемого законопроекта должны устанавливать:

- введение в сферу правового регулирования таких понятий как «мобильность», «доступность» (транспортная и нетранспортная), «транспортное обслуживание населения» и др.;
- общие принципы планирования городских транспортных систем;
- ответственность органов власти за обеспечение минимально гарантированного на местном уровне качества транспортного обслуживания населения;
- комплексность рассмотрения транспортных систем, изменение приоритетов формирования транспортной и инвестиционной политик на городском уровне — от обеспечения приори-

тета использования личного автомобиля к обеспечению приоритета использования общественного транспорта и активной мобильности;

- необходимость увязки развития транспорта и градостроительства в контексте генерации и управления транспортным спросом населения;
- требования к управлению мобильностью на уровне муниципальных образований и крупных предприятий;
- порядок мониторинга и оценки качества транспортного обслуживания населения;
- требования, механизмы и документы планирования транспортного обслуживания населения;
- порядок сбора данных и ведения баз данных цифровых систем, используемых на транспорте, обслуживания транспортных моделей, как источников данных о транспортном спросе и показателях работы ПТОП;
- требования к проведению периодических обследований транспортного спроса в муниципальных образованиях в части информации, которая не может быть собрана автоматизированными системами;
- требования к кадрам специалистов в области планирования и организации работы городских транспортных систем на региональном и муниципальном уровнях;
- механизмы устойчивого финансирования ПТОП.

Круг лиц, на которых будет распространяться действие предлагаемого законопроекта, включает: представителей органов власти муниципальных образований и субъектов РФ, ответственных за разработку и реализацию транспортной и градостроительной политики; юридические лица, осуществляющие пассажирские перевозки и деятельность в области транспортного планирования; организации транспортного обслуживания населения, организации дорожного движения.

Общая структура предлагаемого правового регулирования в системе городского пассажирского транспорта представлена на *рисунке*.

Законопроект будет направлен на реализацию п. 1 статьи 27 Конституции России, согласно которой «каждый, кто законно находится на территории Российской Федерации, имеет право свободно передвигаться, выбирать место пребывания и жительства», а также на достижение национальных целей России, установленных указом президента РФ от 7 мая 2024 г.



Общая структура предлагаемого правового регулирования в системе городского пассажирского транспорта

№ 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Для правовой системы РФ принятие законопроекта будет означать совершенствование законодательства в сфере транспорта в части создания условий для улучшения функционирования транспортных систем,

а также укрепление гарантий снижения социальной напряженности, связанной с недостаточным качеством транспортных услуг, предоставляемых населению.

Источники

1. Численность населения Российской Федерации по муниципальным обра

зованиям на 1 января 2024 года: статистический бюллетень. М.: Федеральная служба государственной статистики, 2024. 209 с.

2. Емельяненко В. Росстат: Городским общественным транспортом пользуется меньше половины россиян. URL: <https://rg.ru/2021/09/17/rosstat-gorodskim-obshestvennym-transportom-polzuetsia-menshe-poloviny-rossii.html> (дата обращения: 12.05.2025).
3. Еремин С. В., Иванов Е. А. К вопросу правовой эволюции человекоцентричности в области транспортного обслуживания населения // Местное право. 2025. № 2. С. 47–52.
4. Еремин С. В. Механизмы повышения качества функционирования городского транспорта общего пользования // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2024. № 6 (115). С. 3–5.
5. Донченко В. В. Устойчивые городские транспортные системы: изменение парадигмы планирования и развития городского транспорта: учебник. М.: Агентство РАДАР, 2023. 402 с.



Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, СТБ, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов

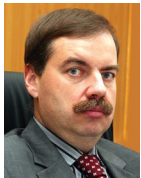
www.rosacademtrans.ru

info@rosacademtrans.ru

Сравнительный анализ развития традиционной и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры



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



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

2025 г. — год 200-летия железнодорожного транспорта. В прошлом году 60 лет исполнилось высокоскоростным железнодорожным магистралям. Соседство двух значимых юбилейных дат делает уместным проведение сравнительного анализа развития традиционной и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в мире.

Релевантным будет проведение такого анализа за равные (60-летние) временные периоды. Учитывая, что полноценные железные дороги на паровой тяге появились в 1830 г.¹, причем в разных странах и даже частях света [1], соответствующий период развития традиционных железных дорог целесообразно принять в интервале с 1830 по 1890 гг. Сопоставимы базовые значения мировой протяженности традиционных железных дорог (около 400 км в 1830 г.) и высокоскоростных магистралей (ВСМ, 515 км в 1964 г.).

Сравнение роста протяженности сети традиционных и высокоскоростных железных дорог

Сети традиционных железных дорог и ВСМ в течение 60-летнего периода продемонстрировали впечатляющий рост (рис. 1). При этом динамика протяженности мировой сети традиционных железных дорог наилучшим образом описывается степенным трендом (коэффициент детерминации R^2 близок к единице). Динамика протяженности мировой сети ВСМ более точно описывается экспоненциальным трендом (коэффициент детерминации также близок к единице). Это свидетельствует о разном характере развития традиционной и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры. Такое различие имеет экономическую основу.

Традиционная железнодорожная инфраструктура, строительство которой было коммерчески эффективным [2, 3], быстро начала сооружаться во многих

странах, причем не только в высокоразвитых [4]. При строительстве ВСМ, гораздо более высокотехнологичном и дорогостоящем, чем создание традиционных железных дорог, как правило, не обеспечивается коммерческая эффективность, а генерируемые эффекты носят социально-экономический характер [5–11]. Соответственно, строительство ВСМ требует значительных бюджетных инвестиций, что возможно только в высокоразвитых или крупных среднеразвитых экономиках.

Если строительство традиционных железных дорог в XIX — начале XX вв. было инструментом ускорения развития стран (в том числе развития догоняющего, даже с «низкого» старта), то создание ВСМ в конце XX — начале XXI вв. — показатель уже достигнутых успехов в экономическом развитии. Это свидетельство того, что данная страна вышла на достаточно высокий уровень социально-экономического развития, при котором она, с одной стороны, может себе позволить обзавестись высокоскоростным железнодорожным сообщением, а с другой — должна это сделать для дальнейшего развития общества и экономики, так как многие другие инструменты развития уже использованы и в значительной степени исчерпали себя.

Показательным примером является Япония, где железнодорожное строительство началось лишь в 1868 г. [4]. В то время железными дорогами располагали уже десятки стран², а общая протяженность мировой железнодорожной сети составляла около 200 тыс. км [13]. Высокие темпы железнодорожного строительства, достигнутые в Японии в конце XIX —

¹ В 1825 г. открыта Стоктон-Дарлингтонская железная дорога на северо-востоке Англии — первая в мире железная дорога общественного пользования на паровой тяге.

² Протяженность российских железных дорог в 1867 г. превысила 5 тыс. км и динамично росла [12].

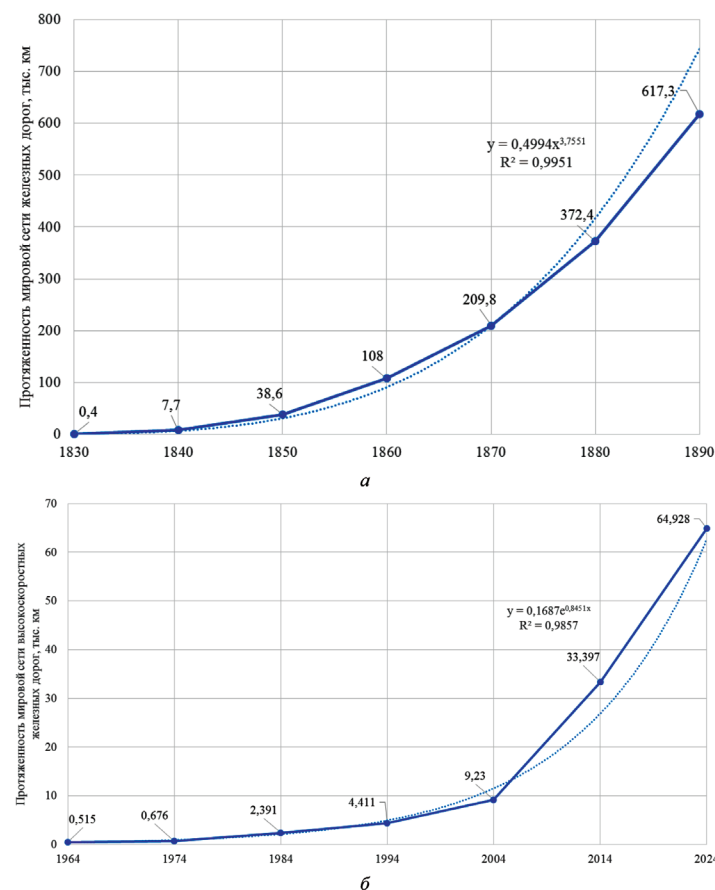


Рис. 1. Динамика протяженности мировой сети традиционных (1830–1890) (а) и высокоскоростных (1964–2024, данные за 2024 г. – оценка) (б) железных дорог

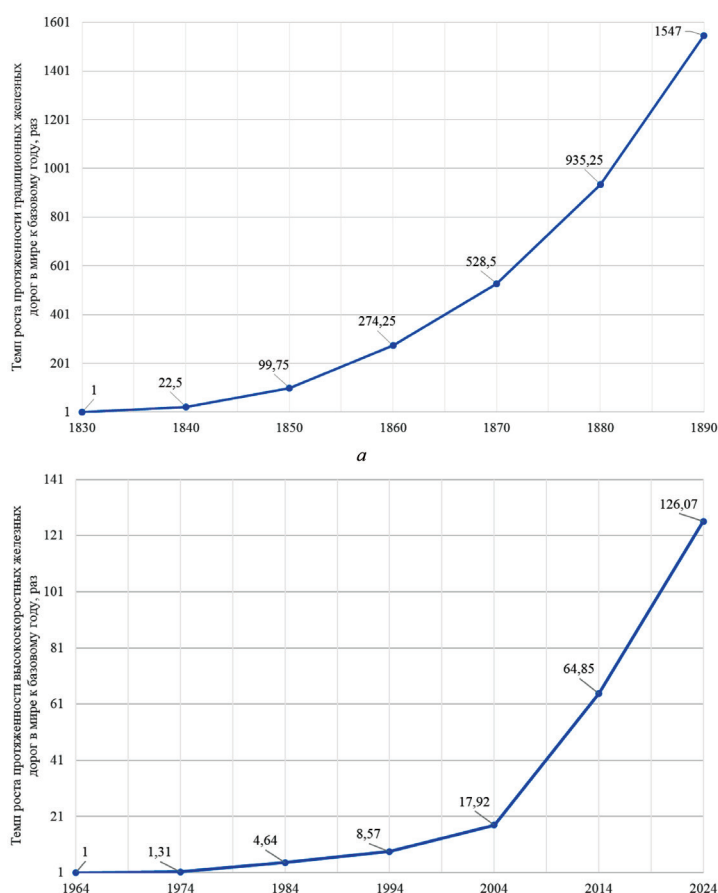


Рис. 2. Темп роста протяженности мировой сети традиционных (1830–1890) (а) и высокоскоростных (1964–2024) (б) железных дорог

начале XX в., были одним из важных инструментов реализуемой в тот период стратегии «догоняющего развития».

Если в 1870 г. подушевой валовой внутренний продукт (ВВП) Японии составлял 84 % от среднемирового уровня, то в 1913 г. — уже 91 % [14]. Тем не менее Япония все еще очень отставала от лидеров экономического развития. Менее чем через 100 лет после начала железнодорожного строительства в Японии в 1964 г. построена первая в мире высокоскоростная железнодорожная магистраль. И это был уже не инструмент «догоняющего развития», а один из результатов успешного послевоенного развития страны, названного «японским экономическим чудом» [15], которое позволило Японии войти в число мировых экономических лидеров.

Для характеристики различий в динамике развития мировой сети традиционных и высокоскоростных железных дорог важное значение имеет сопоставление темпов роста одной и другой сети (рис. 2).

В то время как абсолютные приросты мировой сети традиционных железных дорог от десятилетия к десятилетию увеличивались (рис. 1, а), динамика темпов роста их сети постепенно сокращалась (рис. 2, а). Динамика темпов роста сети ВСМ изменялась неравномерно (рис. 2, б). При этом следует выделить два периода ускорения ее роста: 1974–1984 гг., когда стала развиваться сеть высокоскоростных железных дорог в Европе; 2004–2014 гг., что связано

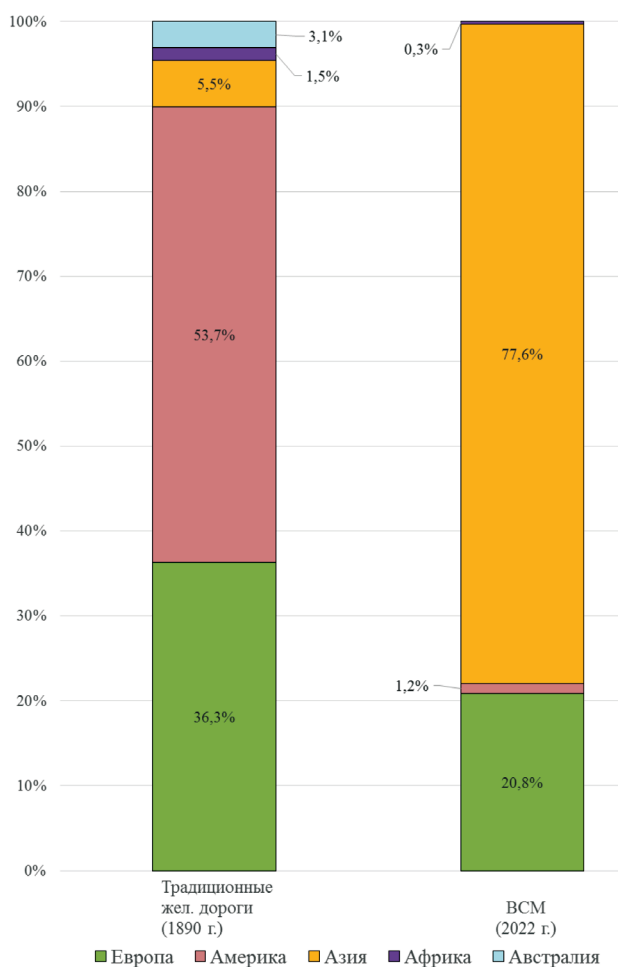


Рис. 3. Концентрация традиционных (1890) и высокоскоростных (2022) железных дорог по частям света к завершению 60-летнего периода развития соответствующей сети

Таблица 1. ТОП-10 стран по протяженности сети традиционных железных дорог в 1890 г.

№	Страна	Протяженность*, тыс. км	Доля, %	Доля (нарастающим итогом), %
1	США	268,409	43,5	43,5
2	Германия	42,869	6,9	50,4
3	Франция	36,895	6,0	56,4
4	Россия с Финляндией	32,39	5,2	61,7
5	Великобритания с Ирландией	32,297	5,2	66,9
6	Австро-Венгрия	27,113	4,4	71,3
7	Британская Ост-Индия	27	4,4	75,6
8	Канада	22,533	3,7	79,3
9	Италия	12,907	2,1	81,4
10	Испания	9,878	1,6	83,0
Всего в мире		617,285		

* — составлено авторами на основании [13].

Таблица 2. ТОП-10 стран по протяженности сети высокоскоростных железных дорог в 2022 г.

№	Страна	Протяженность*, тыс. км.	Доля, %	Доля (нарастающим итогом), %
1	Китай	40,493	68,1	68,1
2	Испания	3,917	6,6	74,7
3	Япония	3,147	5,3	80,0
4	Франция	2,735	4,6	84,6
5	Германия	1,631	2,7	87,4
6	Турция	1,154	1,9	89,3
7	Финляндия	1,12	1,9	91,2
8	Италия	0,921	1,5	92,8
9	Южная Корея	0,874	1,5	94,2
10	Швеция	0,86	1,4	95,7
Всего в мире		59,422		

* — составлено авторами на основании [18].

с высокой динамикой строительства ВСМ в Китае, где к настоящему времени сконцентрировано более 2/3 мировой сети высокоскоростных железнодорожных магистралей.

Сравнение концентрации сети традиционных и высокоскоростных железных дорог

Анализ концентрации мировой сети ВСМ в сравнении с сетью традиционных железных дорог заслуживает отдельного рассмотрения.

Большая часть (90%) традиционных железных дорог к концу рассматриваемого 60-летнего периода (1890) была сконцентрирована в Америке и Европе. При этом значимая доля мировой сети

(10%) приходилась и на другие части света: Азию, Африку и Австралию (рис. 3).

Концентрация сети ВСМ (по данным за 2022 г.) была еще выше — практически вся (98,4%) сосредоточена в Евразии, причем доля Азии почти вчетверо больше, чем Европы.

Заслуживает внимания тот факт, что традиционные железные дороги, впервые появившись в Европе, наибольшей протяженности в конце XIX в. достигли в Америке. А высокоскоростные железные дороги и появились впервые в Азии, и наиболее динамично развиваются в этой части света. Однако и в том, и в другом случае развитие связано с переходом эстафеты от страны-пионера железнодорожного строительства (для

традиционных железных дорог это Великобритания, для высокоскоростных — Япония) к стране, достигшей максимальной протяженности сети (США и Китай соответственно). Такая диффузия инноваций в железнодорожной отрасли (и на транспорте в целом) существенно повышает эффективность отраслевого и макроэкономического развития [16, 17].

Показательны данные по 10 ведущим странам по протяженности традиционной (1890) и высокоскоростной (2022) железнодорожной инфраструктуры соответственно (табл. 1, 2). Если по традиционной на страну-лидера приходилось 43,5% протяженности мировой сети, на 5 ведущих стран — 66,9%, на 10—83,0% (табл. 1), то по высокоскоростной инфраструктуре соответствующие показатели составляют 68,1, 87,4 и 95,7%. Другими словами, доля лидера по ВСМ (Китай) превышает долю пяти ведущих стран по протяженности традиционной железнодорожной инфраструктуры, а доля пяти ведущих стран по ВСМ превышает долю 10 ведущих стран по традиционной железнодорожной инфраструктуре.

Таким образом, выполненный анализ показывает более высокую концентрацию высокоскоростных железных дорог по сравнению с традиционными (по истечении равного по продолжительности периода развития) как в страновом разрезе, так и по частям света.

Макроэкономический аспект

Развитие традиционной железнодорожной инфраструктуры способствовало экономическому росту. В исследовании [4] выявлена положительная связь между уровнем экономического развития стран и уровнем развития традиционной железнодорожной инфраструктуры.

В современных условиях существует положительная связь между уровнем экономического развития и уровнем развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры: установлена прямая зависимость доли стран в мировом ВВП по паритету покупательной способности от доли в мировой сети ВСМ (рис. 4). Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,5907$ свидетельствует о высоком качестве регрессионной прямой и показывает, исходя из [19, 20], что свыше 59% совокупной вариации доли стран в мировом ВВП описывается долей в мировой сети ВСМ. Соответствующий линейный коэффициент корреляции (0,7686) позволяет на основании шкалы Чеддока сделать вывод о существовании сильной

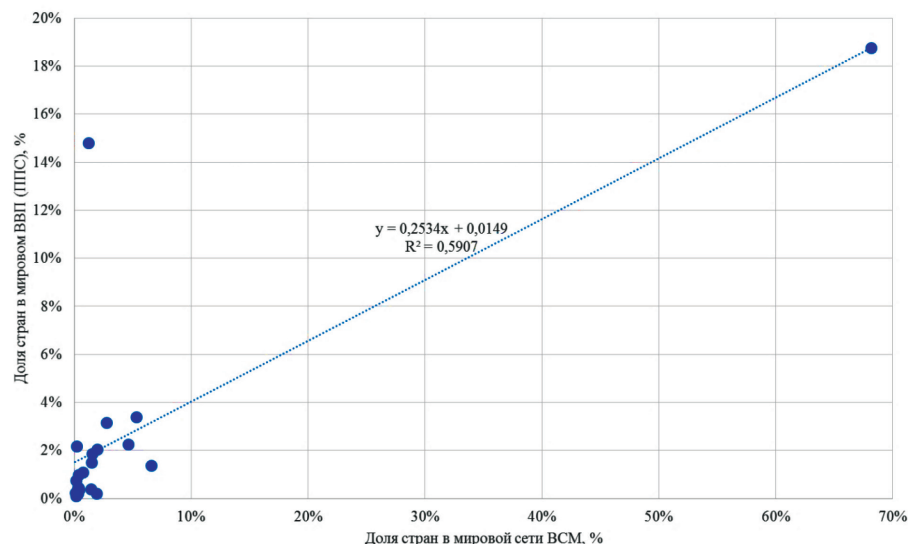


Рис. 4. Зависимость доли стран в мировом ВВП (по паритету покупательной способности) от доли в мировой сети ВСМ

прямой связи между долей страны в мировом ВВП и в мировой сети ВСМ.

Сопоставление динамики показателей экономического роста и протяженности ВСМ в странах, где созданы наиболее масштабные сети высокоскоростных железных дорог (Китай, Испания, Япония), показывает, что начало строительства ВСМ свидетельствует об уже достигнутых значительных успехах в обеспечении экономического роста, а последующее развитие высокоскоростного железнодорожного сообщения дает экономическому росту дополнительные импульсы.

Таким образом, экономический рост и развитие высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры — взаимодополняющие процессы, между которыми существует положительная обратная взаимосвязь.

В этом контексте знаковым является начало реализации проекта создания первой ВСМ в России Москва — Санкт-Петербург [8, 21, 22], которое свидетельствует о достижении российской экономикой соответствующего уровня развития и создает предпосылки для ускорения экономического роста в стране.

Хотя общая протяженность мировой сети ВСМ в 9,5 раз меньше, чем протяженность мировой сети традиционных железных дорог, созданной за первые 60 лет ее развития, с учетом кардинально более высокой стоимости строительства ВСМ объем капиталовложений в высокоскоростную железнодорожную инфраструктуру, можно приблизительно оценить, как пятикратно превышающий инвестиции в традиционную железнодорожную инфраструктуру за соответствующий по продолжительности период.

Это является наглядным подтверждением современного «ренессанса» железнодорожного транспорта как одного из инновационных лидеров среди отраслей мировой экономики [23].

В то же время именно высокая стоимость сооружения ВСМ является экономической основой выявленной концентрации сети высокоскоростных железнодорожных магистралей в странах, располагающих экономикой достаточно большого размера.

Закключение

Выполненный анализ позволяет сделать значимые выводы о развитии высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в сравнении с традиционной.

Характер развития железнодорожной инфраструктуры определяется экономическими факторами: ее стоимостью и особенностью генерируемых эффектов [24]. При относительно невысокой стоимости и значительных коммерческих эффектах (традиционные железные дороги) сооружение железнодорожной инфраструктуры и ее распространение по странам и континентам осуществляется гораздо динамичнее, чем при высокой стоимости и преимущественно социальных и макроэкономических эффектах (ВСМ). Этот вывод важен ввиду предполагаемого строительства в будущем магнитолевитационных и вакуумно-левитационных линий [5, 25].

По сравнению с традиционными железными дорогами ВСМ являются не только более дорогостоящим, но и более специализированным видом транспортного сообщения. Если в XIX в. строительство железных дорог было практически

безальтернативным и универсальным инструментом обеспечения модернизации экономики, то в XXI в. ВСМ должны вписываться в более развитую и предоставляющую разнообразные возможности транспортную систему, конкурируя с другими видами современного транспорта (прежде всего с авиационным). Поэтому для развития сети ВСМ значимы умелая реализация и позиционирование в обществе тех социально-экономических и экологических преимуществ, которыми они обладают.

И, наконец, важный методологический вывод, касающийся долгосрочного анализа развития транспортной инфраструктуры, состоит в том, что продуктивным является сравнительный анализ развития различных видов транспортной инфраструктуры в разные исторические эпохи при условии обеспечения сопоставимости соответствующих временных периодов.

Источники

1. Сотников Е. А. История и перспективы мирового и российского железнодорожного транспорта (1800–2100 гг.). М.: Интекст, 2005. 112 с.
2. Доббин Ф. Формирование промышленной политики: Соединенные Штаты, Великобритания и Франция в период становления железнодорожной отрасли / пер. с англ. М.: ИД Высшей школы экономики, 2013. 368 с.
3. Розенберг Н., Бирдцелл Л. Е. Как Запад стал богатым. Экономическое преобразование индустриального мира: монография / пер. с англ. М.; Челябинск: Социум, 2020. 449 с.
4. Мачерет Д. А., Валеев Н. А., Кудрявцева А. В. Формирование железнодорожной сети: диффузия эпохальной инновации и экономический рост // Экономическая политика. 2018. Т. 13. № 1. С. 252–279.
5. Липидус Б. М. Будущее транспорта. Мировые тренды с проекцией на Россию: монография. М.: Прометей, 2020. 226 с.
6. Миронова И. А., Тищенко Т. И. Оценка эффективности проекта высокоскоростной магистрали с точки зрения общества // Труды ИСА РАН. 2019. Т. 69. № 2. С. 40–48.
7. Разуваев А. Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта): монография. М.: Прометей, 2021. 286 с.

8. Разуваев А. Д. Экономическая оценка перспектив развития высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры в России // Транспорт Российской Федерации. 2024. № 1 (110). С. 38–42.
9. Мишарин А. С. Аспекты создания интегрированной сети скоростного и высокоскоростного сообщения в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. 2014. № 2 (51). С. 9–13.
10. Разуваев А. Д. Экономическая оценка создания и развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта) // Экономика железных дорог. 2022. № 3. С. 14–29.
11. Мачерет Д. А., Разуваев А. Д. Экономические аспекты развития высокоскоростной транспортной инфраструктуры // Экономика железных дорог. 2018. № 6. С. 48–57.
12. Хусаинов Ф. И. Экономические реформы на железнодорожном транспорте: монография. М.: ИД Наука, 2012. 192 с.
13. Столетие железных дорог. М.: Транспечать, 1925. 261 с.
14. Мэддисон Э. Контуры мировой экономики в 1–2030 гг. Очерки по макроэкономической истории / пер. с англ. М.: Изд-во Института Гайдара, 2012. 584 с.
15. Мозебах В. А. Японское «экономическое чудо»: сущность и подходы к пониманию // Известия Саратовского университета. Серия: История. Международные отношения. 2018. № 4. С. 495–500.
16. Мачерет Д. А., Кудрявцева А. В. Об оценке эффективности инвестиций в инновационные проекты // Экономика железных дорог. 2016. № 12. С. 21–26.
17. Мачерет Д. А., Разуваев А. Д., Кудрявцева А. В., Ледней А. Ю. Экономические основы транспортной деятельности, инфраструктурного и инновационного развития транспорта. М: Прометей, 2024. 234 с.
18. Atlas, High-Speed Rail 2023. URL: <https://uic.org/passenger/highspeed/article/high-speed-data-and-atlas> (дата обращения: 23.12.2024).
19. Хусаинов Ф. И. Использование программы SPSS для поиска зависимостей между переменными // Вестник транспорта. 2015. № 4. С. 33–37.
20. Разуваев А. Д., Ишханян М. В. Экономикоматематический анализ развития транспортной инфраструктуры в аспекте межвидового взаимодействия // Транспортное дело России. 2024. № 1. С. 75–81.
21. Мишарин А. С., Потапов И. П., Антонова Л. С. Скорость и инновации: наука и технологический суверенитет (устойчивость) в проекте ВСМ // Транспорт Российской Федерации. 2024. № 1 (110). С. 7–10.
22. Гурьев А. И. Проектирование высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург: что сделано // Транспорт Российской Федерации. 2024. № 1 (110). С. 29–31.
23. Липидус Б. М., Мачерет Д. А. Эволюция железнодорожного транспорта – на пути к инновационному ренессансу // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 1. С. 3–14.
24. Мачерет Д. А., Валеев Н. А., Кудрявцева А. В. и др. Техничко-экономическая оценка создания и эксплуатации транспортной инфраструктуры. М.: РУТ (МИИТ), 2019. 326 с.
25. Липидус Б. М., Мачерет Д. А. Перспективная топология высокоскоростной транспортной системы с использованием вакуумно-левитационных технологий // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 1 (74). С. 15–21.



Общероссийская общественная организация **РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ**

Членами Академии за 2021–2025 годы:

↑	ПРОВЕДЕНО БОЛЕЕ 270 МЕРОПРИЯТИЙ (В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН КОНФЕРЕНЦИЙ)	
↑	ОПУБЛИКОВАНО БОЛЕЕ 1 900 ПУБЛИКАЦИЙ И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ	
ВПЕРВЫЕ	РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА ОБЕСПЕЧИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ ДЛЯ БОЛЕЕ ЧЕМ 9000 СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ	
↑	ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – 51 РЕГИОН	
ВПЕРВЫЕ	ПРОВЕДЕНО 4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЯ В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ – 2023»	
↑	ПРИНЯТ 171 ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЧЛЕН	
ВПЕРВЫЕ	УЧРЕЖДЕН ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ И ПРОВЕДЕНО 13 ЗАСЕДАНИЙ	
↑	САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ ПОСЕЩАЮТ БОЛЕЕ 5000 ЧЕЛОВЕК	

Методика расчета оптимального тарифа на перевозку пассажиров городским транспортом (на примере г. Симферополя)



Э. С. Сулейманов,
канд. пед. наук, старший
научный сотрудник
Научно-производственного
центра инжиниринговых
технологий Крымского
инженерно-педагогического
университета имени
Февзи Якубова (КИПУ),



Э. Д. Умеров,
канд. техн. наук,
начальник Научно-
производственного
центра инжиниринговых
технологий КИПУ

Работа общественного транспорта является частью городской инфраструктуры и одним из главных показателей как экономического развития города, так и качества жизни населения. Рациональная организация работы городского пассажирского транспорта способствует максимально эффективному удовлетворению интересов участников транспортного процесса, взаимодействующих между собой.

Работа общественного транспорта является частью городской инфраструктуры и одним из главных показателей как экономического развития города, так и качества жизни населения. Рациональная организация работы городского пассажирского транспорта способствует максимально эффективному удовлетворению интересов участников транспортного процесса, взаимодействующих между собой.

Одним из важных показателей работы общественного транспорта является проведение грамотной ценовой политики, от которой зависит как финансовая рентабельность работы автотранспортных предприятий, так и социально-экономическое состояние населения. Эти факторы находятся в противоречии между собой и влияют на пассажиропоток, наполняемость автобусов, транспортную подвижность населения и т. д.

Транспортные расходы населения зависят от суммы денежных доходов и составляют в среднем 5% в объеме потребительских расходов. Следовательно, возникает необходимость установить оптимальный тариф на перевозку пассажиров, который позволит предприятию перевозчика получать расчетную прибыль, не ограничивая при этом финансовые возможности горожан, участвующих в перевозках. Поэтому в условиях высокой конкуренции среди предприятий, осуществляющих пассажирские автомобильные перевозки, необходимо установить оптимальный тариф, соответствующий критериям государственной ценовой политики и учитывающий

потребности как поставщиков, так и потребителей транспортных услуг.

Исполнительными органами власти в каждом регионе РФ не реже одного раза в год допускается пересмотр величины предельного тарифа на регулярные перевозки независимо от вида городского пассажирского транспорта (ГПТ) на основании действующего законодательства в данной области. Расчет тарифов в городском и пригородном сообщении осуществляется на плановый период, где основой служит себестоимость на перевозку пассажиров автомобильным транспортом и валовая прибыль предприятия, позволяющая покрыть затраты и включающая в себя бюджетные дотации и обеспечение среднего уровня рентабельности.

Согласно постановлению правительства Российской Федерации [1], тарифы на перевозку пассажиров формируются индивидуально в зависимости от используемого вида транспортных средств. При этом прибыль предприятия должна варьироваться в пределах 10–20% с учетом установленного предельного тарифа, являющегося экономически обоснованным. Необходимо отметить, что перевозчики могут самостоятельно устанавливать стоимость проезда в общественном транспорте, но данные действия требуют согласования с органами муниципалитета. При этом тариф за проезд не должен превосходить максимально утвержденное значение.

Базисом формирования цен на перевозку пассажиров является Приказ Государственного комитета по ценам и тари-

фам Республики Крым (РК) от 10 апреля 2015 г. № 20/5¹.

Для расчета тарифа применен метод экономически обоснованных затрат и принципы, основанные на методе индексации.

При существующих инфляционных процессах и росте потребительских цен индексация позволяет пропорционально увеличивать тарифы на перевозку пассажиров, утвержденные согласно законодательству. При этом прогнозируемый индекс тарифа устанавливается решением муниципалитета на фиксированный календарный период.

Метод экономически обоснованных затрат предполагает расчет тарифа на поездку в общественном городском транспорте как соотношение величины необходимой валовой выручки (в которую входят суммы общих годовых переменных и постоянных затрат с учетом умеренной прибыли) к плановому нормативному годовому объему перевозок.

Таким образом, величину тарифа одной поездки пассажира на общественном транспорте T_{Π} рассчитаем по формуле

$$T_{\Pi} = \frac{(P_p + 3_{об})}{Q_r} \text{ руб./поездка,} \quad (1)$$

где P_p — плановая нормативная прибыль, руб.;
 $3_{об}$ — величина общих годовых затрат, руб.;
 Q_r — годовое количество пассажиров, перевезенных на маршруте, чел.

Для определения общих годовых затрат $3_{об}$ для автобусов на маршруте необходимо суммировать сложившиеся постоянные и переменные расходы по нижеперечисленным статьям:

$$3_{об} = 3_t + 3_{см} + 3_{от} + 3_{сот} + 3_{ш} + 3_{тоитр} + A_v + 3_{пр} \text{ руб.,} \quad (2)$$

где 3_t — затраты на топливо, руб.;
 $3_{см}$ — затраты на смазочные материалы и технические жидкости, руб.;
 $3_{от}$ — расходы на оплату труда водителей маршрутных автобусов, руб.;
 $3_{сот}$ — величина отчислений на социальные нужды от расходов на оплату труда водителей и кондукторов, руб.;
 $3_{ш}$ — затраты на покупку автошин и их восстановление, руб.

¹ Приказ Государственного комитета по ценам и тарифам Республики Крым от 10.04.2015 № 20/5 «Об утверждении Порядка формирования и тарифов на перевозку пассажиров и багажа всеми видами общественного автомобильного транспорта в городском и пригородном сообщении, а также по междугородным (внутриобластным) и межобластным (межреспубликанским в пределах Российской Федерации) маршрутам на территории Республики Крым».

$3_{тоитр}$ — сумма затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб.;

A_v — отчисления за амортизацию автобусов, руб.;

$3_{пр}$ — прочие затраты предприятия, руб.

Для определения себестоимости работы автобуса S необходимо величину общих годовых затрат отнести к суммарному пробегу $L_{об}$, совершенному за этот же период времени:

$$S = \frac{3_{об}}{L_{об}} \text{ руб./км,} \quad (3)$$

Расчет экономически обоснованного тарифа проведен на примере маршрута № 30 в г. Симферополе, который связывает периферийные точки города и проходит через его центр, протяженностью 12,1 км, с интервалом движения 15–20 мин и временем оборота автобуса 1,53 ч.

При условии полной выработки автобусом запланированной работы среднесуточный пробег одной машины составит $l_{сс} = 248$ км. Данный маршрут обслуживает транспортное предприятие «Крымтроллейбус», режим работы — с 6.00 до 22.00. Маршрут обслуживают автобусы большой вместимости ЛиАЗ-5292 с плановым количеством 10 ед., использующих в качестве топлива природный газ (метан).

На основании технико-эксплуатационных данных предприятия «Крымтроллейбус» проведен расчет себестоимости на рассматриваемом маршруте с учетом всех статей затрат, приведенных в формуле (2).

Затраты на топливо. Определим годовой объем топлива $V_{об}$, затрачиваемый на плановое количество автобусов, работающих на маршруте:

$$V_{об} = L_{об} H_{уд} \text{ м}^3, \quad (4)$$

где $H_{уд}$ — удельная норма расхода метана в городском режиме ($60 \text{ м}^3/100 \text{ км}^2$);

$$L_{об} = l_{сс} A_3 D_k \text{ км,}$$

A_3 — плановое количество автобусов в эксплуатации на маршруте ($A_3 = 10$);

D_k — календарное количество рабочих дней в году (365 дней).

Тогда себестоимость статьи затрат на топливо S_t составит:

$$S_t = \frac{3_t}{L_{об}} = \frac{V_{об} \Pi_{CH4}}{L_{об}} \text{ руб./км,} \quad (5)$$

где Π_{CH4} — цена 1 м³ метана (23,0 руб.) [2].

² Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»».

Затраты на смазочные материалы и технические жидкости. Поскольку нормативы расхода данных материалов приведены для жидких топлив, необходимо определить эквивалент израсходованного метана к бензину по формуле

$$V_{об}^{бенз} = \frac{V_{об}^{CH4}}{k_{эжв}} \text{ л,} \quad (6)$$

где $k_{эжв}$ — переводной коэффициент объема метана в жидкое топливо (бензин), $k_{эжв} = 0,83$.

Исходя из средней стоимости, поделим затраты на смазочные материалы и технические жидкости [3], а также себестоимость на 1 км пробега по данной статье затрат, которая включает в себя расходы на моторное $S_{мм}$ и трансмиссионные масла $S_{тм}$, консистентные (пластичные) смазки $S_{ис}$ и технические жидкости $S_{тж}$:

$$S_{мм} = \frac{(V_{об}^{бенз} H_3^{мм}) \Pi_{мм}}{L_{об}} \text{ руб./км;} \quad (7)$$

$$S_{тм} = \frac{(V_{об}^{бенз} \cdot H_3^{тм}) \cdot \Pi_{тм}}{L_{об}} \text{ руб./км;} \quad (8)$$

$$S_{тж} = \frac{(V_{об}^{бенз} \cdot H_3^{тж}) \cdot \Pi_{тж}}{L_{об}} \text{ руб./км;} \quad (9)$$

$$S_{ис} = \frac{(V_{об}^{бенз} \cdot H_3^{ис}) \cdot \Pi_{ис}}{L_{об}} \text{ руб./км,} \quad (10)$$

где $H_3^{мм}$ — эксплуатационная норма расхода моторного масла на 100 л израсходованного топлива, 2,8 л;

$\Pi_{мм}$ — средняя стоимость литра моторного масла, руб.;

$H_3^{тм}$ — эксплуатационная норма расхода трансмиссионного масла на 100 л израсходованного топлива, 0,4 л;

$\Pi_{тм}$ — цена литра трансмиссионного масла, руб.;

$H_3^{тж}$ — эксплуатационная норма расхода технических жидкостей на 100 л израсходованного топлива, 0,3 л;

$\Pi_{тж}$ — цена одного литра технических жидкостей, руб.;

$H_3^{ис}$ — эксплуатационная норма расхода пластических смазок на 100 л израсходованного топлива, 0,35 л;

$\Pi_{ис}$ — цена одного литра пластических смазок, руб.

Суммарная себестоимость по статье смазочных материалов и технических жидкостей составит:

$$\Sigma S_{см} = S_{мм} + S_{тм} + S_{тж} + S_{ис} \text{ руб./км.}$$

В результате получим суммарные годовые затраты на смазочные материалы и технические жидкости через полученную суммарную себестоимость:

$$3_{см} = L_{об} S_{см} \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда водителей. Для определения себестоимости $S_{от}$ по данной статье сумму фонда оплаты труда водителей с учетом отчислений в социальный фонд необходимо отнести к суммарному пробегу за год:

$$S_{от} = \frac{(N_{вод} C_{зп}) + (N_{вод} C_{зп}) 32\%_{от}}{L_{об}} \text{ руб./км,} \quad (11)$$

где $N_{вод}$ — количество водителей, работающих в двухсменном режиме на маршруте № 30 (20 человек);

$C_{зп}$ — средняя месячная зарплата одного водителя автобуса (60 тыс. руб.);

32%_{от} — отчисления в бюджет от фонда оплаты труда (коэффициент 0,32).

Затраты на приобретение и восстановление автомобильных шин. Автобусы ЛиАЗ-5292 используют шесть пневмошин типоразмера 275/70 R22,5 стоимость которых зависит от завода-изготовителя и региона продаж. Таким образом, себестоимость по данной статье затрат определим выражением:

$$S_{ш} = \frac{\Pi_{ш} k_{ур} \Pi_{ш}}{L_{общ}} + S_{р.ш} \text{ руб./км,} \quad (12)$$

где $\Pi_{ш} = \frac{L_{общ}}{H_{проб}} N_{ш} = 67,8 \approx 68$ шт, $H_{проб}$ — нормативный пробег до списания одной шины, 80000 км;

$N_{ш}$ — количество шин, 6 шт.;

$k_{ур}$ — коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий, 0,95;

$\Pi_{ш}$ — стоимость шины, 30 тыс. руб.;

$S_{р.ш}$ — себестоимость восстановления шин до их списания, определяется формулой $S_{р.ш} = \frac{\Pi_{ш} \Pi_{ш} 0,06}{L_{общ}} = 0,135 \text{ руб./км.}$

0,06 — норма затрат на восстановление шин на 1000 км пробега (6% от стоимости шин).

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт. Затраты на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) для подвижного состава формируются согласно действующих нормам в автотранспортной отрасли. В случае с автобусом ЛиАЗ-5259, находящимся в эксплуатации, на создание ремонтного фонда и проведение ТО и ТР необходимо ежегодно расходовать 18,5% от стоимости нового автобуса, которая составляет 15,3 млн руб.

Определим себестоимость по затратам на ТО и ТР $S_{ТОТР}$ на 1 км пробега для всех 10 плановых автобусов на маршруте по формуле

$$S_{ТОТР} = \frac{\Pi_A A_э H_{ТОТР}}{L_{общ}} \text{ руб./км,} \quad (13)$$

где Π_A — стоимость нового автобуса, 15,3 млн руб.;

$A_э$ — плановое количество автобусов в эксплуатации на маршруте;

$H_{ТОТР}$ — норма затрат на ТО и ТР, 18,5% от стоимости автобуса.

Амортизационные отчисления. Согласно постановлению правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 (ред. от 18 ноября 2022 г.), оптимальный период эксплуатации автобуса ЛиАЗ-5292 составляет семь лет. Исходя из этого, определим себестоимость по амортизационным отчислениям S_A на 1 км пробега автобуса:

$$S_A = \frac{\Pi_A / N_{пс}}{L_{общ}} \text{ руб./км,} \quad (14)$$

где $N_{пс}$ — полезный срок эксплуатации автобуса, 7 лет.

Прочие постоянные затраты: накладные, общехозяйственные расходы и др. Определим себестоимость по общехозяйственным расходам $S_{пр}$ предприятия на 1 км пробега по формуле

$$S_{пр} = \frac{P_{\Sigma}}{L_{общ}} = \frac{P_{эл.э} + P_{от} + P_{в} + P_{пр}}{L_{общ}} \text{ руб./км,} \quad (15)$$

где P_{Σ} — суммарные постоянные затраты предприятия, соответствующие рассматриваемому количеству автобусов, 10162800 руб.;

$P_{эл.э}$ — расходы за потребление электроэнергии, руб.;

$P_{от}$ — расходы за коммунальные услуги по отоплению, руб.;

$P_{в}$ — расходы за водоснабжение и водоотведение, руб.;

$P_{пр}$ — прочие расходы, руб.

Таким образом, определив себестоимость по каждой статье затрат, выведем суммарную себестоимость на 1 км пробега:

$$\Sigma S_{об} = S_t + S_{см} + S_{ш} + S_{от} + S_{ТОТР} + S_A + S_{пр} \text{ руб./км,} \quad (16)$$

где результаты вычислений по каждой статье затрат представлены в табл. 1.

На рис. 1 представлена диаграмма распределения себестоимости по рассмотренным статьям затрат на 1 км пробега для автобусов ЛиАЗ-5292. Наибольшая себестоимость связана с затратами на техническое обслуживание и ремонт — 34,4%, а также на фонд оплаты труда водителей — 23,1%. Затраты на топливо составили — 15,2%, на смазочные материалы и технические жидкости — 9,7%, прочие постоянные затраты — 12,4%. Расходы, связанные с приобретением шин (2,5%), и амортизационные отчисления (2,7%) являются незначительными.

Определив общую себестоимость за один год эксплуатации, найдем общие затраты предприятия на обслуживание автобусов ЛиАЗ-5292:

$$Z_{об} = S_{об} L_{об} = 82187634 \text{ руб.} \quad (17)$$

С учетом п. 39 Методических рекомендаций министерства транспорта РФ [4] рентабельность перевозки пассажиров должна составлять не менее 9,6% от общей суммы транспортных расходов. Данная величина позволит обеспечивать устойчивую деятельность предприятия, обновлять подвижной состав, быть конкурентоспособным и сохранять экономическую стабильность.

Приняв уровень рентабельности 10%, определим расчетную прибыль предприятия:

$$\Pi_p = Z_{об} 0,1 = 8218763,4 \text{ руб.}$$

За 2024 г. на рассматриваемом маршруте, по данным оператора автоматизированной системы оплаты проезда, входящего в состав ГУП РК «Крымавтотранс», перевезено 1892259 пассажиров со средним выходом в рейс 5,73 автобуса. Следовательно, с учетом описанного, необходимо скорректировать суммарные затраты для фактического количества автобусов по формуле

$$Z_{об.ф} = \frac{Z_{об}}{10} 5,73 = 47093514,28 \text{ руб.} \quad (18)$$

Определив действительное значение суммарных затрат, рассчитываем величину обоснованного тарифа одной поездки пассажира на общественном транспорте по формуле (1):

$$T_n = \frac{47093514,28 + 4709351,43}{1892259} = 27,38 \text{ руб./поездка,}$$

где $Q_t = 1892259$ — годовое фактическое количество перевезенных пассажиров.

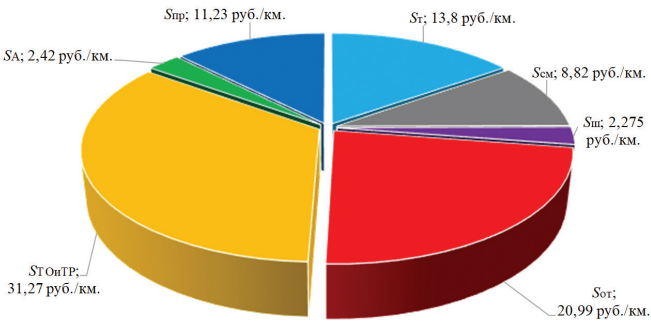


Рис. 1. Распределение себестоимости по статьям затрат на 1 км пробега при эксплуатации автобусов ЛиАЗ-5292

Приказ Государственного комитета по ценам и тарифам РК от 10 апреля 2015 г. № 20/5¹ предписывает при установке величины тарифа на перевозку пассажиров округлять до целого числа в рублях. Следовательно, значение обоснованного тарифа составит 27 руб. за поездку.

В табл. 2 представлены значения экономически обоснованного $T_{зо}$ и существующего $T_{ф}$ тарифов, которые претерпевали изменение с 2018 по 2024 гг. Можно наблюдать, что значение $T_{ф}$ на декабрь 2024 г. ниже расчетного значения $T_{зо}$.

Анализ табл. 2 показывает, что диапазон действующих тарифов соответствует расчетному экономически обоснованному значению. Необходимо учесть, что на маршрутах г. Симферополя эксплуатируются автобусы, работающие не только на газовом, но и на дизельном топливе, у которых затраты на перевозку выше. Таким образом, существующий установленный тариф соответствует экономически обоснованному расчетному значению.

Важным элементом для населения является оценка потенциальной суммы социально ориентированного тарифа, который зависит от региональных доходов. Методика расчета заключается в определении следующих пунктов:

- среднемесячный уровень дохода на душу населения в г. Симферополе (данное значение берется из статистических данных, предоставляемых службой государственной статистики);
- расходы населения на транспортные услуги;
- максимально возможная величина тарифа на транспортные услуги, которая не приведет к снижению материального состояния жителей города и не снизит транспортную мобильность [5].

¹ Приказ Государственного комитета по ценам и тарифам Республики Крым от 10.04.2015 № 20/5 «Об утверждении Порядка формирования и тарифов на перевозку пассажиров и багажа всеми видами общественного автомобильного транспорта в городском и пригородном сообщении, а также по междугородным (внутриобластным) и межобластным (межреспубликанским в пределах Российской Федерации) маршрутам на территории Республики Крым».

Таблица 2. Сравнительная таблица двух категорий тарифов

Год	Общие годовые затраты $Z_{об}$, руб.	Расчетная прибыль P_r , руб.	Годовое количество перевозок Q_r , чел.	Экономически обоснованный тариф $T_{зо}$, руб.	Утвержденный тариф $T_{ф}$, руб.
2018	36 559 090	3 655 910	2 872 500	14	14
2019	30 089 018	3 008 902	2 068 620	16	17
2022	Нет данных	Нет данных	Нет данных	17	17/22*
2024	47 093 514	4 709 351,4	1 892 259	24	25/30*
2025	Нет данных	Нет данных	Нет данных	27	30/35*

Примечание. *Безналичный способ оплаты через валидаторы/наличными средствами.

Таблица 1. Калькуляция себестоимости перевозок по статьям затрат

Статья затрат	Общий плановый пробег, км	Себестоимость	
		Абсолютная величина, руб./км	Отношение, %
Топливо	905200	13,8	15,2
Смазочные материалы и технические жидкости:		8,818	9,7
моторное масло		7,084	
трансмиссионное масло		0,87	
пластичные смазки		0,582	
технические жидкости		0,282	
Оплата труда водителей		20,99	23,1
Приобретение и восстановление автомобильных шин		2,275	2,5
ТО и ТР		31,27	34,4
Амортизационные отчисления		2,415	2,7
Прочие постоянные затраты (накладные расходы, общехозяйственные и др.)		11,227	12,4
Итого		90,795	100

Для определения денежных расходов населения Республики Крым на услуги транспорта использованы статистические и аналитические данные за 2023 г. Среднедушевой денежный доход населения $D_{сд}$, по данным Крымстата, составил 29817 руб. [6]; численность населения N — 1 916 805 чел. [6]; совокупные расходы населения $P_{стр}$ на осуществление поездок всеми видами транспорта достигли 5925,0 млн руб. [7].

Данные аналитических исследований использования ГПТ и затрат за проезд выявил следующие результаты [8]: 53% населения тратит 1 тыс. руб. в месяц, 31% — 2 тыс. руб., 16% — 3 тыс. руб. В результате средние затраты одного пассажира на проезд составят:

$$P_{стр.м} = \frac{53\% \cdot 1000 + 31\% \cdot 2000 + 16\% \cdot 3000}{100\%} = 1630 \text{ руб./мес.} \quad (19)$$

Совокупный объем денежных доходов населения D_{Σ} Республики Крым составил:

$$D_{\Sigma} = D_{сд} \cdot N = 29817 \cdot 1916805 = 57153374000 \text{ руб.} \quad (20)$$

Таблица 3. Доходы населения и величина социально ориентированного тарифа

Год	Средний месячный доход на душу населения, руб.	Экономически обоснованный тариф $T_{эо}$, руб.	Социально ориентированный тариф $T_{со}$, руб.	Утвержденный тариф $T_{ф}$, руб.
2017	19817	13	20,85	13
2018	21523	14	22,64	14
2019	22274	16	23,43	17
2020	20425	16	21,49	17
2024	37092	24	39,02	25/30*
2025	Нет данных	27	39,02	30/35*

Примечание. *Безналичный способ оплаты через валидаторы/наличными средствами.

Тогда, транспортные расходы $P_{тр}$ населения в процентном соотношении от совокупного объема денежных доходов составляют:

$$P_{тр} = \frac{P_{\Sigma_{тр}}}{D_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{5925 \text{ млн руб.}}{57153,374 \text{ млн руб.}} \cdot 100\% = 10,37\% \quad (21)$$

Значение $P_{тр,м}$ полученное в формуле (19), позволит определить уровень расходов населения на транспортные услуги ГПТ:

$$Y_n = \frac{P_{тр,м}^{ср}}{D_{сд}} \cdot 100\% = \frac{1630}{29817} \cdot 100\% = 5,47\%.$$

На социально ориентированный тариф влияет средний уровень доходов населения и составная часть расходов на транспортные услуги (от уровня доходов):

$$Y_n = \frac{P_{тр,м}^{ср}}{D_{сд}} \cdot 100\% = \frac{1630}{29817} \cdot 100\% = 5,47\%, \text{ руб.} \quad (22)$$

где $D_{ср,м}$ — средний месячный доход населения, руб.;
 Y_n — уровень расходов населения на транспортные услуги, %;
 $P_{тр}$ — среднее количество поездок на ГПТ на одного жителя в месяц.

В соответствии с потребительской корзиной по Российской Федерации минимальная подвижность населения в сфере транспортных услуг составляет 619 поездок в год или 52 поездки в месяц¹.

Расходы на передвижение пассажирским транспортом в соответствии с Транспортной стратегией РФ составляют не более 5 % от суммарного дохода населения, что определяет возможную величину расходов граждан на транспорт. То есть коэффициент платежеспособности населения на транспортные услуги составит $Y_n = 0,05$.

В табл. 3 представлены доходы населения РК за 2017–2024 гг. согласно данным управления статистики Республики Крым [6]. Там же приведены результаты по определению социально ориентированного тарифа на пассажирские перевозки.

Данные, приведенные в табл. 3, показывают, что величина социально ориентированного тарифа за рассмотренные периоды превышает экономически обоснованный и существующий, утвержденный тарифы. Этот показатель указывает на наличие финансового запаса у населения для оплаты транспортных услуг.

В результате полученных расчетов $T_{со} \geq T_{ф} \geq T_{эо}$, введенный с 1 января 2025 г. тариф соответствует требованиям и находится в интервале между экономически обоснованным и социально ориентированным. Утвержденный действующий тариф увеличивается ступенчато, что связано с инфляционными процессами. Увеличение $T_{эо}$ относительно $T_{ф}$ приводит к понижению

расчетной рентабельности автотранспортных предприятий. В случае, если $T_{ф}$ превышает $T_{эо}$, автотранспортные предприятия получают прибыль выше расчетной.

Таким образом, утвержденный по состоянию на 2025 г. тариф находится в интервале между $T_{со} \geq T_{ф} \geq T_{эо}$, что позволяет автотранспортным предприятиям получать прибыль выше расчетной, и при этом не накладывает финансовую нагрузку на население.

Приведенная методика расчета оптимального тарифа может быть применена для любого автобусного маршрута независимо от региона страны.

Источники

1. О мерах по упорядочению государственного регулирования цен (тарифов): постановление правительства Российской Федерации от 7 марта 1995 года № 239. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5976/?ysclid=m9l2dp5pd2904953780 (дата обращения: 17.04.2025).

2. Цена метана на заправках 2024. URL: <https://avtospravvochnaya.com/stati/19696-tsena-metana-na-zapravkakh-2024?ysclid=m9l5405g1u651923875> (дата обращения: 17.04.2025).

3. Прайсы на масла и технические жидкости. URL: <https://gsmmasla.ru/ceny.html?ysclid=m9l55qmr7u628056262> (дата обращения: 17.04.2025).

4. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования: распоряжение Министерства транспорта РФ № НА-37-р от 18 апреля 2013 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70270388/?ysclid=m9l57dtd4j304187426> (дата обращения: 17.04.2025).

5. Никитина А. Н. Расчет оптимального уровня тарифа на пассажирские перевозки // Электронный журнал «Инженерный вестник Дона». URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1112> (дата обращения: 17.04.2025).

6. Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. URL: <https://82.rosstat.gov.ru/statistic?ysclid=m9l5gcrmf863395998> (дата обращения: 17.04.2025).

7. Отчет за 2023 год по Государственной программе Республики Крым «Развитие транспортного комплекса Республики Крым». URL: https://mtrans.rk.gov.ru/uploads/mtrans/containер/2024/04/18/2024-04-18-12-40-07_1.pdf (дата обращения: 15.05.2025).

8. Аналитики подсчитали, сколько пассажиры тратят на городской транспорт. URL: <https://1prime.ru/20220812/837769690.html> (дата обращения: 15.05.2025).

¹ О потребительской корзине в целом по Российской Федерации: Федеральный закон от 03 декабря 2012 года № 227-ФЗ.

Способы и средства повышения безопасности на железнодорожных переездах, перспективы их развития



А. М. Трунаев,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Автоматика
и телемеханика
на железнодорожном
транспорте»
Ростовского
государственного
университета
путей сообщения

Железнодорожные переезды — важный элемент транспортной инфраструктуры, где пересекаются пути автомобильного и железнодорожного движения. Несмотря на технический прогресс, количество дорожно-транспортных происшествий здесь остается значительным. Это обусловлено как техническими, так и человеческими факторами.

Проблема повышения безопасности на переездах, несмотря на предпринимаемые меры, не теряет своей актуальности [1]. Проанализируем существующие способы и средства обеспечения безопасности на железнодорожных переездах, рассмотрим перспективные направления развития данных систем.

Железнодорожные переезды представляют собой точки пересечения различных видов транспорта на одном уровне. Они классифицируются по интенсивности движения, техническому оснащению, наличию дежурного персонала и другим критериям. Такая классификация важна для выбора наиболее эффективных мер безопасности.

По степени обустроенности переезды делятся на: охраняемые, оборудованные дежурным персоналом, автоматическими или полуавтоматическими устройствами (шлагбаумы, светофоры); неохранные, не имеющие постоянного контроля и, как правило, не оснащенные средствами сигнализации. По техническому оснащению различают переезды с автоматической сигнализацией, ручным управлением, комплексными системами безопасности (видеонаблюдение, акустическое оповещение, заградительные устройства). По интенсивности движения бывают высокоинтенсивные (в городах и пригородах), среднеинтенсивные (в промышленных районах и на региональных дорогах) и малоинтенсивные (в сельской местности).

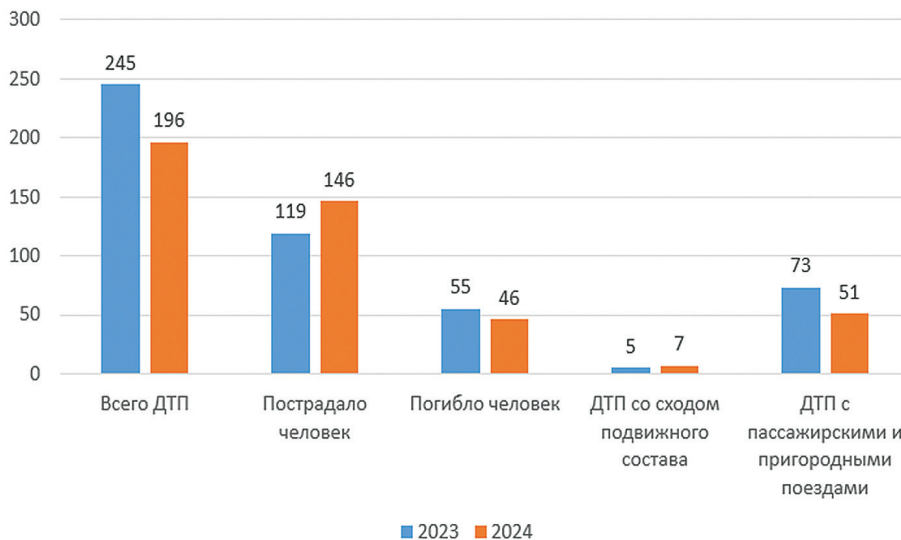
Разные типы переездов требуют дифференцированного подхода к обеспечению безопасности. Наиболее опасными считаются неохранные переезды при

высокой плотности движения, где вероятность аварий возрастает в разы. Следует признать, что власти и РЖД недостаточно активно финансируют и контролируют модернизацию этих переездов, что увеличивает риск аварийности. Введение обязательной поэтапной программы модернизации неохранных переездов с приоритетом средств цифрового контроля (камеры с распознаванием и видеофиксацией нарушений, инфракрасные и лазерные датчики), а также стратегическим закрытием нерентабельных объектов с заменой на многоуровневые развязки позволит значительно снизить аварийность на переездах.

Основные причины аварий на переездах

Анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на железнодорожных переездах показывает, что к наиболее распространенным относятся:

- игнорирование сигналов светофоров и шлагбаумов — часто водители сознательно нарушают правила дорожного движения (ПДД), пытаясь успеть пересечь переезд до приближения поезда;
- неисправности транспортных средств, особенно при остановке прямо на путях;
- ограниченная видимость, вызванная как погодными условиями, так и ландшафтными особенностями (крутые повороты, застройка);
- сбой в работе автоматических систем — отказ светофоров, шлагбаумов, датчиков приближения поезда;
- отсутствие или устаревание технического оснащения, особенно на неохранных переездах;



Статистика по дорожно-транспортным происшествиям на железнодорожных переездах за 2023–2024 гг.

• низкий уровень информированности водителей и пешеходов, особенно в сельской местности.

Статистика показывает, что около 70% аварий происходит по вине водителей, нарушающих ПДД [2]. Это подчеркивает важность как технических, так и организационно-просветительских мер. Статистика за 2023–2024 гг. приведена на рис. 1.

Технические средства повышения безопасности

Современные технологии предоставляют широкий спектр технических решений для снижения аварийности на железнодорожных переездах. Эти средства направлены на предупреждение водителей о приближении поезда, физическое ограничение движения, а также на повышение уровня автоматизации и контроля.

Светофоры, шлагбаумы и заградительные устройства. Классическим и самым распространенным способом предупреждения о приближении поезда являются сигнальные светофоры и автоматические шлагбаумы. Они служат основными визуальными и физическими средствами информирования участников дорожного движения. Светофоры подают красный мигающий сигнал при приближении поезда, что указывает на необходимость остановки. Автоматические шлагбаумы синхронизированы с системой сигнализации и закрываются за 20–30 с до приближения состава. Полные заградительные устройства (двойные шлагбаумы) предотвращают выезд на пути в любом направлении и исключают объезд при закрытом переезде.

Современные разработки включают динамические светодиодные указатели, которые более заметны при плохой видимости, и инфракрасные барьеры, способные фиксировать нахождение транспортных средств на путях.

Автоматизация и дистанционное управление. Во многих регионах внедряются системы дистанционного управления переездами. Они позволяют оператору отслеживать работу переезда, получать видеопоток и при необходимости вручную управлять шлагбаумами. Их преимущества состоят в повышении оперативности реагирования, возможности мониторинга удаленных участков, снижении затрат на содержание дежурного персонала. Примером успешного внедрения таких средств может служить система автоматизированного удаленного управления переездами, которая применяется на железных дорогах России и других стран СНГ [3].

Информационные технологии и цифровизация

Современные технологии связи и обработки данных открывают новые возможности в обеспечении безопасности на железнодорожных переездах.

Видеонаблюдение и аналитика. Установка камер видеонаблюдения с функцией распознавания номеров и контроля нарушений ПДД позволяет автоматически фиксировать нарушения (объезд шлагбаума, проезд на красный сигнал), собирать данные для анализа аварийных ситуаций, повышать дисциплину водителей за счет неизбежности наказания.

Видеоконтроль также используется в режиме реального времени диспетчерами, что дает возможность отслеживать

происходящее на переезде и при необходимости принимать меры (рис. 2).

Системы оповещения и предиктивной аналитики. Одним из перспективных направлений являются интеллектуальные системы оповещения, которые могут передавать информацию о приближении поезда в навигационные приложения, на информационные табло, а также через мобильные уведомления водителям. Также используются системы предиктивной аналитики, предполагающие сбор данных с датчиков движения поездов, прогнозирование времени прибытия состава, автоматическое включение предупредительных сигналов и блокировок.

Такие технологии позволяют более точно управлять безопасностью и минимизировать влияние человеческого фактора [4].

Между тем в регионах отсутствует систематическая работа по автоматизированной фиксации и анализу нарушений, а сотрудники ГИБДД и железнодорожные службы ограничены в ресурсах для частых рейдов. Массовое внедрение видеонаблюдения с автоматическим распознаванием нарушений и интеграцией данных в электронную систему штрафов позволит усилить координацию между МВД и РЖД в проведении совместных рейдов и кампаний по профилактике.

Интеллектуальные транспортные системы

Интеллектуальные транспортные системы (Intelligent Transportation Systems, ITS) — это комплексные технологические решения, направленные на повышение эффективности и безопасности дорожного движения. На железнодорожных переездах ITS играют ключевую роль в предотвращении аварий и оптимизации трафика.

Интеграция транспортных потоков. ITS позволяют объединять инфор-



Рис. 2. Видеоконтроль на переезде

мацию с различных участков дорожной и железнодорожной инфраструктуры в единую систему управления [5]. Это дает следующие преимущества: своевременное информирование водителей о работе переезда через дорожные табло и навигаторы; регулировка дорожных потоков в зависимости от загруженности и движения поездов; автоматическое перенаправление маршрутов в случае закрытия переезда.

В Германии и Японии уже внедрены ITS, которые сообщают водителям о точном времени закрытия переезда, предлагая альтернативные пути объезда.

Коммуникация «транспорт — инфраструктура» (V2I). С развитием технологий появилась возможность взаимодействия автомобилей с элементами дорожной инфраструктуры (Vehicle-to-Infrastructure — V2I). Такие системы позволяют получать сигнал о приближении поезда напрямую в бортовой компьютер автомобиля, автоматически снижать скорость перед переездом, передавать данные о транспортном потоке обратно в управляющую систему.

Эти решения особенно актуальны в контексте появления автономных транспортных средств, где автоматическая реакция на сигналы переезда становится жизненно важной.

Интеграция ITS в умные города. В концепции умных городов (Smart Cities) железнодорожные переезды являются частью глобальной цифровой транспортной сети. Системы управления движением работают в режиме реального времени, адаптируя сигналы, маршруты и режимы работы светофоров в зависимости от движения поездов и автомобилей [6].

В России отдельные элементы ITS внедряются в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» и региональных программ «Умный город». Однако государственная политика в области цифровизации транспортной инфраструктуры недостаточно амбициозна, а законодательство пока не разрешает широкое использование искусственного интеллекта (ИИ) в автоматическом управлении безопасностью.

Ускорение создания юридической базы для массового внедрения ИИ и расширение финансирования пилотных проектов позволит обеспечить интеграцию ITS и V2X в платформы «Умных городов» и национальные цифровые экосистемы.

Использование искусственного интеллекта и нейросетей в прогнозировании опасных ситуаций

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) и нейросетевых алгоритмов предоставляет новые возможности для обеспечения безопасности на железнодорожных переездах [7].

Предиктивный анализ поведения водителей. Искусственный интеллект способен анализировать видеопоток и распознавать потенциально опасное поведение, например, попытки объезда шлагбаума, резкое торможение или остановку на путях, несоблюдение дистанции и скорости. На основе этих данных система может подавать экстренные сигналы, уведомлять дежурных, предотвращать аварии до их возникновения путем снижения скоростного режима, напрямую воздействуя на локомотив.

Самообучающиеся модели оценки риска. Нейросети, обученные на статистике ДТП, могут выявлять участки с повышенным уровнем риска и рекомендовать установку дополнительных ограждающих устройств, повышение уровня освещенности, изменение дорожной разметки и знаков. Такой подход позволяет рационально распределять ресурсы и инвестировать в безопасность там, где это наиболее необходимо.

Искусственный интеллект в управлении переездами. Автоматизированные системы управления, основанные на ИИ, позволяют самостоятельно определять момент закрытия/открытия переезда, адаптировать режим работы в зависимости от погодных условий и трафика, сокращать время простоя транспорта без снижения уровня безопасности. Примером может служить проект японской компании Hitachi, в рамках которого тестируются системы на базе ИИ для управления железнодорожными узлами с высокой плотностью движения (рис. 3).

Инфраструктурные меры и модернизация дорог и путей

Физическое состояние переезда, прилегающих дорог и железнодорожных путей оказывает непосредственное влияние на уровень безопасности. Внедрение новых технических решений должно сопровождаться инфраструктурными мерами, направленными на устранение объективных препятствий и снижение аварийности [8].

Повышение видимости и освещенности. Многие аварии происходят ночью или в условиях плохой видимости. Меры

по улучшению видимости включают установку светоотражающих знаков и покрытий, устройство светодиодного освещения вдоль переезда и на подходах, регулярную расчистку территории от растительности, заборов и других препятствий обзору. Освещенные и визуально выделенные переезды создают условия для своевременного реагирования водителей.

Капитальный ремонт дорожного покрытия и путей. Изношенное дорожное полотно приводит к задержкам при пересечении переезда, повреждению транспортных средств, повышенной вероятности остановки на путях.

Ремонт включает замену дорожного полотна на переезде, установку рифленых резинотехнических настилов для предотвращения пробуксовки, обновление шпал, рельсов и смежных участков полотна. Такие меры особенно важны в сельских районах и на второстепенных переездах, где ремонт часто откладывается на годы.

Устройство транспортных развязок и путепроводов. Наиболее эффективной, хотя и дорогостоящей, мерой является полное устранение пересечения в одном уровне. Это достигается через строительство путепроводов (автомобиль над железной дорогой или наоборот) и тоннелей, а также закрытие нерентабельных переездов с переносом движения на более безопасные участки.

Такие решения полностью устраняют конфликт между автомобильным и железнодорожным движением. В России подобные проекты реализуются в рамках национального проекта «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры».

Разделение потоков и обустройство подходов. Для повышения предсказуемости дорожного движения важно устраивать отдельные полосы для легковых и грузовых автомобилей на подходах, обустраивать зоны ожидания с твердым покрытием и разметкой, ограждать обочины и пути объезда, чтобы исключить нарушение режима переезда.

Такие меры позволяют минимизировать беспорядочное движение и делают работу автоматических систем более надежной.

Законодательные и нормативные инициативы

Правовое регулирование играет важную роль в обеспечении безопасности на железнодорожных переездах. Без надлежащих нормативов и санкций технические решения остаются неэф-

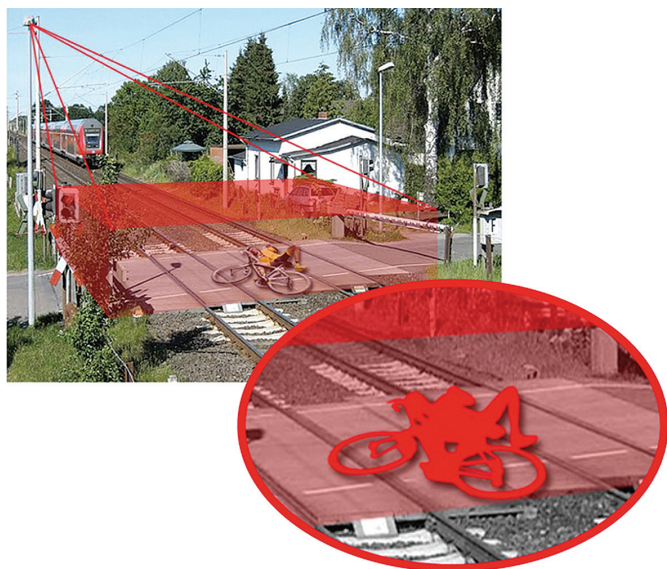


Рис. 3. Использование искусственного интеллекта на переезде для управления железнодорожным движением

фективными. В последние годы в ряде стран, включая Россию, наблюдается активизация усилий по ужесточению контроля и усилению ответственности за нарушения [9].

Действующие нормативные документы. В Российской Федерации безопасность переездов регулируется:

- Правилами дорожного движения (ПДД РФ) — определяют порядок пересечения переездов, обязанности водителей и пешеходов;
- Федеральным законом «О безопасности дорожного движения»;
- инструкциями ОАО «РЖД», в которых указаны требования к эксплуатации переездов, их техническому состоянию и действиям дежурного персонала;
- ГОСТами, регулирующими устройство и оснащение железнодорожных переездов (например, ГОСТ Р 52752–2007).

Ужесточение административной ответственности. В последние годы введены и усилены штрафы за нарушения на железнодорожных переездах, включая проезд на запрещающий сигнал (штраф до 5000 руб. или лишение прав), объезд шлагбаума или выезд на пути при закрытом переезде, остановку и стоянку на переезде. Вводится также видеофиксация нарушений с использованием камер наблюдения, что повышает неотвратимость наказания и дисциплинирует водителей.

Инициативы по изменению правил и стандартов. На федеральном и региональном уровне обсуждаются следующие нормативно-правовые изменения:

- введение обязательной модернизации неохраняемых переездов;
- разработка единого цифрового реестра переездов, где будет указано состояние, оснащение, уровень риска;
- разрешение использовать средства ИИ для принятия управленческих решений в автоматическом режиме (пока требует правового регулирования);
- поддержка концессионных схем для модернизации объектов за счет частных инвесторов.

В некоторых регионах России уже действуют пилотные проекты по исключению устаревших переездов с низкой пропускной способностью путем их закрытия и строительства альтернативных путепроводов.

Роль муниципальных и региональных властей. Муниципалитеты и субъекты РФ нередко являются владельцами прилегающих автодорог, что означает необходимость совместного подхода к переездам, а именно координации усилий с железнодорожными службами, финансирования из региональных программ, проведения регулярного мониторинга и аттестации переездов.

Международный опыт и сравнительный анализ

Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах — актуальная задача во всех странах с развитой транспортной сетью. Изучение международного опыта позволяет выявить эффективные решения, которые можно адаптировать к национальным условиям.

В ФРГ большинство железнодорожных переездов автоматизировано. Основные осуществленные здесь меры включают использование интеллектуальных светофоров с предиктивной системой управления, повсеместное внедрение автоматических заградительных устройств с видеоконтролем, единый национальный стандарт безопасности с интеграцией в транспортную систему городов. Важно, что в Германии не допускается проектирование новых автомобильных дорог с пересечением железнодорожных путей на одном уровне — вместо этого строятся путепроводы и тоннели.

В Японии, где высокоскоростные поезда курсируют с минимальными интервалами, вопросы безопасности стоят особенно остро. Здесь применяются инфракрасные и лазерные датчики на переездах, фиксирующие даже малейшее движение, а также системы автоматического торможения поездов, если обнаружен объект на путях. В городах активно внедряются подземные переходы и надземные эстакады.

Большое внимание уделяется воспитанию дисциплины у водителей и пешеходов, включая школьное образование и общественные кампании.

В США железнодорожные переезды расположены в удаленных и слабооснащенных районах. Среди основных направлений работы выделяются: внедрение систем диагностики состояния переездов с помощью беспилотников, федеральные программы софинансирования модернизации инфраструктуры (например, FRA Rail Crossing Safety Program), жесткое наказание за нарушения, включая крупные штрафы и уголовную ответственность в случае создания угрозы жизни.

Во Франции с 2000-х годов действует программа по постепенному закрытию переездов либо замене на многоуровневые пересечения. Также активно используются мобильные комплексы контроля и интеграция переездов в единую цифровую систему SNCF (национального железнодорожного оператора).

Представляется, что Россия может адаптировать эти практики, особенно в части поэтапной замены неохраняемых переездов, широкого внедрения видеоконтроля и датчиков, централизованного цифрового мониторинга.

Перспективы развития систем безопасности на железнодорожных переездах до 2030 г.

Будущее железнодорожных переездов связано с тотальной цифровизацией, автоматизацией и переходом к принципу «нулевой аварийности».

Полная автоматизация переездов. Ожидается, что к 2030 г. большинство железнодорожных переездов в развитых странах будут переведены на полностью автоматизированное

управление¹. Это означает минимальное или нулевое участие человека, реакцию на движение поездов и транспорта в реальном времени.

Подключение к централизованным цифровым платформам мониторинга. Преимущества от такой меры заключаются в минимизации ошибок, быстром отклике и синхронизации с другими объектами инфраструктуры.

Интеграция с автономным транспортом. С ростом числа беспилотных автомобилей переезды должны стать частью экосистемы «умной дороги». Это предполагает связь по протоколу V2X (vehicle-to-everything) с автомобилями, отображение статуса переезда на экранах бортовых компьютеров, возможность удаленной остановки автомобиля при нарушении ПДД. Уже сегодня такие технологии тестируются в Китае, Южной Корее и Германии.

Прогнозно-аналитические платформы на базе ИИ. Искусственный интеллект будет использоваться не только для контроля, но и для прогнозирования потенциальных нарушений, оценки риска возникновения аварий в конкретных условиях (погода, трафик, время суток), оптимизации времени работы переездов без ущерба для безопасности.

Такие системы смогут также автоматически формировать отчеты и запросы на ремонт в случае обнаружения неисправностей.

Конверсия переездов в многоуровневые пересечения. Ожидается значительное сокращение количества железнодорожных переездов за счет постройки путепроводов и тоннелей, оптимизации маршрутов с целью минимизации пересечений, переноса второстепенного движения на альтернативные маршруты.

Государственные программы будут все чаще предусматривать концессии и государственно-частное партнерство, чтобы ускорить этот процесс.

Экологические и «зеленые» технологии. Безопасность будущего будет сочетаться с использованием солнечных панелей для автономного питания переездов, применением низкоуглеродных материалов в строительстве и ремонте, встраиванием переездов в экологические

коридоры, где учитываются пути миграции животных.

Заключение

Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах — комплексная задача, требующая взаимодействия технических решений, нормативного регулирования, инфраструктурной модернизации и участия самих граждан. Очевидна необходимость перехода от традиционных охраняемых переездов к интеллектуальным, цифровым и полностью автоматизированным системам.

Мировой и российский опыт показывает, что наиболее эффективными являются меры, комбинирующие высокотехнологичные средства (видеоконтроль, ИИ, V2X), основанные на точной аналитике и предиктивных системах, поддерживаемые на уровне законодательства и общественного мнения.

С учетом темпов развития технологий и цифровой трансформации уже к 2030 г. можно ожидать значительного снижения количества ДТП на железнодорожных переездах. Однако для этого необходимо продолжать реализацию национальных программ, вовлекать регионы и использовать лучшие международные практики.

Властям и РЖД необходимо учесть итоговые рекомендации:

- обязательная комплексная техническая модернизация и стандартизация оборудования на всех категориях переездов;
- массовое использование автоматизированных систем видеофиксации нарушений как основного инструмента профилактики и юридической ответственности;
- активизация образовательной работы и общественных кампаний с включением всех уровней власти;
- ускоренное введение и адаптация интеллектуальных транспортных систем и ИИ для прогнозирования и оперативного управления;
- создание эффективной системы межведомственного взаимодействия, включающей представителей регионов, муниципалитетов, МВД и РЖД.

Безопасность — это не только задача государства, но и личная ответственность каждого водителя, инженера, проектировщика и управленца. Только совместными усилиями можно добиться поставленной цели — «нулевой смертности» на переездах.

Источники

1. Трунаев А. М., Иваницкая И. Л. Анализ средств обеспечения безопасности на железнодорожных переездах // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2021. № 63. С. 4–12. EDN: OFLMAS.
2. Кононов И. И., Денисов В. В., Сосевич Н. М. Анализ случаев нарушения безопасности движения на железнодорожном транспорте // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 119–121. EDN: WYNNRY.
3. Долгий А. И., Хатламаджян А. Е., Шаповалов В. В. и др. Система автоматизированного удаленного управления переездами // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 7. С. 30–33. DOI: 10.34649/AT.2020.7.7.006. EDN: HKYSFW.
4. Банденок В. О., Полищук И. Г., Власова Н. В., Царегородцева Е. Ю. Применение цифровизации в транспортной отрасли и новой реальности // Молодая наука Сибири. 2023. № 1(19). С. 32–39. EDN: OEFOPT.
5. Терентьев В. В., Горячкина И. Н., Латышенков Н. М., Тетерина О. А. Перспективы применения интеллектуальных систем на транспорте // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. № 1(17). С. 96–101. EDN: AMRSRY.
6. Гатиятуллин М. Х., Юсупов Б. Д. Применение интеллектуальных транспортных систем // Техника и технология транспорта. 2021. № 1(20). С. 13. EDN: RSSXAC.
7. Понятов А. А. Возможности применения нейросетевых технологий на железнодорожном транспорте // Актуальные проблемы современного транспорта. 2022. № 2–3 (9–10). С. 62–70. EDN: XQDEGO.
8. Турчик С. Е., Глинская О. С., Куштин В. И. Повышение показателей безопасности на объектах инфраструктуры железных дорог // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2(55). С. 127–130. EDN: OXZPYJ.
9. Тумышева Ж. К., Волков П. А. Необходимость в развитии деятельности по обеспечению правопорядка на объектах железнодорожного транспорта // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 109–9. С. 77–79. DOI: 10.18411/trnio-05-2024-476. EDN: VLAEMP.

¹ Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года № 1734-р) (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. N 1032-р). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678> (дата обращения: 22.10.2023).

Метод повышения провозной способности Восточного полигона на основе увеличенного интервала между пакетами поездов



М. А. Марченко,
аспирант кафедры
«Управление
эксплуатационной
работой» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



О. Д. Покровская,
д-р техн. наук, заведующая
кафедрой «Управление
эксплуатационной
работой» ПГУПС

В последние годы транспортно-логистический комплекс России столкнулся с серьезными вызовами. Западные санкции вынудили перевозчиков изменить привычные транспортно-технологические схемы доставки, искать новые рынки сбыта, торговых партнеров и посредников.

Грузопоток, ранее следующий через порты западных регионов Российской Федерации (Усть-Луга, Санкт-Петербург, Калининград) в страны Европейского союза, перенаправлен через порты восточных регионов (Владивосток, Восточный, Ванино, Находка, Пригородное) в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, ставшие основными партнерами России после введения западных санкций [1–8].

В подобных условиях остро встал вопрос организации транспортировки грузов между центральными регионами РФ к портам Дальнего Востока. В первой половине 2022 г. транспортная инфраструктура оказалась не готова к подобным вызовам — перерабатывающих мощностей в портах катастрофически не

хватало. Особенно увеличились объемы контейнерных перевозок — рост объема перевалки грузов, транспортируемых в контейнерах, составил до 20 %. Данная проблема частично решена к концу 2022 г. путем сооружения 17 «сухих» портов [9–11].

Другая не менее важная проблема обозначилась ввиду нехватки провозной способности магистралей Восточного полигона. В 2021 г. суммарная провозная способность Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей составила 144 млн т. В 2022 г. запущен федеральный проект «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог», согласно которому к 2032 г. провозная способность Восточного полигона должна составить 255 млн т. Для реализации проекта начаты мероприятия по сооружению вторых главных путей на БАМе и спрямление профиля пути на участках Транссиба для увеличения веса пропускаемых поездов с 5600 до 7100 т. Также организован пропуск сдвоенных поездов и частичная перевозка контейнеров в полувагонах. В результате данных технических и организационных мероприятий провозная способность Восточного полигона выросла до 158 млн т и в последующие годы демонстрировала увеличение [12] (рис. 1).

Прослеживается тенденция увеличения провозной способности Восточного полигона на 10 % за 2022 г., на 8 % за 2023 г. и на 5 % за 2024 г. Однако даже с учетом положительной динамики увеличения провозной способности Восточного полигона ее недостаточно для обеспечения стабильного грузопотока между морскими портами Дальнего

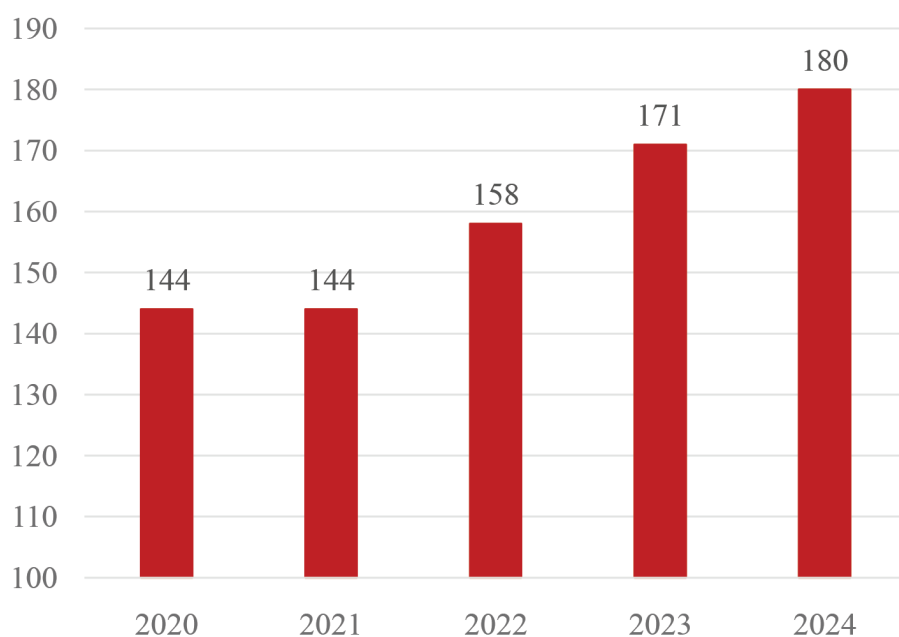


Рис. 1. Изменение провозной способности Восточного полигона, млн т [12]

Востока и потребителями в центральных регионах страны, поскольку по состоянию на 2023 г. суммарный объем перевалки грузов в дальневосточных морских портах составил 238 млн т при наличии запаса в перерабатывающей способности в 10–30% [12].

Следует отдельно выделить объемы контейнерных железнодорожных перевозок по Восточному полигону. Они резко возросли после западных санкций 2022 г., поскольку многим российским транспортным компаниям пришлось искать торговых партнеров среди стран АТР и выходить на новые рынки. Подобные мероприятия всегда сопровождаются повышенными рисками и высокими издержками, связанными с изучением местного законодательства, конъюнктуры рынка и особенностей взаимодействия с новыми контрагентами.

Поэтому для обеспечения максимальной удовлетворенности клиентов оказанием транспортных услуг (в частности, реализации важнейших принципов современной логистики «от двери до двери и точно в срок»), минимальных финансовых издержек и сроков доставки перевозки подавляющего большинства грузов организованы в контейнерах. Таким образом, объем контейнерных перевозок по Восточному полигону значительно вырос, начиная с 2022 г. (рис. 2).

Так, с 2020 по 2022 гг. рост составил 22%, а с 2022 по 2024 гг. — 99%. При этом в 2024 г. пропущено 5000 контейнерных поездов, из которых 1500 сформированы из полувагонов с погруженными малотоннажными контейнерами [13]. Такая динамика роста объема контейнерных перевозок создает дополнительный стимул для повышения провозной способности Восточного полигона [14].

В рамках проекта «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог» выполняется комплекс технических и технологических мероприятий по модернизации не только инфраструктуры, но и систем сигнализации, централизации и блокировки.

В тестовом режиме работает технология «виртуальная сцепка». Она основана на соединении поездов, следующих в попутном направлении, радиоканалом, по которому передаются данные о текущем местонахождении поезда, параметрах изменения скорости движения, режиме работы тяговых двигателей, сигналах показания автоматической локомотивной сигнализации непрерывно-го действия.

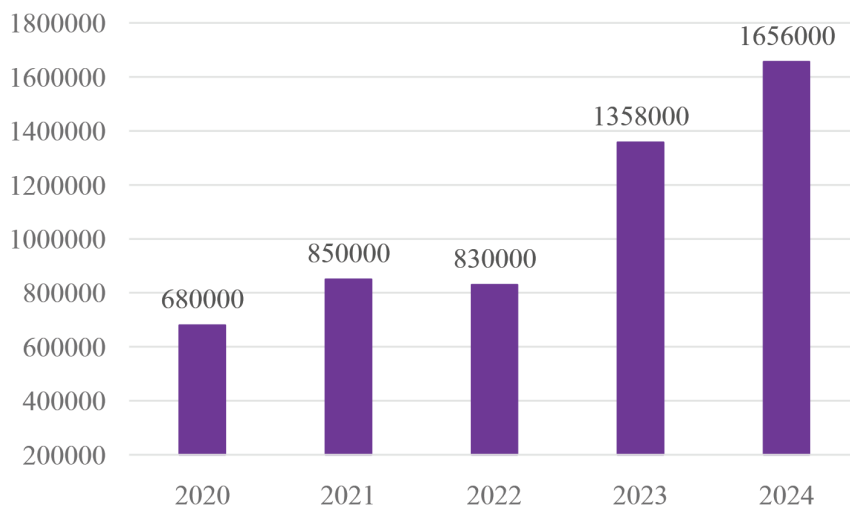


Рис. 2. Изменение объема транзитных контейнерных перевозок в 20-футовом эквиваленте (ТЕУ), шт./год [12]

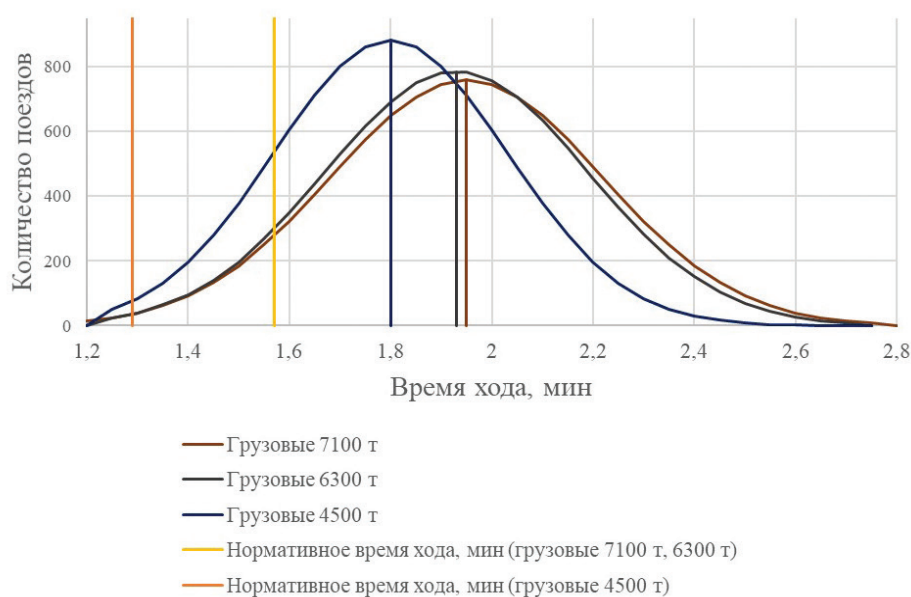


Рис. 3. Распределения величины отклонения поездов

Применение данной технологии позволило сократить межпоездной интервал до 5 мин с обеспечением безопасности движения поездов. При этом «виртуальная сцепка» обладает высокой степенью надежности и отказоустойчивости [15]. Однако ряд проблем, наблюдавшихся при движении поездов по участкам Восточного полигона, сохранился и при организации движения поездов по «виртуальной сцепке». Так, часто возникают ситуации, при которых поезда следуют «в хвост» впереди идущему поезду, в том числе на желтый сигнал проходного светофора, или останавливаются на красный сигнал на перегоне.

Чаще всего такие ситуации возникают на перегонах перед сортировочными или участковыми станциями, на которых наблюдается входной поездопоток большой интенсивности. В результате станция не успевает принимать поезда,

и локомотивные бригады вынуждены снижать скорость или останавливаться перед входным светофором.

Кроме того, в исследовании [16] доказано, что поезда в процессе движения по перегону отклоняются от нормативного значения, установленного графиком движения. При этом данные отклонения подчиняются закону нормального распределения вне зависимости от плана и профиля пути, а также категории поездов.

Однако исследования, проведенные на одном из участков Октябрьской железной дороги, показали, что величина отклонений находится в зависимости от массы поездов: чем больше масса, тем больше будут отклонения. На рис. 3 показаны графики распределения величины отклонения грузовых поездов различной массы. Данные получены при выборке в 5000 измерений.

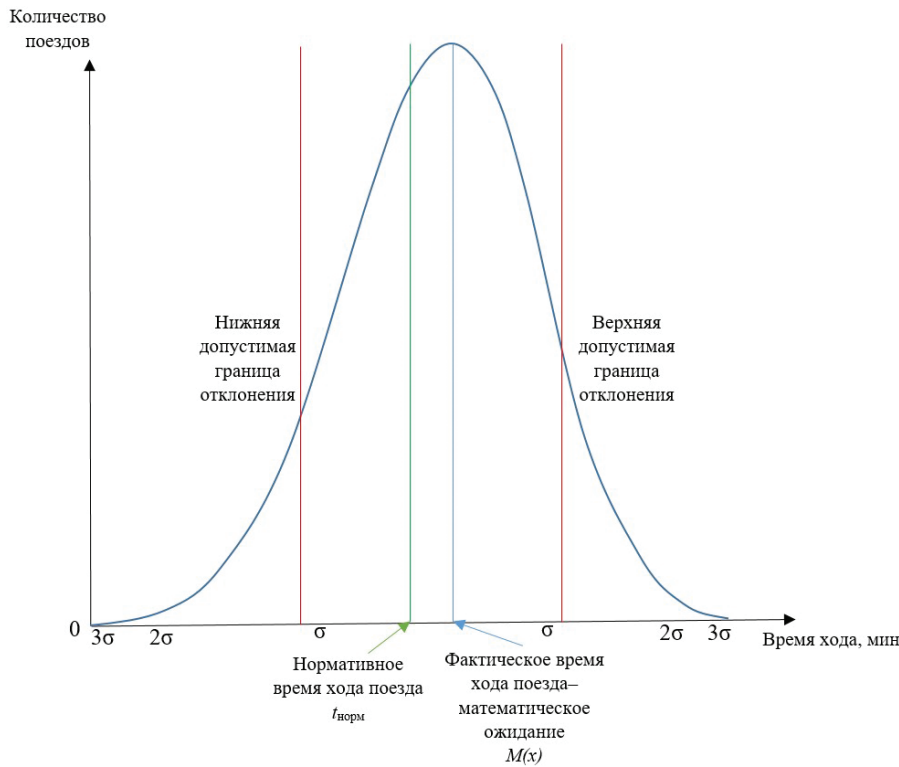


Рис. 4. Концепция учета времени движения поездов

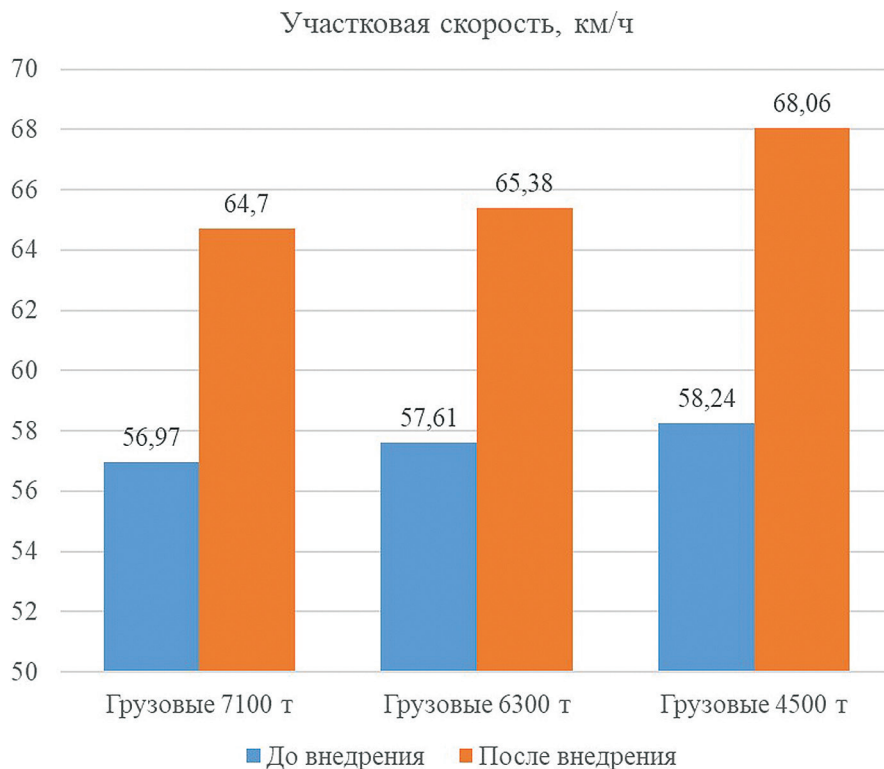


Рис. 5. Изменение участковой скорости при увеличении интервала между пакетами поездов, км/ч

Рисунок демонстрирует наибольшую величину среднеекватического отклонения, а также большее отклонение реального времени движения от нормативного у поездов большей массы. На основании полученных экспериментальных данных предлагается теоретическая концепция учета време-

ни движения поездов, представленная на рис. 4.

Исходя из данной концепции, существуют допустимые границы, в пределах которых должно находиться значение отклонений у 80 % поездов от общего числа. Данное значение выбрано не случайно: оно позволит обеспечить потребную

пропускную способность на участке, не допуская снижения участковой скорости. Последнее условие обеспечивается за счет увеличенного интервала, который предлагается устанавливать после пропуска пакета из четырех поездов. Значение увеличенного интервала следует устанавливать согласно целевой функции:

$$P(n_{\text{в}} \sigma \pm \Delta r_{\text{н}} > \sigma_{\text{норм}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $P(\Delta r_{\text{н}} \pm n_{\text{в}} \sigma > \sigma_{\text{норм}})$ — риск сближения поездов; σ — среднеекватическое отклонение;

$\sigma_{\text{норм}}$ — нормативное отклонение;

$r_{\text{н}}$ — поправка времени хода;

$n_{\text{в}}$ — коэффициент допустимых отклонений:

$$n_{\text{в}} = P(|X| - \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma}\right), \quad (2)$$

δ — диапазон допустимых отклонений;

σ — среднеекватическое отклонение;

Φ — функция Лапласа:

$$\Phi(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Делаем замену в выражении (2): $\delta = \sigma t$, $t \in R$, где R — множество действительных чисел. Получаем следующее выражение [17]:

$$k_{\text{вар}} = P(|X| - \sigma t) = 2\Phi(t). \quad (4)$$

Согласно условию исследования, значение для 80 % составит 1,28.

В том случае, когда значения отклонений определенной доли поездов не превышают установленных границ, график движения считается устойчивым. Если наблюдаемые отклонения превышают верхнюю установленную границу, увеличение интервалов определяется согласно формуле

$$l_{\text{д уст}} = 1 \frac{d+1}{d} l_{\text{дейст}}, \quad (5)$$

где d — число блок-участков при применяемом типе автоблокировки.

Если наблюдаемые значения меньше нижней установленной границы, сокращение интервалов проводится по формуле

$$l_{\text{уст}} = \frac{(d-1)l_{\text{дейст}}}{d}, \quad (6)$$

при условии $l_{\text{д уст}} \geq l_{\text{расч}}^{123}$, где $l_{\text{д дейст}}$ — действующее значение увеличенного интервала.

¹ Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 г. № 128. М.: ОАО «РЖД», 2022. 364 с.

² Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2011 г. № 2864р.

³ Инструкция по учету выполнения графика движения пассажирских, пригородных и грузовых поездов. Утв. распоряжением министерством путей сообщения Российской Федерации от 30 сентября 2002 г. № ЦЧУ-919.

На практике увеличенный интервал в графике движения позволит избежать «насыщения» железнодорожного участка. «Насыщение» характеризуется тем, что при уменьшении интервала при отправлении поездов с сортировочной или участковой станции на другую станцию, ограничивающую участок, прибудет меньше поездов, т. е. снизится эффективность использования пропускной способности участка.

Это происходит потому, что движение поездов по перегону на желтый сигнал проходного светофора в среднем на 30 % меньше, чем на зеленый, а на красный — на 60 % меньше, чем на зеленый [18]. Увеличенный интервал после пакета поездов позволит сократить влияние отклонений от нормативного значения продолжительности хода поездов. На рис. 5 показано изменение участковой скорости при увеличении интервала между пакетами поездов.

Рисунок демонстрирует рост участковой скорости поездов на 15 %, что привело к увеличению эффективности использования пропускной способности на участке на 30 %.

Таким образом, увеличение провозной способности Восточного полигона в условиях западных санкций является важнейшей задачей, от успеха решения которой зависит безопасность, суверенитет, дальнейшие направления стратегического развития и обеспечение экономической независимости Российской Федерации.

Несмотря на ряд технических мероприятий, направленных на повышение пропускной способности Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей, ряд проблем можно решить лишь внесением изменений в организацию движения поездов, а конкретно в составление графика движения поездов.

Увеличение интервала между пакетами поездов позволит обеспечить следование поездов исключительно на зеленые показания проходных светофоров, не допуская увеличения отклонений и снижения участковой скорости движения поездов. Учет данного подхода при составлении графика к 2032 г. позволит планировать увеличение провозной способности Восточного полигона до 330 млн т в год. Также это поможет расширить возможности для увеличения объемов контейнерных железнодорожных перевозок в направлении дальневосточных портов и уменьшения сроков пе-

ревозок, что повысит уровень качества транспортного обслуживания и откроет новые перспективы для российских транспортно-логистических компаний при освоении новых рынков. ■

Источники

1. Куренков П. В., Герасимова Е. А., Мизиев М. М., Черкасова Д. О. Вопросы организации мультимодальных перевозок грузов // Прогрессивные технологии в эксплуатации наземных транспортно-технологических комплексов и логистических транспортных систем: сборник трудов международной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 110-летию юбилею со дня рождения профессора Каракулева А. В., 26 февраля 2024 г., Санкт-Петербург, Россия. Казань: ООО «Бук», 2024. С. 211–217.
2. Куренков П. В., Волов В. Т., Герасимова Е. А. и др. Российская логистика под санкциями и антисанкционная логистика // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 3. С. 117–120. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-3-117-126. EDN: PNEHJW.
3. Аллахвердиев Э. М., Мустафеев Т. Г. Транспортно-логистический комплекс ЕАЭС после введения ограничительных мер со стороны европейского союза // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 432–435. EDN: MIGAYZ.
4. Щербинин Н. В., Русинов И. А. Диверсификация путей доставки контейнерных грузов в сообщении «Азия — Европа» // Евроазиатские транспортные связи. Введение в действие наземных транспортных соединений между Европой и Азией. 2023. Т. 17. № 2. С. 71–81.
5. Самойленко П. Ю. Современное развитие Приморского края как транзитного логистического региона в условиях внешних санкций: информационно-имиджевый аспект // Политические отношения и управление регионом. 2023. № 2. С. 138–146. DOI: 10.24866/1998-6785/2023-2/138-146. EDN: HNBXAJ.
6. Бубнова Г., Куренков П., Некрасов А. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок // Логистика. 2017. № 7 (128). С. 46–50. EDN: ZBBGUL.
7. Климов А. А., Куприяновский В. П., Куренков П. В., Мадяр О. Н. Цифровые транспортные коридоры для перевозок грузов и пассажиров // Вестник транспорта. 2017. № 10. С. 26–30. EDN: ZIVZEL.
8. Главные проблемы логистики в России // Logistic tools. URL: [https://logistic.](https://logistic.tools/blog/glavnie_problemi_logistiki_rossii?ysclid=m7d0c2h5su28550093)

- tools/blog/glavnie_problemi_logistiki_rossii?ysclid=m7d0c2h5su28550093 (дата обращения: 04.03.2025).
9. Рыбин П. К., Четчуев М. В. Особенности развития припортовых железнодорожных узлов: оптимизация инфраструктурных решений и технология взаимодействия видов транспорта // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». 2022. № 7. С. 68–71. EDN: DJPAOA.
10. Кайгородова А. Ю., Рыбин П. К. Факторы, влияющие на возможность увеличения объема работы грузового терминала порта // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 19–26 апреля 2021 г., Санкт-Петербург, Россия. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2021. С. 43–48. EDN: CQSHNA.
11. Бадеецкий А. П., Медведь О. А. Онтологический подход к разработке единой базы знаний мультимодальных перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20. № 1. С. 182–193. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-182-193. EDN: AOSRGY.
12. Паспорт федерального проекта «Развитие железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог» // Министерство транспорта Российской Федерации. 2023. 112 с.
13. РЖД: Порядка 5 тыс. контейнерных поездов вывезено с Дальнего Востока в 2024 году // Logistic tools. URL: <https://esti.ru/news/container/2024/rzhd-poryadka-5-tys-kontejnernih-poezdov-vyvezeno-s-dalnego-vostoka-v-2024-godu?ysclid=m7stwk94te272915417> (дата обращения: 04.03.2025).
14. Дальневосточная железная дорога // Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <https://dvzd.rzd.ru/ru/2181?ysclid=m7k3nc4oen82066443> (дата обращения: 04.03.2025).
15. Виртуальная сцепка // Гудок. URL: <https://gudok.ru/zdr/172/?ID=1626719> (дата обращения: 04.03.2025).
16. Чернугов А. Д. Организация безостановочных обгонов на двухпутных линиях // Вестник ВНИИЖТ. 1964. № 6. С. 58–62.
17. Гарбарук В. В., Пупышева Ю. Ю. Математическая статистика. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. 56 с.
18. Левин Д. Ю. Оптимизация потоков поездов. М.: Транспорт, 1988. 175 с.

Развитие портовой инфраструктуры для обеспечения безэкипажного судоходства



Я. В. Бурылин,
канд. техн. наук,
старший научный
сотрудник лаборатории
«Автоматизация
судовождения»
Государственного морского
университета
им. адмирала
Ф. Ф. Ушакова (ГМУ),



А. Н. Попов,
д-р техн. наук, начальник
факультета эксплуатации
водного транспорта
и судовождения ГМУ



В. Г. Сенченко,
канд. техн. наук,
начальник лаборатории
«Автоматизация
судовождения» ГМУ

С развитием технологий автономных систем в последние десятилетия морская транспортная отрасль открывает новые горизонты возможностей в связи с разработкой и использованием безэкипажных судов или морских автономных надводных судов по классификации российского морского регистра судоходства.

Россия, как одна из ведущих морских держав, активно развивает сегмент автономных судов в рамках своих технологических инициатив и программ цифровизации и автоматизации [1]. В связи с переходом от безэкипажного судовождения к безэкипажному судоходству важным аспектом развития отрасли становится не только внедрение автономных судов, но и создание целостной экосистемы, включая безэкипажные буксиры, автоматизированный вспомогательный портовый флот и соответствующую портовую инфраструктуру (средства навигационного обеспечения, автоматизированные береговые швартовные устройства [2] для приема МАНС и терминалы для обработки, погрузки, выгрузки грузов).

Безэкипажные суда могут существенно повысить эффективность морских перевозок, снизив затраты на экипаж, улучшив безопасность и уменьшив экологическое воздействие. В России автономные суда начали активно разрабатываться в последние годы с фокусом на внутренние водные пути и транспортировку грузов между портами.

Между портами Усть-Луга и Балтийск функционируют два железнодорожных паромов «Маршал Рокоссовский» и «Генерал Черняховский», которые классифицированы как морские автономные надводные суда (МАНС). Суда оснащены автоматическими навигационной системой и системой ситуационной осведомленности [3–5].

Мониторинг паромов осуществляет Центр дистанционного управления, находящийся в порту Санкт-Петербург. Суда переоборудованы из конвенционных в МАНС и на них есть экипаж.

Развитие портовой инфраструктуры

Для полноценного внедрения технологий безэкипажного судоходства необходимо обеспечить не только саму возможность автономного плавания судов, но и создать условия для их эффективной эксплуатации в реальных условиях. Важным шагом на этом пути становится развитие безэкипажных буксиров, которые должны стать неотъемлемой частью экосистемы современного порта.

Безэкипажные буксиры — это суда, предназначенные для сопровождения и кантования автономных судов в сложных портовых условиях или на узких водных путях. Основной отличительной особенностью разрабатываемых азимутальных буксиров-автоматов (АБА) является их способность жестко сцепляться с грузовыми судами, используя магнитное или вакуумное швартовное устройство, что позволяет эффективно и безопасно вести их по заданному маршруту, обеспечивая необходимую маневренность в сложной навигации стесненных вод. При этом жесткая сцепка с грузовым судном предполагает не только механическое соединение, но и интеграцию навигационных систем и систем управления, позволяя буксирам и судну работать как единое целое.

Главным вызовом при разработке МАНС и АБА остается высокая степень автоматизации и автономности, которая подразумевает разработку новых систем автономной навигации и ситуационной осведомленности. Ключевым фактором эффективности первой является способность расходиться с неограниченным количеством навигационных опасностей. Вторая должна обеспечивать обработку визуальной информации заборного пространства для распознавания этих опасностей в любых метеоусловиях.

Разработка таких технологий требует тесного взаимодействия с институтами, которые специализируются на робототехнике, искусственном интеллекте, машинном зрении и автоматизации.

Кроме того, морская отказоустойчивая система связи должна обеспечивать потоки данных для передачи и приема в центре дистанционного управления (ЦДУ) и на автономные суда управляющих команд, сигналов состояния систем, аудио- и видеоканалов окружающей обстановки.

Между тем создание эффективной технологии безэкипажного судоходства невозможно без должной адаптации портовой инфраструктуры. Порты должны быть готовы не только к приему автономных судов, но и обеспечивать обслуживание и эксплуатацию безэкипажных буксиров. При этом для АБА необходимы специализированные места для швартовки и обслуживания. Новороссийск является пилотным портом для внедрения концепций безэкипажного судоходства и безэкипажного судовождения. Первая партия безэкипажных буксиров-автоматов планируется к поставке в 2027 г. и предположительно будет базироваться на морском полигоне университета им. Ф. Ф. Ушакова (рис. 1).

Особенности захода морских автономных надводных судов в иностранные порты

Одним из наиболее сложных вопросов для внедрения безэкипажного судоходства является проблема передачи управления МАНС и распределения ответственности при заходе в иностранные порты. Национальные и международные стандарты для автономных судов еще находятся на стадии разработки, в том числе касательно юридических и технических ограничений, связанных с передачей контроля от одного государства к другому.

Процедура передачи управления МАНС может потребовать разработку глобальных стандартов, которые обеспечат безопасность и правовую прозрачность таких операций. Рассмотрим возможные варианты взаимодействия между центром дистанционного управления и находящимися под их управлением в различных режимах МАНС и АБА [6].

Взаимодействие морских автономных надводных судов в режиме дистанционного управления и азимутальных буксиров-автоматов в режиме дистанционного управления.

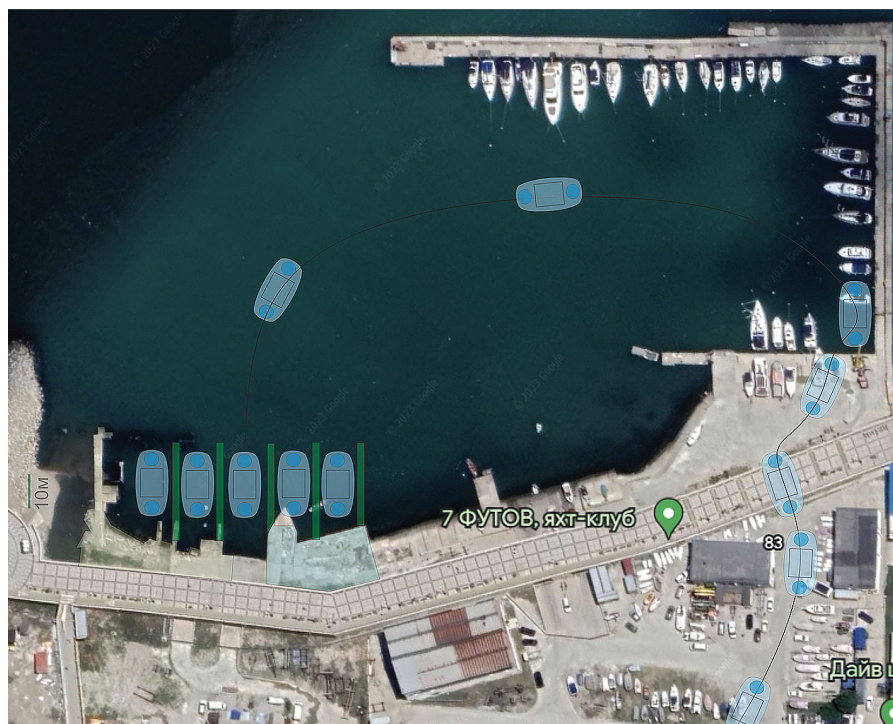


Рис. 1. Устройство причалов и эллинга для буксиров-автоматов

В точке приема лоцмана: организуется радиоканал между центрами дистанционного управления АБА и МАНС, по которому лоцман из ЦДУ АБА передает рекомендации по управлению МАНС для безопасного подхода к зоне рандеву с буксирами.

После стыковки буксиров: по радиоканалу между центрами дистанционного управления АБА и МАНС лоцман из ЦДУ АБА передает указания по управлению морскими автономными надводными судами на ЦДУ МАНС. Непосредственное управление МАНС осуществляется с его центра дистанционного управления, также буксиры управляются из ЦДУ АБА. В этом случае ответственность за управление МАНС должна лежать на ЦДУ МАНС.

В случае, если имеется техническая возможность принять управление МАНС из ЦДУ АБА, для повышения скорости передачи управляющих команд предлагается следующее. После подтверждения готовности ЦДУ АБА принять управление ЦДУ МАНС передает управление МАНС на ЦДУ АБА, оставляя за собой возможность оперативного перехвата управления в случае нештатной ситуации.

К нештатным ситуациям можно отнести отказ систем азимутальных буксиров-автоматов и ЦДУ АБА, несогласие с действиями ЦДУ АБА. Таким образом, ЦДУ АБА осуществляет непосредственное управление движением комплекса МАНС — АБА. В этом случае

ответственность за управление буксирами и МАНС должна лежать на ЦДУ АБА.

В рамках разработки концепции безэкипажного судоходства рассмотрены все возможные варианты кантовки судна в режиме дистанционного управления при помощи азимутальных буксиров-автоматов (рис. 2).

Взаимодействие конвенционного судна и азимутальных буксиров-автоматов в режиме дистанционного управления. В точке приема лоцмана: лоцман поднимается на борт судна и осуществляет контроль за движением судна.

После стыковки буксиров: лоцман по УКВ передает команды по управлению АБА на ЦДУ АБА, с которого осуществляется непосредственное управление буксиром. Лоцман отдает команды на управление рулем и режимами работы двигателя судна.

План швартовки судна при использовании АБА в режиме дистанционного управления к причалу 23 зернового терминала в порту Новороссийск показан на рис. 3. В этом случае ответственность за управление судном должна лежать на капитане судна.

Взаимодействие морских автономных надводных судов в режиме дистанционного управления и конвенционных буксиров. В точке приема лоцмана: организуется радиоканал между центрами дистанционного управления АБА и МАНС, по которому ЦДУ АБА передает рекомендации по управлению

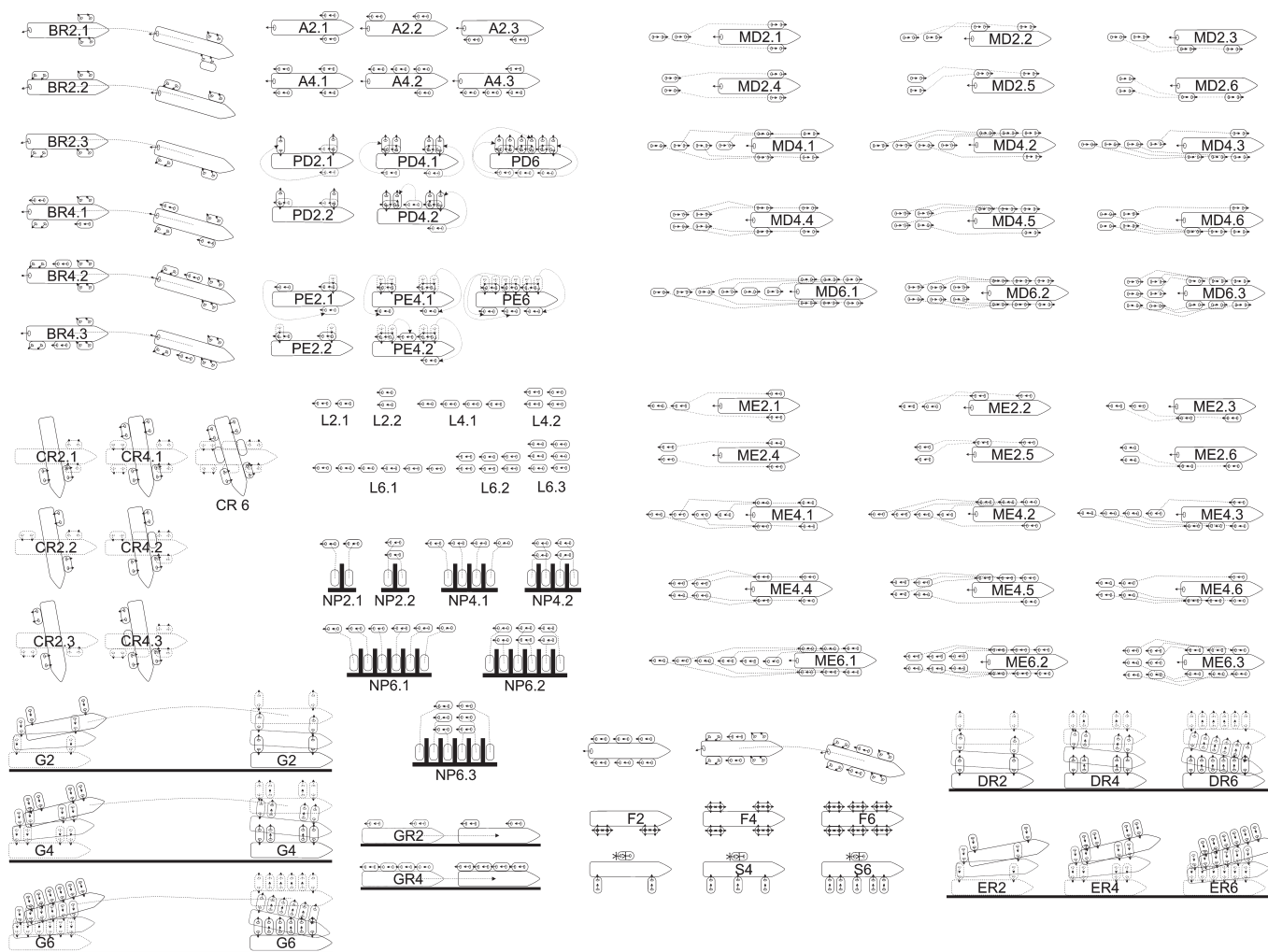


Рис. 2. Варианты использования азимутальных буксиров-автоматов для кантовки судна

МАНС для безопасного подхода к зоне
рандеву с буксирами.

После стыковки буксиров: лоцман в ЦДУ АБА контролирует движение и режимы работы буксиров по УКВ. Непосредственное управление буксирами осуществляют капитаны буксиров.

По радиоканалу между центрами дистанционного управления АБА и МАНС лоцман из ЦДУ АБА передает указания по управлению МАНС на ЦДУ МАНС. Непосредственное управление МАНС осуществляется с ЦДУ МАНС. В этом случае ответственность за управление буксирами должна лежать на ЦДУ АБА, ответственность за управление МАНС — на ЦДУ МАНС.

Взаимодействие морских автономных надводных судов и азимутальных буксиров-автоматов в автономном режиме. Предполагается, что МАНС в автономном режиме будет обладать такими совершенными системой управления движением, навигационной системой и системой ситуационной осведомленности, что будет способно пройти до точки встречи с буксирами настолько

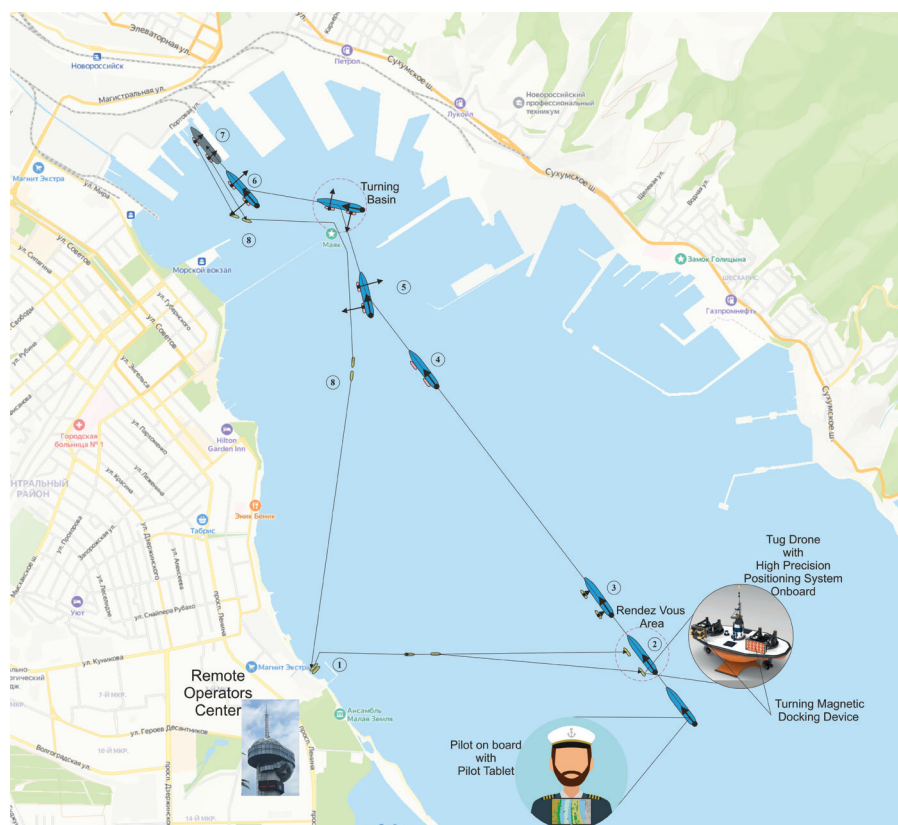


Рис. 3. План швартовки судна при помощи азимутальных буксиров-автоматов

безопасно, что риски автономной проводки будут не выше, чем движение судна под управлением лоцмана.

После стыковки буксиров: система управления АБА получает контроль над рулями и движителями МАНС либо непосредственно через приемопередатчик на борту МАНС, либо через средства контроля и управления ЦДУ МАНС. Во втором случае у ЦДУ МАНС будет возможность оперативно вернуть контроль над МАНС в штатной ситуации. В этом случае ответственность за управление МАНС должна лежать на ЦДУ БА.

Взаимодействие судна и азимутальных буксиров-автоматов в автономном режиме. В точке приема лоцмана: лоцман поднимается на борт судна и контролирует движение судна.

После стыковки буксиров: лоцман по носимому лоцманскому планшету получает от системы управления АБА команды по управлению судном. В этом случае ответственность за управление МАНС должна лежать на капитане судна.

Взаимодействие морских автономных надводных судов в автономном режиме и буксиров. Совершенство навигационных систем МАНС должно обеспечивать риски проводки до точки рандеву с буксирами не выше, чем под управлением человека.

После стыковки буксиров: ЦДУ АБА принимает на себя ручное дистанционное управление МАНС либо непосредственно подключаясь к приемопередатчику на МАНС, либо передавая команды управления на ЦДУ МАНС. В этом случае ответственность за управление МАНС лежит на ЦДУ МАНС, если управление происходит через него, или же на ЦДУ БА, если управление происходит непосредственно.

Взаимодействие морских автономных надводных судов в автономном режиме и буксиров в режиме дистанционного управления. Аналогично предыдущему случаю, совершенство навигационных систем МАНС также должно обеспечивать риски проводки до точки рандеву с буксирами не выше, чем под управлением человека.

После стыковки буксиров: ЦДУ АБА принимает на себя ручное дистанционное управление МАНС либо непосредственно подключаясь к приемопередатчику на МАНС, либо передавая команды управления на ЦДУ МАНС. В этом случае ответственность за управление МАНС должна лежать на ЦДУ МАНС, если

управление происходит через него, или на ЦДУ БА, если управление происходит непосредственно.

Взаимодействие морских автономных надводных судов в режиме дистанционного управления и автономных надводных судов в автономном режиме. В точке приема лоцмана: организуется радиоканал между центрами дистанционного управления АБА и МАНС, по которому ЦДУ АБА передает рекомендации по управлению МАНС для безопасного подхода к зоне рандеву с буксирами.

После стыковки буксиров: система управления АБА получает контроль над рулями и движителями МАНС либо непосредственно через приемопередатчик на борту МАНС, либо через средства контроля и управления ЦДУ МАНС. Во втором случае у ЦДУ МАНС будет возможность оперативно вернуть контроль над МАНС в штатной ситуации. В этом случае ответственность за управление МАНС должна лежать на ЦДУ АБА.

Предложенные схемы распределения ответственности основаны на технических возможностях центров дистанционного управления АБА и МАНС управлять процессами проводки и швартовки из расчета чем больше возможностей для осуществления контроля и управления, тем больше ответственности.

Реализация описанных способов приема и передачи управления МАНС сторонним ЦДУ требует решения ряда задач, в том числе международного характера. Каждое государство имеет свои регламенты, касающиеся судоходства и морской безопасности. Чтобы автономные суда могли беспрепятственно заходить в порты других стран, должны быть согласованы международные правила, регулирующие управление и контроль за такими судами.

Для передачи управления МАНС между ЦДУ разных стран важно обеспечить бесперебойную связь между национальными и международными службами управления судоходством. Это включает в себя как навигационные системы, так и системы связи для передачи данных в реальном времени.

Международная морская организация (ИМО) уже начала работу над созданием рекомендаций и стандартов для автономных судов. Однако пока эти нормы не будут универсальными, каждое государство будет требовать подтверждения, что судно соответствует их национальным стандартам безопасности.

Заключение

Развитие безэкипажного судоходства в России, включая внедрение автономных судов, буксиров и соответствующей портовой инфраструктуры, открывает новые горизонты для оптимизации морского и внутреннего водного транспорта.

Однако для успешной реализации этих технологий необходимо решение ряда сложных задач: создания единой и безопасной инфраструктуры, разработки стандартов и правил для международных операций и обеспечения правовой и технической совместимости. Внедрение инноваций потребует времени, значительных инвестиций и тесного сотрудничества между государственными органами, судоходными компаниями и научными учреждениями. Успешное решение этих задач откроет для России перспективы как в области судоходства, так и в сфере международной торговли. Т

Источники

1. Пинский А. С. Е-навигация и безэкипажное судоходство // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 4(65). С. 52–56.
2. Заслонов В. В. К вопросу о применении существующих конструкций автоматизированных швартовных устройств в автономном судоходстве // Морские интеллектуальные технологии. 2024. № 1–1 (63). С. 251–258.
3. Bayat B., Crasta N. Environmental monitoring using autonomous vehicles: a survey of recent searching techniques // Current Opinion in Biotechnology. 2017. № 45. Pp. 76–84.
4. Бурюлин Я. В., Гринек А. В. Комплекс программно-аппаратных средств для решения задач автономного судоходства // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 4–1 (58). С. 68–74.
5. Burylin Y. Interface for indication and remote control of an unmanned vessel in automatic and manual modes // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2061. Pp. 1–7.
6. Заслонов В. В., Головина А. А. Некоторые проблемные аспекты функционирования системы стандартизации в условиях развития морских технологических комплексов // Морские интеллектуальные технологии. 2024. № 2–1 (64). С. 181–188.

Многофункциональное подрельсовое устройство для укладки временного железнодорожного пути на неподготовленную поверхность



А. В. Сычева,
канд. техн. наук,
докторант Российского
университета
транспорта (МИИТ)

Строительство железнодорожных путей на постоянной основе требует значительных затрат и часто неэффективно, если ветка используется для разовых перевозок, например, в особых климатических зонах, в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций, в рамках специальных военных операций и др. В этой связи актуальной является задача укладки временного пути на неподготовленную поверхность.

В основе предлагаемого временного железнодорожного пути для укладки на неподготовленную поверхность лежит подрельсовое устройство оригинальной конструкции. Оно должно быть многофункциональным, обеспечивая решение комплекса технологических задач формирования железнодорожного пути оперативного развертывания для доставки груза от разрушенного моста к ближайшей понтонной переправе без его перегруза из эшелона, или к местам временного размещения груза на небольших расстояниях от железной дороги, при скрытой доставке груза особого назначения вглубь неосвоенной территории в сторону от магистральной железной дороги, в том числе при спасательно-восстановительных работах, в условиях крайнего севера на грунтах вечной мерзлоты, в болотистой труднопроходимой местности и т. д.

При этом разрабатываемое подрельсовое основание с целью повышения эффективности его использования должно выполнять функции оперативного выравнивания рельсовой нити магистральных железных дорог при обнаружении сверхнормативных просадок и формирования переходных участков пути перед искусственными сооружениями с плавной изменяемой регулируемой жесткостью.

Таким образом, подрельсовое устройство должно отвечать следующим требованиям:

1. Поверхность, на которую укладывается временный путь, неподготовлена

или подготовлена частично, например, расчисткой трассы от деревьев, кустарников, естественных препятствий.

2. Укладка осуществляется вручную с помощью переносных средств малой механизации.

3. Формирование временного пути осуществляется из отдельных модулей.

4. Оперативное регулирование рельсовой нити происходит по уровню.

5. Возможно оперативное изменение жесткости железнодорожного пути, сформированного из модулей.

6. Достигается снижение вибрационно-ударного воздействия колеса на рельс.

Особенность пути определяется тем, что его верхнее строение, как скелет упругих элементов (рис. 1, а), заменяется на многофункциональное подрельсовое устройство с вязким элементом (рис. 1, б, в). При этом предлагается применить конструкцию с ньютоновской жидкостью, в которой вязкие напряжения, возникающие при ее течении, в каждой точке линейно коррелировались бы с локальной скоростью изменения деформации во времени.

Тогда силы воздействия на путь будут пропорциональны скорости изменения вектора скорости жидкости по мере удаления от рассматриваемой точки воздействия колеса в различных направлениях. Обычно в этом случае применяются модели Кельвина — Фойгта, Максвелла [1]. Модель Кельвина — Фойгта представлена вязким демпфером и упругой пружиной, соединенными параллельно (рис. 1, б).

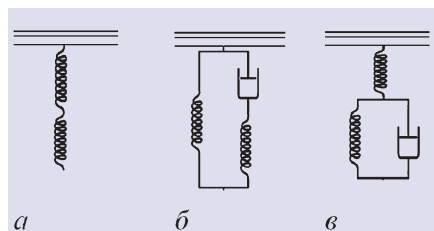


Рис. 1. Схемы железнодорожного пути в виде систем взаимосвязанных упругих и упруговязких элементов: а — последовательное соединение упругих элементов; б — параллельное соединение вязких и упругих элементов (модель Фойгта); в — последовательное соединения вязких и упругих элементов (модель Максвелла)

Последовательное соединение этих элементов описывается моделью Максвела (рис. 1, в).

Таким образом, вместо традиционной модели железнодорожного пути [2] предлагается модель, содержащая вязкий элемент, связанный с упругим элементом последовательно или параллельно.

В этом случае обеспечивается возможность укладки устройства на неподготовленную поверхность с последующим регулированием упругодемпфирующих элементов. Тогда зависимость динамической нагрузки на рельс и деформации рельсовой нити, приведенная на рис. 2, а, показывает, что эта зависимость для случая на рис. 1, а будет прямой и при снятии нагрузки P после прохождения колесной пары рельсовая нить возвращается в исходное положение.

Появление вязкого элемента в схемах железнодорожного пути (см. рис. 1, в) вызовет появление петель гистерезиса (рис. 2, б), где по оси ординат P сила от взаимодействия колеса и рельса, лежащего на подрельсовом основании, вызывает деформацию железнодорожного пути X .

Форма кривой деформации (рис. 2, б) будет зависеть от нагрузки P и выбранной модели. При этом модель может быть выбрана как в классическом изложении (см. рис. 1, б, в), так и в виде сочетания различных моделей Фогта и Максвела [3].

В этом случае одной из промежуточных задач обоснования конструкции подрельсового устройства является подбор значений параметров упругости и вязкости элементов таким образом, чтобы их деформации примерно совпадали. В противном случае такой элемент будет вести себя либо как отдельный упругий элемент, либо как чисто вязкий элемент. Эта задача поставлена и в первом приближении решена в работе [4].

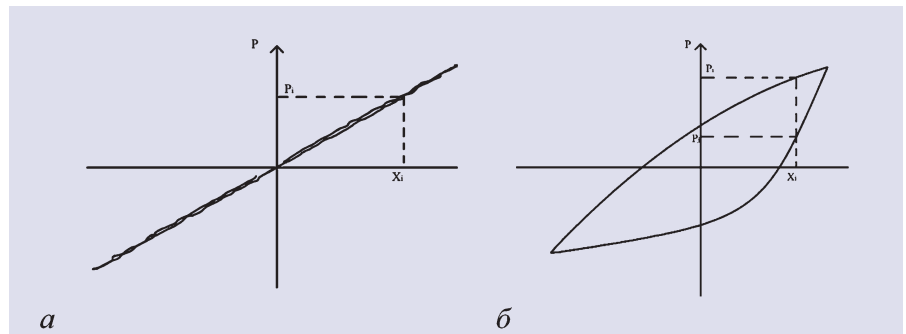


Рис. 2. Зависимость динамической нагрузки и деформации рельсовой нити: а — на подрельсовом основании традиционной конструкции пути; б — на подрельсовом основании с вязким элементом

В полученном вязкоупругом «скелете» пути упругий элемент будет восстанавливаться после нагрузки от подвижного состава быстрее, а вязкий элемент — медленнее, а при циклической нагрузке от подвижного состава в вязкоупругой конструкции за счет возникшей разности фаз (гистерезиса) произойдет рассеивание механической энергии от возникшей нагрузки. Поэтому жесткость пути будет изменена, а ударные воздействия колес о рельс при движении подвижного состава — погашены [5].

Таким образом, наличие вязкого элемента в подрельсовом основании, погашая ударные воздействия колес на рельс, позволяет оперативно выравнять положение рельсовой нити по уровню, регулировать жесткость железнодорожного пути, в том числе при приближении к искусственным сооружениям.

На основе предлагаемого многофункционального подрельсового устройства формируется комплект многоразового использования подрельсовых устройств и мерных рельсов с набором соответствующих креплений в виде модулей, вручную укладываемых на неподготовленную поверхность. Этот комплект предназначен для инженерно-саперных подразделений

министерства обороны, восстановительных поездов ОАО «РЖД», линейных подразделений путевого хозяйства, поддерживающих работоспособность железнодорожного пути (в единичных экземплярах).

Конструкции многофункционального подрельсового устройства содержат многослойную эластичную оболочку из высокопрочной кордовой ткани, наполняемой воздухом от внешнего источника. При этом оболочка усиливается упрочняющими поясами.

На рис. 3, а, б приведены упрощенные схемы многофункциональных подрельсовых устройств с регулируемыми параметрами жесткости и уровнем с использованием моделей Фогта и Максвела. На рис. 3, а устройство содержит короб, в который вставляются оболочки. Стойки 1 короба 2 устанавливаются на неподготовленную поверхность, и короб крепится от смещения. В него укладывается оболочка 6, наполняемая воздухом, и на нее — мерный рельс 5 с подкладкой 4 или увеличенной подошвой. Наполнение оболочки осуществляется через отверстия 3. Регулируя давление в оболочке, устанавливают уровень рельсов.

Короб выполнен сборно-разборный с перфорированными стенками для

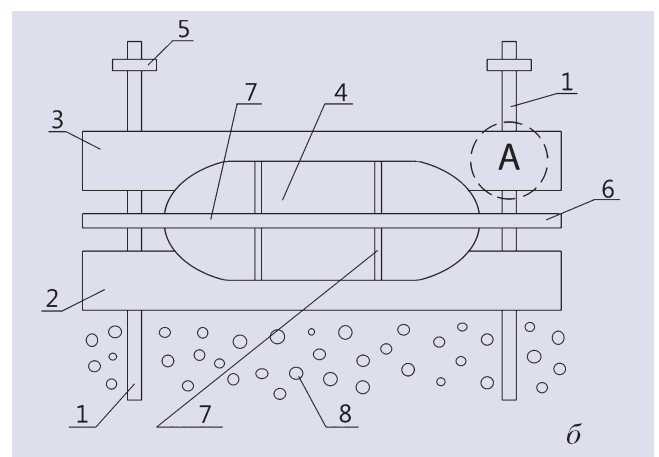
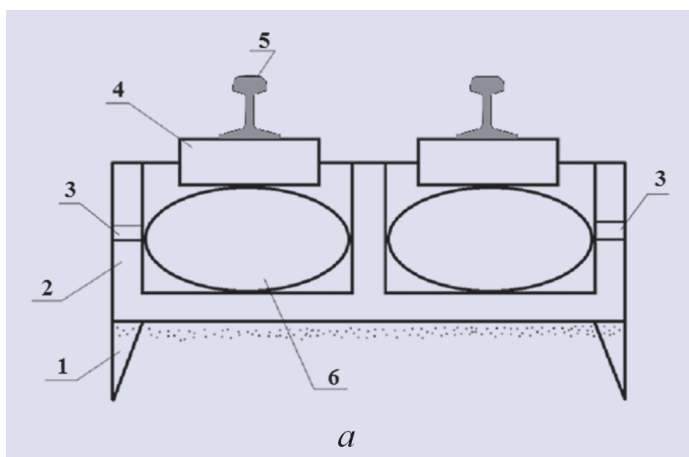


Рис. 3. Упрощенные схемы вариантов подрельсовых устройств: а — вариант в виде короба; б — вариант из двух плит

снижения веса и снабжен монтажными устройствами для его транспортировки, укладки и закрепления на укладываемой поверхности. Верхняя опорная плита установлена на эластичную герметичную оболочку с возможностью перемещения между верхними и нижними упорами, установленными на стенках корпуса. При этом упоры установлены с возможностью ограниченного перемещения в вертикальной и горизонтальной относительно рельса плоскостях.

Рабочая среда является вязкой средой, изменение давления которой обеспечивает изменение вязкоупругих свойств эластичной герметичной оболочки [6].

На рис. 3, б приведен вариант устройства с плитами (прокладками): 2 — нижняя, 3 — верхняя, между ними размещена оболочка 4 с упрочняющими поясами 7 и проушинами 6 для ее крепления от смещения с помощью стержня 1, проходящим через проушину и обе плиты и закрепляемую на неподготовленной поверхности.

Оболочка выполнена с отверстиями, через которые от внешнего агента принудительно поступает наполнитель в виде воздуха. Оболочка расширяется при увеличении объема наполнителя и утончается при истечении наполнителя под воздействием внешнего давления. Устройство укладывается через нижнюю прокладку (плиту) на естественную или искусственную опоры железнодорожного пути и взаимодействует с рельсом через верхнюю прокладку.

Оболочка выполняется со множеством внутренних оболочек, по отношению к которым она будет внешней. Причем внутренние оболочки выполнены из эластичного материала, раздуваемого под давлением, а внешняя — из износостойкого, например, резинокордового.

Внутренние оболочки связаны с источником рабочего агента и атмосферой штутцером и клапаном, резьбовыми втулками, оборудованными на внешней поверхности оболочки и связанной с внутренней оболочкой системой рукавов. Нижняя часть нижней поверхности внешней оболочки выполнена в виде протектора, что позволит дополнительно усилить сопротивление перемещению оболочки в горизонтальной плоскости. Верхняя часть верхней поверхности внешней оболочки оборудована грузонесущей площадкой.

Для повышения устойчивости конструкции прокладка и оболочка связываются между собой и опорой стержнями,

вставляемыми в сквозные отверстия прокладок и оболочки и устанавливаемые в опоре. Размер стержня в сечении прокладки меньше, чем размер отверстия, на величину, позволяющую стержню и прокладке свободно перемещаться относительно друг друга. В результате сборно-разборная конструкция легко монтируется и демонтируется.

Таким образом, модульный принцип формирования временного железнодорожного пути для неподготовленной поверхности заключается в разработке стандартных отрезков мерных рельсов и подрельсовых оснований, укладываемых вручную.

Модуль состоит из двух основных элементов: многофункционального подрельсового устройства, укладываемого на неподготовленную поверхность; мерного рельса, укладываемого на это подрельсовое устройство [7]. Мерные рельсы имеют длину не более 6 м, их вес позволяет не нарушать нормы охраны труда при транспортировке груза вручную. Концы рельсов опираются на подрельсовые устройства.

Технология укладки подрельсового устройства заключается в следующем. На неподготовленную поверхность укладывается подрельсовое устройство, содержащее опорные плиты: нижнюю, взаимодействующую с поверхностью; верхнюю, взаимодействующую с мерным рельсом и корпусом устройства.

После укладки концов мерных рельсов на подрельсовые устройства в стык к первому модулю укладывается второй, так же, как и первый, выравнивается и скрепляется, пока не будет сформирован весь путь протяженностью от 100 м до 2–4 км.

Вспомогательные технологические функции многофункционального подрельсового устройства заключаются в реализации технологии временного выравнивания рельсовой нити для оперативного исправления сверхнормативных отклонений рельсовой нити по уровню до назначения технологического перерыва в движении для выполнения работ по устранению причины появления дефекта.

Неисправности уровня рельсовой нити обычно вызваны дефектами в балластном слое и устраняются согласно нормативным документам ОАО «РЖД» известными способами: подсыпкой балласта, выправкой, подбивкой пути, укладкой подкладок и т. п., что вызывает необходимость длительных ограничительных мер в перевозочном процессе.

Укладка подрельсового основания в качестве подкладки под «провисшим» рельсом, как временная мера, позволяет, сохранив параметры перевозочного процесса, подготовиться к плановому технологическому перерыву для устранения причины возникшей неисправности рельсовой нити.

Технология временного выравнивания рельсовой нити заключается в следующем. Отрывают концы шпал, рельсовую нить поднимают с помощью путевых домкратов, под рельс на балласт укладывается нижняя плита и фиксируется от смещения в балласте с помощью направляющих стержней. На нижнюю плиту устанавливают опору с регулируемым подъемом по высоте, например, оболочкой (рис. 4, б), или же в данном случае, поскольку регулирование жесткости не требуется, на опору свободно укладывается верхняя плита. Опора, изменяя высоту верхней плиты, доводит ее до соприкосновения с подошвой рельса и блокируется от несанкционированного перемещения.

Жесткость участка пути, примыкающего к искусственному сооружению, отличная от жесткости на искусственном сооружении, вызывает необходимость регулировать модуль упругости участка пути для улучшения динамических характеристик взаимодействия с подвижным составом.

Изменять жесткость конструкции, состоящей из упругих элементов, собранных в виде упругого скелета, возможно только посредством замены элемента одной формы или материала на другой элемент с другой формой или изготовленных из другого материала. Поэтому с целью снижения объемов работ по модернизации пути предлагается модуль из подрельсовых оснований и мерных рельсов, укладываемый вручную временно на неподготовленную поверхность.

Многофункциональное подрельсовое устройство позволяет оперативно менять модуль упругости, регулируя жесткость участка пути в зависимости от эксплуатационных требований к участку и подвижному составу, проходящему по участку [8].

Конструктивно на переходном участке укладывают многофункциональные подрельсовые устройства взамен стандартных шпал или под стандартные шпалы, регулируя упруговязкие свойства изменением давления в оболочке. Шпалы поднимают и под них подкладывают оболочки, наполняемые от внеш-

него агента наполнителем, преимущественно воздухом, под давлением которого меняются вязкоупругие свойства железнодорожного пути и жесткость каждой шпалы, опирающейся на оболочку равномерно по всей длине переходного участка.

Из множества N шпал, уложенных на оболочки с наполнителем, формируется блок с возможностью изменения в оболочке давления и регулирования жесткости конструкции «рельс — шпала — оболочка — балласт». Блок состыкован с участком эксплуатируемого железнодорожного пути с жесткостью K_0 и участком искусственного сооружения, например, на мосту с жесткостью K_k . Тогда, меняя давление в оболочках под каждой шпалой, устанавливаем жесткость K_i из уложенных N как: $K_i = K_{i-1} \pm (K_0 - K_k)/N$.

Железнодорожный путь выполнен в виде блока с подрельсовыми основаниями с жесткостью, возрастающей по мере приближения к искусственному сооружению до величины, равной жесткости лежащего на нем участка пути. Способ формирования блок-участка пути регулируемой переменной жесткости заключается в укладке под шпалу оболочки, принудительно наполняемой от внешнего агента наполнителем, создавая в ней заданное или рассчитанное давление.

Переходной участок пути с распределенной жесткостью, равномерно изменяющейся в направлении от одного участка к другому, формируется оперативно без изменения конструкции пути. При этом в конструкции пути его элементы не меняются, капитальные вложения не требуются, прокладки укладываются в объеме работ, соответствующих объему работ по текущему содержанию пути, при этом жесткость пути распределяется равномерно, что позволяет избежать толчков и ударов.

В основе конструкции многофункционального подрельсового устройства лежит концепция объединения в одном конструктивном опорном подрельсовом устройстве вязкого и упругого элементов, вязкие и упругие параметры которых подбираются под заданную технологию использования.

Помимо указанных способов в единичных экземплярах многофункциональное подрельсовое устройство может применяться: для временного восстановления движения при обнаружении сверхнормативной просадки рельсовой нити, требующей прерывания движе-



Рис. 4. Прототип подрельсового основания с переменной жесткостью

ния; для регулирования жесткости пути на участках перед искусственными сооружениями для повышения плавности хода.

Преимущества укладки устройства в сравнении с укладкой железнодорожного пути стандартной конструкции:

- укладка вручную на неподготовленную поверхность в течение 30–60 мин блок-участками по 4 м;
- сохранение природной среды после оперативного демонтажа конструкции;
- модульность сборки конструкции и возможность повторного использования комплекта.

В основе конструкции многофункционального подрельсового основания лежит оболочка, выполненная в виде пневматического ролик-мешка (ПРМ), состоящего из резинокордной оболочки с коническими торцами с двумя резьбовыми втулками на конических торцах. На торцах установлены: узел контроля давления и вентиль для подачи сжатого воздуха, на другом — рым-болт для перемещения ролик-мешка при эксплуатации. Силовой армирующий каркас, выполненный из высокопрочной корд-

ной ткани, обеспечивает равномерное распределение нагрузки по всей длине ролик-мешка и значительный запас прочности. Наружный слой, выполненный из износостойкой резины, защищает ролик-мешок от истирания и других внешних воздействий в жестких условиях эксплуатации.

Модульный принцип формирования железнодорожного пути оперативного развертывания заключается в формировании комплектов рельсовых нитей, содержащих мерный рельс длиной, соответствующей весу, допускаемому для переноса вручную, двух подрельсовых опор, содержащих оболочки (ПРМ), прокладки под рельсы.

Технология оперативной укладки вручную модуля рельсовой нити заключается в следующих операциях:

- укладке на неподготовленную поверхность двух устройств (ПРМ) и на них мерного рельса;
- выравнивании рельса изменением давления в оболочке;
- укладке следующего модуля в стык и параллельной рельсовой нити;
- укладке промежуточных опор, в том числе из подручного материала;



- регулировании уровня рельсовой нити собранного пути по нормам содержания (давлением в оболочке).

Работы по укладке пути оперативного развертывания выполняет бригада из четырех человек. Время укладки одного модуля — не более 30 мин; время укладки 100 м пути — не более 6 ч. Скорость перемещения по пути — не более 15 км/ч. Вес комплекта модуля — 300 кг, включая мерный рельс в 4 м весом 260 кг.

При возведении временного железнодорожного пути оперативного развертывания эффективность применения заключается в следующем:

- простоте и дешевизне укладки, при этом уровень рельсовой нити регулируется на уложенном пути за счет изменения давления в оболочке, а в перспективе автоматически с возможностью синхронизации давления в разных оболочках в зависимости от веса перемещаемого подвижного состава;
- отсутствии необходимости возведения земляного полотна, выгрузки балласта, специальной квалификации рабочих и военнослужащих при укладке;
- многоразовости использования;
- высокой оперативности укладки пути.

Вспомогательное применение многофункционального подрельсового устройства магистральных железных дорог заключается в следующем:

- оперативном выравнивании рельсовой нити при обнаружении сверхнормативных отклонений по уровню для возможности продолжения временной

эксплуатации пути до назначения планового технологического перерыва по устранению причины появления отклонения (по аналогии с применением струбцин при обнаружении острodefектных рельсов);

- технологии оперативного формирования переходных участков пути с переменной жесткостью с возможностью плавного регулирования жесткости на всем протяжении переходного участка.

На способы применения и конструкции подрельсовых устройств получена группа патентов на изобретения, что дает основание утверждать о мировом приоритете при создании временного железнодорожного пути оперативного развертывания на неподготовленной поверхности.

В результате исследования:

- впервые разработана конструкция подрельсового основания на уровне технических предложений с элементами научной новизны, подтвержденной патентами на изобретения;
- разработана технология на основе предложенных впервые и запатентованных способов укладки подрельсовых оснований и формирования на их основе железнодорожного пути оперативного развертывания;
- решена задача оценивания влияния напряжений в рельсе, лежащем на подрельсовом основании предложенной конструкции применением асимптотического метода разложения неизвестных величин напряжений в ряды Лорана в точке воздействия колеса на рельс, описанная в работе [9];

- проведено моделирование напряженно-деформированного состояния подрельсового основания методом конечных элементов при различных высотах оболочки (от 10 до 40 см с шагом 10 см), изложенное в работе [10].

Источники

1. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. М.: Мир, 1974. 228 с.
2. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: учебное пособие для студентов вузов / под ред. В. В. Виноградова, А. Н. Никонова. М.: Маршрут, 2003. 486 с.
3. Сычев П. В., Локтев А. А., Сычев В. П. О снижении влияния удара колеса по рельсу при прохождении подвижного состава в стыках модуля железнодорожного пути оперативного развертывания // Транспорт России: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. СПб., 2023. С. 202–205.
4. Локтев А. А., Сычева А. В., Сычев В. П. Решение задачи равенства деформаций вязких и упругих элементов подрельсового основания железнодорожного пути // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2022. Т. 18, № 18(18). С. 62–71.
5. Локтев А. А. Упругопластическая модель взаимодействия цилиндрического колеса и пластинки // Письма в журнал технической физики. 2007. Т. 33, № 16. С. 72–77.
6. Патент на изобретение № 2786891. Подрельсовое устройство и способ оперативного восстановления рельсовой нити по уровню / В. П. Сычев. Опубл. 26.12.2022. Бюл. № 36.
7. Патент № 213540. Мерный рельс для оперативного развертывания железнодорожного пути / В. П. Сычев. Опубл. 15.09.2022. Бюл. № 26.
8. Сычева А. В., Локтев А. А., Сычев В. П. Управление жесткостью пути на переходных участках // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 2. С. 16–20.
9. Локтев А. А., Сычева А. В., Сычев В. П. Моделирование работы бесстыкового пути по критерию обеспечения его устойчивости // Наука и техника транспорта. 2021. № 2. С. 57–62.
10. Сычев В. П., Сычева А. В., Овчинников Д. В. Напряженное состояние пути при использовании устройства для выравнивания рельсовой нити // Путь и путевое хозяйство. 2025. № 1. С. 29–31.

Пассивная безопасность рабочего места машиниста с использованием виртуальной модели человека



Н. Ф. Красюков,
канд. техн. наук,
ведущий научный
сотрудник АО «Научно-
исследовательский
и конструкторско-
технологический
институт подвижного
состава» (АО «ВНИКИ»),



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

На железнодорожном транспорте в процессе эксплуатации случаются аварийные ситуации по причине столкновения поездов с препятствиями на железнодорожном пути, природно-климатических явлений, человеческого фактора, при которых сходит с рельсов или повреждается подвижной состав, травмируются члены локомотивных и поездных бригад, пассажиры.

Проблема обеспечения безопасности становится особенно актуальной в связи с развитием на железнодорожном транспорте высокоскоростного движения.

В АО «ВНИКИ» проводятся расчетно-экспериментальные исследования механической безопасности локомотивных бригад с определением напряженно-деформированного состояния конструкции кабины машиниста, кузова локомотива и параметров травмоопасных воздействий на человека [1–4]. Формируются методики по реализации «Технических требований к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных

дорог колеи 1520 мм»¹ (ТТ к СПБ) и «Технических требований к системе защиты локомотивной бригады при аварийном столкновении локомотива с препятствием»².

Исследования направляются не только на изучение тяжести негативных последствий аварийных столкновений, сходов с рельсов, но и других травмоопасных ситуаций, связанных с потерей здоровья и нарушением работоспособности членов локомотивной бригады и пассажиров поезда, на уточнение требований к последующим восстановительным мероприятиям и специальной оценке условий труда машиниста локомотива.

Рассмотрим аварийную ситуацию на железнодорожном транспорте, вызванную столкновением локомотива (головного вагона) поезда с препятствием на пути. По данным статистики, до 85 % таких происшествий происходит на железнодорожных переездах с мобильными транспортными средствами массой около 10 т (грузовой автомобиль) и примерно до 14 % — с отдельным грузовым вагоном массой около 80 т на станционных и подъездных путях.

Согласно выборке из сведений о дорожно-транспортном происшествии на переезде (учетная форма ПУ-69), из года в год происходит в среднем 230 случаев столкновения подвижного состава с травмированием членов локомотивных бригад. При этом в одном из 130 проис-



¹ Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2011 № 2740р.

² Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 10.01.2022 № 7/р.

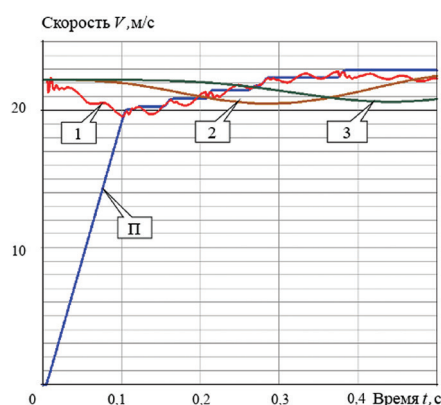


Рис. 1. Скорость движения вагонов 1, 2, 3 и препятствия (П) в процессе столкновения электропоезда

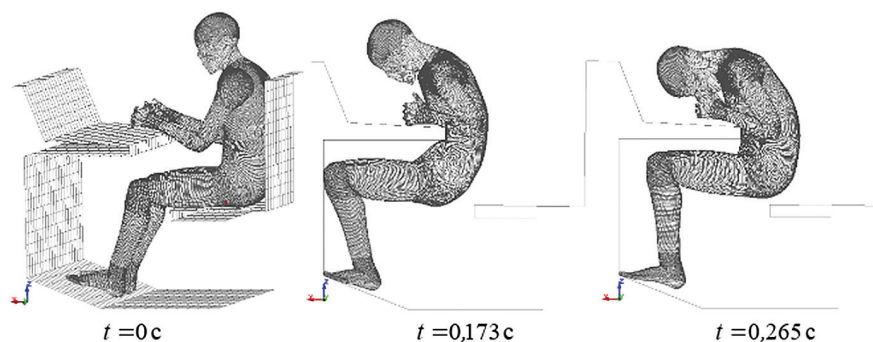


Рис. 2. Положения виртуальной модели тела человека на рабочем месте машиниста в процессе столкновения поезда

шестий травмируется машинист или его помощник.

Предлагается новый подход к повышению эффективности конструктивной защиты (пассивной безопасности) рабочего места машиниста за пультом управления с помощью подушек безопасности, позволяющих снизить риск получения механических травм при внезапном столкновении локомотива с препятствием на железнодорожном пути.

Расчеты на виртуальных моделях показывают, что при столкновении на скорости 22,2 м/с (80 км/ч) электропоезда из 10 вагонов с препятствием массой 10 т (рис. 1) в начальной фазе удара длительностью около 0,1 с продольные скорости препятствия и головного вагона уравниваются. В результате скорость вагона снижается до 19,0 м/с (68,4 км/ч), т. е. на 3,2 м/с (11,5 км/ч). В то же время тело машиниста по инерции продолжает продольное движение относительно элементов рабочего места (пульт управ-

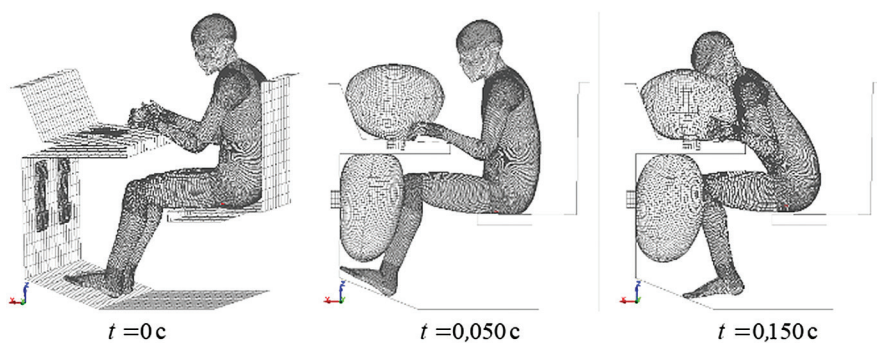


Рис. 3. Движение виртуальной модели тела человека на рабочем месте машиниста, оборудованном подушками безопасности

ления, кресло машиниста) с указанной начальной скоростью.

Описанный сценарий аварийного столкновения аналогичен сценарию 1 действующей редакции ТТ к СПб: скорости столкновения — 72 и 110 км/ч, среднее значение продольного ускорения вагонов — не более 50 м/с^2 ($> 5 \text{ g}$).

Параметры движения и контактного взаимодействия тела машиниста при аварийном столкновении поезда рассчитывались с применением 50-процентильной виртуальной модели тела человека THUMS (Total Human Model for Safety) AM50 V4.1 [5]. THUMS — это библиотека моделей тела человека для ANSYS LS-DYNA, разрабо-

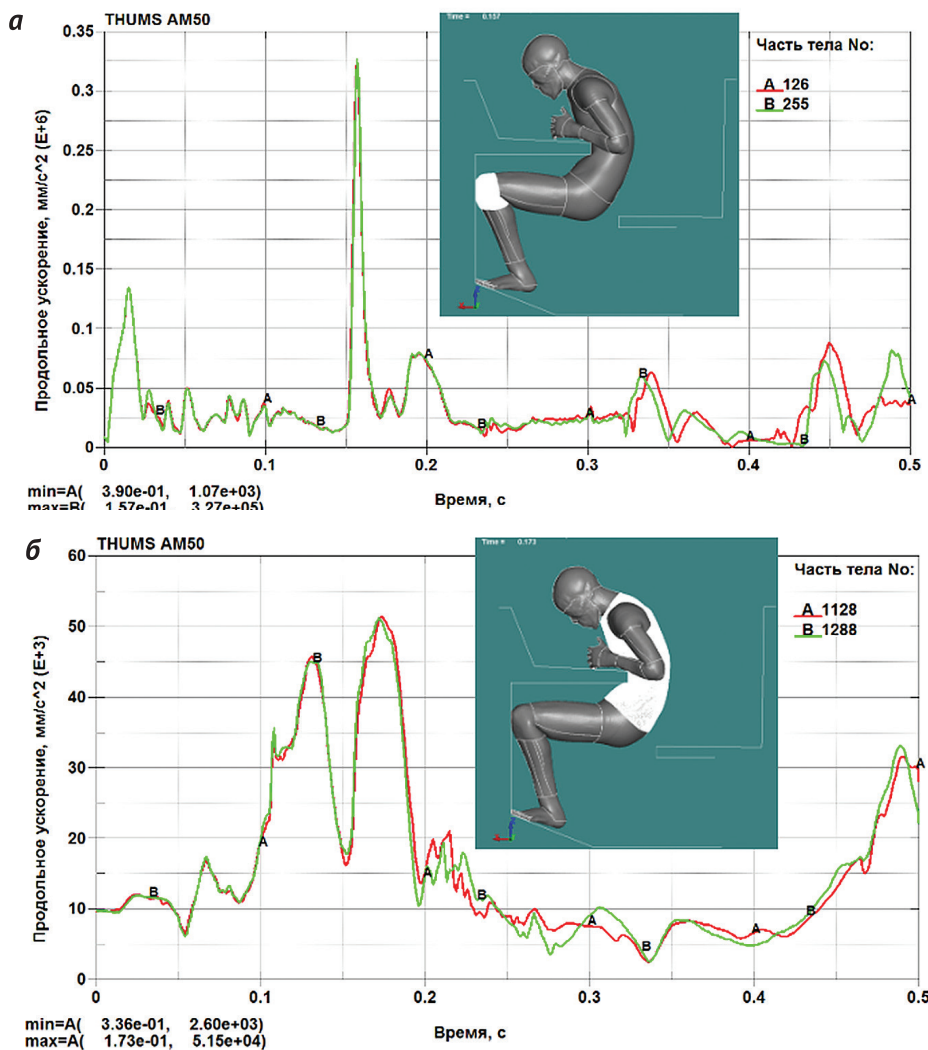


Рис. 4. Графики механических перегрузок в области коленей (а) и туловища (б) машиниста

танная Toyota Motor Corporation и Toyota Central R&D Labs. Модели THUMS предназначены для исследований и разработки технологий, обеспечивающих пассивную безопасность транспортных средств.

THUMS способны в процессе выполнения виртуальных краш-тестов детально анализировать травмы, связанные со столкновением. В отличие от обычных манекенов, используемых в ходе реальных испытаний на столкновение транспортных средств, THUMS точнее отражают формы и прочность человеческого тела и не связаны с ограничениями измерительной аппаратуры.

На рис. 2 и 3 показаны исходные (на момент начала столкновения, $t = 0$ с) и последующие положения виртуальной модели тела человека, движущегося относительно элементов рабочего места под воздействием продольной скорости, начальная величина которой составляет 3,2 м/с.

Из рис. 2 видно, что в результате внезапного столкновения поезда с пре-

пятствием при условиях, аналогичных сценарию 1 ТТ к СПБ (когда машинист не успевает заранее встать и уйти в безопасную зону, и столкновение застигает его на рабочем месте), для него возникает реальный риск получения механических травм коленей и туловища (внутренних органов).

На рис. 4 показаны графики механических перегрузок, возникающих в частях тела машиниста при ударах о поверхности конструкции пульта управления. Из графиков следует, что в области коленей в течение 0,020 с действует однократный треугольный импульс величиной $0,325 \cdot 10^6 \text{ мм/с}^2 \gg 33,1 \text{ г}$, а в области туловища в течение 0,1 с — двукратный с интервалом 0,05 с импульс величиной около $50 \cdot 10^3 \text{ мм/с}^2 \gg 5,1 \text{ г}$.

Для снижения риска травмирования машиниста его рабочее место предлагается оборудовать подушками безопасности. В данном случае рассмотрено применение трех подушек, которые с момента столкновения поезда с препятствием

наполняются одновременно в течение 30 мс от индивидуальных газогенераторов. До начала наполнения подушки находятся в сложенном состоянии.

На рис. 3 показано размещение подушек безопасности (две — снизу пульта управления на уровне колен, одна — сверху), а также их функционирование при аварийном столкновении поезда. Наполненные подушки, как это видно на промежуточных кадрах, эффективно блокируют появление механических контактов между частями тела машиниста и пультом управления, чем снижают риск травмирования. То есть оснащение рабочего места машиниста подушками безопасности повышает эффективность его конструктивной защиты.

Таким образом, сделаем выводы:

- Определение параметров механических воздействий на машиниста в аварийной ситуации возможно и целесообразно на виртуальных моделях тела человека расчетным путем.
- Для повышения безопасности рабочего места машиниста по условиям его физического и физиологического травмирования при столкновении поезда с препятствием на железнодорожном пути эффективным средством представляется применение подушек безопасности.

Источники

1. Красюков Н. Ф. Как повысить пассивную безопасность подвижного состава // Локомотив. 2014. № 8. С. 9–10.
2. Красюков Н. Ф. Моделирование динамического поведения системы твердых тел в задаче конструктивной защиты локомотива в аварийной ситуации // Мехатроника, автоматика и робототехника: Материалы международной научно-практической конференции. Новокузнецк: НИЦ МС, 2019. № 3. С. 52–59.
3. Патент № 2387557 Российская Федерация. Модуль кабины транспортного средства / Н. Ф. Красюков, Г. И. Михайлов, В. Ю. Гусев, Н. М. Кузина. Опубл. 27.04.2010. Бюл. № 12. 6 с.
4. Патент № 2476339 Российская Федерация. Модуль для гашения энергии при соударении транспортных средств / Н. Ф. Красюков, Г. И. Михайлов, Э. С. Оганьян, А. К. Кириков. Опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6. 6 с.
5. Virtual human body model for analysis of vehicle collision related injuries. URL: <https://www.toyota.co.jp/thums/> (дата обращения: 20.12.2024).

Вибрационная диагностика узлов механизмов подъемно-транспортных машин с применением имитационного и натурного моделирования



А. Ю. Ганшкевич,
канд., техн. наук,
доцент кафедры
«Водные пути, порты
и портовое оборудование»
Российского университета
транспорта
(РУТ (МИИТ)),



Ф. О. Фадеев,
аспирант РУТ (МИИТ)

Одной из наиболее актуальных проблем эксплуатации подъемно-транспортных машин, обслуживающих крупные транспортные терминалы, являются внезапные отказы, приводящие к незапланированному простоев техники и серьезным убыткам.

Статистический анализ аварий и инцидентов в российских портах показал, что порядка 50% отказов возникают по причинам технического характера: износ, усталостные разрушения, остаточные деформации и т. п. Снижения числа внезапных отказов можно добиться внедрением методов раннего диагностирования дефектов.

Вибродиагностика — один из наиболее эффективных методов диагностирования механического оборудования, позволяющий выявлять дефекты на стадиях зарождения и раннего развития без разборки и демонтажа агрегатов [1, 2]. При расшифровке и анализе вибросигналов крановых механизмов возникают определенные проблемы [3, 4], часть которых может быть успешно решена применением частотно-временного анализа и адаптивной фильтрации [4]. Однако при анализе механизмов с большим числом источников вибрации приходится сталкиваться с некоторыми сложностями:

- для эффективного применения полосовых фильтров необходимо априори знать частоты, на которых наиболее вероятно обнаружение определенных дефектов;
- для идентификации дефектов по частотным пикам при наложении сигналов от нескольких дефектов требуется знать значения комбинационных частот;
- при проверке гипотез о связи отдельных частотных пиков с конкретными дефектами необходимо иметь возможность детально исследовать вклад

отдельных дефектов в общий спектр вибрации.

Для решения указанных проблем авторами разработана технология имитационного моделирования механизма с эксплуатационными повреждениями, которая позволила получить более полное и детальное представление о составе вибрационного сигнала.

Постановка задачи

В любом механизме подъемного крана имеется множество узлов, которые являются источниками вибрации: муфты, валы, подшипники, зубчатые зацепления и др., каждый из которых характеризуется своей вынужденной частотой вибрации, зависящей от частоты возбуждающей силы на входном звене механизма.

Такую частоту принято называть основной частотой узла. При появлении дефектов вибросигналы узлов модулируются по частоте, фазе или амплитуде, что приводит к появлению в спектре диагностических признаков дефектов, например, гармоник и субгармоник основных частот. Кроме того, некоторые узлы показывают виброотклик на собственной частоте колебаний, не зависящей от основной частоты узла [1, 3].

Взаимодействие различных источников возбуждения приводит к появлению большого числа комбинационных и модулируемых частот. При нестационарной работе механизмов, которая обусловлена изменением нагрузки и повторно-кратковременным режимом работы кранов, эти частоты значительно изменяются в течение цикла.

Имитационная модель механизма должна учитывать эти факторы для корректной работы.

Имитационная модель механизма

Схематизация модели. На первом этапе моделирования построена структурная схема механизма, компонентами которой являются узлы и дефекты. Узел — это структурный элемент, который при работе генерирует вибрационный сигнал, например, зубчатое зацепление, муфта, кольцо подшипника и т. д.

Каждый узел характеризуется своей основной частотой. Дефект — элемент структурной схемы, который модулирует основную частоту узла, например, статический или динамический дисбаланс муфты, контактное выкрашивание в зубчатой паре и т. д. При построении структурной схемы элементы располагались в той же последовательности, как и в механизме. На рис. 1 в качестве примера приведен фрагмент структурной схемы лебедки механизма подъема крана «Альбатрос» 10/20–32/16.

Моделирование возбуждающего воздействия. Поскольку большинство механизмов крана эксплуатируются преимущественно с переменными режимами работы, вибрационный сигнал на входе моделировался с учетом изменения частоты возбуждающей силы. Изменение частоты происходит при пуске и торможении механизма, а также вследствие непостоянства нагрузки, действующей на привод. Закон изменения частоты возбуждающей силы моделировался функцией:

$$f_0(t) = f_{0n} k_{ab}(t) k_f(t), \quad (1)$$

где f_{0n} — номинальная частота возбуждающей силы при установившемся движении;
 $k_{ab}(t)$ — коэффициент, учитывающий режим разгона или торможения механизма;
 $k_f(t)$ — коэффициент, учитывающий изменение частоты вращения двигателя вследствие переменной нагрузки.

Закон изменения частоты вращения двигателя при режимах пуска и торможения задавался на основе опытных исследований. Эксперимент проводился на портальных кранах «Альбатрос» 10/20–32/16, «Альбрехт» 10–32, «Кондор», принадлежащих АО «Северный порт» (Москва). Указанные краны имеют в составе электропривода асинхронные двигатели с фазным ротором и релейно-контакторной схемой управления. Оценка скорости вращения двигателей

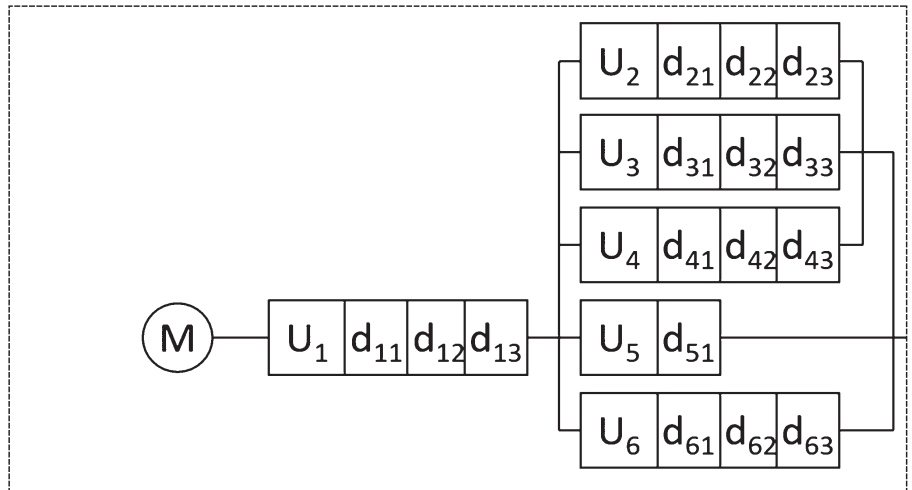


Рис. 1. Фрагмент структурной схемы лебедки механизма подъема: M — генератор первичного возбуждения: электродвигатель; $U_1...U_6$ — узлы схемы: муфта, сепаратор, внутреннее и внешнее кольца подшипника, быстроходный вал и зубчатое зацепление соответственно; $d_{11}...d_{63}$ — потенциальные развитые дефекты соответствующих узлов: дисбаланс, смещение, деформация, износ и т. п.

проводилась на основе замера частоты вибраций опор двигателя, измеренной акселерометрами.

Для измерения использованы акселерометры BC 201 (№ 49619–12 в реестре средств измерений РФ) и аналого-цифровой преобразователь ZET 220 производства ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы». Измерения проводились «слепым» методом, т. е. оператор крана не знал о проведении измерений и работал в штатном режиме.

Как показал анализ динамики режимов разгона и торможения механизмов портальных кранов, зависимость частоты вращения привода от времени в течение цикла хорошо описывается кусочно-заданной функцией вида:

$$k_{ab}(t) = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi t}{2t_a}\right), & t < t_a \\ 1, & t_a \leq t \leq (t_c - t_b) \\ \sin\left[\frac{\pi(t - t_c - 2t_b)}{2t_b}\right], & t > (t_c - t_b) \end{cases} \quad (2)$$

где t_a — время разгона механизма до номинальной скорости;
 t_c — время цикла работы механизма;
 t_b — время торможения механизма.

Закон изменения коэффициента $k_f(t)$ зависит от механизма, который моделируется. Для механизма подъема его значение зависит от нагрузки на канаты и направления перемещения груза и находится в пределах $k_f \in [0,97; 1,05]$, а для механизма изменения вылета изменяется плавно при изменении грузового момента, что хорошо описывается зависимостью:

$$k_f(t) = \frac{1}{p+1} [\sin(\varepsilon t + \vartheta) + p], \quad (3)$$

где $p, \varepsilon, \vartheta$ — параметры, определяемые эмпирически для каждой модели крана.

Моделирование вибрационных сигналов выполнялось с частотой дискретизации f_s , равной частоте дискретизации измерительного комплекса, который использовался при проведении замеров. Возбуждающий сигнал описывался вектором a_0 , элементы которого вычислялись по формуле

$$a_{0i} = \sin\left(2\pi f_{0n} \int_{i-0,5\Delta t}^{i+0,5\Delta t} k_{ab}(t_i) k_f(t_i) dt\right) \times k_{ab}(t_i) k_f(t_i), \quad (4)$$

где $\Delta t = f_s^{-1}$ — шаг дискретизации.

Моделирование дефектов. Зависимость между возбуждающей частотой f_0 и вынужденными частотами отдельных узлов f_{ui} в большинстве случаев описывается линейной зависимостью вида:

$$f_{ui} = u_i f_0, \quad (5)$$

где u_i — передаточное число для i -го узла.

При наличии дефектов вынужденная частота узла имеет диагностический признак, являющийся частотной или амплитудной модуляцией, что проявляется на спектре в виде боковых гармоник с частотами $(f_{ui} \pm k f_{di})$, где f_{di} — частоты проявления дефектов, $k=1, 2, \dots$

Кроме того, ударные импульсы, возникающие при попадании некоторых дефектов в зону контакта, вызывают отклик дефектных элементов в виде быстрозатухающих колебаний. Такой отклик проявляется на спектре в виде комбинационных частот $(f_{ci} \pm k f_{di})$, где f_{ci} — частоты следования ударных импульсов, $k=1, 2, \dots$

Наиболее распространенными дефектами механизмов кранов являются разбалансировка муфт и валов, радиальное и угловое смещение полумуфт, дефекты подшипников (износ или контактное выкрашивание тел качения и дорожек, разрушение сепараторов, трещины или сколы колец), дефекты зубчатых зацеплений (выкрашивание, абразивный износ, трещины, сколы зубьев, заедание в паре) и др.

Вибрационные картины таких дефектов хорошо изучены и подробно описаны в [1, 5–9]. Так, например, поверхностное выкрашивание зубьев проявляется в спектре в виде амплитудной модуляции сигнала зубозацепления, тогда как заедание — в виде частотной модуляции того же сигнала [9]. При наличии амплитудной и частотной модуляции математическая модель сигнала дефектного узла описывалась зависимостью:

$$a_u(t) = \sum_d [(1 + M_d \cos(\Omega_{d1}t + \Phi_d)) \times \cos((2\pi f_{iu}t + \varphi_u) + m_d \sin(\Omega_{d2}t))], \quad (6)$$

где M_d, m_d — индексы;

Ω_{d1}, Ω_{d2} — угловые частоты амплитудной и частотной модуляции, создаваемой дефектом d ;

Φ_d, φ_u — начальные фазы сигналов амплитудной модуляции и основных колебаний узла соответственно.

При моделировании работы механизма в целом сигналы отдельных узлов суммировались:

$$a(t) = \sum_j [\xi_j a_{uj}(t)], \quad (7)$$

где j — порядковый номер узла;

ξ_j — коэффициент, учитывающий затухание сигнала на пути от источника возбуждения к точке установки датчика.

На основании аналитической зависимости (7) формировался дискретный сигнал ad с заданной частотой дискретизации f_s по формуле

$$a_{di} = a\left(\frac{i}{f}\right). \quad (8)$$

Дополнительным фактором, усложняющим расшифровку результатов вибродиагностики, является наличие шумовой составляющей сигнала, которая моделировалась добавлением к членам ряда a_d случайной величины, распределенной равномерно в интервале $[-1, 1]$ и умноженной на коэффициент шума.

Результаты моделирования

Разработанная имитационная модель применялась при диагностировании механизма подъема с дефектами зубчатой передачи первой и второй ступени.

Значения модулирующих частот Ω_{u1} и Ω_{u2} для уравнения (6) принимались на основании известных справочных данных [1, 7, 8] в зависимости от вида и характера возможных дефектов. Начальные фазы Φ_d и φ_u принимались равными нулю.

При планировании диагностирования имитационная модель использовалась для определения необходимой частоты дискретизации. Во избежание потерь диагностической информации для частоты дискретизации должно выполняться условие:

$$f_s \geq 2f_{\max}, \quad (9)$$

где $f_{\max}$ — максимальная частота в спектре сигнала, которая может нести информацию о дефектах. Манипулирование значениями индексов модуляции M_d и m_d позволило определить $f_{\max}$ с учетом комбинационных частот, возникающих при одновременном протекании множества вибрационных процессов.

При анализе результатов диагностирования имитационная модель использовалась для уточнения частот среза полосовых фильтров при поиске определенных дефектов. Для этого в модельном сигнале «отключались» все посторонние источники возбуждения с соответствующими дефектами, которые могли маскировать частоты искомого дефекта.

Сравнительный анализ модельного и экспериментального сигналов, выполненный одними и теми же методами, позволил раскрыть некоторые неопределенности, наблюдавшиеся в экспериментальном сигнале. Так, например, тематический эксперимент с имитационной моделью механизма подъема крана «Альбатрос» позволил определить, что неидентифицированные пики на спектре Фурье, построенном по результатам натурного эксперимента, соответствуют частотам дефектов зубчатой передачи, смещенным в область низких частот в результате алиасинга.

Выводы

- Предварительное имитационное моделирование позволяет правильно подобрать характеристики измерительной системы.
- Предварительное моделирование с «отключением» отдельных дефектов позволяет выбрать полосы частот для поиска определенных дефектов.
- Сравнительный анализ поведения модели и диагностируемого узла позволяет раскрыть неопределенности, возникающие при анализе результатов вибродиагностики.

Таким образом, имитационное моделирование позволяет повысить эффективность применения вибрационно-диагностических методов.

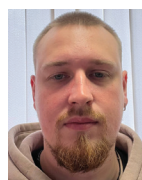
Источники

1. Гаврилин А. Н., Мойзес Б. Б. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2 // М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Томский политехнический ун-т. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 128 с.
2. Мустафин Р. Ш., Макарьева Е. В. Опыт диагностики редукторов главного подъема грузоподъемных машин кислородно-конвертерного цеха на примере КГ-1830 // Журнал Евразийского союза ученых (ЕСУ). 2015. № 6 (15). С. 132–136.
3. Омелья Д. В., Драган А. В. Проблемы виброакустической диагностики повреждений зубчатых колес многовальных приводов // Межвузовский сборник «Научные заметки». 2015. Вып. 49. С. 106–110.
4. Ganshkevich A. Yu., Alexandrova O. A., Stoyantsov N. M. Topical issues of vibration-based diagnostics of the mechanical equipment of portal slewing cranes // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 747. № 1. P. 012112. DOI:10.1088/1757-899X/747/1/012112.
5. Чернышенко А. В., Мельниченко А. А., Павлова А. А. Особенности диагностики низкооборотных подшипников качения в буксах механизма передвижения мостовых кранов // Машинобудовання. 2008. № 2. С. 36–48.
6. Балицкий Ф. Я., Соколова А. Г., Долаберидзе Г. В., Иванова М. А. Диагностика дефектов машинного оборудования в нелинейной вибродиагностике методом каскадной демодуляции вибрации // Вестник научно-технического развития. 2013. № 12 (76). С. 3–12.
7. Баркова Н. А., Борисов А. А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Расчет основных частот вибрации узлов машин, параметров измерительной аппаратуры и практическая экспертиза: учеб. пособие. СПб.: СПбГМТУ, 2009. 111 с.
8. Русов В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. Пермь, 2012.
9. Соколова А. Г., Балицкий Ф. Я., Долаберидзе Г. В., Иванова М. А. Анализ параметров модулированных вибрационных процессов и их огибающих по результатам имитационного моделирования // Вестник научно-технического развития. 2014. № 8 (84). С. 39–53.

Модернизация сферических резинометаллических шарниров для экипажной части локомотива



Д. Н. Шевченко,
канд. техн. наук, доцент
кафедры «Тяговый подвижной состав»
Российской открытой
академии транспорта
Российского университета
транспорта (РОАТ РУТ
(МИИТ)),



Е. Г. Максаев,
ассистент кафедры
«Тяговый подвижной
состав» РОАТ РУТ
(МИИТ),



О. В. Измеров,
канд. техн. наук

Вопрос предотвращения случаев отслоения резинового элемента от металлических обойм в сферическом резинометаллическом шарнире с продольным разъемом является в локомотивном хозяйстве весьма актуальным. Предлагается модернизировать выпускаемый шарнир путем изменения формы выемки. Также в качестве перспективного решения целесообразно разработать модификацию изделия с радиальными разрезами наружной обоймы.

В ряде статей [1–3] авторами рассмотрены вопросы проектирования, расчета и моделирования двухслойных сферических резинометаллических шарниров (РМШ), имеющих более высокую нагрузочную способность по сравнению с однослойными, нашедшими применение на современном подвижном составе. Вместе с тем очевидно, что в перспективе будет расширяться и сфера применения технологически более простых однослойных сферических РМШ, нагрузочная способность которых может оказаться достаточной для ряда узлов.

При этом в эксплуатации ряда отечественных локомотивов зафиксированы факты выхода из строя сферических РМШ, выражающиеся в отслоении рези-

нового элемента от наружной обоймы и выдавливании резины за торец поводка [4–6]. В связи с этим возникает проблема поиска путей повышения нагрузочной способности и долговечности для однослойных сферических резинометаллических шарниров.

Достоинства и недостатки конструкции резинометаллических шарниров

Впервые для экипажной части отечественных локомотивов сферические РМШ разработаны и испытаны АО «ВНИКТИ» в 80-х годах прошлого века для применения в перспективных тепловозах [7, 8]. Несмотря на выявленные технические явные преимущества перед цилиндрическими шарнирами, ввиду большей сложности изготовления сферические РМШ в настоящее время применяются в России только на локомотивах, разработанных после 1991 г.

Наиболее распространенным является сферический резинометаллический шарнир с диаметром наружной втулки 120 мм, поперечным разъемом, без отверстия во внутренней втулке, применяемый в буксовых поводках и подвесках электровозов 2ЭС10, 2ЭС6 и др. производства АО «Синара-Транспортные машины» и тепловоза 2ТЭ25А производства АО «Трансмашхолдинг». Несмотря на то, что чертежи, по которым изготавливается данный шарнир для указанных предприятий, носят разные наименования, по размерам и свойствам изделия идентичны (рис. 1).

Конструкция сферического РМШ относительно проста и технологична по сравнению с трехсегментными шарнирами с радиальными разрезами, нашед-

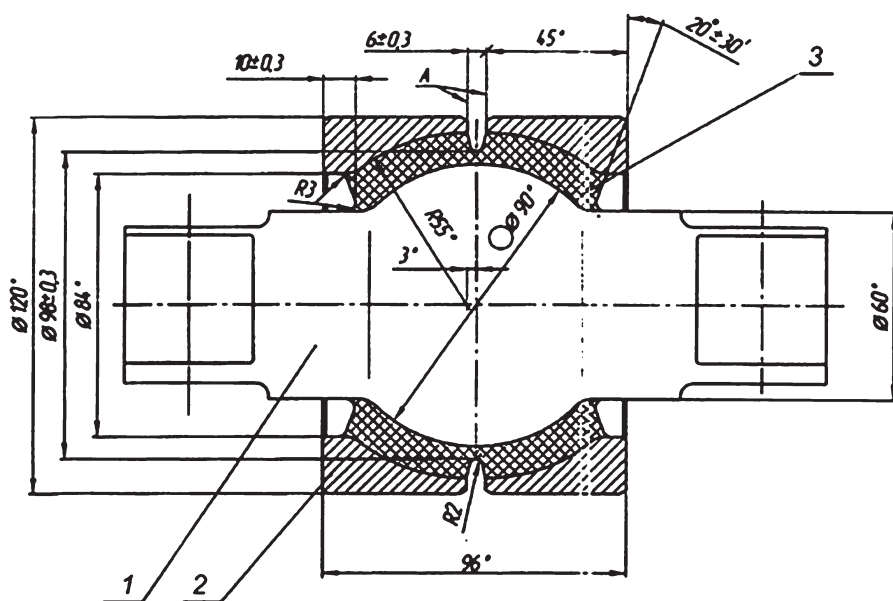


Рис. 1. Сферический резинометаллический шарнир: 1 – внутренняя обойма; 2 – наружная обойма; 3 – резиновая втулка

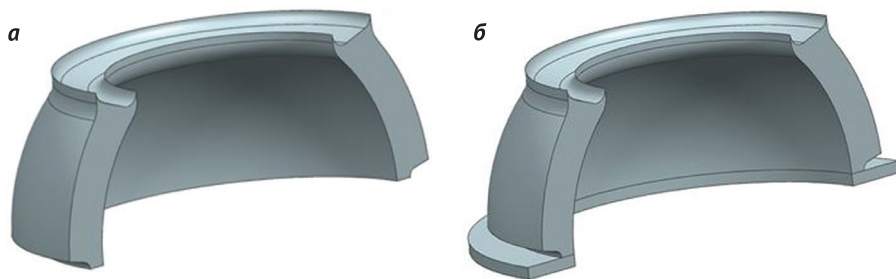


Рис. 2. Твердотельная трехмерная модель резинового слоя четверти шарнира: а – без условного упорного тела; б – с условным упорным телом

шими широкое применение за рубежом. Он удобен для изготовления в пресс-форме методом литья и прост для монтажа, поскольку не требует специальных приспособлений для предварительного сжатия частей наружной обоймы (оно происходит при запрессовке обойм в деталь). Отсутствие радиальных разъемов наружной обоймы облегчает обработку ее поверхности для обеспечения гарантированного натяга при сборке.

Все это дает основания считать, что выбор данной конструкции в период освоения производства сферических РМШ в России без достаточного собственного опыта или закупки зарубежных технологий является рациональным, поскольку позволяет быстро получить конечный результат, пригодный для использования на серийных локомотивах.

К недостаткам рассматриваемой конструкции относится то, что предварительная деформация сжатия резинового элемента, необходимая для того, чтобы исключить при работе шарнира деформации растяжения, ведущие к возникновению трещин [9], создается за счет сдвига половин наружных обойм относительно внутренней, что требует втрое большего перемещения обойм по сравнению с созданием предварительной деформации путем радиального перемещения. В данном случае относительная деформация резинового слоя в 10% создается не путем радиального смещения обойм на 1 мм, а сдвига каждой из обойм к середине шарнира на 3 мм.

Касательные напряжения в резине в месте вулканизации без учета выдавливания резины в стороны от выемки для рассматриваемого шарнира должны составить 2,8 МПа, в то время как прочность соединения резины, применяемой для отечественных РМШ, с металлом с помощью клея «Лейконат» для разных резиновых смесей составляет от 3 до 10 МПа [1, 10].

В случае выдавливания резины в стороны от выемки величина касательных напряжений в месте вулканизации рези-

ны с металлом будет возрастать. Все это указывает на необходимость дальнейших исследований деформаций резины и напряженного состояния резинового слоя данного шарнира.

Исследование деформаций резинового слоя при сборке шарнира

Исследования проводились с помощью математического моделирования деформаций методом конечных элементов. Их методика изложена в [1–3]. Для решения данной задачи разработана конечно-элементная модель ¼ шарнира. Как было показано в данных работах, деформация металлических обойм шарнира практически не влияет на результаты из-за высокой относительной жесткости обойм, в связи с чем обоймы шарнира решено не моделировать, а заменить их жесткими связями (рис. 2, а).

Для ограничения перемещения узлов поверхности выреза в модель введено условное упорное тело, которое должно контактировать с выпучивающейся резиной (рис. 2, б). Разбиение на конечные элементы модели резинового слоя осуществлялось с применением тетраэдральных черырехузловых конечных элементов. Размер сетки составил 1 мм. Условное упорное тело моделировалось восьмиузловыми тетраэдральными конечными элементами с шагом сетки 1 мм (рис. 3, а).

Исходя из допущения, что для шарнира, симметричного относительно плоскости, проходящей через середину шарнира и перпендикулярной его продольной оси, перетекание резины при монтаже шарнира из одной половины в другую не будет происходить ввиду одинаковых перемещений наружных полуобойм, создающих равные усилия в обеих частях резинового элемента, условному упорному телу назначена модель материала «Сталь» с модулем упругости $E=210\,000$ МПа и коэффициентом Пуассона $\mu=0,3$, что соответствует практическому отсутствию деформации условного упорного

тела. Согласно конструкторской документации, на шарнир резинового слоя назначены параметры жесткости, соответствующие резине с твердостью 60 НВ, $E=2,7$ МПа и коэффициентом Пуассона $\mu=0,499999$.

На конечно-элементную модель накладывалось условие контактного взаимодействия поверхности выреза с сеткой упорного тела (рис. 3, б). На нижнюю грань упорного тела и внутреннюю поверхность резинового слоя накладывалось ограничение «фиксации» — жесткого закрепления узлов, принадлежащих опорной грани. Узлы наружной грани резинового слоя фиксированы по пяти степеням свободы кроме направления смещения наружного кольца. В этом направлении узлам назначено принудительное перемещение на величину половины выреза в шарнире — 3 мм. На грани резинового тела расположенные по плоскостям разреза шарнира наложены симметричные связи, компенсирующие воздействие отсеченной части.

Результаты моделирования приведены на рис. 4 и 5, где показаны общий вид резинового слоя после деформации и деформация свободной поверхности резинового слоя.

Как видно из рис. 5, а, при смыкании обойм объем выемки недостаточен, и резина должна была бы проникнуть в условное упорное тело. Поскольку это невозможно, она будет выдавливаться от места сомкнувшейся выемки в сторо-

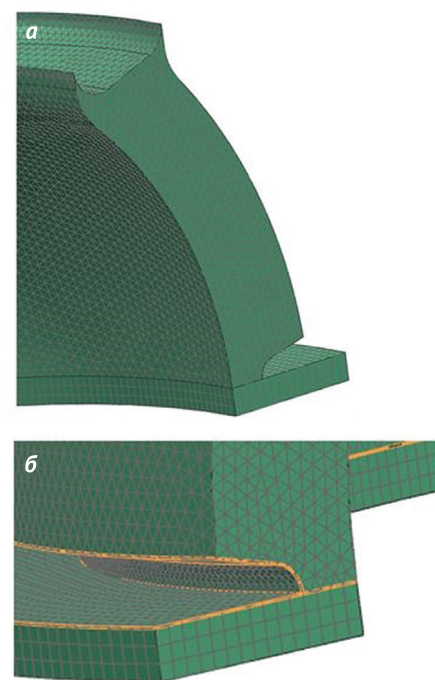


Рис. 3. Конечно-элементная сетка на телах модели (а) и поверхности, участвующие в моделировании контактного взаимодействия (б)

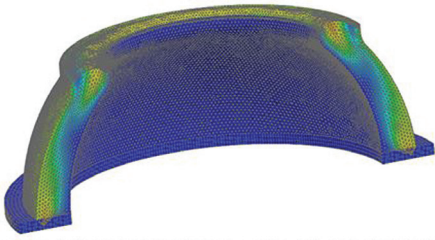


Рис. 4. Результат расчета деформаций резинового слоя при перемещении наружной обоймы на 3 мм, что соответствует смыканию зазора между обоймами

ну свободных поверхностей, что ведет к росту касательных напряжений на поверхности, где резиновый слой привулканизирован к металлическим обоймам.

Как видно на рис. 5, б, форма свободной поверхности шарнира в виде конуса с закруглениями по краям при смыкании обойм не предотвращает возникновения выпучивания, в зоне которого в резиновом слое возникают деформации растяжения, ведущие при циклическом нагружении к появлению усталостных трещин. При этом выдавливание резины от выемки к свободным поверхностям усиливает выпучивание.

Таким образом, возникает вопрос, какой должна быть теоретическая форма выемки, при которой не будет выдавливания резины в сторону свободной поверхности (от этого также будет зависеть и рациональная форма свободной поверхности резинового слоя до сборки шарнира).

Поиск рациональной формы выемки в резиновом слое

Общепринятой методики проектирования сферических РМШ с поперечным разъемом, в частности, общепринятых методов выбора формы выемки между частями наружной обоймы, не существует. В 80-х годах прошлого века на основании исследований, проведенных В. С. Коссовым в АО «ВНИКТИ» с использованием двумерной конечно-элементной модели резинового слоя (имеющиеся тогда возможности вычислительной техники не позволяли реализовать трехмерную модель), предложена и запатентована следующая форма выемки, описываемой функцией квадратного корня [11]:

$$B = \frac{2h \cdot \Delta_p}{\sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{8}{3} \frac{\delta}{R \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \right)^{0,5},$$

где B — ширина выемки на расстоянии δ мм от плоскости, параллельной продольной оси шарнира и касательной к обоим сферическим поверхностям колец, мм;

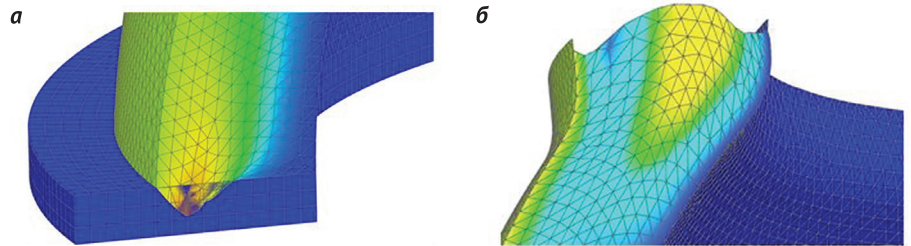


Рис. 5. Отсутствие реального контактного взаимодействия в зоне соединения конечных элементов сеток (а) и выпучивание свободной поверхности резинового слоя (б)

α — угол раскрытия резинового элемента, определяемый вертикальной осью симметрии шарнира и прямой, проходящей через центр шарнира и торец внутренней поверхности кольца, град.;

R — радиус наружной сферической поверхности элемента, мм;

h — толщина резинового элемента, мм;

Δ_p — предварительная радиальная деформация резины, относительная величина, $\Delta_p \leq 0,5$.

Указанная форма выемки получена в результате аппроксимации результатов математического моделирования деформации резинового слоя шарнира при раздвигании частей наружных обойм на расстояние, равное зазору между обоймами до монтажа шарнира. При этом поверхность резинового слоя в зоне выемки до раздвигания полагалась плоской. Решено использовать аналогичный подход и для трехмерной конечно-элементной модели.

Построена трехмерная модель шарнира со сдвинутыми кольцами в начальном положении с последующим разбиением на объемные тетраэдральные конечные элементы с шагом конечно-элементной сетки, равным 1 мм (рис. 6).

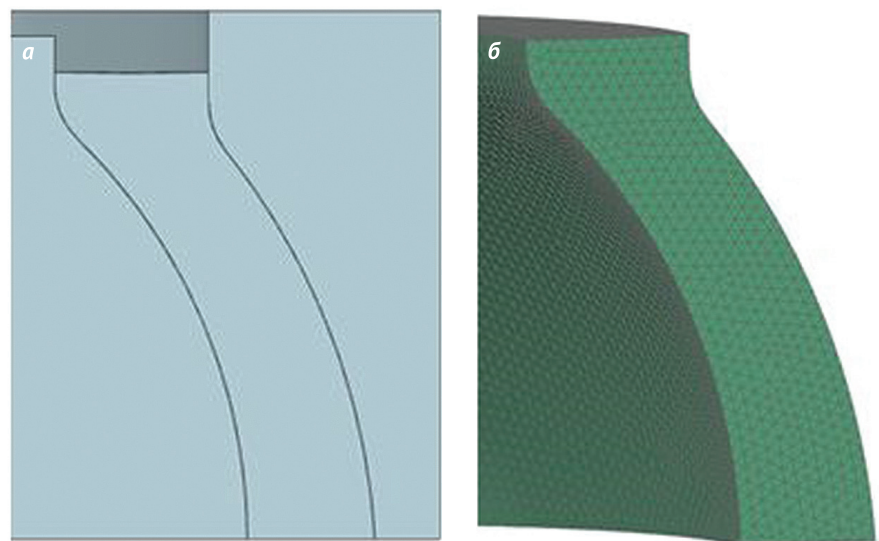


Рис. 6. Поперечное сечение модели шарнира в исходном положении (а) и результат разбиения на конечные элементы (б)

В результате разбиения нижний край имеет границу, на которой расположены 10 элементов, имеющих равный промежуток между узлами по краю свободной поверхности, а закрепление конечно-элементной модели в пространстве осуществляется жесткими связями по поверхности, привулканизированной к неподвижному кольцу (рис. 7).

Узлам со стороны наружной обоймы добавлено вынужденное перемещение, равное 3 мм в вертикальном направлении, а на отсеченные поверхности упругого кольца наложены симметричные связи, компенсирующие влияние отсеченной части (рис. 8). Жесткостные параметры резины приняты те же, что указанные ранее.

На рис. 9 показан общий вид деформированного резинового слоя и его сечения в плоскости продольной оси. Чтобы избежать выдавливания излишков резины в сторону свободной поверхности, выемка в резиновом элементе должна доходить до внутренней обоймы шарнира и иметь вогнутую форму. Аналогично вогнутую форму без конических участков должна иметь и свободная по-

Координаты перемещений узлов в зоне выемки

Номер узла	Координата Y, мм	Координата Z, мм	B по формуле, мм
1	000,000E+0	000,000E+0	000,000E+0
2	-1,005E+0	1,168E+0	1,072E+0
3	-2,042E+0	2,247E+0	1,434E+0
4	-3,122E+0	3,144E+0	1,731E+0
5	-4,105E+0	3,775E+0	1,963E+0
6	-5,053E+0	4,215E+0	2,164E+0
7	-6,140E+0	4,500E+0	2,373E+0
8	-7,153E+0	4,662E+0	2,551E+0
9	-8,060E+0	4,277E+0	2,703E+0
10	-8,978E+0	3,683E+0	2,847E+0
11	-9,918E+0	3,000E+0	2,988E+0

верхность перед монтажом шарнира. На *рис. 10* и в *таблице* приведены полученные значения перемещений узлов в горизонтальном и вертикальном направлении, а на *рис. 11* — аппроксимация формы поверхности полиномами 2 и 3 степени:

$$y = 0,1117 x^2 + 1,6583 x - 1,6577 ; \tag{2}$$
$$y = 0,0029 x^3 - 0,06 x^2 + 1,3988 x - 1,3435 , \tag{3}$$

где y — вертикальное перемещение узла;
 x — номер узла.

Также в *таблице* приведены расчетные значения ширины выемки B , полученные по формуле, в которой значения α, R, h приняты согласно *рис. 1*, а значение Δr принято равным 0,10605, исходя из условия, что для рассматриваемого шарнира максимальное значение $B=3$ мм.

Как видно из *таблицы*, координаты выемки по итогам моделирования и, полученные в результате расчета по формуле, существенно различаются, что указывает на значительное расхождение результатов моделирования деформаций резинового слоя сферического РМШ с помощью двумерной и трехмерной моделей и на необходимость в дальнейшем рассматривать только трехмерные конечно-элементные модели шарнира.

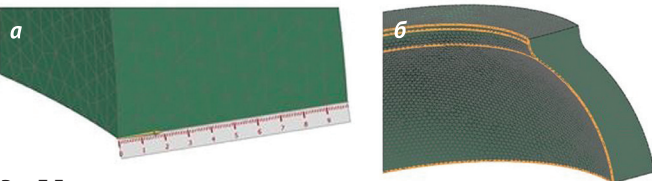


Рис. 7. Граница нижнего края в исходном положении (а) и схема жестких связей (б)

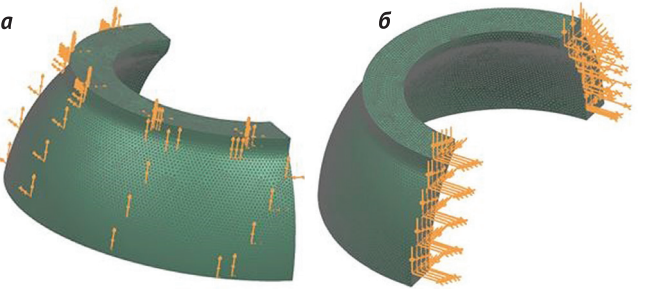


Рис. 8. Схемы перемещения узлов со стороны наружной обоймы (а) и симметричных связей для компенсации отсутствующей части резинового элемента (б)

Предлагаемые решения

На основании данных, полученных на математической модели, предлагается модернизировать существующую конструкцию сферического РМШ по *рис. 1*, изменив форму выемки в соответствии с приведенными результатами моделирования.

Как видно из *рис. 10 а, б*, полученные выемки содержат поднутрения глубиной до 2 мм, что затрудняет извлечение шарнира из пресс-формы. Кроме того, выемка должна доходить до внутренней обоймы РМШ, что затрудняет заполнение пресс-формы резиновой массой при расположении литников с одной стороны изделия.

Технически проблема изготовления шарнира с выемкой, имеющей поднутрения, может быть просто решена путем введения операции механической обработки выемки после изготовления РМШ, что увеличивает трудоемкость работ, однако позволяет обойтись без изменения пресс-формы. С другой стороны, результаты исследования свидетельствуют о необходимости технологических мер повышения прочности соединения резины с металлом путем вулканизации, например, посредством латунирования поверхностей обойм, дробеструйной обработки, использования промоторов адгезии и т. п.

Для дальнейшего снижения касательных напряжений в местах соединения резины с металлом предлагается на базе выпускаемого сферического РМШ разработать его модификацию с радиальными разрезами, в которых наружная обойма состоит из двух или трех сегментов. В этом случае величина зазора между частями наружной обоймы перед сборкой, как указано в [1], можно сократить с 6 до 2 мм, что подтверждает внешний вид аналогичных шарниров, выпускаемых зарубежными производителями (*рис. 12*).

Поскольку внутренняя втулка шарнира крепится к деталям экипажной части клиновыми соединениями и, соответственно, должна быть ориентирована определенным образом по отношению к поводку, в который запрессовывается РМШ, то в рассматриваемом случае будет достаточно, чтобы наружная обойма состояла из двух половин, а плоскость разреза была перпендикулярна осевой линии поводка.

Следует отметить, что целесообразность разработки в дальнейшем сферического РМШ с радиальным разрезом констатирована участниками соответствующих работ в АО «ВНИКТИ» еще в 80-е годы. При этом создание отечественного сферического РМШ с радиальными разрезами позволит полностью

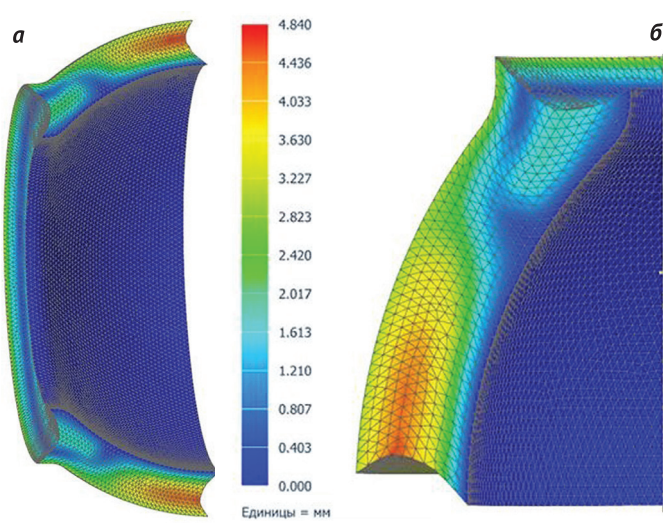


Рис. 9. Общий вид полученной формы резинового элемента (а) и вид сечения резинового элемента в плоскости продольной оси шарнира (б)

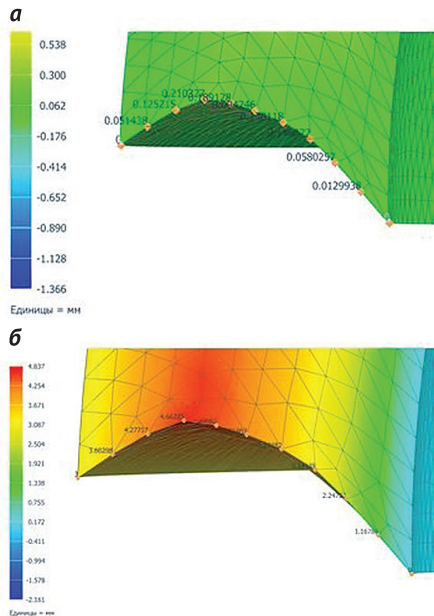


Рис. 10. Перемещения узлов в зоне выемки:

а – в горизонтальном направлении; б – в вертикальном направлении

ликвидировать потребность в импорте подобных комплектующих для транспортного машиностроения.

Выводы

1. В результате анализа характера повреждаемости сферических резино-металлических шарниров с продольным разъемом наружной обоймы, используемых на отечественных грузовых локомотивах, установлена необходимость анализа рациональности формы выемки резинового элемента шарнира.

2. В результате исследований трехмерной конечно-элементной модели РМШ обнаружено, что существующая форма выемки при смыкании половин наружных обойм в процессе сборки шарнира должна приводить к выдавливанию резины в сторону свободных поверхностей резиновой втулки, что увеличивает касательные напряжения в местах соединения втулки к металлическим обоймам и повышает опасность наблюдаемого в эксплуатации ее отслоения.

3. Определена рациональная форма выемки сферического РМШ, которая не вызывает перетекания резины в сторону свободных поверхностей. Установлено, что данная форма выемки имеет поднутрения глубиной около 1,5 мм в каждую сторону выемки, что усложняет разъем пресс-формы после изготовления шарнира, а сама выемка должна доходить до внутренней обоймы, что препятствует изготовлению шарнира методом литья при заливке резиновой смеси с одной стороны.

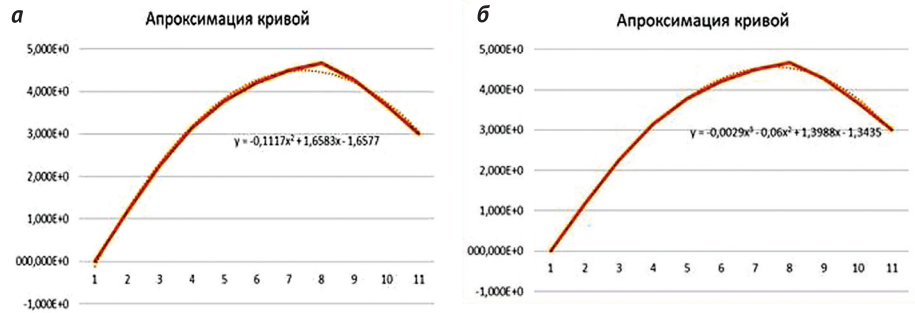


Рис. 11. Аппроксимация перемещений узлов в зоне выемки с помощью полинома второй (а) и третьей степени (б)

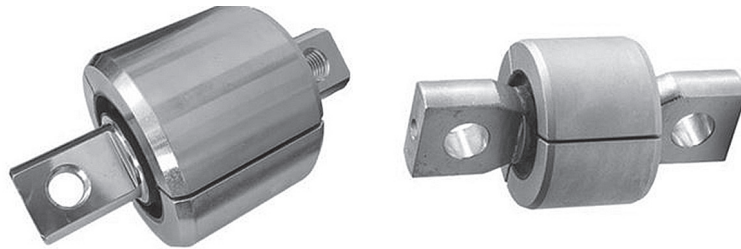


Рис. 12. Примеры конструкции сферических РМШ с радиальными разрезами (сегментированных шарниров) фирмы GMT rubber (Великобритания)

4. Предложено модернизировать выпускаемый сферический РМШ путем изменения формы выемки в резиновом слое без переделки существующей технологической оснастки с помощью механической обработки выемки после вулканизации.

5. В целях дальнейшего повышения надежности и долговечности изделия на подвижном составе предложено разработать модификацию выпускаемого сферического РМШ с радиальными разрезами наружной обоймы. ■

Источники

1. Космодамианский А. С., Воробьев В. И., Измеров О. В. и др. Двухслойные сферические резинометаллические шарниры и проблемы расчета их характеристик // Вестник ВНИИЖТ. 2022. Т. 81. № 2. С. 114–124.
2. Космодамианский А. С., Воробьев В. И., Измеров О. В. и др. Вопросы создания равнопрочных двухслойных сферических резинометаллических шарниров // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 1 (104). С. 22–30.
3. Воробьев В. И., Злобин С. Н., Измеров О. В. Использование двухслойных резинометаллических шарниров на высокоскоростном подвижном составе // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2024. № 1 (363). С. 96–104.
4. Соколов Ю. Н., Пономарев А. С., Дегтярев В. Е. Повышение надежности узлов тягового привода пассажирских электровозов ЭП1М и ЭП10 // Локомотивинформ. 2010. № 6. С. 4–11.

5. Алексеева М. С. Анализ работы тепловозов серии 2ТЭ25А «Витязь» на Дальневосточной железной дороге // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. LVIII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2016. № 5(53). Ч. II. С. 61–66.
6. Ахмадеев С. Б., Корнев А. М. Анализ повреждений механической части электровозов нового поколения в эксплуатации (на примере 2ЭС6) // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава. Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2015. Ч. 1. С. 203–208.
7. Исследования по созданию подвески тягового электродвигателя со сферическими резинометаллическими шарнирами для тепловозов с опорно-осевым приводом. Заключительный отчет // Отчет ВНИТИ И-17–85. Коломна, 1985. 55 с.
8. Результаты стендовых испытаний подвесок редуктора тягового привода тепловоза 2ТЭ121. Заключительный отчет // Отчет ВНИТИ И-101–87. Коломна, 1987. 68 с.
9. Потураев В. Н. Резиновые и резинометаллические детали машин. М.: Машиностроение, 1966. 299 с.
10. Пенкин Н. С., Копченков В. Г., Сербин В. М., Пенкин А. Н. Гуммированные детали машин. М.: Машиностроение, 2013. 245 с.
11. Патент СССР № 14903807. Способ сборки сферического резинометаллического шарнира / В. С. Коссов, А. И. Кокорев, В. А. Лысак и др. Опубл. 15.07.89. Бюл. № 26.

Исследование эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ



Л. В. Цыганская,
канд. техн. наук,
заместитель генерального
директора — главный
конструктор НИИ
АО «НВЦ „Вагоны“»,



Д. Г. Бейн,
канд. техн. наук,
заместитель главного
конструктора НИИ
АО «НВЦ „Вагоны“»

Наиболее эффективным видом подвижного состава для перевозки контейнеров являются длиннобазные вагоны-платформы (вагоны-платформы увеличенной длины), которые широко эксплуатируются на колее 1520. При этом вопрос обеспечения усталостной прочности данного типа подвижного состава требует особого подхода к его проектированию и испытаниям.

Основные требования к проектированию установлены «Нормами...» [1] и ГОСТ 33211 [2], а к испытаниям на сопротивление усталости — в методике испытаний 2006 г. [3]. Для выявления потен-

циально опасных зон в конструкции вагонов-платформ с базой не менее 17 м на основе статистических данных ОАО «РЖД» проведены исследования эксплуатационных отказов в части возникновения трещин.

При этом отобраны данные по отказам за 2010–2020 гг. длиннобазных вагонов-платформ, предназначенных для перевозки крупнотоннажных контейнеров, с различными типами конструкции рамы (рис. 1, табл. 1).

Рассматривались неисправности несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины, подлежащие устранению в текущем отцепочном ремонте в соответствии с «Перечнем неисправностей грузовых вагонов...» [4]. Неисправности (код) и их обозначения:

- 603 — трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона;
- 609 — трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона;
- 610 — продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона;
- 612 — вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок;

Таблица 1. Основные технические параметры рассмотренных вагонов-платформ

Тип рамы вагона-платформы	Параметр				
	Тара _{тах} , т	Грузоподъемность, т	Длина по осям сцепления автосцепок, м	База вагона, м	Осевая нагрузка, т/ось
С хребтовой балкой	25,0	69,0	25,38	19,0	23,5
	26,0	68,0	25,72	19,7	23,5
	25,0	69,0	25,22	18,65	23,5
	25,5	68,5	25,70	19,5	23,5
	25,0	69,0	25,72	19,7	23,5
	25,6	28,0	25,22	19,0	23,5
	25,0	69,0	25,22	19,0	23,5
	24,5	69,5	25,62	19,0	23,5
	26,8	67,0	25,22	19,0	23,5
	32,0	62,0	26,22	20,0	23,5
Без хребтовой балки	22,8	71,2	25,62	18,5	23,5
	24,0	70,0	25,69	18,4	23,5
	25,0	69,0	26,22	19,0	23,5
	24,5	69,5	25,69	18,5	23,5
	24,0	70,0	25,69	19,0	23,5
	25,0	69,0	25,69	18,5	23,5

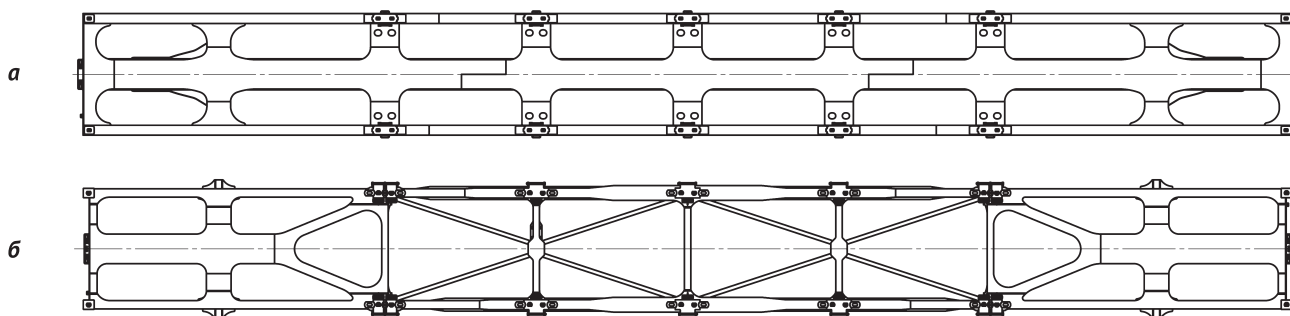


Рис. 1. Примеры схем рам длиннобазных вагонов-платформ: а – рама с хребтовой балкой; б – рама без хребтовой балки

- 613 — длина вертикальной/наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины;
- 615 — трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы;
- 616 — излом/трещина промежуточных балок;
- 621 — трещина концевых балок;
- 622 — излом концевых балок.

По результатам анализа статистических данных неисправностей несущих элементов рам длиннобазных вагонов-платформ установлено:

- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона (код 609), составляет 71% от числа выявленных неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ;
- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона (код 603) — 19%;
- трещина концевых балок (код 621) — 3%;
- длина вертикальной / наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины (код 613) — 3%;
- продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона (код 610) — 2%;
- вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок (код 612), — менее 1%;
- трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы (код 615) — менее 1%;
- излом/трещина промежуточных балок (код 616) — менее 1%;
- излом концевых балок (код 622) — менее 1%.

На рис. 2 приведена диаграмма распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины. В табл. 2 представлено распределение неисправностей в зависимости от типа конструкции рамы вагонов-платформ увеличенной длины.

На рис. 3 представлены диаграммы распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой и без нее.

Таким образом, установлено, что зона возникновения трещин в рамах длиннобазных вагонов-платформ, предназначенных для перевозки крупнотоннажных контейнеров, зависит от типа конструк-

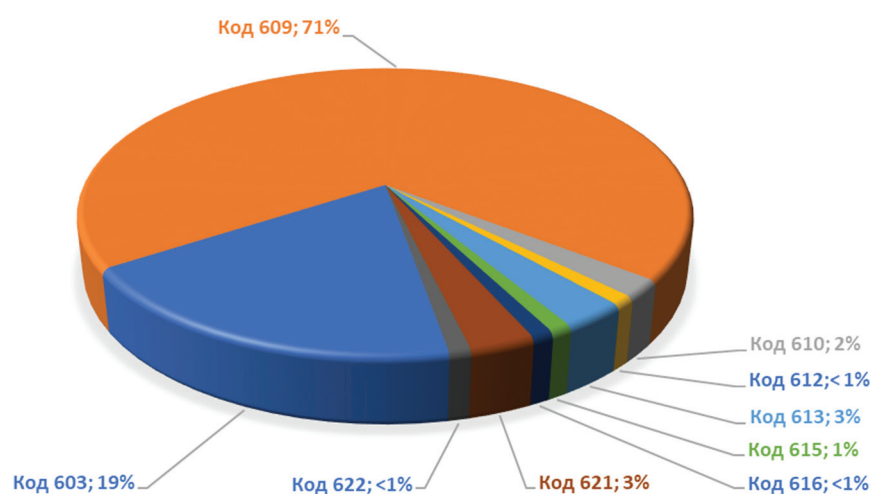


Рис. 2. Распределение неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины

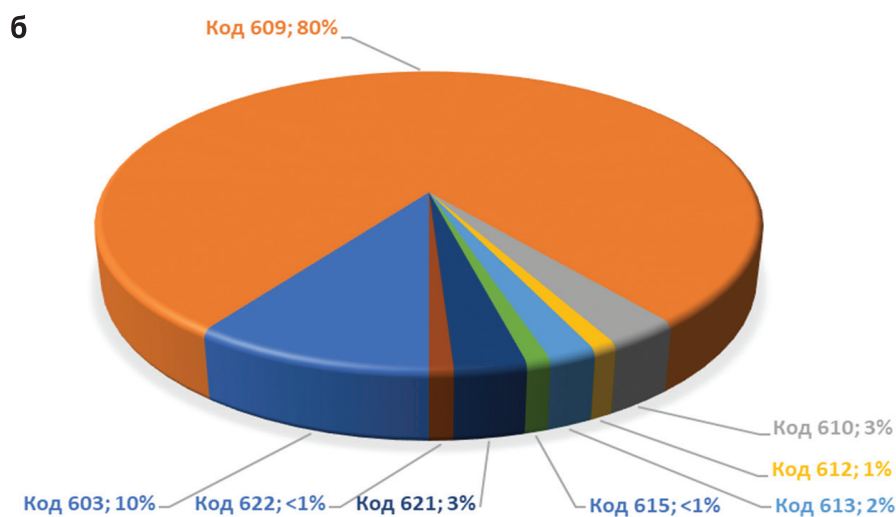
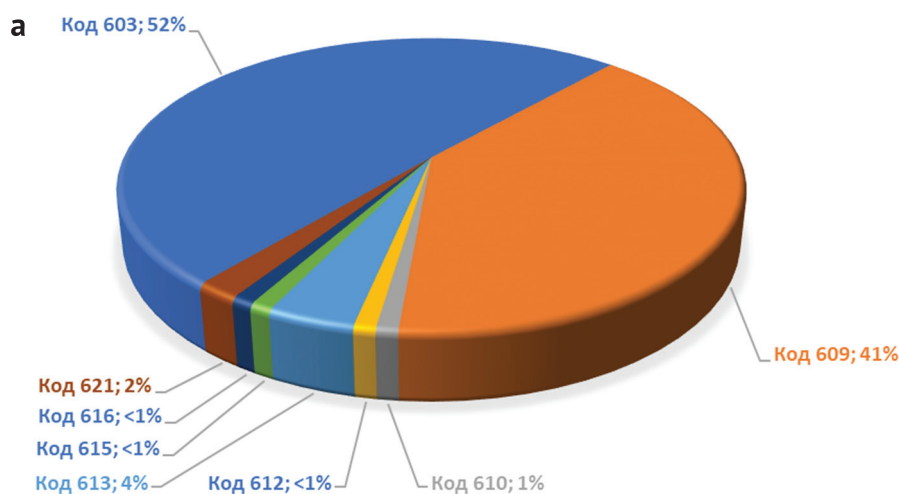


Рис. 3. Диаграмма распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой (а) и без хребтовой балки (б)

ции рамы. Результаты исследований частично опубликованы в [4].

Для вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой наиболее опасной зоной является шкворневой узел. Трещины в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рам таких вагонов составляют 52% от общего ко-

личества выявленных неисправностей. При этом у вагонов-платформ без хребтовой балки чаще трещины возникают в боковых балках, в зонах соединения с раскосами.

Используя статистические данные по отказам, оценена вероятность безотказной работы (по учитываемым видам

Таблица 2. Распределение неисправностей в зависимости от типа конструкции рамы вагонов-платформ увеличенной длины

Код	Наименование неисправности	Тип конструкции рамы			
		С хребтовой балкой		Без хребтовой балки	
		кол-во	%	кол-во	%
603	Трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона	866	52	282	10
609	Трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона	691	41	2360	80
610	Продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона	17	1	74	3
612	Вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок	5	<1	20	1
613	Длина вертикальной/наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины	58	3	71	2
615	Трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы	4	<1	8	<1
616	Излом/трещина промежуточных балок	1	<1	0	0
621	Трещина концевых балок	39	2	124	3
622	Излом концевых балок	0	0	2	<1

отказа) рам длиннобазных вагонов-платформ в течение расчетного срока службы по формуле

$$P_p(T_{рас}) = 1 - Q_p(T_{рас}) = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i(T_{рас}) = 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m Q_{ij}(T_{рас}),$$

где $Q_p(T_{рас})$ — вероятность отказа рамы за расчетный срок службы;
 $Q_i(T_{рас})$ — вероятность отказа i -й расчетной части рамы;
 $Q_{ij}(T_{рас})$ — вероятность отказа j -го элемента i -й расчетной части рамы.

Расчет проводился для двух случаев. В первом учитывались все виды отказов, во втором — только ресурсные отказы, приводящие к наступлению предельного состояния. Для всех видов отказов рамы вероятность ее безотказной работы в межремонтный период составляет 90–93 % в зависимости от конструктивной схемы. По ресурсным отказам вероятность безотказной работы составляет 95–97 %.

Полученные данные свидетельствуют о более низкой вероятности безотказной работы длиннобазных вагонов в сравнении с другими типами подвижного состава, что обосновывает необходимость разработки новой методики испытаний на сопротивление усталости 2023 г. [6].

Таким образом, по результатам выполненного анализа определены все

виды основных неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины:

Для вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой:

- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона составляет 52 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона, составляет 41 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина концевых балок составляет 2 %;
- излом концевых балок не выявлен.

Для вагонов-платформ увеличенной длины без хребтовой балки:

- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона, составляет 80 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона составляет 10 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина концевых балок составляет 3 %;
- излом/трещина промежуточных балок не выявлены.

По результатам выполненного анализа эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ (с базой не менее 17 м) в период с 2010 по 2020 гг. на основе статистических данных за указанный период по неисправностям в части возникновения трещин в элементах рам определены элементы и узлы рам вагонов-платформ увеличенной длины, наиболее часто повреждающиеся в эксплуатации, к которым относятся: узел сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона; переход с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона; балки рамы.

Характерных опасных зон для разных типов конструкций вагонов-платформ не выявлено за исключением зоны сочленения хребтовой и шкворневой балок, поэтому при разработке методики испытаний 2023 г. [6] рекомендовано при выборе схем загрузки для проведения испытаний на сопротивление усталости установить требования по оценке максимальных изгибающих моментов во всех сечениях с экстремумами эпюры изгибающих моментов от действия вертикальных сил.

Источники

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 320 с.
2. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам.
3. Вагоны-платформы увеличенной длины. Методика испытаний на сопротивление усталости. ФГУП «ВНИИЖТ», ФГУП НВЦ «Вагоны», ИЦ «Азовмаштест» ОАО «МЗТМ», 2006. 20 с.
4. Перечень неисправностей грузовых вагонов подлежащих устранению в текущем отцепочном ремонте. Утв. 21 февраля 2006 г. ОАО «РЖД».
5. Атаманчук Н. А., Цыганская Л. В., Поликанов Д. А. Анализ неисправностей длиннобазного подвижного состава в эксплуатации // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: материалы XVII Международной научно-технической конференции, 21–24 августа 2023 г., Санкт-Петербург, Россия. СПб.: ПГУПС, 2023. С. 197–198.
6. Вагоны-платформы увеличенной длины. Типовая методика испытаний на сопротивление усталости. Утв. 5 мая 2023 г. ОАО «РЖД».

Диагностика и техническое обслуживание поддерживающих устройств контактной сети на протяжении жизненного цикла



А. А. Ковалев,
канд. техн. наук,
заведующий кафедрой
«Электроснабжение
транспорта» Уральского
государственного
университета путей
сообщения (УрГУПС),



А. В. Окунев,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроснабжение
транспорта» УрГУПС,



А. В. Микава,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
«Электроснабжение
транспорта» УрГУПС

По мере увеличения грузового движения на сети ОАО «РЖД» все более актуальным становится вопрос разработки комплексной стратегии диагностики по определению технического состояния поддерживающих конструкций контактной сети. При этом важное значение имеет учет жизненного цикла консолей при проведении их технического обслуживания.

С учетом роста грузооборота на сети Российских железных дорог помимо сокращения межпоездного интервала увеличивается средний вес поезда (рис. 1) [1, 2].

На Свердловской железной дороге продолжается развитие тяжеловесного следования 9 поездов в сутки массой 9000 т, 20 поездов по 8000 т, 2 поезда по 7100 т и 10 поездов по 7000 т. В перспективе интенсивность движения будет только увеличиваться.

Рост числа поездов повышенной массы влияет не только на старение и износ оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, но и на степень разрегулировки и срок жизненного цикла поддерживающих конструкций контактной сети. Срок их эксплуатации на участках Свердловской железной дороги достигает порой критических значений. Действующие методы технической диагностики зачастую позволяют убедиться в дефектах

конструкций, но не несут в себе рекомендаций по техническому обслуживанию на протяжении жизненного цикла.

Основные сроки жизненного цикла устройств контактной сети приведены на рис. 2. С целью снижения их риска отказов рекомендуется оценивать стоимость жизненного цикла отдельно.

Анализ существующих решений в диагностике и техническом обслуживании поддерживающих конструкций контактной сети

С целью повышения условий безопасного движения поездов требуется своевременно определять техническое состояние объектов контактной сети. Для этого рекомендуется применение комплексного подхода, особенно в отношении поддерживающих конструкций.

За время электрификации в эксплуатации на железнодорожных участках образовался широкий перечень оборудования, нуждающегося в диагностике

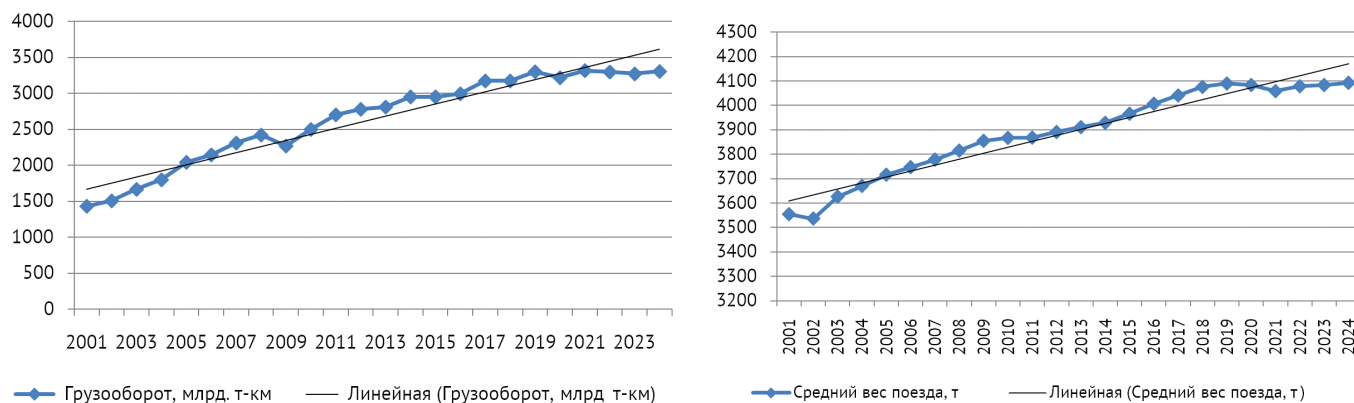


Рис. 1. Динамика грузооборота в России (слева) и изменения среднего веса поезда (справа)

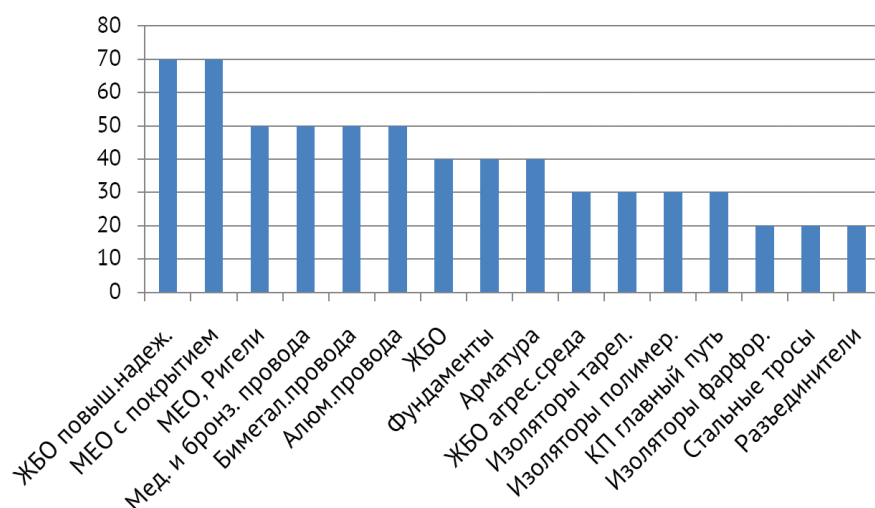


Рис. 2. Сроки жизненного цикла устройств контактной сети, год

[4]. Составим классификацию приборов, применяемых в диагностике:

По скорости получения информации:

- Радиолокационный метод, использующий свойства отражения радиоволн от находящихся в исследуемой среде предметов. После обработки сигнала информация, полученная в процессе диагностики, отображается на дисплее в виде радарограмм. Сложность обработки сигналов снижает скорость получения информации.

- Ультразвуковой метод, в основе которого лежит свойство отражения ультразвуковых волн от объектов, что применяется для дефектоскопии бетона и измерения его прочности.

- Магнитный метод, включающий взаимодействие магнитного поля прибора с арматурой конструкции из железобетона. В результате определяется толщина защитного слоя бетона и диаметр арматуры за время распространения поля в бетоне.

- Механический метод, вычисляющий ширину раскрытия трещин за счет различных щупов и микроскопов.

- Электрохимический метод для контроля развития коррозионных процессов в конструкции — один из самых медленных из-за сложности сбора диагностируемых данных.

- Вибрационный метод, применяемый для контроля целостности бетонного слоя конструкции и ее арматуры, за счет определения скорости затухания колебаний.

По скорости обработки полученных данных:

- справочный метод, когда диагноз о техническом состоянии конструкции

ставится после сравнения опытных данных со справочными;

- моментальный метод, когда результат диагностики железобетонной опоры выводится на дисплей прибора мгновенно после проведения испытаний;

- вычисляемый метод, в основу которого заложено проведение ряда вычислений для описания состояния опор контактной сети.

По точности измерений. Класс точности не должен превышать приведенной относительной погрешности прибора (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; и 4,0):

- по характеру проявления — систематические, случайные, грубые измерения;

- по условиям применения — основные, дополнительные;

- по режиму измерений — статические, динамические.

По объему выполняемых работ:

- диагностика надземной части опор (участки переменного тока);

- диагностика подземной части опор (участки постоянного тока) — включает в себя откопку опор или фундаментов опор, находящихся в грунте;

- контроль сопротивлений опор контактной сети (определение величины тока утечки, влияющего на протекание электрической коррозии).

Разработка комплексной стратегии диагностики по определению технического состояния конструкций контактной сети

Диагностика поддерживающих конструкций содержит в себе разные варианты определения необходимых параметров. Многолетний опыт диагностических

испытаний железобетонных конструкций говорит о необходимости совершенствования существующих методов диагностики [5].

Приборы диагностики выявляют техническое состояние опор контактной сети с применением вероятностно-статистических методов, тем самым позволяют контролировать их состояние по косвенным признакам: определение сопротивления железобетонной конструкции, скорость затухания созданных колебаний в ней, скорость прохождения ультразвуковых волн, угол наклона опоры.

Процесс постановки диагноза может сопровождаться появлением ошибок первого и второго рода, приводить к серьезным негативным последствиям для инфраструктуры, выражающимся в отказе оборудования и задержке поездов. Решить эту проблему предлагается за счет определения информационного веса полученных показаний приборов, участвующих в диагностике, что позволяет поставить диагноз конструкции с определенной долей вероятности.

Установление диагноза об исправном или неисправном состоянии происходит на основании учета одного измеряемого параметра. Это позволяет рассмотреть техническое состояние лишь в одной плоскости измерений. Путем увеличения числа измеряемых значений и придания им информационного веса сформирована комплексная стратегия диагностики по определению технического состояния конструкций контактной сети (рис. 3).

Реализация стратегии состоит из пяти этапов последовательно выполняемых действий [6]:

1. Выбор приборов, применяемых для диагностики конструкций. Для железобетонной опоры контактной сети отобраны: УК-1401, ПК-2, ИСО-1М, УТК, ИНТРО-СКОП. С помощью выбранных приборов проводятся натурные измерения и снимаются диагностические параметры.

2. Соотнесение показаний приборов диагностики соответствующему диагнозу для поддерживающей конструкции. Вид диагноза: «исправная конструкция» или «неисправная конструкция» из общего числа проведенных замеров, приходящихся на одну конструкцию контактной сети.

3. Установление вероятности совместного появления признака «не норма» у конструкции с состоянием D_i — «исправное» или «неисправное».

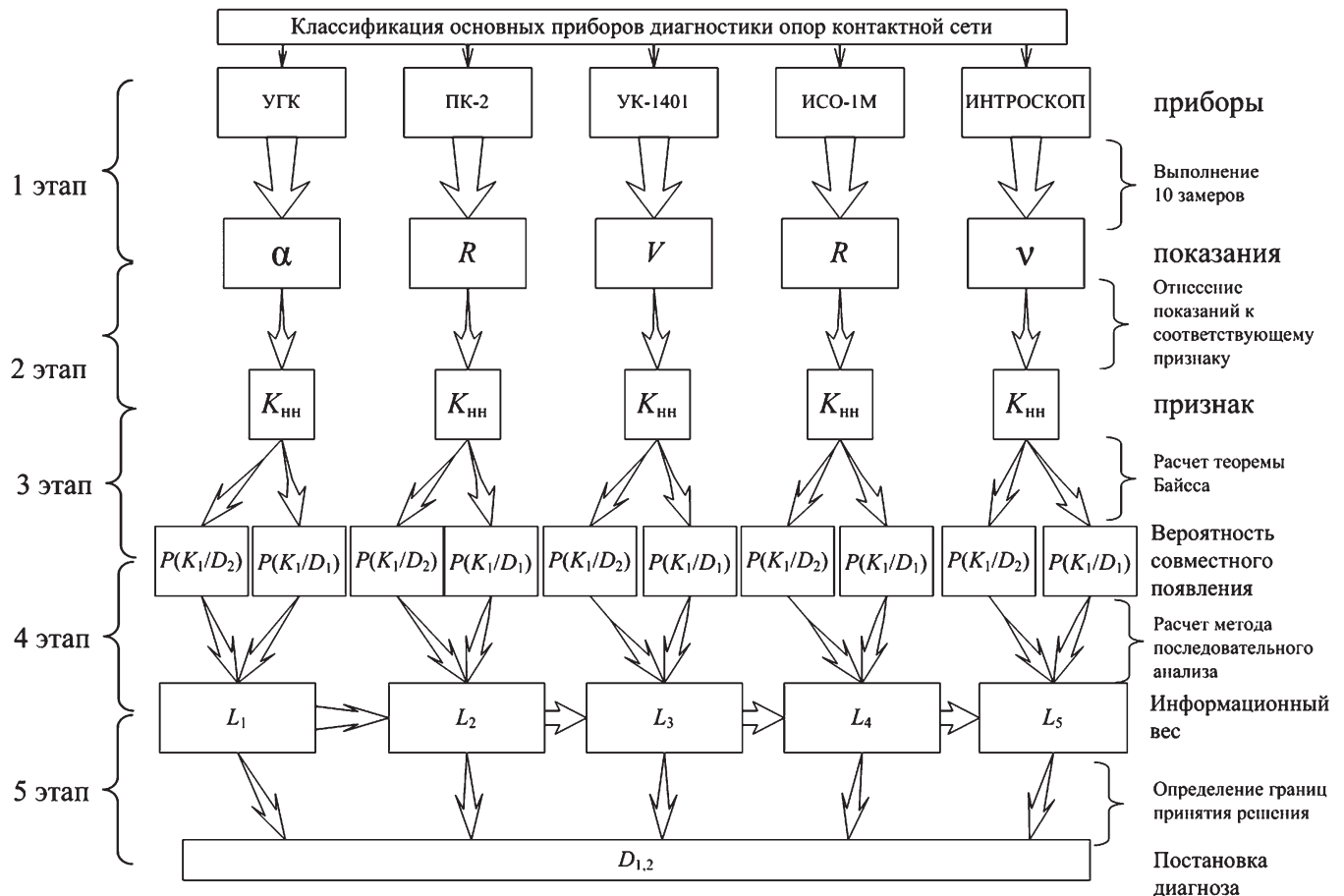


Рис. 3. Пять этапов стратегии диагностики по определению технического состояния конструкций контактной сети: α — угол наклона опоры; R — сопротивление цепи «консоль — рельс»; V — скорость распространения ультразвука в бетоне; v — частота затухания колебаний в железобетонной опоре; D_1 — диагноз, определяющий количество значений, не входящих в границы нормированной величины измеряемых параметров; D_2 — диагноз, определяющий количество значений нормированной величины измеряемых параметров

4. Проведение последовательного анализа и установление информационного веса показаний приборов диагностики (одного, двух, трех, четырех).

5. Назначение границ принятия решения об «исправном» или «неисправном» состоянии конструкции.

Учет жизненного цикла поддерживающих конструкций при техническом обслуживании

Методика управления ресурсами, рисками и анализ надежности (технология УРРАН¹) позволяет управлять безопасностью функционирования устройств контактной сети, что сокращает число опасных отказов на участках и не учитывает возникающие риски [7]. Учет УРРАН в отношении устройств контактной сети требуется на всех этапах жизненного цикла. Тем не менее для действующих участков контактной сети

управление жизненным циклом объекта проводится на этапе эксплуатации.

Помимо установления решения о замене объекта или продления срока его жизненного цикла оценивают риск отказа, в том числе поддерживающих конструкций. В случае недопустимости уровня риска анализируются результаты и далее оценивается его влияние для обеспечения дальнейшей безопасности функционирования поддерживающих конструкций. Если величина риска отказа конструкции окажется выше допустимых значений, то требуется выполнение мероприятий, способствующих повышению безопасности функционирования объекта. В результате стоимость жизненного цикла контактной сети снижается.

Как при проведении диагностики, так и при последующем анализе риска отказа рассматриваемых поддерживающих конструкций в первую очередь учитывают опасности, имеющие больший удельный вес. Так, например, наиболее часто встречающаяся опасность — это разрегулировка контактной подвески

в процессе эксплуатации, причиной чего обычно является несоблюдение технологического процесса на втором этапе жизненного цикла.

Чтобы этого избежать, предлагается определять межрегулировочный интервал поддерживающих конструкций и учитывать влияние точности установки консолей контактной сети в проектное положение. Для этого необходимо опорные и поддерживающие конструкции устанавливать в соответствии с требованиями типовых проектов. Кроме того, поддерживающая конструкция должна иметь тип «горизонтальная» либо «наклонная» и быть закреплена при помощи хомутов.

Установлено, что проектное значение расстояния — от уровня головки рельса до нижнего хомута крепления консоли — равно 5700 мм, а допустимый диапазон отклонения составляет $-50, +50$ мм.

Основываясь на этом факте, можно считать, что поддерживающая конструкция контактной сети типа «консоль» может быть установлена на опоре в диапазоне от 5650 до 5750 мм (на отрезке

¹ Система УРРАН (Управление, Ресурсы, Риски, Анализ, Надежность). Комплексное управление ресурсами, рисками и надежностью объектов инфраструктуры и подвижного состава на стадиях жизненного цикла.

$L = 100$ мм). Интервал предельно допустимого отклонения при этом равен $-5, +5$ мм. Поэтому предлагается ввести коэффициент K ($0 < K \leq 1$), который будет характеризовать точность установки консоли:

$$K = l / L,$$

где l — часть длины опоры, которая является предельно допустимым отклонением, регламентируемым проектной документацией, мм;

L — часть длины опоры, которая является допустимым диапазоном отклонения, мм.

В результате коэффициент, учитывающий точность установки консоли, равен:

$$H = 1 - K.$$

Принимаем, что все участки контактной сети спроектированы на основе типовой проектной документации и, как следствие, введены в эксплуатацию при равных условиях. При этом капитальный ремонт пути не производился.

Период межрегулируемого интервала поддерживающих конструкций напрямую зависит от соблюдения требований качества проведения монтажных работ. Считаем, что приращение продолжительности межрегулируемого интервала рассматриваемых устройств прямо соотносится с полной продолжительностью межрегулируемого интервала, приращению коэффициента K , характеризующего точность, и коэффициенту, учитывающему погрешность при монтаже:

$$\Delta t = t(1 - K)\Delta K,$$

где Δt — приращение продолжительности межрегулируемого интервала консоли, год;

t — жизненный цикл поддерживающей конструкции, год;

$(1 - K)$ — коэффициент, указывающий на то, что конструкция установлена с недостаточной точностью, при $0 < K \leq 1$;

ΔK — приращение коэффициента, характеризующего точность установки.

После математических преобразований и интегрирований длительность межрегулируемого интервала составила:

$$Lnt = K - 0,5 K^2 + C_4.$$

Решив поставленную задачу, определили, что периодичность межрегулируемого интервала консоли t_d составляет четыре года [8]. Коэффициент K_d , учитывающий точность установки для скоростей движения до 200 км/ч, равен 0,1.

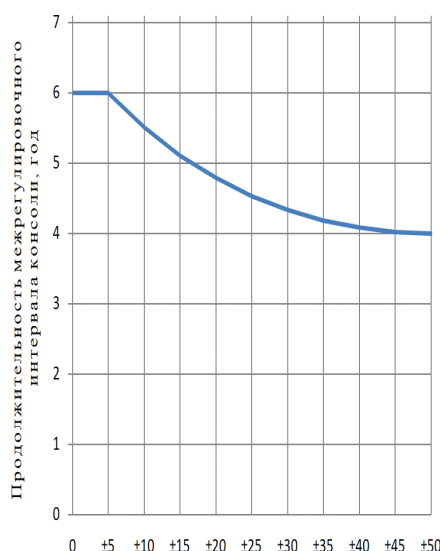


Рис. 4. Зависимость продолжительности межрегулируемого интервала консоли

На рис. 4 показана степень влияния установки поддерживающей конструкции консоли на продолжительность межрегулируемого интервала.

Из графика на рисунке следует, что продолжительность межрегулируемого интервала поддерживающих конструкций контактной сети может быть увеличена на два года. Для этого на втором этапе жизненного цикла требуется, используя предлагаемые технологии, обеспечить точность установки консолей в расчетные проектные значения.

Закключение

Таким образом, формируются требования к системе контроля технического состояния поддерживающих конструкций контактной сети.

По результатам расчета, стоимость жизненного цикла исследуемого участка эксплуатации длиной в 100 км на примере Свердловской железной дороги составила 16,6 млн руб. для случая продления срока службы и 13,7 млн руб. для случая полной замены опор контактной сети.

На основании предлагаемых решений проще и быстрее формируются мероприятия по повышению надежности и безотказности перевозочного процесса. По итогам выполнения комплексной диагностики появляется возможность сформировать и обосновать решение для рассматриваемых участков эксплуатации по полной либо частичной замене опор контактной сети (как следствие, обосновать проведение капитального ремонта).

Стратегия технического обслуживания поддерживающих конструкций требует учитывать предлагаемую модель, рассчитывать оптимальный межрегулируемый интервал, оценивать влияние точности установки.

При строительстве новых участков рекомендуется применять новые технологии (патент на изобретение РФ № 2493029 от 20.09.2013) и специальные технологические карты [9].

Источники

1. Беседин И. С., Мугинштейн Л. А., Захаров С. М. Развитие тяжеловесного движения на железных дорогах мира // Железные дороги мира. 2006. № 9. С. 39–48.
2. Захаров С. М., Шенфельд К. П. Развитие тяжеловесного движения в мире // Вестник ВНИИЖТ. 2013. № 4. С. 9–18.
3. Ковалев А. А., Галкин А. Г. Теория и методы расчета стоимостных показателей системы токосъема на протяжении жизненного цикла: монография. Екатеринбург: УрГУПС, 2015. 115 с.
4. Патент № 2347231 РФ. Способ неразрушающего контроля железобетонных опор контактной сети железнодорожного транспорта / Ефимов А. В., Паршин А. В., Русакова Е. А. Оpubл. 20.02.2009. Бюл. № 5. 6 с.
5. Ковалев А. А., Окунев А. В., Микава А. В. и др. Требования к оценке надежности поддерживающих конструкций несущего и контактного провода // Транспорт Урала. 2020. № 2 (65). С. 98–102.
6. Окунев А. В. Комплексная диагностика при эксплуатации опор контактной сети: монография / под науч. ред. А. А. Ковалева. Екатеринбург: УрГУПС, 2022. 96 с.
7. Микава А. В. Обеспечение требуемых статических параметров скоростных и высокоскоростных контактных подвесок на этапах жизненного цикла: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: УрГУПС, 2017. 156 с.
8. Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В. Влияние угла наклона опоры на высоту подвеса контактного провода относительно уровня головки для скоростных и высокоскоростных контактных подвесок // Известия Транссиба. 2018. № 4 (36). С. 69–75.
9. Патент № RU 2493029 C1. Способ монтажа консоли на опоре контактной сети железных дорог / А. А. Ковалев, А. В. Микава. Оpubл. 20.09.2013. Бюл. № 26. 6 с.

Мероприятия по снижению акустического шума в городской среде



А. А. Локтев,
*д-р физ.-мат. наук,
заведующий кафедрой
транспортного
строительства
Российского
университета
транспорта
(РУТ (МИИТ)),*



Л. А. Илларионова,
*канд. техн. наук,
доцент кафедры зданий
и сооружений
на транспорте
РУТ (МИИТ),*



Р. Р. Хакимзянов,
*д-р техн. наук, профессор
кафедры транспортного
строительства
РУТ (МИИТ)*

Шумовое загрязнение стало серьезной экологической проблемой в условиях растущей урбанизации. Среди его основных источников дорожное движение является ключевым фактором, влияющим не только на ближайшее окружение, но и на фасады зданий, расположенных вдоль оживленных магистралей. Моделирование шумового загрязнения от автомобильных дорог и его воздействия на здания позволяет предложить эффективные стратегии шумозащиты.

Автомобильный шум составляет значительную часть общего шумового фона в городах, негативно влияя на качество жизни населения. Основные источники звукового загрязнения от транспортных средств и их воздействие представлены в табл. 1.

Таблица помогает лучше понять, какие факторы влияют на уровень шума от автомобильной дороги, и как они могут воздействовать на окружающую среду и качество жизни людей.

Рост городских агломераций и увеличение транспортного потока требуют

расширения дорожной сети, что часто приводит к размещению магистралей вблизи жилых районов и деловых центров. Это вызывает ряд проблем, включая повышенный уровень шума, загрязнение воздуха и снижение качества жизни горожан [1, 2].

Шум не распространяется по прямой линии, а рассеивается в окружающей среде под влиянием следующих факторов: топографии (холмы и долины могут отражать или поглощать звуковые волны); погодных условий (дождь, ветер и температура могут влиять на распространение звука); строительных конструкций (здания могут служить как барьерами, так и усилителями шума).

Понимание этой динамики имеет решающее значение для моделирования шумового загрязнения. Для систематизации расчетов уровней звука в застройке территория разделена на зоны, позволяющие выделить все возможные пути поступления звука к расчетной точке как прямого, так и экранированного.

В вертикальном сечении представлены расчетные схемы распространения звука в открытом пространстве и при наличии экранирующих препятствий (рис. 1).

Для создания комфортной городской среды необходимо учитывать не только транспортные потоки, но и их влияние на качество жизни людей, а также разрабатывать стратегии по снижению негативных последствий транспортной деятельности. К таким мерам относятся: применение шумопоглощающих материалов; создание зеленых зон и озеленение придорожных территорий; внедрение современных технологий для снижения экологического воздействия.

Таблица 1. Источники звукового загрязнения транспортных средств и их влияние на акустическую среду

Источник шума	Звук	Влияние
Двигатели транспортных средств	Звуки, производимые моторами легковых автомобилей, грузовиков и автобусов (включают как работу двигателя, так и шум выхлопной системы)	Может вызывать стресс, ухудшать качество сна и снижать общую жизнедеятельность людей, живущих вблизи дорог
Шины	Звуки, возникающие при контакте шин с поверхностью дороги. Вибрации и трение создают различные звуковые эффекты	Может мешать звуковому комфорту, особенно в жилых зонах, и ухудшать акустическую среду
Тормозные системы	Визжащие и скрежещущие звуки, возникающие при замедлении или остановке транспортных средств	Влияет на комфорт и здоровье людей, вызывая раздражение и повышенный уровень стресса
Аэродинамические шумы	Звуки, возникающие при движении транспортных средств на высоких скоростях, включая свист и рев	Может способствовать повышенному уровню шума на автострадах, влияя на привычки поведения животных и людей
Дорожная инфраструктура	Звуки от работы светофоров, дорожных знаков и других элементов инфраструктуры, а также от толпы пешеходов и развлекательных мероприятий	Негативно влияет на акустическую среду, может создавать дополнительные раздражающие факторы для местных жителей

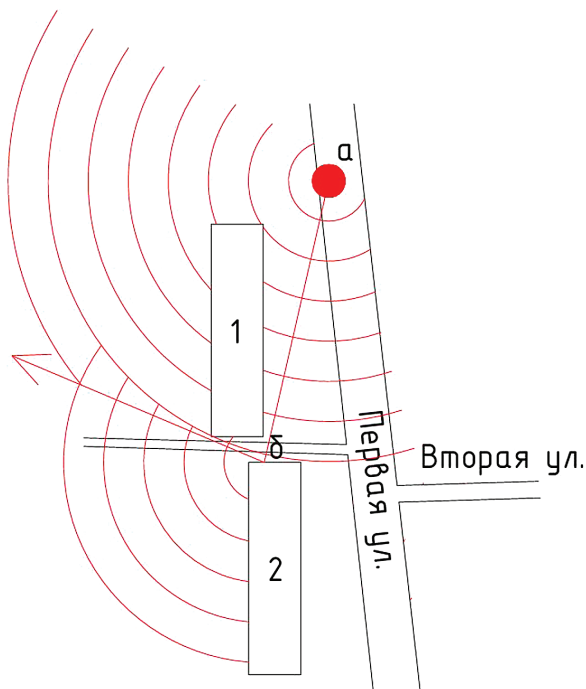


Рис. 1. Цилиндрическая волна от движущего автомобильного потока

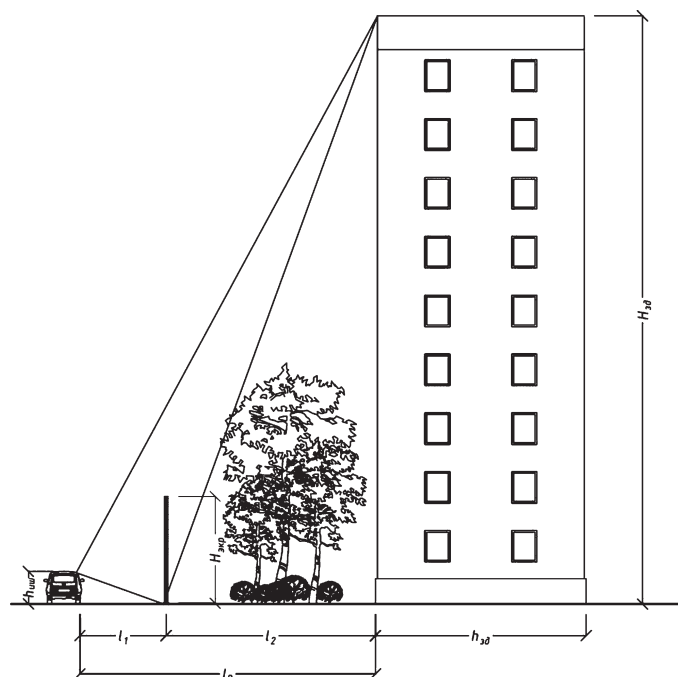


Рис. 2. Границы звуковой тени

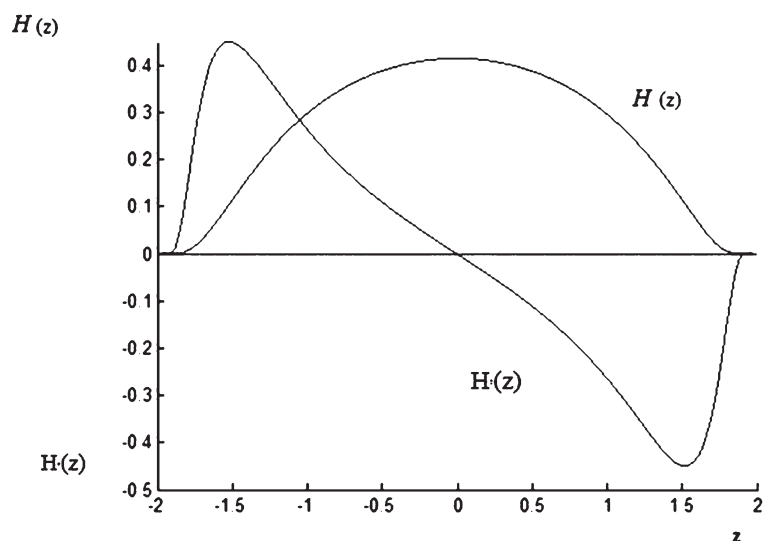


Рис. 3. Функция Соболева и ее первая производная при $C_s = 2$

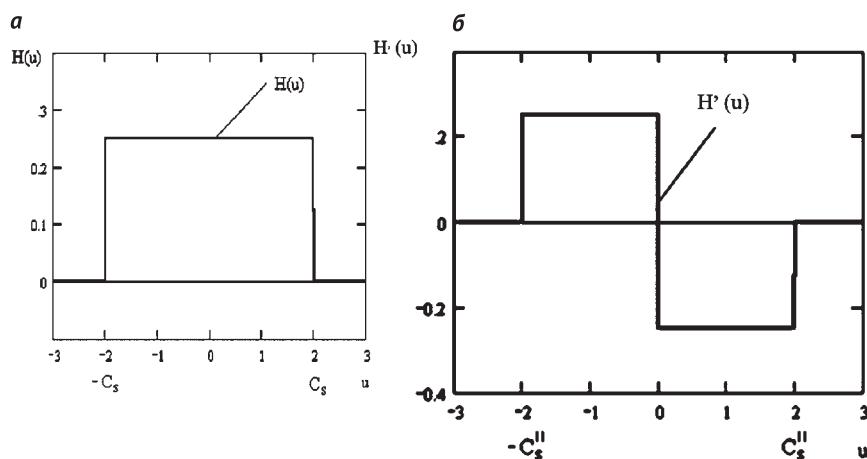


Рис. 4. Кусочно-постоянная ядерная функция $H(u)$ (а) и кусочно-постоянный аналог первой производной функции Соболева $H'(u)$ (б) для случая $u_i = 0$, $C_s = 2$

Использование малозернистых покрытий с мелкозернистым наполнителем позволяет снизить акустическое воздействие до 3 дБА, а плотная посадка деревьев с сомкнутыми кронами и густым подкоровым кустарником может уменьшить уровень шума до 8 дБА (рис. 2). Такой комплексный подход способен значительно улучшить условия жизни горожан и обеспечить гармоничное развитие городской среды [3].

Согласно современным нормативным требованиям, проектирование транспортных магистралей вблизи жилых, общественных и промышленных зданий обязательно включает экологический раздел. Он содержит анализ акустических воздействий на окружающую среду и предусматривает расчетное моделирование объекта исследования.

Для эффективного анализа акустических воздействий и их влияния на окружающую среду необходимо детально изучить процесс взаимодействия звука с объектами, расположенными вблизи источников шума.

Если рассматривать шум как реакцию окружающей среды на внешние воздействия, то можно сформулировать задачу исследования процессов возникновения и распространения акустических воздействий. В этом случае шум представляет собой преобразование между входным $u(t)$ (вблизи источника шума) и выходным воздействием $x(t)$ (вблизи исследуемого здания или сооружения).

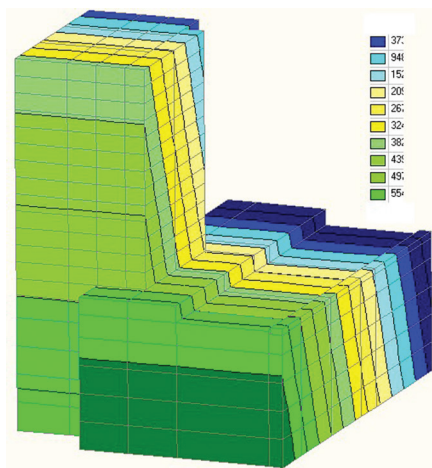


Рис. 5. Перемещения точек среды вдоль переулка от распространения акустических воздействий автотранспорта по проезжей части улицы

Из теории акустических систем и, в более широком смысле, теории распространения сигналов известно, что причинно обусловленная система (в частности, ее линейная стационарная разновидность) может быть описана импульсной переходной функцией $g(t)$. Она представляет собой реакцию системы при нулевых начальных условиях на входное воздействие в виде дельта-функции Дирака. Импульсная переходная функция связана с передаточной функцией системы $F(p)$ через обратное преобразование Лапласа [4]:

$$g(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \Phi(p) e^{pt} dp.$$

Все передаточные и частотные характеристики линейной системы связаны с импульсной переходной функцией, которая входит в интегральное представление модели линейной динамической системы [5]:

$$x(t) = h(0)u(t) + \int_0^t g(\tau)u(t-\tau)d\tau,$$

где $h(t)$ — переходная функция системы (в данном случае окружающей среды).

Импульсная переходная функция системы соответствует первой производной от переходной функции $h(t)$. В рассматриваемой задаче $h(t)$ представляет собой реакцию окружающей среды на единичное акустическое воздействие. Зная переходную функцию, можно определить импульсную переходную функцию $g(t)$.

В теории непараметрических систем есть способ оценивания производной зависимости выходной переменной X объекта от входной U [6, 7]. Пусть функ-

ция ядра $H(z)$ является дифференцируемой, тогда оценкой первой производной регрессионной зависимости $x = x(u)$ будет определяться следующим соотношением:

$$x'_s(u, C_s) = \frac{\Delta u}{C_s^n} \sum_{i=1}^s x_i H' \left(\frac{u - u_i}{C_s^n} \right),$$

где $H'(z)$ — первая производная по u функции $H(z)$; C_s^n — параметр, показывающий отклонение используемой производной функции от ее точного значения.

В задачах оценивания производной в качестве функции ядра $H(z)$ предлагается принять функцию Соболева. Она дифференцируема на всей области определения; функция $H(z)$ и ее первая производная $H'(z)$ принимают ненулевые значения в ограниченной области $z\{u, C_s\}$ на границах данной области функция и ее производная равны нулю; функция Соболева и ее первая производная изображены на рис. 3.

В кусочно-постоянном виде данную функцию можно представить иначе (рис. 4).

Такая неравнозначная аппроксимация позволяет рассматривать каждый реальный и виртуальный источник шума отдельно и при ограничении времени воздействия выделять отдельные частоты, вносящие значительный вклад в общий портрет шумового загрязнения окружающей среды, а также упростить вычислительные процедуры с сохранением асимптотических свойств оценки акустического воздействия.

Таким образом, возможность выделения отдельных частот и оценки акустического воздействия через аппроксимацию источников шума создает основу для оптимизации проектных решений. Имитационное моделирование распространения шума становится ключевым инструментом для выявления необходимых инженерных решений по регулированию уровня акустического воздействия.

Для этого удобно применять специализированные проектно-вычислительные комплексы, в основе которых лежит метод конечных элементов. Такой подход способствует более эффективному управлению шумовыми рисками и позволяет разрабатывать меры по снижению их негативного воздействия на жителей и окружающую среду.

Кроме того, применение методов имитационного моделирования позволяет разработать оптимальные решения для шумоизоляции и создания шумозащитных экранов, а также улуч-

шить проектирование дорог с учетом акустических аспектов. В результате это не только минимизирует негативное воздействие транспортного шума на население, но и способствует повышению качества жизни в городских и пригородных территориях. Успешная реализация таких мер может значительно улучшить общую экологическую обстановку и обеспечить гармоничное сосуществование различных функций городской инфраструктуры [8].

Оценим воздействие звуковой нагрузки на здание. Поскольку при решении поставленной задачи конструкции здания необходимо рассматривать совместно с основанием, то необходимо представить грунт и иные элементы основания как непосредственно у здания, так и у проезжей части улицы в виде характерных конечных элементов.

Распространение фронтов акустических волн от автотранспортных средств при их перемещении по прямолинейной траектории с точки зрения воздействия на объекты окружающей упругой среды можно представить в виде рис. 5, который является результатом конечно-элементного моделирования.

Акустическое воздействие представляется в виде перемещений узловых точек упругой среды и изополями градиентных перемещений между ними. Рассматриваются изменения градиентов линейных, угловых и суммарных перемещений в направлении, перпендикулярно распространению акустических волновых и колебательных процессов от подвижных источников (автотранспорта). Сравнение значений соседних изополей и изолиний позволяет провести оценку интенсивности внешних воздействий и агрегированный результат воздействий в различных частотных диапазонах [9].

Если отходить от прямолинейной траектории движения автомобиля — на перекрестках, остановочных пунктах, при перестроении между полосами движения и т. д., используя алгоритмы агрегирования результатов динамического воздействия, в незначительной постановке можно получить результаты на примере реально существующего здания, находящегося рядом с реконструированной транспортной магистралью, а также оценить акустическое воздействие как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости (рис. 6).

Построенные изолинии для перемещений позволяют не только визуаль-

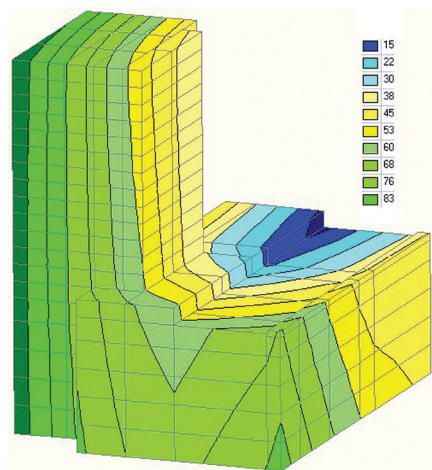


Рис. 6. Суммарные перемещения точек среды от распространения акустических воздействий от проезжающего автотранспорта по проезжим частям улицы и переулка

оценить эффект затухания волновых и колебательных процессов, но и понять, каким образом влияют дорожные знаки, разметка, расположение остановочных пунктов, зеленых насаждений и шумозащитных экранов.

В дальнейшем, продолжая исследования в этой области, можно рассмотреть влияние различных факторов, таких как скорость движения транспортных средств или геометрические особенности

дороги, на уровень акустического загрязнения. Это позволит получить более глубокое понимание процессов, связанных с акустическим воздействием, и разработать целенаправленные меры по его снижению.

Источники

1. Илларионова Л. А., Локтев А. А., Локтев Д. А. Способы защиты от шумового воздействия на железнодорожном и трамвайном транспорте // Наука и техника транспорта. 2024. № 3. С. 18–22. EDN: JPYTQY.
2. Илларионова Л. А., Локтев А. А., Локтев Д. А. Моделирование воздействия городского рельсового транспорта на окружающую среду // Транспортные сооружения. Экология. 2023. № 1. С. 52–60. DOI: 10.15593/24111678/2023.01.07.
3. Балакин В. В. Основные подходы к решению проблемы снижения негативного воздействия транспорта на городскую среду // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2007. № 6. С. 41–45. EDN: IAMHJX.
4. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Теория автоматического управления техническими системами:

учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ, 1993. С. 492.

5. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / пер. с англ. под ред. Я. З. Цыпкина. М.: Наука, 1991. С. 432.
6. Дмитриев Ю. Г., Тарасенко Ф. П. Об оценивании функционалов от плотности вероятности и ее производных // Теория вероятностей и ее применение. 1973. Вып. 18, № 3. С. 662–668.
7. Добровидов А. В., Кошкин Г. М. Непараметрическое оценивание сигналов. М.: Наука. Физматлит, 1997. С. 336.
8. Безгодов М. А., Бобров И. А., Шенкман Р. И. Использование компьютерного моделирования при определении уровня шума на городских территориях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2011. № 3(3). С. 25–29. EDN: OJJGGZ.
9. Кошурников Д. Н., Максимова Е. В. Обзор зарубежной и отечественной практики шумового картирования (Noise Mapping) в условиях плотной городской застройки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 3. С. 27–43. EDN: YARSLR.



Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Общественная академия наук

(ФЗ от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике")

Некоммерческая организация

(ФЗ от 12 января 1996 г. N 7-ФЗ «О некоммерческих организациях»)

Академия включает:

51 РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СОСТАВ АКАДЕМИИ
В 2025 ГОДУ

> 700 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ
(ДОКТОРОВ И КАНДИДАТОВ НАУК)



- 6 ОТРАСЛЕВЫХ КОМИТЕТОВ
- НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
- ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ
- ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ ВСМ РАТ

Модель прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона



Н. Н. Якунин,
д-р техн. наук,
заведующий кафедрой
автомобильного
транспорта
Оренбургского
государственного
университета (ОГУ),



Н. В. Якунина,
д-р техн. наук,
профессор кафедры
автомобильного
транспорта ОГУ,



И. Х. Хасанов,
канд. техн. наук,
доцент кафедры
автомобильного
транспорта ОГУ

В условиях увеличения количества автомобилей, задействованных в грузовых и пассажирских перевозках, а также меняющейся социально-политической и экономической обстановки, прогрессирующей цифровизации транспортных средств предприятиям автотранспортного транспорта необходимо своевременно оценивать потребность в численности специалистов с учетом направленностей, профилей, специальностей и уровней образования.

Развитие рыночных отношений в различных отраслях народного хозяйства неразрывно связано с кадровым обеспечением, для чего необходимо постоянно координировать состояние системы «заказчик — исполнитель». Отрасль автомобильного транспорта не является исключением. Кадровому обеспечению автомобильного транспорта уделено много внимания в трудах отечественных и зарубежных авторов. Базисом для методического обеспечения рассматриваемой проблемы является работа [1], в которой рассмотрено изменение количества подвижного состава в стране с перспективой до 2050 г.

Управление человеческими ресурсами в обществе и их развитие рассмотрено в научной публикации зарубежных ученых [2]. Современное состояние кадрового обеспечения транспортной сферы изучено в статье [3], в которой

сделан вывод о том, что автомобильный транспорт — это устойчивая, динамично развивающаяся отрасль национальной экономики, важную роль в которой играют профессиональные квалифицированные кадры.

Результаты планирования численности работников и деятельности грузовых автотранспортных предприятий, требования к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки работников транспортной сферы представлены в работах [4–8].

Решение проблемы индивидуализации опережающей подготовки высококвалифицированных кадров для современной транспортной отрасли приведено в [5]. В составе коллектива авторов опубликованы научные труды [9, 10], связанные с мониторингом состояния и системой подготовки специалистов автотранспортной сферы.



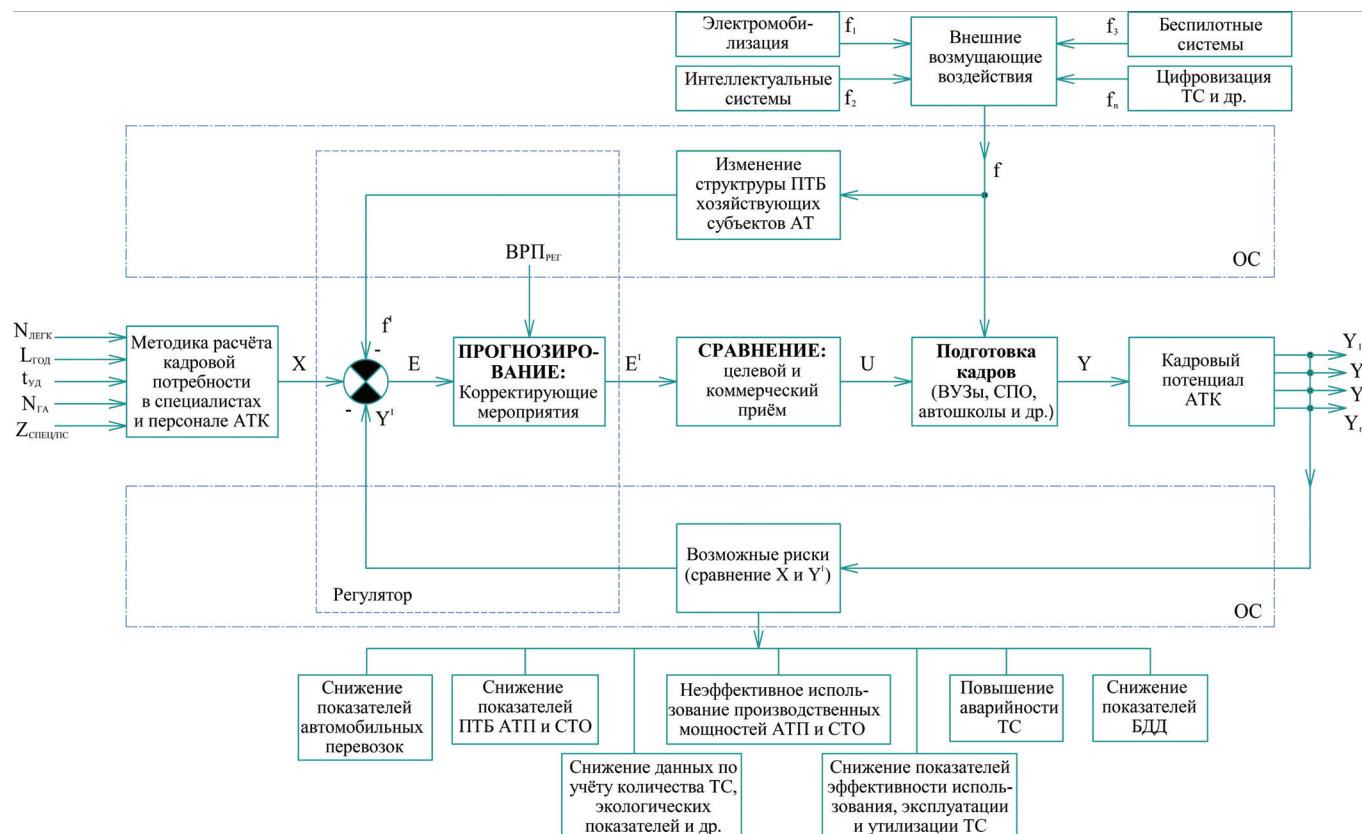


Рис. 1. Схема модели прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона

X – входное задающее воздействие, расчетное значение кадровой потребности в специалистах и персонале автотранспортного комплекса региона, чел.; $N_{\text{легк}}$ – количество зарегистрированных легковых автомобилей в регионе, ед.; $L_{\text{год}}$ – среднегодовой пробег легковых автомобилей в регионе, км; $t_{\text{уд}}$ – удельная трудоемкость по техническому обслуживанию и текущему ремонту легковых автомобилей в регионе на 1000 км пробега, чел.-ч/1000 км; $N_{\text{ГА}}$ – количество зарегистрированных грузовых автомобилей и автобусов в регионе, ед.; $Z_{\text{спец/лс}}$ – количество специалистов и персонала, приходящихся на единицу подвижного состава автотранспортных предприятий в регионе, чел./ед.; $ВРР_{\text{рег}}$ – валовый региональный продукт региона, млрд руб.; E' – ошибка регулирования, разность между заданным X и измеренным (действительным) Y значением регулируемой величины, чел.; E – откорректированное значение ошибки регулирования, чел.; U – управляющее воздействие, прирост (убыль) целевого или коммерческого приема для кадровой потребности в специалистах и персонале автотранспортного комплекса региона, чел.; $f_1 - f_n$ – внешние возмущающие воздействия (беспилотные системы, электромобили, цифровизация, интеллектуальные системы и др.); Y – выходная регулируемая величина, значение кадровой потребности в специалистах и персонале автотранспортного комплекса региона, чел.; $Y_1 - Y_n$ – выпускники, завершившие обучение по программам базового, специализированного, профессионального высшего образования, среднего профессионального образования и др., укрупненной группы специальностей, чел.; OC – обратная связь

В дальнейшем изучении нуждается методология прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона, способная стать базисом прогнозирования деятельности системы регионального автотранспортного образования различных уровней.

Принимая во внимание важность постоянного решения задачи кадрового обеспечения, необходимо отметить нарастающее противоречие между высокими темпами увеличения количества подвижного состава, с одной стороны, и постоянным уменьшением количества подготавливаемых специалистов в сфере эксплуатации автомобильного транспорта, с другой.

Так, парк подвижного состава в РФ в 2014 г. составлял 49840 млн ед., а в 2022 г. — 60453 млн (увеличение более чем на 21%). Между тем приняты на обучение по этим направлениям подготовки и специальностям за счет бюджетных ассигнований из федерального бюджета

та (по очной форме обучения) в 2014 г. 10052 человека, а в 2023 г. — 7381 человек (уменьшение более чем на 26 %).

Проблема уменьшения количества подготавливаемых специалистов наиболее остро выражена в субъектах РФ. В некоторых из них уменьшение принятых на обучение за это время составило 5–6 раз. В нескольких регионах финансирование из федерального бюджета на подготовку специалистов автотранспортного профиля вообще не предусмотрено.

Приведенные аргументы свидетельствуют о разбалансированности системы подготовки кадров для автотранспортного комплекса по отношению к потребностям. Проблема усложняется еще и тем, что существующие официальные статистические данные не отражают деятельность автотранспортных подразделений промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий, в которых автомобильный транспорт носит вспомогательную функцию, но которые также нужда-

ются в специалистах автотранспортного профиля. Причем потребность в них, по предварительным оценкам, в 4–5 раз превышает потребность хозяйствующих субъектов, в которых автотранспортная деятельность является основной.

На *рис. 1* приведена схема модели прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона. В ней использованы элементы системы автоматизированного управления комбинированного типа. Модель базируется на значениях валовых региональных продуктов. Исходными данными являются не объемные показатели отрасли автомобильного транспорта, отражаемые в государственной статистической отчетности, а количество зарегистрированных автотранспортных средств в регионе и нормативное количество специалистов, приходящееся на одно автотранспортное средство с учетом категорий.

При этом не должно быть различий в принадлежности транспортных

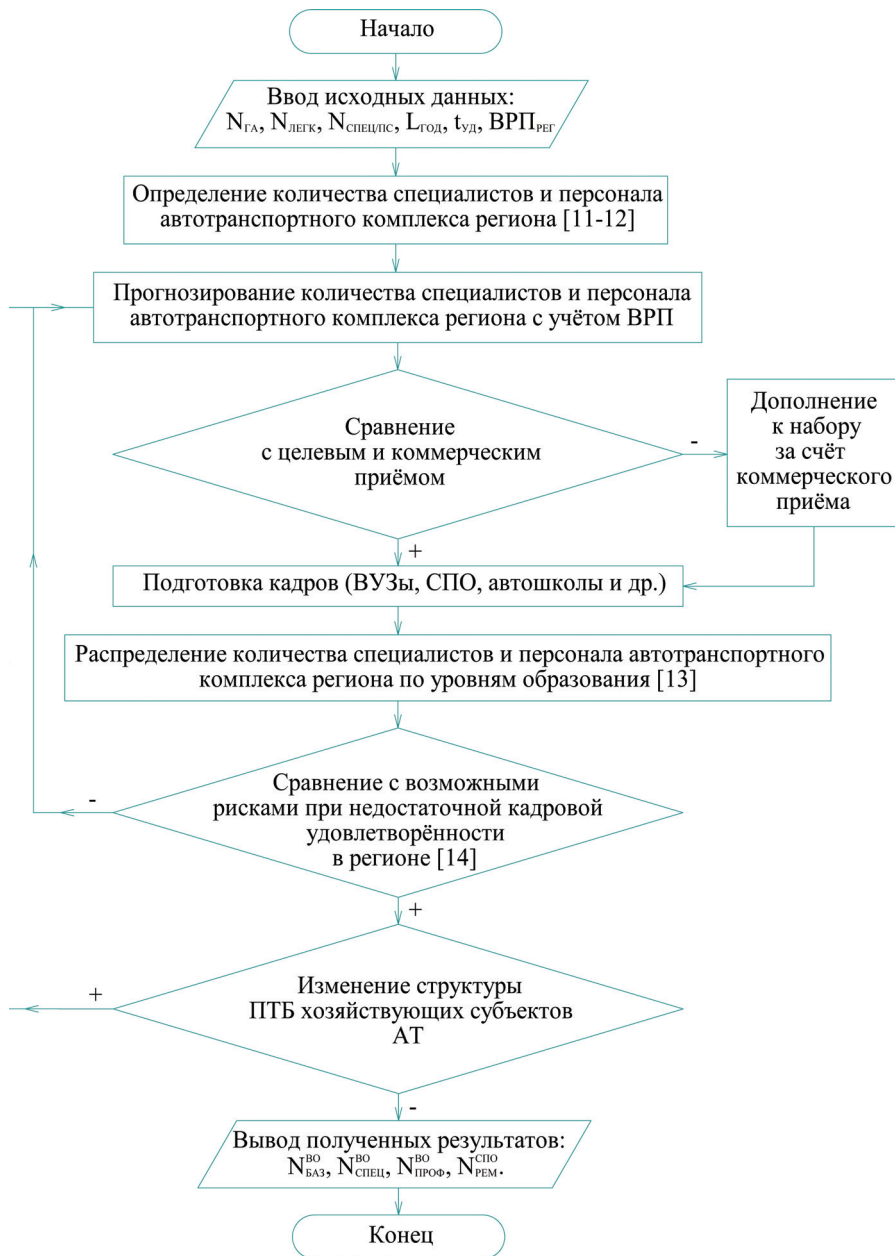


Рис. 2. Алгоритм прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона

средств автотранспортным или неавтотранспортным хозяйствующим субъектам. Вклад автотранспортных средств в обеспечение безопасности движения, в том числе по техническому состоянию, и экологичности транспортного процесса не зависит от принадлежности к виду субъекта.

Подготовка специалистов должна предусматривать несколько уровней, компетенции которых будут соответствовать многообразию уровней решаемых задач, занимаемой должности, что позволит предотвратить избыточность затрат на подготовку специалистов и ожиданий производства.

На начальном этапе в модель вводятся исходные данные в виде числа зарегистрированных транспортных

средств в регионе, количества специалистов и персонала, приходящихся на единицу подвижного состава, среднегодового пробега легковых автомобилей, удельной трудоемкости по техническому обслуживанию и текущему ремонту легковых автомобилей на 1000 км пробега. Рассчитывают потребность в специалистах и персонале автотранспортного комплекса региона, которую в дальнейшем прогнозируют на основе величины валового регионального продукта и установленной зависимости от него парка подвижного состава в регионе. Результаты расчета сравнивают с целевым или коммерческим приемом в учебные заведения среднего или высшего профессионального образования.

Модель содержит два контура обратной связи. Первый оценивает возможные риски, вызванные несовершенством модели в рамках сложившейся технологии, организации и управления автотранспортной деятельностью, и методологию реагирования на их предупреждение. Второй контур направлен на корректировку модели подготовки кадрового обеспечения с учетом новых и инновационных технологий в сфере эксплуатации автомобильного транспорта.

Необходимо отметить еще несколько положений, которые предусмотрены в составе внешних возмущающих воздействий разработанной модели:

1. Устойчивый спрос на подготовку специалистов автотранспортного профиля может быть достигнут в условиях устойчивой работы системы «профориентация — обучение — трудоустройство — карьерный рост». Профессиональные стандарты, отвечающие за трудоустройство и карьерный рост, в значительной части на автомобильном транспорте отсутствуют. А имеющиеся профессиональные стандарты содержат требования, исполнение которых возможно в случаях, если хозяйствующие субъекты добровольно принимают на себя такие обязательства. На автомобильном транспорте деятельность осуществляют как правило мелкие и средние хозяйствующие субъекты, которым нет смысла принимать на себя исполнение профессиональных стандартов. Основываясь на этих соображениях, необходимо преодолеть добровольность применения этих документов.

2. Прогнозирование развития автотранспортной отрасли указывает на постоянное увеличение количества колесных транспортных средств с электрическими, гибридными энергетическими установками и трансмиссиями. Проектирование транспортных систем все чаще осуществляется с использованием методологии имитационного моделирования, управление различными видами автотранспортной деятельности основано на использовании цифровых решений, часто нестандартных. В настоящее время подготовка специалистов по этим прогрессивным направлениям осуществляется фрагментарно в рамках других (не автотранспортных) укрупненных групп специальностей, что сдерживает темпы их развития и качество получаемых решений. Необходимо сосредоточить подготовку специалистов по инновационным технологиям в рам-

ках автотранспортных специальностей и направлений.

3. Нормативно-методическое обеспечение технической эксплуатации автомобилей требует адаптации к современной ситуации. Согласно 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения», техническую политику в отношении эксплуатации автомобилей осуществляет завод-изготовитель. Отменено положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта, в котором на высоком методическом уровне приведена методология технической эксплуатации автомобилей. Заводы-изготовители и их дилеры не готовы делиться своей документацией по техническому сервису автомобилей. Для владельца транспортного средства такая ситуация не имеет значения, но для подготовки специалистов очень важно донести до обучающегося не только современную концепцию технического сервиса, но и методические документы ее исполнения. Проблема обостряется в условиях применения новых технических решений на автомобилях.

Для конкретизации действия модели разработан алгоритм прогнозирования (рис. 2) кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона. В нем использованы результаты разработки укрупненной методики определения потребности автотранспортного комплекса региона в кадрах с профильным образованием [11], исследования кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона [12], разработки методики определения структуры специалистов с автотранспортным образованием [13], математической модели оценки потребности в специалистах и персонале автомобильного транспорта в регионе [14].

Расчеты, выполненные согласно рассмотренной модели, позволили определить потребность хозяйствующих субъектов Оренбургской обл. в специалистах по эксплуатации автомобильного транспорта в количестве не менее 70 человек в год при парке подвижного состава в 1030188 ед. в 2023 г.

Практической значимостью исследования является прогнозирование кадрового потенциала автотранспортного комплекса в регионах Российской Федерации для обеспечения требуемого количества специалистов и персонала для хозяйствующих субъектов автомобильного транспорта, совершенствования их подготовки и переподготовки.

Направления дальнейших исследований будут иметь вектор развития и прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса в субъектах Федерации с учетом изменений, связанных с электрификацией подвижного состава, беспилотным управлением, цифровизацией и внедрением интеллектуальных систем.

Источники

1. Трофименко Ю. В., Комков В. И. Актуализированный прогноз численности, структуры автомобильного парка России по типу энергоустановок и выбросов парниковых газов до 2050 года // Вестник СибАД И. 2023. Т. 20(3). С. 350–361. DOI: 10.26518/2071-7296-2023-20-3-350-361. EDN: DDEUBI.
2. Meirinhos V. A., Couto A. I. Societal Human Resources Management and Development // Innovation management and education excellence vision 2020: from regional development sustainability to global economic growth, 27th International Business Information Management Association Conference, 4–5 may 2016, Milan, Italy. 2016. Pp. 1584–1587.
3. Коновалова Т. В., Надирян С. Л., Папаян М. В. Современное состояние кадрового обеспечения автомобильного транспорта // Вестник СибАД И. 2017. Т. 1. № 53. С. 150–158. DOI: 10.26518/2071-7296-2017-1(53)-150-158.
4. Трофимова Л. С., Касимова А. Б. Обзор теории планирования численности работников грузовых автотранспортных предприятий // Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». 2017. Т. 1. № 53. С. 89–96. DOI: 10.26518/2071-7296-2017-1(53)-89-96.
5. Важенина Т. М., Евтин П. В., Медведев А. В. Реализация системы индивидуализации опережающей подготовки высококвалифицированных кадров для современной транспортной отрасли // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2022. № 10. С. 3–6. DOI: 10.36535/0236-1914-2022-10-1.
6. Трофимова Л. С., Жигадло А. П. Планирование деятельности предприятий автомобильного транспорта по показателям, определяющим производительность труда работников и подвижного состава // Вестник СибАД И. 2022. Т. 19 (1). С. 74–83. DOI: 10.26518/2071-7296-2022-19-1-74-83.
7. Бебинов С. Е., Трофимова Л. С., Жигадло А. П. Концепция для разработки тре-

бований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3–5(82). С. 118–129. DOI: 10.33979/2073–7432–2023–3–5(82)-118–129.

8. Бебинов С. Е., Трофимова Л. С. Теоретическое обоснование для разработки показателей совершенствования подготовки и переподготовки персонала пассажирского автомобильного транспорта. Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». 2024. Т. 21. № 1. С. 48–61. DOI: 10.26518/2071-7296-2024-21-1-48-61. EDN: QFTVHE
9. Неволин Д. Г., Черепанова Л. А. Мониторинг состояния системы подготовки специалистов транспортной сферы // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник материалов XVIII международной научно-практической конференции. Оренбург: ОГУ, 2023. С. 307–311.
10. Черепанова Л. А. Система подготовки квалифицированных кадров: оценка качества и реализация приоритетов // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Уфа: Аэтерна, 2021. С. 14–19.
11. Якунин Н. Н., Фролов О. Ю., Якунина Н. В., Котов В. В. Укрупненная методика определения потребности автотранспортного комплекса региона в кадрах с профильным образованием // Вестник СибАД И. 2021. Т. 18. № 4(80). С. 416–426. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-4-416-426.
12. Якунин Н. Н., Фролов О. Ю., Якунина Н. В., Котов В. В. Результаты исследования кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона (на примере Республики Башкортостан) // Мир транспорта и технологических машин. 2022. № 1 (76). С. 103–111.
13. Якунин Н. Н., Якунина Н. В., Фролов О. Ю., Хасанов И. Х. Методика определения структуры специалистов с автотранспортным образованием в регионе // Вестник СибАД И. 2022. Т. 19. № 3. С. 398–410. DOI: 10.26518/2071-7296-2022-19-3-398-410.
14. Якунин Н. Н., Якунина Н. В., Фролов О. Ю., Хасанов И. Х. Математическая модель оценки потребности в специалистах и персонале автомобильного транспорта в регионе // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. 2024. № 5 (114). С. 50–53.

Математическое моделирование при подборе персонала в гражданской авиации



Ю. В. Белозуб,
старший преподаватель
кафедры вычислительных
машин, комплексов, сис-
тем и сетей Московского
государственного тех-
нического университета
гражданской авиации

В авиации важнейшее значение имеет учет личностных характеристик персонала, особенно пилотов. Использование математических моделей значительно улучшает процесс подбора и оценки кадров, позволяя эффективнее анализировать требования к специалистам, учитывать множество факторов влияния на качество работы и оптимизировать стратегии подбора персонала.

Начиная с 1950-х годов, математическое моделирование стало неотъемлемой частью авиации, способствуя созданию более точных и эффективных методов для анализа и оптимизации воздушного движения. Оно позволило разработать стратегии оптимального полета, учитывающие топливную эффективность, время и безопасность. Со временем применение математических моделей расширилось на различные аспекты авиации, включая аэродинамику, механику полета, прогнозирование погоды, а также системы управления воздушным движением и навигации, что значительно повысило безопасность, эффективность и надежность авиационных систем.

Основная цель применения математического моделирования в сфере управления авиационным персоналом заключается в понимании и оптимизации системы подбора, что способствует принятию обоснованных решений.

Для эффективного подбора персонала в гражданской авиации рекомендуется использовать различные модели математического моделирования, адаптированные к специфике этого процесса. Нелинейные модели способны учитывать сложные взаимосвязи между характеристиками кандидатов, в то время как стохастические модели позволяют адекватно отражать элементы неопределенности, присущие выбору персонала. Динамические модели относятся к изменениям во времени, что важно для учета изменяющихся требований и новых кандидатов. Функциональные модели, представляя кандидатов в виде «черного ящика», позволяют сосредоточиться на итоговых показателях, таких как успех

в работе и удовлетворенность, без глубокого анализа внутренней структуры. Таким образом, использование этих моделей может значительно улучшить качество и точность процесса подбора персонала.

Выбор конкретной модели зависит от доступных данных, специфики авиационного предприятия и целей исследования. Комбинация различных подходов приведет к более эффективным результатам.

М. О. Сангова представляет математическую модель для оценки профессиональных качеств студентов, обучающихся в институтах гражданской авиации по направлению «поисковое и аварийно-спасательное обеспечение» [1].

Дискуссия о том, как математические методы могут быть использованы для анализа и оптимизации уровня мотивации, а также для более эффективного управления трудовыми ресурсами возникла не сегодня, однако наблюдается нехватка практических исследований в данной области. В. Н. Бугорский, И. Д. Котляров, В. И. Фомин рассматривают вопросы математического моделирования в контексте мотивации трудовой деятельности поступающих кандидатов в процессе подбора персонала. Существует прямая пропорциональная зависимость между совокупной мотивацией и показателями групп потребностей: чем выше интенсивность и важность, тем выше общая мотивация [2].

Е. Д. Щербакова рассматривает математическую модель, с помощью которой можно определить самое оптимальное назначение кандидатов на должности с дальнейшим получением наибольшего эффекта от работы. Математическая модель задачи заключается в непосредственном нахождении оптимального

значения (минимум или максимум) целевой функции [3].

О. С. Сорокина считает, что применение регрессионного анализа, в частности, бинарной регрессии, успешно используется для моделирования процесса отбора персонала, что позволяет оценить вероятность успешного прохождения испытательного срока сотрудниками [4].

Н. Ш. Никитина, Е. В. Бурмистрова используют методику отбора персонала на вакансию на основе нечетких показателей: «Математическая модель позволяет принять решение о выборе наилучшего кандидата на основе сравнения каждого соискателя с идеальным профилем работника с учетом важности рассматриваемых качеств личности для данной сферы деятельности. При этом оцениваются только личностные качества, так как предполагается, что профессиональные характеристики и специальные навыки учтены на предшествующих этапах отбора» [5].

Для моделирования подбора кандидатов авиационных специальностей наиболее подходят нелинейные модели, поскольку они лучше отражают сложные взаимосвязи между признаками кандидатов. Стохастические модели учитывают вероятность различных исходов, а динамические позволяют адаптироваться к изменениям во времени и в требованиях.

Использование аппарата нечетких множеств в контексте подбора персонала наиболее соответствует нелинейным моделям. Нечеткие множества позволяют учитывать сложные и неопределенные зависимости между различными характеристиками кандидатов, что делает их особенно эффективными для моделирования ситуаций, где классические бинарные логические подходы не применимы.

С помощью нечетких множеств можно лучше описывать разнообразные качества и личные характеристики кандидатов, а также учитывать имманентную неопределенность в процессе подбора персонала.

Требования к кандидату представим на рисунке.

Для построения нечеткой модели оценки успешного кандидата необходимо сформировать полное пространство предпосылок $X = \{x_i\}$ — набор признаков, которые будут оцениваться для определения успешности подбора кандидата, и полное пространство заключений $Y = \{y_j\}$, j — набор категорий, которые опи-

Таблица 1. Элементы пространства X и Y

Наименование условий соответствия	Обозначение	Наименование соответствия	Обозначение
Общие сведения: пол, возраст, проживание, семейное положение	X1	Успешный кандидат	Y1
Образование и квалификация	X2		
Опыт работы: количество летных часов, стаж работы	X3		
Профпригодность: специальные знания и умения, профессионально важные качества, личностные качества	X4		

Таблица 2. Задание нечетких переменных для критериев X и Y

Имя нечеткой переменной	Область определения	Значения нечеткой переменной
Общие сведения X1	[1...15...20]	Не соблюдается контроль, соблюдается
Образование X2	[21...30...35]	Не соблюдается контроль, соблюдается
Опыт работы X3	[36 ...45...50]	Не соблюдается контроль, соблюдается
Профпригодность X4	[51...92...100]	Не соблюдается контроль, соблюдается
Успешный кандидат Y1	[92...100]	Подходящий, неподходящий
Неуспешный кандидат Y2	[1...91]	Подходящий, неподходящий

Таблица 4. Нечеткие продукционные правила модели Y1

Номер правила	Антецедент	Консеквент
1	$(X1=B \wedge X2=B \wedge X3=B \wedge X4=B)$	$Y1=B$
3	$(X1=C \wedge X2=B \wedge X3=B \wedge X4=B)$	$Y1=B$
4	$X1=B \wedge X2=C \wedge X3=B \wedge X4=B$	$Y1=B$
5	$X1=B \wedge X2=B \wedge X3=C \wedge X4=B$	$Y1=B$
6	$X1=C \wedge X2=C \wedge X3=B \wedge X4=B$	$Y1=B$
7	$X1=C \wedge X2=B \wedge X3=C \wedge X4=B$	$Y1=B$

сывают обобщенные уровни успешности подбора кандидата.

Успешный кандидат — это кандидат, который соответствует определенным критериям, представленным в пространстве X и получающим соответствующую оценку в пространстве Y (успешный кандидат может относиться к группе успешных по всем характеристикам X, соответствующим заданному значению).

Если X1 есть A, X2 есть B, а X3 есть C, то у есть D.

В табл. 1 представим элементы пространства X и Y согласно модели требований к кандидату.

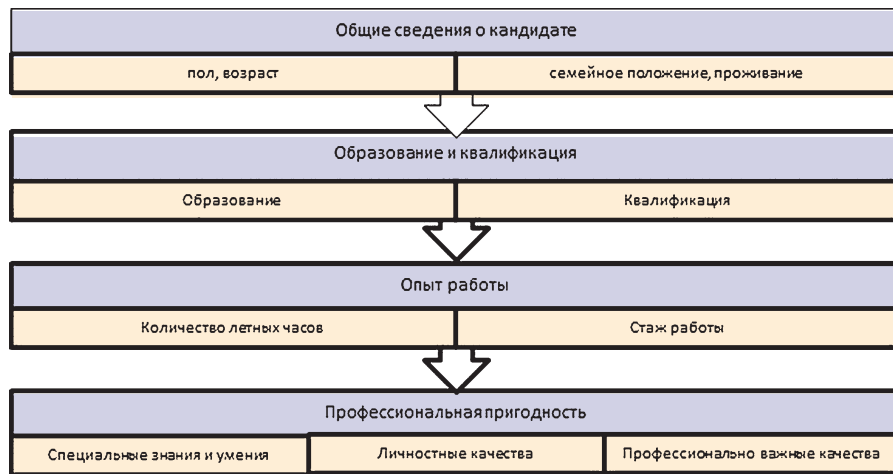
Зададим входные диагностические параметры X и Y (входные переменные) в табл. 2.

Область определения нечеткой переменной задается баллами, которые

кандидат набирает, если его данные соответствуют необходимым для отбора (табл. 3).

Основные личностные качества: самоконтроль, уверенность в себе, ответственность, целеустремленность, работоспособность, исполнительность, стрессоустойчивость, дисциплинированность, мобильность, навык принятия решений, сдержанность, самореализация, коммуникабельность, адаптивность к социальным ролям, психическая (эмоциональная) устойчивость, жизнестойкость, оптимизм, тревожность, склонность к спонтанным решениям.

Специальные знания и умения состоят из 22 позиций, которые условно можно разделить на семь областей знаний: основы полета и аэронавигация; метеорология и климатология; безопасность



Модель требований к кандидату

полетов; технические аспекты воздушного судна; эксплуатация и обслуживание воздушного судна; радиосвязь и фразеология; аварийные ситуации и выживаемость.

Профессионально важные качества кандидата: устойчивость и переключаемость произвольного внимания; помехоустойчивость; объем оперативной памяти; скорость протекания интеллектуальных процессов; способность к выделению существенных признаков понятий и установлению логических и абстрактных связей; логичность и аналитичность мышления, связанного с непосредственным восприятием; гибкость мышления (способность быстрой выработки и перестройки умственных навыков); пространственное воображение; манипулирование образами; оценка общих способностей человека, связанных с обучаемостью. В бальной оценке каждому качеству присваивается один балл при наличии такого качества у кандидата.

При задании лингвистических переменных, характеризующих требования к успешному кандидату, могут использоваться следующие терм-множества, определяющие требования T_n :

$X_n = [\text{соблюдается } (B), \text{ контроль } (C), \text{ не соблюдается } (H)]$.

При задании лингвистических переменных, характеризующих степень соответствия кандидата, используем следующие терм-множества, определяющие показатели:

$Y_n = [\text{подходящий } (B), \text{ неподходящий } (H)]$.

Таким образом, модель успешного и неуспешного кандидата будет соответствовать правилам, представленным в табл. 4.

Общее количество правил $Y1=7$.

Допускаем, что можно поставить на контроль в требованиях общие сведения кандидата, например, его опыт работы. Такие требования к кандидату можно или повысить или, наоборот, снизить, если по всем другим параметрам он подошел.

При определении функции принадлежности исходим из следующего: в разрабатываемой методике используем трапециевидную функцию принадлежности для описания требований модели успешного кандидата. Требования к кандидату имеют определенный интервал своего действия, например, позиция «общие сведения о кандидате» соответствует [1...15...20], позиция «образование» соответствует [21...30...35] и т. д.

Пример значений нечеткой переменной «общие сведения»:

- «не соблюдается» — этот критерий охватывает значения от 1 до 14;
- «контроль» — относим к значению 15, т. е. критерий соблюдается частично, необходим контроль;
- «соблюдается» — критерий может охватывать значения от 16 до 20, где кандидат полностью соответствует требованиям, т. е. по данной позиции это успешный кандидат.

Далее аналогичным образом смотрим следующие нечеткие переменные. Трапециевидная функция принадлежности задается аналитической формулой

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-b}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

Параметры трапециевидной функции принадлежности интерпретируются следующим образом: $[a, d]$ — носитель нечеткого множества, пессимистическая оценка значений переменной;

$[b, c]$ — ядро нечеткого множества, оптимистическая оценка значений переменной.

Таким образом, использование метода нечетких множеств при подборе персонала обеспечивает качество процесса оценки кандидатов. Этот метод позволяет учитывать множество факторов. Метод нечетких множеств обеспечивает гибкость, позволяя оценивать степень соответствия кандидатов требованиям, а также помогает избежать субъективности в оценке, обеспечивая более структурированный подход к принятию решений.

Использование метода нечеткой логики способствует выявлению кандидатов, которые могут не полностью соответствовать всем критериям, но имеют значительные преимущества. ■

Источники

1. Сангова М. О., Гиматдинова Э. М. Математическая модель оценивания профессиональных качеств студентов, обучающихся в институтах гражданской авиации по направлению «Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение» // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 15(49). С. 213–215. EDN: EFOGCD.
2. Бугорский В. Н., Котляров И. Д., Фомин В. И. Принципы математического моделирования мотивации к труду // Прикладная информатика. 2007. № 3(9). С. 114–118.
3. Щербакова Е. Д. Математическое моделирование в управлении персоналом // Современные инновационные технологии и проблемы устойчивого развития общества: Материалы XI международной научно-практической конференции, 28 мая 2018 г., Минск. Минск: ИД «Ковчег», 2018. С. 206–208.
4. Сорокина О. С. Математическое моделирование процесса подбора и оценки персонала // Управление в условиях глобальных мировых трансформаций: экономика, политика, право: Сборник научных трудов, 26–30 апреля 2017 г., Севастополь. Севастополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2017. С. 349–352. EDN: ZBRZAV.
5. Никитина Н. Ш., Бурмистрова Е. В. Методика отбора персонала на вакансию на основе нечетких показателей. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otbora-personala-na-vakansiyu-na-osnove-nechetkih-pokazateley> (дата обращения: 14.01.2025).

М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов, В. Е. Меркин.

Освоение подземного пространства мегаполисов. История и перспективы развития. — М.: АСВ, 2025.

Непрерывное увеличение объемов подземного строительства и эффективное использование пространства ниже уровня земли давно являются мировым трендом и закономерностью современного этапа развития мегаполисов, как одни из ключевых способов превращения исторических кварталов городов и природных заповедников в экологически благоприятные, комфортные и привлекательные территории.

Все больше правительств и муниципальных органов власти в мире осознают необходимость и преимущества использования подземного пространства и последовательно осуществляют программы его освоения в исторических центрах города. При этом комплексно решаются проблемы транспорта, коммунального и жилого хозяйства, занятости населения, энергосбережения и т. д.

Освоению подземного пространства мегаполисов посвящена монография членов Российской академии транспорта, известных специалистов в области подземного строительства, докторов технических наук М. Г. Зерцалова, Д. С. Конюхова и В. Е. Меркина. Книга предназначена для специалистов в области использования подземного пространства, преподавателей, аспирантов и студентов, обучающихся по специальности «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей».

Авторами подробно изложена история городского подземного строительства, приведены классификации подземных сооружений, рассмотрены объемно-планировочные и конструктивные решения объектов. Значительная часть монографии посвящена подземным сооружениям транспортного назначения: автомобильным и железнодорожным тоннелям, подземным автомагистралям, гаражам и автостоянкам, метрополитенам, пе-

шеходным переходам и транспортно-пересадочным узлам, а также комплексам этих сооружений. Рассмотрены современные тенденции и перспективы, в том числе тоннели для беспилотных транспортных средств, подземные велостоянки и т. п.

Большое внимание уделяется задачам стратегического планирования, при котором нередко транспортный каркас города становится основой для комплексного гра-

достройного освоения подземного пространства. Выделяется роль подземных транспортных сооружений в реализации целей ООН в сфере устойчивого развития, «зеленой» энергетики и решении социальных и экологических проблем мегаполисов.

В отдельной главе на примере подземных сооружений транспортного назначения рассмотрено влияние освоения подземного пространства на формирование природно-технической геосистемы, создание комфортных условий жизни людей, сохранение окружающей среды.

В основу книги положены: обобщение опыта, накопленного в нашей стране и за рубежом в последние годы; многолетняя работа авторов при проведении научных исследований, проектировании и строительстве подземных сооружений; их педагогическая практика в области геотехники и освоения подземного пространства. ■



Станислав Н. Васильев, д-р физ.-мат. наук, академик Российской академии наук, главный научный сотрудник Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,

Станислав С. Гончаренко, канд. экон. наук, президент Евразийского транспортного инновационного центра.

Управление развитием МТК «Север — Юг» как фактор обеспечения безопасности и подтверждения статуса великой державы России в XXI в. // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 3–11.

Рассматривается стратегия управления развитием МТК «Север — Юг» — крупномасштабной системы, в результате которой Россия становится одним из мировых экономических полюсов и транспортным хабом мирового масштаба. Этим Россия способна обеспечить собственную безопасность, подтвердить статус великой державы, а также гарантировать продовольственную безопасность и ускоренного развития государств-участников коридора.

Ключевые слова: транспорт, международный транспортный коридор «Север — Юг», центр грузозарождения, центр грузопоглощения, национальная безопасность, Волга, Каспий, Индийский океан, Атлантический океан, БРИКС

Контакты: goncharenkoss@mail.ru

Анастасия М. Жидкова, руководитель проектов ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ведущий специалист по управлению проектами управления научно-инновационной деятельности Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (ГУМРФ),

Евгений О. Ольховик, д-р техн. наук, профессор кафедры судостроения и энергетических установок ГУМРФ,

Олег В. Соляков, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации водного транспорта Российской государственной академии транспорта (МИИТ).

Организация портов-хабов на внутренних водных путях России // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 12–17.

Рассматриваются элементы подсистемы внутреннего водного транспорта, анализируется их текущее состояние и перспектива развития за счет обеспечения связанности с железнодорожным транспортом. Предложены варианты расположения речных портов-хабов, определены характеристики маршрутов судов по наиболее актуальным направлениям, используемого флота, обеспечивающего максимальную загрузку, рассчитаны прогнозные значения по объему перевозок.

Ключевые слова: внутренний водный транспорт, порт-хаб, транспортно-логистический центр, барже-буксирные составы, правила управления водным транспортом, интеллектуальные системы управления

Контакты: zhidkovaam@gumrf.ru

Сергей В. Еремин, д-р техн. наук, депутат Государственной Думы, председатель комитета по развитию общественного транспорта Российской академии транспорта (РАТ (МИИТ)),

Вадим В. Донченко, канд. техн. наук, заместитель директора Центра развития транспорта общего пользования Передовой инженерной школы «Академия ВСМ» РУТ (МИИТ), председатель НТС комитета по развитию общественного транспорта РАТ,

Александр С. Морозов, заместитель директора Центра развития транспорта общего пользования Передовой инженерной школы «Академия ВСМ» РУТ (МИИТ), вице-президент Международной ассоциации предприятий городского электрического транспорта,

Андрей Г. Шестопалов, директор Центра развития транспорта общего пользования Передовой инженерной школы «Академия ВСМ» РУТ (МИИТ), секретарь комитета по развитию общественного транспорта РАТ.

О совершенствовании законодательного регулирования транспортного обслуживания населения

в городах и городских агломерациях России // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 18–22.

Анализируется законодательство в сфере городского пассажирского транспорта. Отмечаются его достоинства и недостатки. Делается вывод о необходимости разработки законопроекта, который создал бы комплексную систему транспортного обслуживания населения, в частности, обеспечив изменение приоритетов формирования транспортной и инвестиционной политики от преимущественной ориентации на личные автомобили к более полному использованию общественного транспорта и средств индивидуальной мобильности.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, законопроект, личный автомобиль, общественный транспорт, система транспортного обслуживания населения

Контакты: v. v.donchenko@yandex.ru

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

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

Сравнительный анализ развития традиционной и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 23–27.

Выполнен сравнительный анализ тенденций развития традиционной и высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры. Изучена динамика развития двух типов железнодорожной инфраструктуры, их влияния на общество и мировую экономику. Рассматриваются примеры различных стран, которые сыграли ключевую роль в развитии как традиционных, так и высокоскоростных железнодорожных систем.

Ключевые слова: мировая сеть железных дорог, инфраструктура железных дорог, высокоскоростная железнодорожная инфраструктура, ВСМ, социально-экономические эффекты

Контакты: macheretda@rambler.ru

Эрнест С. Сулейманов, канд. пед. наук, старший научный сотрудник Научно-производственного центра инжиниринговых технологий Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова (КИПУ),

Эрвин Д. Умеров, канд. техн. наук, начальник Научно-производственного центра инжиниринговых технологий КИПУ

Методика расчета оптимального тарифа на перевозку пассажиров городским транспортом (на примере г. Симферополя) // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 28–32.

Проведен анализ процедуры государственного регулирования тарифов на перевозку пассажиров городским автотранспортом. Применена методика расчета и корректирования тарифов на услуги по перевозке пассажиров в г. Симферополе. Расчет проведен методом экономической обоснованных расходов (затрат) с учетом минимально запланированного уровня рентабельности предприятия-перевозчика. Проведено сравнение с социально ориентированным (максимально приемлемым) тарифом на основе платежеспособного спроса населения.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, пассажирские перевозки, тариф, стоимость проезда, рентабельность перевозок

Контакты: ervin777@yandex.ru, suleymanov.ernest@mail.ru

Андрей М. Трунаев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ростовского государственного университета путей сообщения.

Способы и средства повышения безопасности на железнодорожных переездах, перспективы их развития // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 33–37.

Проведен анализ ДТП на железнодорожных переездах. Выявлено, что внедрение интеллектуальных транспортных систем позволит повысить эффективность и безопасность дорожного движения. Будущее железнодорожных переездов связано с тотальной цифровизацией, автоматизацией и переходом к принципу «нулевой аварийности». Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах — это комплексная задача, требующая взаимодействия технических решений, нормативного регулирования, инфраструктурной модернизации и участия самих граждан.

Ключевые слова: переезд, повышение безопасности, заградительные устройства, интеллектуальные системы, цифровизация

Контакты: andrey.trunayev@mail.ru

Максим А. Марченко, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Оксана Д. Покровская, д-р техн. наук, заведующая кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ПГУПС.

Метод повышения провозной способности Восточного полигона на основе увеличенного интервала между пакетами поездов // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 38–41.

Целью работы является разработка эффективного метода повышения провозной способности Восточного полигона. Предложен метод повышения пропускной способности, основанный на увеличении интервала между пакетами поездов. Особенно актуальным его внедрение будет на Восточном полигоне, поскольку позволит улучшить использование пропускной способности в совокупности с техническими мероприятиями по ее повышению, тем самым открывая возможности для повышения качества транспортного обслуживания российских транспортно-логистических компаний.

Ключевые слова: Восточный полигон, провозная способность, контейнерные железнодорожные перевозки, морские порты, увеличенный интервал, участковая скорость поездов

Контакты: insight1986@inbox.ru

Ярослав В. Бурый, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Автоматизация судовождения» Государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова (ГМУ),

Анатолий Н. Попов, д-р техн. наук, начальник факультета эксплуатации водного транспорта и судовождения ГМУ,

Виктор Г. Сенченко, канд. техн. наук, начальник лаборатории «Автоматизация судовождения» ГМУ.

Развитие портовой инфраструктуры для обеспечения безэкипажного судовождения // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 42–45.

Освещаются проблемы, встающие перед отраслью морских перевозок при внедрении технологий безэкипажного судовождения, в частности, вопросы подготовки портовой инфраструктуры. Раскрываются особенности приема и передачи управления морскими автономными надводными судами между центрами дистанционного управления и порта захода, а также взаимодействие автономных судов и буксиров, обеспечивающих их проводку, в том числе лоцманскую, и швартовку.

Ключевые слова: безэкипажное судовождение, безэкипажное судовождение, морские автономные надводные суда (МАНС)

Контакты: y.burylin@gmail.com

Анна В. Сычева, канд. техн. наук, докторант Ростовского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Многофункциональное подрельсовое устройство для укладки временного железнодорожного пути на неподготовленную поверхность // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 46–50.

Предлагается методология и предложения для ее реализации по укладке временного железнодорожного пути на неподготовленной поверхности оперативного развертывания в условиях специальных операций и чрезвычайных ситуаций. Предлагаются отечественный, не имеющий аналогов в мире, запатентованный в России способ формирования такого железнодорожного пути и конструкции устройств для его реализации. Предложение основано на включении в конструкцию подрельсового основания вязкого элемента. Описываются технологии укладки на неподготовленную поверхность.

Ключевые слова: железнодорожный путь, оперативное развертывание, подрельсовое устройство, вязкий элемент

Контакты: anna@vpm770.ru

Николай Ф. Красюков, 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».

Пассивная безопасность рабочего места машиниста с использованием виртуальной модели человека // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 51–53.

Представлены результаты моделирования динамического поведения тела машиниста на его рабочем месте при лобовом столкновении поезда с препятствием на железнодорожном пути. Поведение тела, в том числе возможность получения механических травм, прогнозируется с помощью 50-процентильной виртуальной модели тела человека (мужчина, рост 1,75 м, масса 77 кг). Предлагается новый подход к повышению эффективности конструктивной защиты рабочего места машиниста посредством установки на нем подушек безопасности.

Ключевые слова: поезд, препятствие на железнодорожном пути, аварийное столкновение, конструктивная защита, пассивная безопасность, рабочее место машиниста, виртуальная модель, подушка безопасности

Контакты: oganian-es@vnikti.com

Алексей Ю. Ганшкевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Водные пути, порты и портовое оборудование» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)),

Филипп О. Фадеев, аспирант РУТ (МИИТ).

Вибрационная диагностика узлов механизмов подъемно-транспортных машин с применением имитационного и натурного моделирования // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 54–56.

Приводятся разработанные авторами основные подходы к формированию и моделированию сигнала с диагностическими признаками дефектов на основе структурной схемы механизма. Представлены основные расчетные зависимости для описания вибрационного сигнала механизма с дефектами при наличии амплитудной и частотной модуляции. Изложены подходы к моделированию этапов разгона и торможения механизма, разработана методика моделирования шумовой составляющей сигнала. Описаны возможные области применения имитационного моделирования при проведении вибродиагностики, и дано краткое описание полученных результатов.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, имитационная модель механизма, повторно-кратковременный режим работы, амплитудно-частотная модуляция, фазочастотная модуляция, дефекты

Контакты: gansalex@mail.ru

Дмитрий Н. Шевченко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)),

Евгений Г. Максаев, ассистент кафедры «Тяговый

подвижной состав» РОАТ РУТ (МИИТ),

Олег В. Измеров, соискатель кафедры «Подвижной состав железных дорог» Брянского государственного технического университета.

Модернизация сферических резинометаллических шарниров для экипажной части локомотива // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 57–61.

Рассмотрен вопрос предотвращения случаев отслоения резинового элемента от металлических обойм в сферическом резинометаллическом шарнире с продольным разъемом, применяемого на отечественных грузовых локомотивах. Предложено модернизировать выпускаемый резинометаллический шарнир путем изменения формы выемки, чтобы предотвратить перетекания резины в сторону свободных поверхностей, за счет дополнительной механической обработки выемки после вулканизации. В качестве перспективного решения предложено разработать модификацию сферического резинометаллического шарнира с радиальными разрезами наружной обоймы.

Ключевые слова: локомотив, экипажная часть, резинометаллический шарнир, несущая способность, вулканизация, математическое моделирование

Контакты: shevchenkodn.roat@ya.ru

Людмила В. Цыганская, канд. техн. наук, заместитель генерального директора — главный конструктор НИБ АО «НВЦ «Вагоны»,

Дмитрий Г. Бейн, канд. техн. наук, заместитель главного конструктора НИБ АО «НВЦ «Вагоны»».

Исследование эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 62–64.

По результатам анализа эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ с базой не менее 17 м на основе статистических данных за период с 2010 по 2020 гг. (по неисправностям в части возникновения трещин) определены элементы и узлы, наиболее часто повреждающиеся в эксплуатации. Оценена вероятность безотказной работы рам длиннобазных вагонов-платформ работы (по учитываемым видам отказа) в течение расчетного срока службы.

Ключевые слова: вагон-платформа, сопротивление усталости, вероятность безотказной работы, хребтовая балка

Контакты: dgbain@mail.ru, dmitry.bein@nvc-vagon.ru

Алексей А. Ковалев, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС),

Александр В. Окунев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» УрГУПС,

Александр В. Микава, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение транспорта» УрГУПС.

Диагностика и техническое обслуживание поддерживающих устройств контактной сети на протяжении жизненного цикла // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 65–68.

Обосновывается актуальность разработки комплексной стратегии диагностики по определению технического состояния поддерживающих конструкций контактной сети. Выполнен анализ существующих решений на действующих участках, сделан акцент на важность учета жизненного цикла поддерживающих конструкций при проведении их технического обслуживания. Представлена модель определения времени регулирования консолей контактной сети в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: диагностика, техническое обслуживание, поддерживающая конструкция, жизненный цикл, надежность

Контакты: kovalev_alexey@mail.ru

Алексей А. Локтев, д-р физ.-мат. наук, заведующий кафедрой транспортного строительства Рос-

сийского университета транспорта (РУТ (МИИТ)),

Лилия А. Илларионова, канд. техн. наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте» РУТ (МИИТ),

Рустам Р. Хакимянов, д-р техн. наук, профессор кафедры транспортного строительства РУТ (МИИТ).

Мероприятия по снижению акустического шума в городской среде // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 69–72.

Для оценки уровня шума транспорта в городе и разработки мер по его снижению предложен подход, основанный на агрегировании воздействий от различных источников, учете геометрических параметров генерального плана и траекторий движения автомобилей. Рассматривается моделирование шумового загрязнения от автомобильных дорог и его воздействия на здания, что позволяет предложить эффективные стратегии шумозащиты.

Ключевые слова: транспортный шум, моделирование акустического воздействия, защита от шума

Контакты: aaloktev@yandex.ru

Николай Н. Якунин, д-р техн. наук, заведующий кафедрой автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета (ОГУ),

Наталья В. Якунина, д-р техн. наук, профессор кафедры автомобильного транспорта ОГУ,

Ильгиз Х. Хасанов, канд. техн. наук, доцент кафедры автомобильного транспорта ОГУ.

Модель прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 73–76.

Разработана модель прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона. В ней использованы элементы системы автоматизированного управления комбинированного типа. Модель базируется на значениях валовых региональных продуктов, содержит два контура обратной связи. Исходными данными являются не объемные показатели отрасли автомобильного транспорта, отражаемые в государственной статистической отчетности, а количество зарегистрированных автотранспортных средств в регионе, нормативное количество специалистов, приходящееся на одно автотранспортное средство с учетом категорий. Для конкретизации действия модели разработан алгоритм прогнозирования кадрового потенциала автотранспортного комплекса региона.

Ключевые слова: кадровый потенциал, модель прогнозирования, автотранспортный комплекс региона, специалисты и персонал автомобильного транспорта, валовый региональный продукт

Контакты: yakunin-n@yandex.ru

Юлия В. Белозуб, старший преподаватель кафедры вычислительных машин, комплексов, систем и сетей Московского государственного технического университета гражданской авиации.

Математическое моделирование при подборе персонала в гражданской авиации // Транспорт РФ. — 2025. — № 4 (119). — С. 77–79.

Проведен анализ и построение математических моделей в отрасли гражданской авиации при подборе персонала. Предлагается применение метода нечетких множеств в процессе подбора авиационного персонала, что позволяет эффективнее подбирать кандидатов с учетом наличия у них соответствующих параметров и требований к предполагаемой должности. Применение математической модели, основанной на нечетком множестве, позволяет создать гибкую и адаптивную систему, которая способна принимать решения на основе неясных или нечетко определенных данных.

Ключевые слова: математическая модель, процесс подбора персонала, отрасль гражданской авиации, построение, нечеткие множества

Контакты: j.belozub@mstuca.ru

Stanislav N. Vasiliev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher at the V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the RAS,

Stanislav S. Goncharenko, Candidate of Economic Sciences, President of the Eurasian Transport Innovation Center.

Management of the Development of the International Transport Corridor “North–South” as a Factor in Ensuring Security and Confirming Russia’s Status as a Great Power in the 21st Century // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 3–11.

The article examines the strategy for managing the development of the “North–South” International Transport Corridor — a large-scale system through which Russia becomes one of the global economic poles and a world-class transport hub. This enables Russia to ensure its own security, confirm its status as a great power, and act as a guarantor of food security and accelerated development of the corridor’s member states.

Keywords: transport, “North–South” international transport corridor, cargo generation center, cargo absorption center, national security, Volga, Caspian, Indian Ocean, Atlantic Ocean, BRICS

Contact: goncharenkoss@mail.ru

Anastasia M. Zhidkova, Project Manager, Krylov State Research Center, Lead Project Management Specialist for Scientific and Innovative Activities, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping (GUMRF),

Evgeny O. Olkhovik, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Shipbuilding and Power Plants, GUMRF,

Oleg V. Solyakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Inland Water Transport Operations, Russian University of Transport (MIIT).

Organization of Hub Ports on Russia’s Inland Waterways // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 12–17.

The paper examines the elements of the inland waterway transport subsystem, analyzing their current state and development prospects through improved connectivity with railway transport. Proposed are the optimal locations for river hub ports, characteristics of vessel routes along the most relevant directions, the types of fleets ensuring maximum load, and forecasted cargo volumes.

Keywords: inland waterway transport, hub port, transport and logistics center, barge-tow convoys, inland water transport regulations, intelligent management systems

Contact: zhidkovaam@gumrf.ru

Sergey V. Eremin, Doctor of Technical Sciences, Deputy of the State Duma, Chairman of the Public Transport Development Committee of the Russian Academy of Transport (RAT),

Vadim V. Donchenko, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Public Transport Development Center, Advanced Engineering School “HSR Academy”, Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Chairman of the RAT Public Transport Development Committee’s Scientific and Technical Council,

Alexander S. Morozov, Deputy Director of the Public Transport Development Center, Advanced Engineering School “HSR Academy”, RUT (MIIT), Vice President of the International Association of Urban Electric Transport Companies,

Andrey G. Shestopalov, Director of the Public Transport Development Center, Advanced Engi-

neering School “HSR Academy”, RUT (MIIT), Secretary of the RAT Public Transport Development Committee.

On Improving the Legislative Regulation of Public Transport Services in Russian Cities and Urban Agglomerations // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 18–22.

The article analyzes the legislation in the field of urban passenger transport, noting both its strengths and weaknesses. It concludes that it is necessary to develop a draft law creating a comprehensive public transport service system for the population, particularly to shift transport and investment policy priorities from the predominance of private cars to a more extensive use of public transport and individual mobility solutions.

Keywords: urban passenger transport, draft law, private car, public transport, public transport service system

Contact: v.v.donchenko@yandex.ru

Alexey D. Razuvaev, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of “Transport Infrastructure Economics and Construction Business Management”, Russian University of Transport (RUT (MIIT)),

Dmitry A. Macheret, Doctor of Economic Sciences, First Deputy Chairman of the Joint Academic Council of Russian Railways (RZD), Professor, RUT (MIIT).

Comparative Analysis of the Development of Conventional and High-Speed Railway Infrastructure // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 23–27.

The article provides a comparative analysis of trends in the development of conventional and high-speed railway infrastructure. It studies the dynamics of both types of infrastructure and their impacts on society and the global economy. Examples are given of countries that played a key role in the development of both conventional and high-speed rail systems.

Keywords: global railway network, railway infrastructure, high-speed railway infrastructure, HSR, socio-economic effects

Contact: macheretda@rambler.ru

Ernest S. Suleymanov, Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Research and Production Center of Engineering Technologies, Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University (CEPU),

Ervin D. Umerov, Candidate of Technical Sciences, Head of the Research and Production Center of Engineering Technologies, CEPU.

Method for Calculating the Optimal Urban Passenger Transport Fare (Case Study: Simferopol) // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 28–32.

The article analyzes the process of state regulation of urban passenger transport fares. A methodology for calculating and adjusting passenger fares in Simferopol is applied. The calculation is based on economically justified costs, taking into account the minimum planned profitability of the transport company. A comparison with a socially oriented (maximum acceptable) fare is provided based on the population’s payment capacity.

Keywords: passenger transport, passenger traffic, fare, ticket price, transport profitability

Contact: ervin777@yandex.ru, suleymenov.ernest@mail.ru

Andrey M. Trunayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Automation and Telemechanics on Railway Transport”, Rostov State Transport University.

Methods and Means of Improving Safety at Railway Level Crossings and Their Development Prospects // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 33–37.

The paper analyzes traffic accidents at railway level crossings. It identifies that the introduction of intelligent transport systems will improve the efficiency and safety of road traffic. The future of railway crossings is linked to full digitalization, automation, and the adoption of the “zero-accident” principle. Ensuring safety at level crossings is a comprehensive task that requires a combination of technical solutions, regulatory measures, infrastructure modernization, and public participation.

Keywords: level crossing, safety improvement, barrier devices, intelligent systems, digitalization

Contact: andrey.trunayev@mail.ru

Maxim A. Marchenko, Postgraduate Student, Department of “Operation Management”, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),

Oksana D. Pokrovskaya, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of “Operation Management”, PGUPS.

Method for Increasing the Throughput Capacity of the Eastern Polygon Based on Extended Train Packet Intervals // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 38–41.

The goal of the study is to develop an effective method for increasing the throughput capacity of the Eastern Polygon. The proposed method is based on increasing the intervals between train packets. Its implementation is especially relevant for the Eastern Polygon, as it will improve the use of capacity in combination with technical measures, opening opportunities to improve the quality of transport services for Russian logistics companies.

Keywords: Eastern Polygon, throughput capacity, container railway transport, sea-ports, extended interval, sectional train speed
Contact: insight1986@inbox.ru

Yaroslav V. Burylin, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of “Navigation Automation” Admiral F. F. Ushakov State Maritime University (GMU),

Anatoly N. Popov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Faculty of Water Transport Operation and Navigation, GMU

Viktor G. Senchenko, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory “Navigation Automation”, GMU.

Development of Port Infrastructure for Unmanned Shipping // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 42–45.

The paper highlights the challenges faced by the maritime transport sector in implementing unmanned shipping technologies, particularly regarding the preparation of port infrastructure. It discusses the specifics of transferring control of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) between remote operation centers and port facilities, as well as the interaction between autonomous ships and tugs, including pilot assistance and berthing.

Keywords: unmanned navigation, unmanned shipping, Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)

Contact: y.burylin@gmail.com

Anna V. Sycheva, Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student, Russian University of Transport (MIIT).

Multifunctional Under-Rail Device for Laying Temporary Railway Tracks on Unprepared Surfaces // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 46–50.

The article proposes a methodology and recommendations for laying temporary railway tracks on unprepared surfaces for rapid deployment in special operations and emergency situations. It presents a unique Russian patented method for forming such a track and the design of the required devices. The method is based on incorporating a viscous element into the under-rail foundation. Technologies for track laying on unprepared surfaces are described.

Keywords: railway track, rapid deployment, under-rail device, viscous element

Contact: anna@vpm770.ru

Nikolay F. Krasnyukov, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, JSC “Research and Design-Technology Institute of Rolling Stock” (VNICTI), Eduard S. Oganian, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, JSC “VNICTI”.

Passive Safety of the Train Driver’s Workplace Using a Virtual Human Model // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 51–53.

The study presents the results of modeling the dynamic behavior of a train driver’s body in the workplace during a head-on collision with an obstacle on the railway track. The likelihood of injuries is predicted using a 50th percentile virtual human model (male, height 1.75 m, weight 77 kg). A new approach is proposed to improve structural protection of the driver’s workplace through the use of airbags.

Keywords: train, track obstacle, collision, structural protection, passive safety, driver’s workplace, virtual model, airbag

Contact: oganian-es@vnikti.com

Alexey Yu. Ganshkevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Waterways, Ports and Port Equipment”, Russian University of Transport (RUT (MIIT)),

Philipp O. Fadeev, Postgraduate Student, RUT (MIIT).

Vibration Diagnostics of Lifting and Transport Machine Components Using Simulation and Field Modeling // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 54–56.

The authors present the main approaches to generating and simulating diagnostic signals of defects based on the structural diagram of the mechanism. The principal analytical relations for describing the vibration signal of a defective mechanism with amplitude and frequency modulation are presented. Approaches to modeling the acceleration and deceleration stages of the mechanism are explained, and a method for modeling the noise component of the signal is proposed. Possible applications of simulation modeling for vibration diagnostics are described, along with a brief summary of results.

Keywords: vibration diagnostics, mechanism simulation model, intermittent duty cycle, amplitude-frequency modulation, phase-frequency modulation, defects

Contact: gansalex@mail.ru

Dmitry N. Shevchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Traction Rolling Stock”, Russian Open Academy of Transport, Russian University of Transport (ROAT RUT (MIIT)),

Evgeny G. Maksayev, Assistant, Department of “Traction Rolling Stock”, ROAT RUT (MIIT),

Oleg V. Izmerov, PhD Candidate, Department of

“Railway Rolling Stock”, Bryansk State Technical University.

Modernization of Spherical Rubber-Metal Joints for Locomotive Running Gear // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 57–61.

The paper discusses preventing detachment of the rubber element from the metal shells in longitudinally split spherical rubber-metal joints used in domestic freight locomotives. It proposes modernizing the joint by changing the shape of the recess to prevent rubber flow toward free surfaces, achieved through additional mechanical treatment after vulcanization. A promising solution is the development of a modification with radially split outer shells.

Keywords: locomotive, running gear, rubber-metal joint, load-bearing capacity, vulcanization, mathematical modeling

Contact: shevchenkodn.roat@ya.ru

Lyudmila V. Tsyganskaya, Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director – Chief Designer, R&D Department, JSC “NVC Vagon”, Dmitry G. Bein, Candidate of Technical Sciences, Deputy Chief Designer, R&D Department, JSC “NVC Vagon.”

Study of Operational Failures of Long-Base Flatcars // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 62–64.

Based on an analysis of operational failures of long-base flatcars (wheelbase ≥ 17 m) using statistical data from 2010 to 2020, the structural elements most frequently damaged in service (mainly due to crack formation) were identified. The probability of failure-free operation of long-base flatcar frames (for the considered types of failures) over their calculated service life has been assessed.

Keywords: flatcar, fatigue resistance, probability of failure-free operation, center sill

Contacts: dgbain@mail.ru, dmitry.bein@nvc-vagon.ru

Alexey A. Kovalev, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of “Transport Power Supply”, Ural State University of Railway Transport (UrGUPS),

Alexander V. Okunev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Transport Power Supply”, UrGUPS,

Alexander V. Mikava, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Transport Power Supply”, UrGUPS.

Diagnostics and Maintenance of Overhead Contact System Supporting Devices throughout Their Life Cycle // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 65–68.

The paper substantiates the relevance of developing a comprehensive diagnostic strategy for determining the technical condition of contact system support structures. It presents an analysis of existing solutions on operational sections and emphasizes the importance of considering the life cycle of supporting structures during maintenance. A model is proposed for determining the timing of catenary bracket adjustments during operation.

Keywords: diagnostics, maintenance, support structures, life cycle, reliability

Contact: kovalev_alexey@mail.ru

Alexey A. Loktev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Transport Construction, Russian University of Transport (RUT (MIIT)),

Liliya A. Illarionova, Candidate of Technical Sci-

ences, Associate Professor, Department of “Buildings and Structures in Transport”, RUT (MIIT),

Rustam R. Khakimzyanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Transport Construction, RUT (MIIT).

Measures to Reduce Acoustic Noise in Urban Environments // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 69–72.

A methodology is proposed for assessing urban transport noise levels and developing measures to reduce noise, based on aggregating impacts from various sources and considering the geometric parameters of the master plan and vehicle trajectories. The modeling of road traffic noise and its effects on buildings is discussed, which enables the development of effective noise protection strategies.

Keywords: transport noise, acoustic impact modeling, noise protection

Contact: aaloktev@yandex.ru

Nikolay N. Yakunin, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Automotive Transport, Orenburg State University (OSU),

Natalya V. Yakunina, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automotive Transport, OSU,

Ilgiz Kh. Khasanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automotive Transport, OSU.

Forecasting Model of the Personnel Potential of the Regional Automotive Transport Complex // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 73–76.

A forecasting model of the personnel potential of the regional automotive transport complex has been developed, incorporating elements of a combined-type automated management system. The model is based on gross regional product (GRP) indicators and includes two feedback loops. The initial data are not the standard statistical output indicators of the automotive transport industry but the number of registered vehicles in the region and the normative number of specialists per vehicle, considering vehicle categories. An algorithm for forecasting the personnel potential of the regional automotive transport complex has been developed.

Keywords: personnel potential, forecasting model, regional automotive transport complex, automotive transport specialists, gross regional product

Contact: yakunin-n@yandex.ru

Yulia V. Belozub, Senior Lecturer, Department of Computer Machines, Complexes, Systems and Networks, Moscow State Technical University of Civil Aviation.

Mathematical Modeling in Personnel Recruitment for Civil Aviation // Transport RF. — 2025. — No. 4 (119). — P. 77–79.

The paper presents an analysis and the development of mathematical models for personnel recruitment in the civil aviation sector. The use of fuzzy set methods in aviation personnel recruitment is proposed, which allows for more efficient selection of candidates based on their attributes and the requirements of the intended position. Applying a fuzzy-set-based model enables the creation of a flexible and adaptive system capable of making decisions under vague or imprecisely defined conditions.

Keywords: mathematical model, personnel recruitment process, civil aviation sector, modeling, fuzzy sets

Contact: j.belozub@mstuca.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



Общероссийская общественная организация **РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА В ЦИФРАХ**

Общественная академия наук

(ФЗ от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ
«О науке и государственной
научно-технической политике»)

Некоммерческая организация

(ФЗ от 12 января 1996 г. N 7-ФЗ
«О некоммерческих организациях»)

Академия включает:

51 РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2025 ГОДУ



> **700** УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ
(ДОКТОРОВ И КАНДИДАТОВ НАУК)

- 6 ОТРАСЛЕВЫХ КОМИТЕТОВ
- НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
- ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ
- ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ ВСМ РАТ

Членами Академии за 2021–2025 годы:



ПРОВЕДЕНО **БОЛЕЕ 270** МЕРОПРИЯТИЙ (В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН КОНФЕРЕНЦИЙ)



ОПУБЛИКОВАНО **БОЛЕЕ 1900** ПУБЛИКАЦИЙ И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА ОБЕСПЕЧИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ **ДЛЯ БОЛЕЕ ЧЕМ 9000 СПЕЦИАЛИСТОВ** В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ



ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – **51 РЕГИОН**



ПРОВЕДЕНО **4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЯ** В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА «ТРАНСПОРТ РОССИИ – 2023»



ПРИНЯТ **171** ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЧЛЕН



УЧРЕЖДЕН ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ И ПРОВЕДЕНО **13 ЗАСЕДАНИЙ**



САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ ПОСЕЩАЮТ **БОЛЕЕ 5000** ЧЕЛОВЕК



Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, СТУ, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов